

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**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**

**JOSÉ MIGUEL ANDRADE VARGAS
HÉCTOR PATRICIO SÁNCHEZ ACOSTA**

DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS T.

Quito, Octubre de 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, José Miguel Andrade Vargas y Héctor Patricio Sánchez Acosta, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

José Miguel Andrade Vargas

Héctor Patricio Sánchez Acosta

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por José Miguel Andrade Vargas y Héctor Patricio Sánchez Acosta, bajo nuestra supervisión.

Ing. Jaime Vargas T.
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Jorge Escobar
COLABORADOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos quienes a lo largo de nuestros caminos nos han alentado a seguir adelante y han confiado en nosotros.

A nuestro director de Tesis, Ing. Jaime Vargas por toda su ayuda que ha sido fundamental para culminar este proyecto.

A Industria Cedeño, especialmente al Ing. Mauricio Cedeño, por el apoyo brindado durante el desarrollo del presente proyecto.

A nuestras familias, por todo su amor, su paciencia y por entregarnos lo mejor de ellos para que podamos cumplir nuestras metas.

José

Héctor

DEDICATORIA

Con mucho cariño para mi madre y hermanas, por el amor brindado en todo momento y el apoyo incondicional en todos mis proyectos.

José

A mi madre, quien con su dedicación y sacrificio me enseñó el camino para triunfar en la vida. A mi esposa y a mi hijo Andrés que son la parte fundamental e inspiración para culminar con éxito esta meta.

Héctor

SIMBOLOGÍA

A	Área
a	Ancho del área efectiva
A_f	Superficie frontal del vehículo
b_f	Ancho del patín
c	Distancia entre la fibra más alejada respecto al eje neutro x-x
CIM	Carga de impacto
CM	Peso propio total o carga muerta
CT	Carga a transportar
CTV	Carga total viva
CV	Carga viva
C_x	Coefficiente aerodinámico del vehículo
d	Peralte de la viga
F_b	Esfuerzo admisible a flexión
I_x	Momento de inercia
M_{max}	Momento flector máximo
P	Carga puntual
P_p	Peso propio del semiremolque
r	Radio
R	Reacciones de fuerzas
R_a	Resistencia aerodinámica del vehículo
R_j	Medida de evaluación para cada alternativa
SC	Sobrecarga
S_{ut}	Esfuerzo último a la tracción del acero seleccionado
S_x	Módulo de sección
S_y	Esfuerzo de fluencia del acero seleccionado
t_f	Espesor del patín
t_w	Espesor del alma
V	Velocidad relativa del semiremolque respecto al viento
V_{ij}	Evaluación del valor del atributo

w	Carga distribuida
W_i	Pesos importantes del atributo
ρ	Densidad del aire
σ	Esfuerzo normal por flexión
τ	Esfuerzo cortante
n_s	Factor de diseño estático
n_d	Factor de diseño dinámico

ÍNDICE

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
RESUMEN.....	XVIII
PRESENTACIÓN.....	XIX
CAPÍTULO 1.....	1
1 GENERALIDADES.....	1
1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS SEMIREMOLQUES	1
1.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1 SITUACIÓN INICIAL DEL PROBLEMA	3
1.2.2 SITUACIÓN FINAL DEL PROBLEMA	4
1.3 ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE CARGAS EN EL ECUADOR.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.5 OBJETIVOS.....	10
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.6 ALCANCE	11
CAPÍTULO 2.....	12
2 MARCO TEÓRICO	12
2.1 EL TRANSPORTE	12
2.2 DEFINICIÓN DE TRACTOR	13
2.2.1 TIPOS DE TRACTORES.....	13
2.3 DEFINICIÓN DE SEMIREMOLQUE	15

2.3.1	BASTIDOR.....	16
2.3.2	SUSPENSIÓN	17
2.3.3	SISTEMA DE EJES	19
2.3.4	SISTEMA DE FRENOS	20
2.3.5	RUEDAS.....	21
2.3.6	KING PIN	22
2.3.7	ACCESORIOS DE SEGURIDAD.....	22
2.4	CONTENEDORES.....	26
2.4.1	TIPOS DE CONTENEDORES.....	26
2.4.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CONTENEDORES.....	31
2.5	DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	32
2.5.1	CARACTERÍSTICAS DEL ACERO.....	33
2.6	ETAPAS DEL DISEÑO DE UN PROYECTO ESTRUCTURAL.....	35
2.6.1	ETAPA 1: ESTRUCTURACIÓN.....	35
2.6.2	ETAPA 2: ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	35
2.6.3	ETAPA 3: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	36
2.7	ANÁLISIS DE CARGAS.....	36
2.7.1	CARGAS MUERTAS	37
2.7.2	CARGAS VIVAS	37
2.7.3	CARGAS ACCIDENTALES	37
2.7.4	CARGA DE SEGURIDAD O SOBRECARGA.....	39
2.7.5	CARGAS SEGÚN EL PUNTO DE APLICACIÓN.....	39
2.8	ESTUDIO DE CAMPO	40
CAPÍTULO 3.....		41
3	PREFACTIBILIDAD	41
3.1	ESTUDIO DE MERCADO.....	41
3.1.1	ESTUDIO DE MERCADO ACTUAL DEL PRODUCTO	42
3.1.2	OBJETIVO DE LA ENCUESTA	42
3.2	RESTRICCIONES Y LIMITACIONES	46
3.3	ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	47
3.3.1	PARÁMETROS FUNCIONALES	48
3.3.2	CAPACIDAD DE CARGA	48

3.3.3	TAMAÑO Y PESO	48
3.3.4	TIPO DE TRABAJO	49
3.3.5	MATERIALES	49
3.3.6	VIDA ÚTIL.....	50
3.3.7	COSTOS.....	50
3.3.8	PROCESOS.....	51
3.3.9	AMBIENTE DE TRABAJO	51
3.3.10	PROTOCOLO DE PRUEBAS	52
CAPÍTULO 4.....		58
4	FACTIBILIDAD	58
4.1	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	58
4.1.1	ALTERNATIVA A.- SEMIREMOLQUE BIEXTENSIBLE	58
4.1.2	ALTERNATIVA B.- CHASIS PORTA CONTENEDORES	62
4.1.3	ALTERNATIVA C.- PLATAFORMA CAMA ALTA	63
4.2	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	65
4.2.1	MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	65
CAPÍTULO 5.....		70
5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DISEÑO DEL SEMIREMOLQUE	70
5.1	DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	70
5.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO ESTRUCTURAL.....	71
5.3	GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA	71
5.4	DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS	72
5.4.1	DETERMINACIÓN DE LA CARGA MUERTA.....	73
5.4.2	DETERMINACIÓN DE LA CARGA VIVA.....	75
5.4.3	DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE IMPACTO.....	75
5.4.4	DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE VIENTO.....	76
5.5	APLICACIÓN DE CARGAS A LA ESTRUCTURA	78
5.6	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	84
5.6.1	DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES.....	84
5.6.2	DISEÑO DE LOS TRAVESAÑOS.....	97
5.6.3	DISEÑO DE LAS COSTILLAS.....	104

5.6.4	DISEÑO DEL PLATO DE GIRO	107
5.6.5	DISEÑO DE SOPORTES PARA EL PLATO DE GIRO	113
5.6.6	DISEÑO DE ARRIOSTRES ENTRE VIGAS PRINCIPALES	116
5.6.7	DISEÑO DE LA TALANQUERA.....	120
5.6.8	DISEÑO DE LA SOLDADURA.....	124
5.6.9	SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	130
CAPÍTULO 6		143
6	ANÁLISIS DE COSTOS	143
6.1	COSTO DE MATERIALES.....	144
6.2	COSTO DE FABRICACIÓN.....	144
6.3	COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	145
6.4	COSTO DE DISEÑO.....	145
6.5	COSTO TOTAL.....	145
CAPÍTULO 7		147
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
7.1	CONCLUSIONES	147
7.2	RECOMENDACIONES	148

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1: IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE CONTENEDORES	8
FIGURA 2-1: ESQUEMA DE UN SEMIREMOLQUE ACOPLABLE.....	12
FIGURA 2-2: ESQUEMA DE UN CABEZAL DE UN SOLO EJE.....	14
FIGURA 2-3: ESQUEMA DE UN CABEZAL DE EJES DOBLES.....	14
FIGURA 2-4: ESQUEMA DE UN SEMIREMOLQUE.....	15
FIGURA 2-5: LA QUINTA RUEDA SIRVE PARA EL ENGANCHE DEL SEMIREMOLQUE.....	16
FIGURA 2-6: BASTIDOR DE LA PLATAFORMA CAMA ALTA.....	16
FIGURA 2-7: SUSPENSIÓN MECÁNICA	17
FIGURA 2-8: SUSPENSIÓN NEUMÁTICA.....	18
FIGURA 2-9: TIPOS KING PIN PARA SEMIREMOLQUES.....	22
FIGURA 2-10: PATINES DE APOYO DEL SEMIREMOLQUE.....	23
FIGURA 2-11: SISTEMA DE SUJECIÓN DE LOS CONTENEDORES.	24
FIGURA 2-12: CONTENEDORES APILADOS.....	27
FIGURA 2-13: CONTENEDOR DE GRAN CAPACIDAD.....	31
FIGURA 2-14: REPRESENTACIÓN DE CARGAS PUNTUALES.....	39
FIGURA 2-15: REPRESENTACIÓN DE CARGAS DISTRIBUIDAS.....	40
FIGURA 3-1: RESULTADOS A LA PREGUNTA 1.....	43
FIGURA 3-2: RESULTADOS A LA PREGUNTA 2.....	43
FIGURA 3-3: RESULTADOS A LA PREGUNTA 3.....	44
FIGURA 3-4: RESULTADOS A LA PREGUNTA 4.....	44
FIGURA 3-5: RESULTADOS A LA PREGUNTA 5.....	45

FIGURA 4-1: SEMIREMOLQUE BIEXTENSIBLE.....	58
FIGURA 4-2: SEMIREMOLQUE ADAPTADO PARA TRANSPORTAR UN CONTENEDOR DE 6,1[m].....	59
FIGURA 4-3: SEMIREMOLQUE ADAPTADO PARA TRANSPORTAR UN CONTENEDOR DE 30 PIES.....	60
FIGURA 4-4: SEMIREMOLQUE ADAPTADO PARA TRANSPORTAR UN CONTENEDOR DE 12,2[m]	60
FIGURA 4-5: SEMIREMOLQUE ADAPTADO PARA TRANSPORTAR UN CONTENEDOR DE 13,7[m]	61
FIGURA 4-6: SEMIREMOLQUE PORTA CONTENEDOR.	62
FIGURA 4-7: PLATAFORMA CAMA ALTA	63
FIGURA 5-1: GEOMETRÍA DEL CHASIS PARA LA CAMA ALTA	72
FIGURA 5-2: RESISTENCIA DEL AIRE SOBRE EL VEHÍCULO.....	77
FIGURA 5-3: DISTRIBUCIÓN DE LOS APOYOS SOBRE LA VIGA PRINCIPAL	79
FIGURA 5-4: APLICACIÓN DE CARGAS POSICIÓN 1.....	80
FIGURA 5-5: APLICACIÓN DE CARGAS POSICIÓN 2.....	81
FIGURA 5-6: APLICACIÓN DE CARGAS POSICIÓN 3.....	83
FIGURA 5-7: DIAGRAMAS DEL ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA EL CASO 1.....	86
FIGURA 5-8: DIAGRAMAS DE ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA EL CASO 2.....	88
FIGURA 5-9: DIAGRAMAS DE ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA EL CASO 3.....	90
FIGURA 5-10: GEOMETRÍA DE LA VIGA PRINCIPAL.....	92

FIGURA 5-11: ÁREA EFECTIVA SOBRE LOS TRAVESAÑOS.....	98
FIGURA 5-12: DISPOSICIÓN ENTRE VIGAS Y TRAVESAÑOS.....	99
FIGURA 5-13: CARGA DE DISEÑO SOBRE EL ELEMENTO 1 - 2	99
FIGURA 5-14: CARGA DE DISEÑO SOBRE EL ELEMENTO 2 - 3	100
FIGURA 5-15: TRAMOS IMAGINARIOS SOBRE EL ELEMENTO 2 – 3.....	100
FIGURA 5-16: DIAGRAMAS DE CORTANTE MOMENTO FLECTOR PARA LOS TRAVESAÑOS.....	102
FIGURA 5-17: ÁREA EFECTIVA SOBRE LAS COSTILLAS.....	104
FIGURA 5-18: CARGAS SOBRE LAS COSTILLAS.....	105
FIGURA 5-19: DIAGRAMAS DE CORTANTE MOMENTO FLECTOR PARA LAS COSTILLAS.....	106
FIGURA 5-20: DISTRIBUCIÓN DE CARGAS SOBRE EL PLATO DE ENGANCHE.....	108
FIGURA 5-21: LÍNEA DE GOODMAN MODIFICADA.....	111
FIGURA 5-22: SOPORTES DEL PLATO DE GIRO.....	114
FIGURA 5-23: CARGA SOBRE LOS SOPORTES DEL PLATO DE GIRO.....	114
FIGURA 5-24: DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA LOS SOPORTES.....	115
FIGURA 5-25: ESTRUCTURA DEL SEMIREMOLQUE CON ARRIOSTRES....	117
FIGURA 5-26: PARTE DELANTERA DEL SEMIREMOLQUE.....	117
FIGURA 5-27: ACCIÓN DEL MOMENTO ESTABILIZADOR.....	118
FIGURA 5-28: DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA LOS ARRIOSTRAMIENTOS.....	119
FIGURA 5-29: ESTRUCTURA DE LA CAMA ALTA CON TALANQUERA.....	121
FIGURA 5-30: ÁREA EFECTIVA SOBRE UN ELEMENTO DE LA	

TALANQUERA.....	122
FIGURA 5-31: CARGA SOBRE UN ELEMENTO DE LA TALANQUERA.....	122
FIGURA 5-32: DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA LA TALANQUERA.....	123
FIGURA 5-33: POSICIONES DE SOLDADURA: A) UNIONES DE FILETE, B) UNIONES BISELADAS.....	126
FIGURA 5-34: TIPOS DE JUNTAS.....	127
FIGURA 5-35: TIPOS DE SOLDADURAS.....	127
FIGURA 5-36: VARIACIONES DE BISEL	127
FIGURA 5-37: LLANTA POWER JET (PJ).....	131
FIGURA 5-38: LLANTA HCT.....	131
FIGURA 5-39: LLANTA DCL.....	132
FIGURA 5-40: LLANTA HIGHWAY.....	132
FIGURA 5-41: KING PIN MODELO KP-T-809-F.....	134
FIGURA 5-42: PATINES DE APOYO CON MANIVELA.....	135
FIGURA 5-43: MALACATE.....	136
FIGURA 5-44 EJES TIPO CUADRADO PARA SEMIREMOLQUES.....	137
FIGURA 5-45: DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN 4S/3M.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1: MOVIMIENTOS DE CARGA EN LOS PUERTOS DEL ECUADOR.....	5
TABLA 1-2: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS PUERTOS EN ECUADOR.....	5
TABLA 1-3: PRINCIPALES PRODUCTOS DE IMPORTACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CARGA	7
TABLA 1-4: PRINCIPALES PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CARGA	7
TABLA 1-5: CANTIDAD DE CONTENEDORES DE 6,1[m] Y 12,2[m].....	8
TABLA 2-1: UBICACIÓN DE LAS LUCES EN EL SEMIREMOLQUE.....	25
TABLA 2-2: DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES ISO.....	30
TABLA 2-3: CAPACIDAD DE CARGA DE LOS CONTENEDORES.....	30
TABLA 2-4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.....	34
TABLA 2-5: CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS DE DISEÑO.....	36
TABLA 3-1: DIMENSIONES DE LA PLATAFORMA CAMA ALTA.....	49
TABLA 3-2: FORMATO PARA CONTROL DE DIMENSIONES.....	53
TABLA3-3: FORMATO PARA VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES.....	53
TABLA3-4: FORMATO PARA VERIFICAR LA SOLDADURA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	57
TABLA 4-1 ASIGNACIÓN DE JERARQUÍA PARA CADA ATRIBUTO.....	66
TABLA 4-2 PUNTUACIONES DE ATRIBUTOS Y VALORES DE	

EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	68
TABLA 4-3 RESULTADO DEL MÉTODO DE ATRIBUTOS PONDERADOS.....	68
TABLA 5-1: PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DEL DISEÑO.....	70
TABLA 5-2: DIMENSIONES DEL CHASIS.....	72
TABLA 5-3: PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA.....	74
TABLA 5-4: PESO PROPIO TOTAL DE LA CAMA ALTA.....	74
TABLA 5-5: REACCIONES EN LOS APOYOS PARA EL CASO 1.....	81
TABLA 5-6: REACCIONES EN LOS APOYOS PARA EL CASO 2.....	82
TABLA 5-7: REACCIONES EN LOS APOYOS PARA EL CASO 3.....	84
TABLA 5-8: REACCIONES SOBRE CADA VIGA PRINCIPAL.....	85
TABLA 5-9: MOMENTOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA LOS TRES CASOS DE APLICACIÓN DE CARGAS.....	91
TABLA 5-10: MÓDULOS DE SECCIÓN REQUERIDOS.....	95
TABLA 5-11: DATOS OBTENIDOS PARA LA VIGA PRINCIPAL.....	97
TABLA 5-12: TAMAÑOS RECOMENDADOS PARA SOLDADURAS DE FILETE.....	117
TABLA 5-13: CARACTERÍSTICAS DE LA LLANTA SELECCIONADA.....	122
TABLA 5-14: CARACTERÍSTICAS DE LOS PATINES SELECCIONADOS.....	125
TABLA 5-15: CÓDIGO DE COLORES Y DIÁMETRO DE ARNESES PRINCIPALES.....	130
TABLA 6-1: RUBROS QUE COMPONEN LA INVERSIÓN TOTAL.....	132
TABLA 6-2: COSTO DE MATERIALES.....	133
TABLA 6-3: COSTO DE ELECTOS NORMALIZADOS.....	134
TABLA 6-4: COSTO DE DISEÑO.....	134
TABLA 6-5: COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	135

RESUMEN

El presente proyecto comprende el diseño de un semiremolque cama alta, adaptable a cabezales para el traslado de contenedores por las redes viales del país y del Pacto Andino.

El punto de partida es el mercado local con modelos ya existentes; se los analiza y se observa de manera ingenieril los requerimientos y las necesidades que se presentan en este tipo de estructuras metálicas; que en nuestro medio se fabrican en forma empírica. Se complementa con un estudio de mercado, que servirá para realizar un análisis de preferencias y necesidades de las industrias que utilizan este medio de transporte en sus funciones habituales; siendo éstos los beneficiarios directos y posibles clientes del presente proyecto.

Las industrias ecuatorianas que se dedican al diseño y construcción de este tipo de vehículos, deben realizarlos bajo normas de diseño, seguridad, control y transporte, ya sean éstas, nacionales o internacionales. Con el propósito de entregar al consumidor final un producto de total calidad. Utilizando materiales, dispositivos y recursos existentes en el medio.

La capacidad del remolque cama alta y su diseño; son elementos importantes que se han considerado en este proyecto. El diseño del chasis, que es la parte principal de la estructura metálica se ha realizado utilizando la teoría existente en resistencia de materiales.

Los elementos y accesorios que comprenden la totalidad del semiremolque cama alta, se han seleccionado bajo los estatutos que rigen por normas y códigos internacionales que cumplen las casas distribuidoras de estos elementos.

PRESENTACIÓN

Es importante conocer, entre las actividades económicas que se realizan a nivel local, el traslado de mercancías desde y hacia los puertos marítimos del Ecuador.

Para este motivo se desea investigar y elaborar un documento básico, que permita conocer los procedimientos para la selección y diseño de todos y cada uno de los elementos que conforman un semiremolque cama alta.

El presente estudio da una visión ingenieril y técnica para la construcción de este tipo de semiremolques; que pueden utilizar los constructores de la industria metalmecánica del país.

En la primera parte se presenta una breve visión de la historia sobre la construcción del primer semiremolque cama alta en el país. Un resumen teórico de todos los elementos y accesorios que lo conforman, además de un estudio completo de la circulación de mercancías por los puertos marítimos del Ecuador.

Los capítulos tres, cuatro y cinco del proyecto comprenden un estudio de alternativas, selección de accesorios y diseño total de la estructura.

En la parte final se presentan planos y anexos utilizados en el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

Debido a la necesidad de movimiento de alimentos, insumos y mercancías a través del territorio y las fronteras del país, el transporte por carretera, es el medio que ostenta mayor protagonismo en la distribución de mercancías pesadas, cumpliendo una función insustituible como eslabón de las cadenas de transporte para otros medios.

Por esta razón se ha visto la necesidad de dar una alternativa acorde a los requerimientos tanto de los transportistas como de empresas metalmecánicas, que demandan de diseños innovadores y eficientes de semiremolques, los mismos que deben ser versátiles, livianos, confiables y baratos, orientados a solucionar los problemas que existen en la actualidad.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS SEMIREMOLQUES

En la década de los sesenta los semiremolques que se utilizaban para trasladar mercancías pesadas, se los importaban especialmente desde los Estados Unidos, lo que implicaba altos costos para los usuarios de este tipo de transporte, favoreciendo a pequeños grupos de transportistas que monopolizaron sus servicios.

Así en el año de 1964 en la ciudad de Quito, el Sr. Alfredo Cedeño hombre de gran iniciativa junto a un grupo de compañeros, haciendo uso de sus conocimientos como mecánicos, deciden construir un semirremolque utilizando la tecnología y materiales con que contaban en ese entonces. Este acto que causó

mucho asombro y acogida en la población, les llevo a ser los pioneros en la construcción de vehículos para el transporte de carga pesada.¹

Desde entonces la actividad de construir semiremolques ha evolucionado con el transcurso del tiempo, extendiéndose a diversas partes del Ecuador donde los principales promotores de esta actividad eran mecánicos artesanales.

1.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador el transporte de mercancías contenerizadas, ha sido uno de los principales detonantes e indicadores del progreso y desarrollo económico del país, dada su versatilidad, distancias recorridas y variedad de productos que permite transportar. El lugar de mayor afluencia que tiene este tipo de transporte intermodal, es en los puertos marítimos como son: el Puerto de Guayaquil, el Puerto de Manta, el Puerto de Esmeraldas y el Puerto Bolívar.

En estos puertos, las embarcaciones de transporte marítimo realizan operaciones de embarque y desembarque de mercancías, de las cuales alrededor de un 40% es contenerizada. Por lo que el transporte por carretera cumple una función insustituible como eslabón de esta cadena de transporte, ya que permite movilizar los contenedores desde los puertos hasta su punto de destino como es el caso de las importaciones y desde el punto de origen hacia los puertos, en el caso de las exportaciones.

Los vehículos pesados utilizados en el transporte, se basan en vehículos de gran tonelaje rígidos o articulados. El peso máximo permitido del vehículo en cada uno de ellos está limitado por disposiciones legales establecidas por el Ministerio de

¹ ULTIMAS NOTICIAS 11 de Julio de 1964

Obras Públicas del Ecuador (MOP)², mientras que el peso en vacío (TARA) está dado por los elementos utilizados en la construcción de dicho vehículo.

Este hecho crea la necesidad de aumentar el peso de mercancía en cada transporte, permitiendo una reducción de los costes y un ahorro de energía. Este peso que debe analizarse, es el peso debido a los elementos constructivos que forman el vehículo, y que están íntimamente relacionados con la capacidad de carga que puede trasladar. La reducción del peso en vacío del vehículo implica un mayor peso de carga disponible para cada trayecto.

Por otro lado, la configuración en particular de un vehículo pesado, presentará un determinado comportamiento dependiendo de las condiciones operativas y del entorno, que pueden representar reducciones en la seguridad del tránsito y de otros usuarios de la red carretera. Si además, el entorno presenta condiciones físicas y climatológicas adversas, la respuesta puede modificarse y desencadenar sucesos completamente inesperados.

Considerando la realidad económica, social y cultural del Ecuador, y en base a los antecedentes descritos, se define una situación inicial, que es la situación actual del país en cuanto al transporte de contenedores y el medio en que se transportan, y la manera en que este proyecto de diseño pretende brindar a la comunidad de transportistas así como a los pequeños talleres de mecánicos artesanales, consiguiendo una situación final. Las dos situaciones se definen a continuación.

1.2.1 SITUACIÓN INICIAL DEL PROBLEMA

Debido a la falta de preparación técnica y la escasa tecnología que existe en el país, en la actualidad el proceso de construcción de semiremolques se realiza en

² MOP, Dirección de Mantenimiento Vial; Departamento de Pesos, Medidas y Peaje.

base a la trayectoria y experiencia empírica adquirida por los mecánicos artesanales. Por esta razón, los diseños de la mayoría de semiremolque que circulan por el país están sobredimensionados o tienen sus limitaciones.

Los semiremolques que se utilizan para el traslado de contenedores al no contar con las especificaciones técnicas del fabricante, corren el riesgo de ser sobrecargados por descuido del operario, o desconocimiento de la capacidad máxima del vehículo. Convirtiéndose en un verdadero peligro para el resto de conductores y un riesgo a la economía de los mismos transportistas y los dueños de las mercancías.

1.2.2 SITUACIÓN FINAL DEL PROBLEMA

Mejoramiento en la calidad del servicio del transporte de contenedores, incrementando los ingresos de los transportistas gracias a la reducción en el peso de la estructura del semirremolque en vacío.

Con este proyecto se pretende establecer un diseño que cumpla con las Normas establecidas para el transporte, así como para la construcción de estructuras de acero.

1.3 ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE CARGAS EN EL ECUADOR

Un estudio estadístico del sector portuario es trascendental, ya que permite tener una noción de la cantidad y tipo de contenedores que se movilizan anualmente a través de los puertos del país, y establecer la necesidad que tienen las plataformas cama alta como complemento del transporte intermodal.

En la Tabla 1-1 se muestra los datos totales del movimiento de carga de importaciones y exportaciones en los puertos comerciales del Ecuador.

Tabla 1-1: Movimientos de carga en los puertos del Ecuador (toneladas métricas)

PUERTOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Carga General	1987433	2265725	2310091	2205889	2410125	2009608
Contenerizada	2641073	2751573	2919925	3104094	3602551	3910326
Granel Sólido	0	53488	68536	240517	506311	460277
Granel Líquido	2600	2100	17930	35009	30150	54085
Total A.P.Guayaquil	4631106	5072886	5316482	5585509	6549137	6434296
Carga General	1682566	1510942	1478740	1541131	1498759	1365074
Contenerizada	60722	60391	42803	69717	53395	62099
Granel Sólido	0	0	0	0	0	0
Granel Líquido	0	0	0	0	0	0
Total A.P.Puerto Bolívar	1743288	1571333	1521543	1610848	1552154	1427173
Carga General	499469	876930	1088339	598115	683329	451628
Contenerizada	17612	22415	14719	17790	13860	17156
Granel Sólido	299959	237384	159100	137317	161484	182362
Granel Líquido	0	0	0	8989	35033	38052
Total A.P.Esmeraldas	817040	1136729	1262158	762211	893706	689198
Carga General	10385	33445	62895	76748	33176	21260
Contenerizada	59851	62445	103560	149788	155361	199645
Granel Sólido	221507	256454	294447	301394	298963	322477
Granel Líquido	66529	82034	56816	69847	70076	132976
Total A.P.Manta	358272	434378	517718	597777	557576	676358
TOTAL	7549706	8215326	8617901	8556345	9552573	9227025

Fuente: Digmer

Elaboración: Propia

De estos datos se establece el porcentaje de participación de cada uno de los puertos, determinando que el Puerto de Guayaquil es el de mayor participación representando el 64,7% en los últimos años. Ver Tabla 1-2

Tabla 1-2: Porcentaje de participación de los puertos en Ecuador

Puertos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Promedio
A.P.Guayaquil	61,30	61,70	61,70	65,30	68,60	69,70	64,72
A.P.Puerto Bolívar	23,20	19,20	17,70	18,80	16,20	15,50	18,43
A.P.Esmeraldas	10,80	13,80	14,60	8,90	9,40	7,50	10,83
A.P.Manta	4,70	5,30	6,00	7,00	5,80	7,30	6,02
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Digmer

Elaboración: Propia

En vista de que el Puerto de Guayaquil tiene mayor participación en el movimiento de carga a través de los puertos, se realiza un estudio de ésta muestra para establecer la cantidad y tipos de contenedores que se movilizan por todo el país.

1.3.1.1 Autoridad Portuaria de Guayaquil³

El Puerto de Guayaquil tuvo un total de carga movilizada durante el 2005 de 6'434.295 en toneladas métricas, de los cuales 3'023.378 toneladas métricas representan importaciones, y 3'410.916 TM exportaciones, que en porcentaje representan en el 2005 el 47% de importaciones y el 53% son exportaciones. El volumen de carga que fue movilizada en el 2005 en relación al periodo del 2004, disminuyó en 114.841 TM, que representa un decremento del 2%. Otro punto que se puede detallar con relación a las importaciones es que el 14% de la carga movilizada está representada por carga general, el 69% por carga contenerizada, el 15% por Granel Sólido, y el 2% por Granel Líquido. (Ver Tablas 1-3 y 1-4)

El flujo comercial por vía marítima entre Ecuador y Norte América durante el 2005 alcanzo las 767.682 toneladas, de las cuales 538.541 fueron contenerizadas, equivalente al 70% del total de las exportaciones hacia este país a través de este puerto. Mientras que el flujo inverso que va de Norte América a Ecuador, alcanzo en el mismo periodo 537.142 toneladas, equivalente al 18% de la carga importada. El comercio contenerizado global por su parte, totalizo en este puerto 3'910.325 toneladas métricas.

³ Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Tabla 1-3: Principales productos de importación según el tipo de carga (en toneladas métricas – Año 2005)

PRODUCTOS	TIPOS DE CARGA				Total de Carga
	General	Contenerizada	Sólidos	Líquidos	
Abonos Y fertilizantes	0,00	0,00	3856,56	0,00	3856,56
Papel y sus derivados	707,94	0,00	0,00	0,00	707,94
Vehículos y Maquinarias	202,30	0,00	0,00	0,00	202,30
Productos químicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hierro-Acero y otros materiales	1165,05	0,00	0,00	0,00	1165,05
Otros Productos	426135,90	2085796,14	456419,96	49095,10	3017447,10
TOTAL	428211,19	2085796,14	460276,52	49095,10	3023378,95

Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil

Elaboración: Autoridad Portuaria de Guayaquil

Tabla 1-4: Principales productos de exportación según el tipo de carga (en toneladas métricas – Año 2005)

PRODUCTOS	TIPOS DE CARGA				Total de Carga
	General	Contenerizada	Sólidos	Líquidos	
Azucar	0,00	7461,00	0,00	0,00	7461,00
Banano y sus derivados	301754,89	46827,78	0,00	0,00	348582,67
Cacao	0,00	15820,18	0,00	0,00	15820,18
Café	0,00	2087,48	0,00	0,00	2087,48
Harina de pescado	0,00	530,14	0,00	0,00	530,14
Higuerilla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pescado, mariscos y moluscos	0,36	20484,13	0,00	0,00	20484,49
Madera y balsa	0,00	17800,19	0,00	0,00	17800,19
Platanos	87,03	5101,95	0,00	0,00	5188,98
Otros productos	1279554,60	1708416,95	0,00	4990,08	2992961,63
TOTAL	1581396,88	1824529,80	0,00	4990,08	3410916,76

Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil

Elaboración: Autoridad Portuaria de Guayaquil

En la Tabla 1-5 se puede observar el número de contenedores de 6,1[m] y 12,2[m] que pasan a través del Puerto de Guayaquil anualmente tanto de importaciones como de exportaciones.

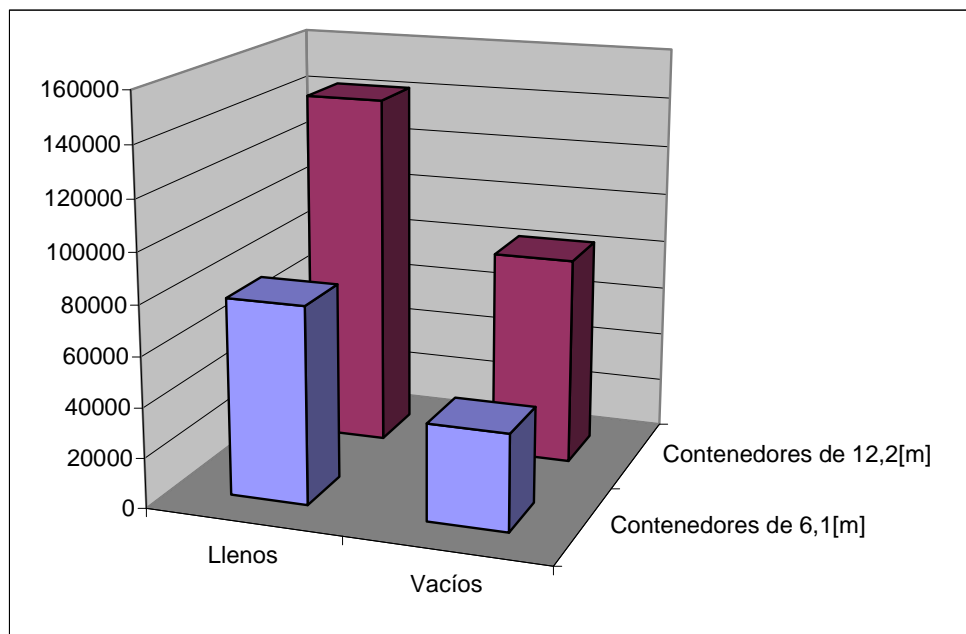
Tabla 1-5: Cantidad de contenedores de 6,1[m] y 12,2[m]
(Estadísticas del Año 2005)

	IMPORTACIÓN		EXPORTACIÓN		TOTAL	
	Cont. Llenos	Cont. Vacíos	Cont. Llenos	Cont. Vacíos	Cont. Llenos	Cont. Vacíos
Contenedores de 6,1[m]	58.249	1.862	20.392	36.577	78.641	38.439
Contenedores de 12,2[m]	74.978	39.580	67.050	43.656	142.028	83.236
Total de 6,1[m] y 12,2[m]					220.669	121.675

Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil

Elaboración: Propia

Figura 1-1: Importaciones y exportaciones de contenedores de 6,1[m] y 12,2[m]



Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil

Elaboración: Propia

En el Figura 1.1, obtenida a partir de la Tabla 1-5, se puede observar que los contenedores de 12,2[m] son los de mayor demanda según los datos publicados por la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Dentro del sector de transporte de mercancías, específicamente contenerizadas, es importante que los vehículos acoplables a cabezales de transporte de carga pesada cumplan con las leyes de pesos y medidas establecidas por el MOP.

En las empresas visitadas al sur, norte y fuera de la ciudad de Quito, y que se dedican a la construcción de semiremolques, se observó que el proceso de ensamblaje se realiza en su mayoría en forma artesanal; existiendo la necesidad de tener un estudio técnico que respalde sus procesos de construcción, en base a normas y leyes de transporte que rigen en el país.

Por otro lado las empresas que se dedican al transporte de contenedores y otras mercancías, demandan de medios de transporte que optimicen sus costos de operación e incrementen su capacidad de carga.

De ahí la necesidad de diseñar una cama alta que optimice el proceso de fabricación, e incremente la capacidad de carga de ésta. A fin de contribuir con el sector que se dedica al ensamblaje de este tipo de estructuras, y consecuentemente con los usuarios de este medio de transporte que son las empresas de transporte pesado.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una plataforma cama - alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una plataforma cama alta que cumpla con los requerimientos normalizados de capacidad de carga y volumen. De igual forma que cumpla con la solicitud de movilidad requerida por los productos en las distintas vías y caminos.
- Contribuir con el sector transportista del país, y el sector metal mecánico que se dedica al ensamble de plataformas camas altas, realizando un diseño que solucione de alguna manera el transporte de carga contenerizada, mediante el apoyo científico y tecnológico de la Escuela Politécnica Nacional.
- Encausar toda la información obtenida para resolver las iniciativas de diseño que se involucren en el presente proyecto.
- Plasmar en el presente documento los parámetros necesarios para el desarrollo de diseño de una cama alta.
- Establecer procesos de fabricación que faciliten la construcción de los diferentes elementos de la cual se constituye la cama alta.
- Promover el desarrollo ingenieril, óptimo e innovador de este tipo de sistemas para el sector del transporte en el Ecuador.

- Establecer una pauta para la producción y ensamblaje de este tipo de equipos con la participación de la Escuela Politécnica Nacional.

1.6 ALCANCE

- Presentar diferentes alternativas para el diseño de la estructura
- Diseñar y seleccionar la alternativa más adecuada
- Establecer el protocolo de pruebas
- Elaborar los planos de diseño
- Determinar las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 EL TRANSPORTE

Medio de traslado de personas o bienes desde un lugar hasta otro. El transporte comercial moderno está al servicio del interés público e incluye todos los medios e infraestructuras implicadas en el movimiento de personas o bienes. El transporte comercial de personas se clasifica como servicio de pasajeros y el de bienes como servicio de mercancías.

Como en todo el mundo, el transporte es y ha sido en Latinoamérica un elemento central para el progreso o el atraso de las distintas civilizaciones y culturas.

Este proyecto, se centra en el estudio del transporte comercial de bienes, específicamente en el transporte de contenedores a través de un semiremolque acoplable. Ver Figura 2-1

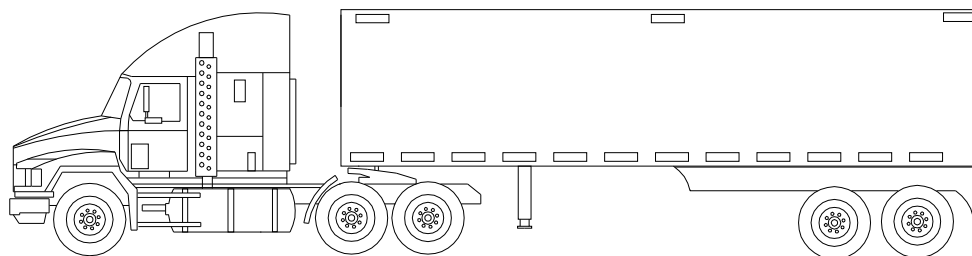


Figura 2-1: Esquema de un semiremolque acoplable

Los elementos que conforman el medio de transporte para contenedores está compuesto de: el tractor o cabezal, el semiremolque y el contenedor.

2.2 DEFINICIÓN DE TRACTOR

También conocido como tracto-camión o cabezal, es un vehículo autopropulsado diseñado para remolcar y soportar la carga que le transmite un semiremolque a través de un acople adecuado para tal fin.⁴

2.2.1 TIPOS DE TRACTORES⁵

2.2.1.1 TRACTORES DE UN SOLO EJE

Los tractores de un solo eje, tienen un eje de tracción y un eje de dirección, dado que son más pequeños y más fáciles de manejar que los que tienen ejes en tandem o dobles, y son utilizados para jalar dos o más remolques, en distancias cortas y cargas ligeras. Tienen un radio de giro más pequeño. El radio de giro depende de la distancia entre ejes. Para el tractor de un solo eje, la distancia entre ejes se mide del centro del eje de dirección al centro del eje trasero con tracción. (Para los tractores con ejes en tandem o dobles, la distancia entre ejes se mide del centro del eje de dirección al centro del par de ejes en tandem).

Un tractor de un solo eje es más barato y cuesta menos operarlo. Los costos de reparación son menores ya que tiene menos partes que reparar. Sin embargo, por su corta distancia entre ejes, los tractores de un solo eje no son cómodos para distancias grandes. Ver Figura 2-2

⁴ Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera

⁵ BIRNES, Mike; La Guía Completa Para Operaciones del Auto-transporte de Carga

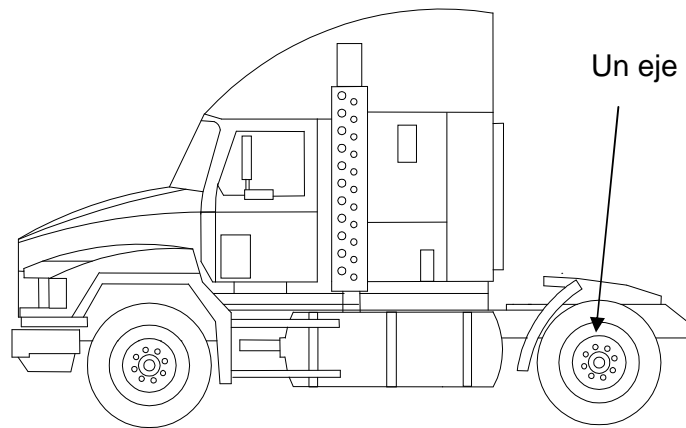


Figura 2-2: Esquema de un cabezal de un solo eje

2.2.1.2 TRACTORES DE EJES DOBLES O TANDEM

Para distancias largas y cargas pesadas, generalmente se usa el tractor con ejes dobles o en tandem. El juego de ejes en tandem proporciona cuatro llantas motrices adicionales, esto no solo da mayor fuerza sino mayor tracción. (Ver Figura 2-3)

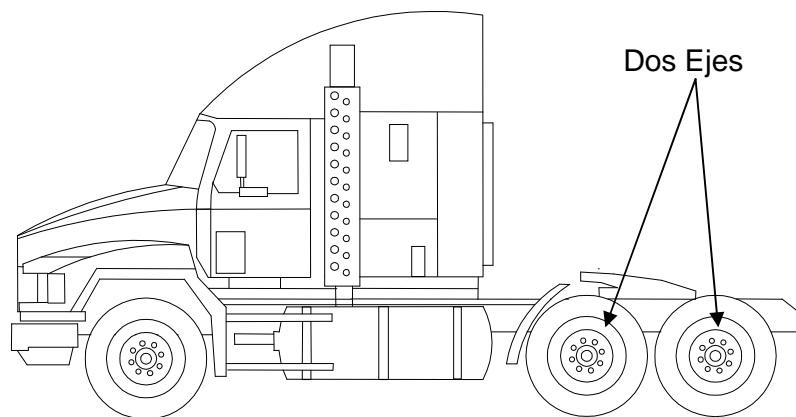


Figura 2-3: Esquema de un cabezal de ejes dobles o tandem

2.3 DEFINICIÓN DE SEMIREMOLQUE

Vehículo sin eje delantero, destinado a ser acoplado a un tractor de manera que sea arrastrado y parte de su peso sea soportado por éste. También es conocido como plataforma o cama alta. Ver Figura 2-4

El acople se realiza a través de un mecanismo de enganche que permite una rápida y perfecta articulación entre el semirremolque y la cabeza tractora, popularmente denominado como “quinta rueda”.

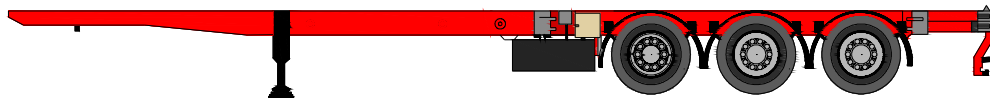


Figura 2-4: Esquema de un semiremolque

Para hacer la unión “flexible” en sentido vertical, el semiremolque lleva por debajo un pivote (king pin) que entra guiado entre las ramas abiertas de la placa hasta encajar en el orificio central de ésta, bloqueándose a través de un sistema de palancas, desarmable desde el exterior por un tirador al alcance del conductor. Ver Figura 2-5

El semiremolque cama alta está constituido por: el bastidor, sistema de suspensión, sistema de ejes, sistema de frenos, llantas, king pin y accesorios de seguridad.

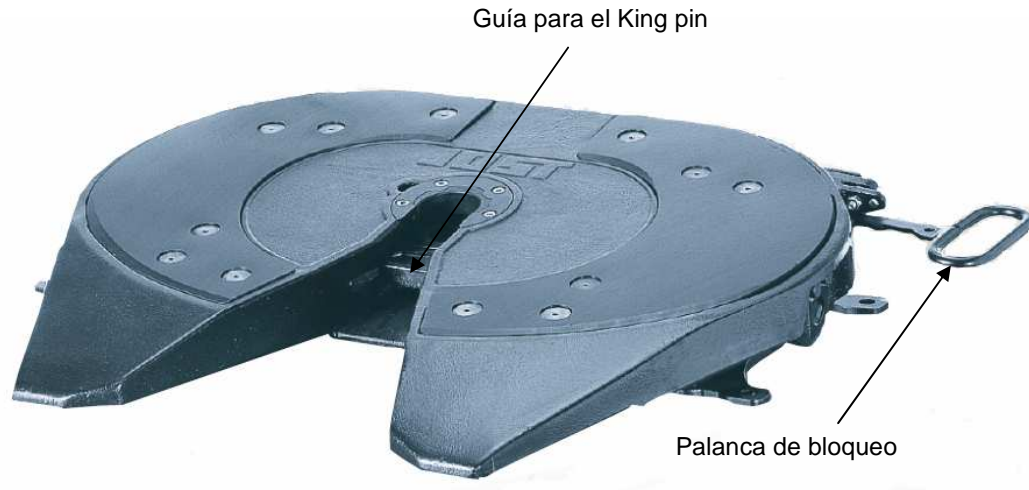


Figura 2-5: La quinta rueda sirve para el enganche del semiremolque

2.3.1 BASTIDOR

El bastidor o chasis se podría definir como una estructura cuyo propósito es el de conectar rígidamente el punto de apoyo del king pin y la suspensión trasera, y al mismo tiempo ofrecer puntos de amarre para los diferentes sistemas del vehículo. Esta estructura soporta la carga a transportar y además su peso propio. Ver Figura 2-6

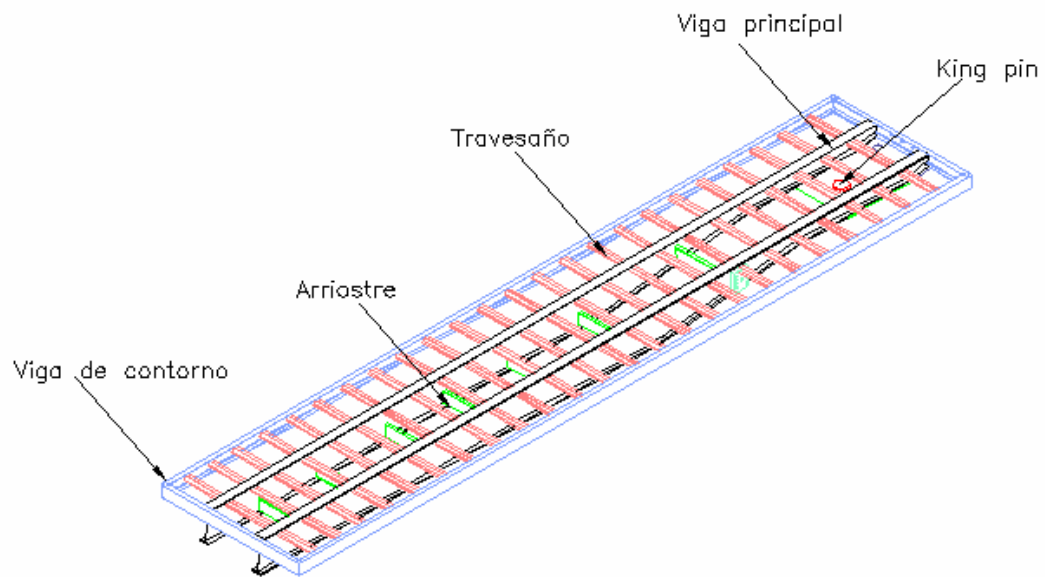


Figura 2-6: Bastidor de la plataforma cama alta

2.3.2 SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión tiene la función de minimizar y absorber el efecto de las cargas de impacto sobre el bastidor producidas por las irregularidades del camino, proporcionando con esto, una marcha más suave tanto para el chofer como para la carga.

2.3.2.1 Suspensión mecánica

El elemento principal en el sistema de suspensión mecánica es el muelle, el cual está formado por hojas de acero templado de elevada resistencia a la flexión. Su funcionamiento se basa en la fuerza de rozamiento que existe entre las hojas producidas por la fricción entre ellas. Ver Figura 2-7

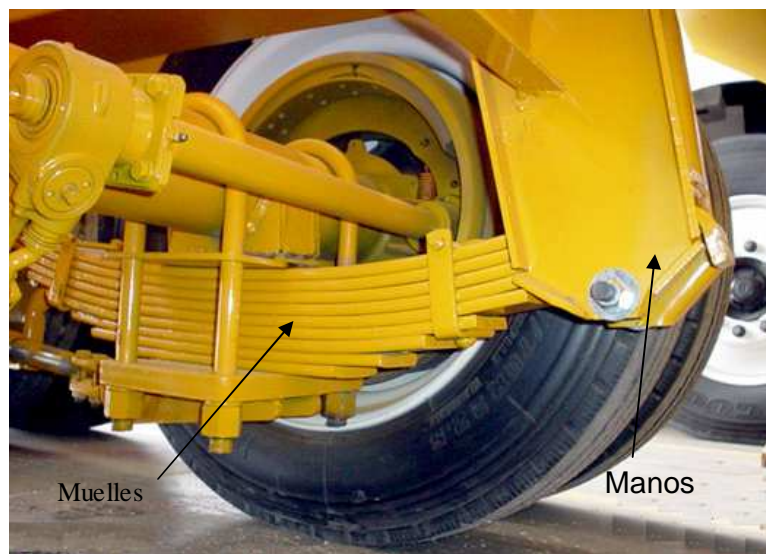


Figura 2-7: Suspensión mecánica

La primera hoja se conoce como hoja principal o maestra, la cual se encuentra doblada en sus extremos formando un ojillo donde se inserta un buje de hule o de bronce que reduce la fricción y el desgaste con el pasador o perno; la segunda hoja abraza a la principal y las restantes (según la capacidad de carga del

vehículo) son de longitud menor, las cuales se mantienen unidas por medio de un tornillo de centro conocido como pitón.

Este tipo de suspensión de muelles se utiliza principalmente en ejes delanteros de camiones rígidos, tractocamiones y autobuses urbanos; así como en ejes traseros.

2.3.2.2 Sistema de suspensión neumática

El sistema de suspensión neumática es muy utilizado en la parte trasera de camiones rígidos, tractocamiones, autobuses foráneos y semiremolques para eje sencillo, tandem y tridem. También existen suspensiones neumáticas delanteras para autobuses foráneos y en algunos casos para tractocamiones, debido a que garantiza una conducción suave sin importar si va cargado o no el vehículo, lo que proporciona una disminución de daños en la cinta asfáltica de las carreteras.

Sus elementos importantes son: cámaras o fuelles, válvula niveladora y líneas de aire. Ver Figura 2-8

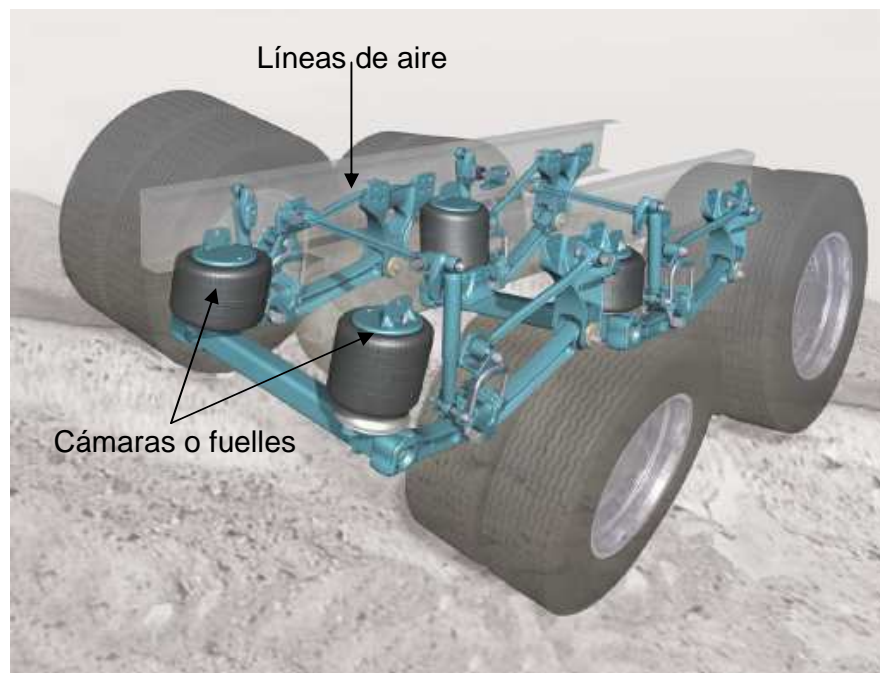


Figura 2-8: Suspensión neumática

El sistema de suspensión neumática se caracteriza por aumentar la carga útil utilizando aire comprimido en el interior de unas cámaras o fuelles, localizadas entre el eje y el chasis del vehículo. Estas cámaras tienen la función de absorber todas las cargas e irregularidades del camino y su presión es ajustada por una válvula reguladora accionada por una varilla de transferencia. Este tipo de suspensión se encuentra asistida de amortiguadores para absorber la tendencia a continuar rebotando.

2.3.3 SISTEMA DE EJES

Los ejes ayudan a soportar el peso del remolque y de la carga. La mayoría de los ejes están contruidos para cargar el límite legal de 9.000 Kg por eje. Estos están hechos en forma muy parecida a la de los ejes de los tractores. La gran diferencia es que las ruedas de los remolques rotan libremente en lugar de estar propulsadas por el motor.

2.3.3.1 TIPOS DE EJES

2.3.3.1.1 Eje simple

Elemento constituido por un solo eje no articulado a otro, puede ser: motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior.

2.3.3.1.2 Eje compuesto (Tandem)

Elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados 1,20 m y 1,60 m entre líneas de rotación extremas (centro de ejes extremos), pudiendo ser motriz, portante o combinado.

2.3.3.1.3 Eje compuesto (*Tridem*)

Elemento constituido por tres ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados 2,0 m y 3,2 m entre líneas de rotación extremas (centro de ejes extremos), pudiendo ser motriz, portante o combinado.

2.3.4 SISTEMA DE FRENOS

El principio básico del sistema de frenos se basa en la ley de conservación de la energía, la cual dice que “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. La energía cinética y la calorífica son sólo dos de los diferentes tipos de energía, la primera es aquella energía que tienen los cuerpos al estar en movimiento y la segunda es la energía que toman o desprenden los cuerpos en forma de calor.

Cuando un vehículo se encuentra en movimiento tiene una cierta energía cinética y para detenerlo hay que transformar esa energía en alguna de otro tipo, que no involucre el movimiento del vehículo como es la energía calorífica. Esto se logra mediante la fricción, que es la fuerza que se opone al movimiento.

Al aplicar los frenos de un vehículo se produce una fricción en el disco o tambor (según el tipo) que genera calor. Es decir, la energía cinética se transforma en energía calorífica y entre más calor pueda desprender el sistema de frenos más velocidad va a disminuir el vehículo. Este principio básico permite determinar que el sistema de frenos más efectivo va a ser aquel que pueda disipar más calor.

Entre más velocidad y peso tenga un vehículo más energía cinética va a poseer y más difícil resulta detenerlo, lo cual se debe compensar con una mayor presión y una mayor área de frenado para generar más fricción y disipar más calor.

2.3.4.1 Frenos de tambor

El primer sistema de frenos en las ruedas (después de los frenos de mano) fue el de tambor, que toma su nombre porque los componentes del freno están dentro de un cilindro en forma de tambor que gira junto con el eje de las ruedas. En el interior se encuentran las zapatas que al oprimir el pedal del freno son presionadas contra el tambor generando fricción para detener el vehículo.

El diseño básico resultó ser muy efectivo para la mayoría de las circunstancias, sin embargo, tienen una desventaja importante. Cuando se somete a altos esfuerzos como frenando cuesta abajo en una pendiente, los frenos pierden su efectividad debido a que genera mucho calor dentro del tambor, como la ventilación del tambor no es buena se deja de desprender calor y no se puede reducir más la velocidad.

2.3.4.2 Frenos de disco

Los frenos de disco utilizan exactamente los mismos principios básicos de frenado (fricción y calor), sin embargo, su diseño es muy superior al de los frenos de tambor. En lugar de tener los componentes encerrados en el tambor, los frenos de disco constan de un disco expuesto al aire que es frenado por una mordaza generando fricción y calor. Este sistema de frenos es muy efectivo ya que el calor se disipa fácilmente al tener todos sus elementos expuestos al aire evitando encerrar el calor.

2.3.5 RUEDAS

Elementos estructurales del vehículo que permiten soportar parte de su carga a través de los neumáticos, giran sobre un eje para permitir que el semirremolque se movilice. Una rueda está constituida por los siguientes elementos:

- Disco
- Aro o Rin
- Neumático

2.3.6 KING PIN

También conocido como perno maestro, es un elemento que va fijado al semiremolque y diseñado para ser enganchado por la quinta rueda. Soporta principalmente la fuerza para mover y frenar el vehículo proporcionada por la cabeza tractora. También permite el giro a través de una articulación flexible, que permite libertad de movimiento respecto al eje vertical entre el mecanismo de enganche y el semirremolque. Ver Figura 2-9



Figura 2-9: Tipos King Pin para semiremolques

2.3.7 ACCESORIOS DE SEGURIDAD

Son de gran importancia por lo que la plataforma cama alta tendrá como accesorios de seguridad los siguientes elementos:

- Frenos de estacionamiento
- Patines
- Malacate
- Equipo de carretera
- Sistema de luces

2.3.7.1 Frenos de estacionamiento

Es un freno que se utiliza cuando el semirremolque cama alta se encuentra desenganchado.

2.3.7.2 Patines

Los patines también conocidos como gatos, tren de aterrizaje, postes de sostén o piernas dolly. Son elementos que sostienen el frente del semiremolque cuando no está conectado al tractor. Generalmente se ajustan a su lugar utilizando una palanca o brazo que se encuentra al alcance del conductor. Ver Figura 2-10

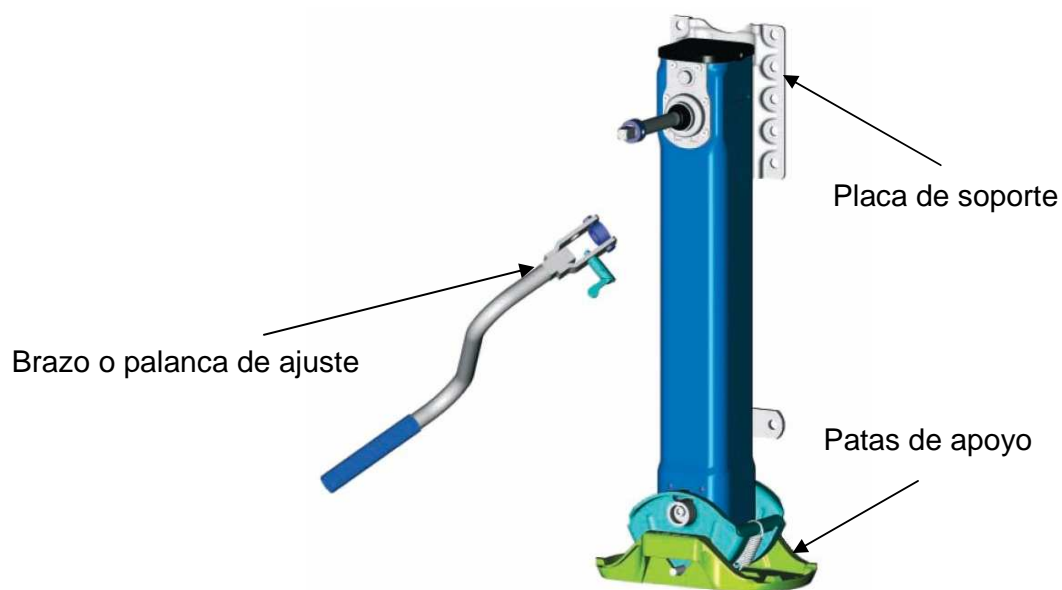


Figura 2-10: Patines de apoyo del semiremolque

2.3.7.3 Malacate

Elemento metálico de gran resistencia que sirve exclusivamente para sujetar a los contenedores. Este elemento es conocido también como piñas o porta contenedores. Ver Figura 2-11



Figura 2-11: Sistema de sujeción de los contenedores.

2.3.7.4 Equipo de carretera

Con la finalidad de superar cualquier dificultad que se presente en el camino, el semirremolque cama alta debe contar con un equipo de herramientas básicas.

El equipo de carretera debe constar de: gato hidráulico, llaves de pernos, extintor, manguera de aire, señalización (triángulos), y botiquín de primeros auxilios. Además la estructura debe contar con un espacio exclusivo para soportar las llantas de emergencia.

2.3.7.5 Sistema de luces

El sistema de luces para los vehículos esta diseñado para poder ver y ser visto. También sirve a su vez para señalar las maniobras que se baya a realizar.

Todos los semirremolque deben contar con un sistema de luces, el cual puede estar formado con los elementos que se indican en la Tabla 2-1

Tabla 2-1: Ubicación de las luces en el semiremolque

Descripción:	Remolques y semiremolques			
	Número	Color	Situación	Obligatorio o no
Luz de marcha atrás	1 ó 2	Blanco	Detrás	Opcional
Luces indicadoras de dirección	Un número par	Amarillo	Detrás	Obligatorio
Señal de emergencia	Igual número que indicadores de dirección	Amarillo	Igual que indicadores de dirección	Obligatorio
Luz de frenado	2	Rojo	Detrás	Obligatorio
Luz de posición delantera	2	Blanco	Delante, en el exterior	Obligatorio
Luz de posición trasera	2	Rojo	Detrás, en el exterior	Obligatorio
Luz de posición lateral	En función de su longitud	Amarillo	Laterales	Obligatorio
Luz de gálibo	2 delante y 2 detrás	Blanco	Detrás, en el exterior y arriba	Obligatorio
Catadióptricos traseros triangulares	2	Rojo	Detrás, en el exterior	Obligatorio
Catadióptricos delanteros no triangulares	2	Blanco	Delante, en el exterior	Obligatorio
Catadióptricos laterales no triangulares	En función de su longitud	Amarillo	Lateral	Obligatorio

2.4 CONTENEDORES

Contenedor es el término genérico utilizado para designar una caja que transporta mercancías, suficientemente resistente para su reutilización, habitualmente apilable y dotada de elementos para permitir las transferencias entre diferentes tipos de transporte.

2.4.1 TIPOS DE CONTENEDORES

2.4.1.1 Contenedor terrestre

Contenedor que cumple las especificaciones de la International Railway Union (UIC) para ser utilizado en transporte por carretera.

2.4.1.2 Contenedor marítimo

El contenedor cerrado, es el más utilizado para transporte marítimo de carga general. Suele fabricarse en acero y tiene apertura frontal o trasera según se mire. Se suele cargar con mercancía paletizada, mediante carretillas, pero también se pueden cargar, cajas, muebles, maquinaria, etc.

2.4.1.3 Contenedor aéreo

Contenedor adaptado a las normas de navegación aérea. No se trata, por tanto, de los mismos contenedores que se emplean en los otros modos de transporte.



Figura 2-12: Contenedores apilados

Otros tipos de contenedores más especializados son:

2.4.1.4 Contenedor de costado abierto

Especialmente indicado para aquella mercancía cuya dimensión impide que se cargue por las puertas de los contenedores. Está construido básicamente en acero.

2.4.1.5 Contenedor de techo abierto

Ideal para grandes piezas que no caben en el contenedor, tales como maquinaria, grandes cristales o mármoles y maderas.

2.4.1.6 Contenedor granelero

Es un contenedor cerrado, con unos orificios en sus puertas que se abren para conectar mangueras e introducir carga a granel seca, como productos químicos, granulados y mercancía en polvo diversa, fertilizantes, cemento, harina, leche en polvo, azúcar y sal. Se construyen con fibra de vidrio y acero.

2.4.1.7 Contenedor plataforma

Se usa para cargar mercancías que sobrepasan las medidas habituales, tales como maquinaria, cables, bidones de petróleo, bombonas de gas, bobinas de acero y metal, vehículos pesados y maderas del bosque, entre otras. Este contenedor se usa para almacenar aquella carga inadecuada para los tipos de contenedores mencionados anteriormente a causa de sus dimensiones.

2.4.1.8 Contenedor cisterna (ISO Tank)

Es un depósito de acero inoxidable encajado en una estructura exterior a modo de contenedor, para poderlo estibar con los contenedores. La nomenclatura de ISO (International Standard Organization) le viene dada por ajustarse a las medidas que esta organización ha establecido.

2.4.1.9 Contenedor isoterma

La especialidad de este contenedor radica en los materiales de su construcción, ya que están ideados para aislar la temperatura del interior respecto a la del exterior. Así se evita que el frío o el calor de fuera del contenedor afecten al contenido del mismo.

2.4.1.10 Contenedor frigorífico

Es un contenedor isotérmico de aluminio, o aluminio y acero inoxidable, que mantiene la mercancía fría o disminuye su temperatura mediante un sistema de refrigeración; se utiliza para fruta, verdura, carne o pescado, etc.

2.4.1.11 Contenedor calorífico

Es también un contenedor isoterma y, al contrario que el anterior, posee un sistema de calefacción para mantener o aumentar la temperatura de la mercancía.

2.4.1.12 Contenedor de temperatura controlada

Cualquiera de los contenedores isotermos mencionados con anterioridad que individualmente conste de sistema de control y registro tanto de temperatura como de humedad.

2.4.1.13 Contenedor igloo

Aquel cuya forma es adaptable al transporte aéreo.

A través del organismo internacional ISO, se normalizan las medidas de los contenedores. Basándose en estas normas estándar, las medidas internas más frecuentes de los contenedores, según el sistema impuesto internacionalmente, son las que se muestran en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Dimensiones de los contenedores ISO

Tipo de contenedor	Pies	Dimensiones [mm]			Volumen [m ³]
		Largo	Ancho	Alto	
Cerrado	20	5.209	2.350	2.392	33,2
	40	12.032	2.350	2.390	67,6
De techo abierto	20	5.894	2.344	2.347	31,5
	40	12.027	2.344	2.347	67,0
Granelero	20	5.888	2.334	2.338	32,4
Plataforma	20	5.988	2.398	2.231	...
	40	12.064	2.369	1.943	...
Frigorífico	20	5.460	2.240	2.225	...
	40	11.550	2.250	2.215	...

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En la Tabla 2-2 se indica los pesos máximos de los contenedores según sus dimensiones exteriores. Sin embargo, un contenedor puede cargarse inadvertidamente hasta un 10% más de lo especificado, o con carga descentrada.⁶

Tabla 2-3: Capacidad de carga de los contenedores

Contenedor		Peso máximo [toneladas]
[m]	[pies]	
3	10	10
6,2	20	20
9,14	30	25
12,2	40	30

Fuente: Autoridad portuaria de Guayaquil

Elaboración: Propia

⁶ ISO (International Standar Organization), especificaciones para contenedores

Los contenedores de 6,1[m] también se denominan como TEU (Twenty Foot Equivalent Unit), esto es, unidad equivalente a veinte pies, y los de 12,2[m], FEU (Forty Foot Equivalent Unit) o unidad equivalente a cuarenta pies.

Se llama contenedor de gran capacidad a un contenedor ajustado a la norma ISO en longitud y amplitud pero de altura superior a 2,9 m. Estos contenedores han sido incluidos en la revisión de la norma ISO.

Se llama contenedor de extraordinaria capacidad a un contenedor que excede las dimensiones ISO. Estas dimensiones varían y pueden incluir, por ejemplo, longitudes de 13,72 m; 14,64 m o 16,10 m. (Ver Figura 2-13)



Figura 2-13: Contenedor de gran capacidad

2.4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CONTENEDORES

Como la mayoría de las ideas innovadoras y progresistas que han causado mayor impacto en el mundo, el concepto del transporte en contenedores tiene sus aspectos positivos y negativos.

Aspectos positivos:

- Es posible el transporte puerta a puerta.
- Se reduce el papeleo, así como los costes de almacenaje e inventario.

- No son precisas las manipulaciones intermedias, lo que se traduce en:
 - Menos deterioros.
 - Menor riesgo de robos.
 - Menos gastos de embalaje.
- Mayor productividad laboral.
 - Se requiere menos mano de obra, lo que reduce considerablemente los costes.
 - La uniformidad de las tareas reduce al mínimo la necesidad de formación técnica.
- La constante uniformidad de la carga hace que puedan utilizarse inversiones de capital a largo plazo.
- Una amplia gama de mercancías puede ser transportada por contenedor.

Los posibles inconvenientes son:

- Se precisa una gran inversión inicial de capital para este tipo de transporte; en contenedores, barcos, instalaciones terminales y equipamiento.
- Algunas mercancías no son aptas o no resultan económicas para el transporte por contenedor.
- Se requiere una utilización a gran escala. Los contenedores no siempre están llenos cuando se les envía al punto de destino, y en este caso se reduce su rentabilidad.
- No siempre es adecuada la manipulación de la carga en el lugar receptor.

2.5 DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

El sistema estructural y sus componentes deben ser diseñados para resistir las sollicitaciones permanentes eventuales que pueden afectar a una estructura, entre las que se incluye peso propio, sobre cargas de uso, sismos, ráfagas de viento, cargas de viento y ceniza, todas ellas definidas y reguladas en normas de diseño.

En la actualidad el incremento de la utilización de estructuras metálicas en el área de la construcción, ha sido notable debido a diversas ventajas que presentan las mismas frente a otros métodos de construcción con una variedad de factores que se detallan a continuación.

Confiabilidad.- Por la homogeneidad de los materiales utilizados.

Rapidez de Instalación.- Por la posibilidad de prefabricación de partes en taller.

Duración a través del tiempo.- Por el bajo proceso de deterioro y envejecimiento.

Versatilidad del Conjunto y de las Partes.- Que permite el desarmado y rearmado, reformas importantes con bajo costo y dimensiones esbeltas con alta resistencia.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO

Como todos los materiales el acero tiene muchas ventajas pero presenta también inconvenientes en su utilización.

En la Tabla 2-4 se presentan las principales ventajas y desventajas del acero como material estructural.

2.5.1.1 Propiedades del Acero Estructural A36

El acero más comúnmente utilizado en la estructura de las camas altas, es el Acero Estructural A36, cuyas propiedades son:

Esfuerzo de fluencia: $S_y = 1530 [Kg / cm^2] = 36 [Kpsi]$

Esfuerzo último a la tracción: $S_{ut} = 4100 [Kg / cm^2] = 58 [Kpsi]$

Tabla 2-4 Ventajas y desventajas del acero como material estructural

VENTAJAS DEL ACERO	
Alta Resistencia	La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que el peso propio de la estructural es mucho menor que otros materiales
Uniformidad	Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado
Durabilidad	Si el mantenimiento de las estructuras de acero es el adecuado su vida útil se prolongará.
Ductilidad	Es la propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos evitando así fallas prematuras.
Tenacidad	Es la propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad. Los aceros estructurales son tenaces, es decir poseen resistencia y ductilidad.
Facilidad Constructiva	Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conectores como por ejemplo soldadura, uniones empernadas y remaches; con una gran rapidez de montaje.
DESVENTAJAS DEL ACERO	
Costo de Mantenimiento	La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire, por consiguiente, deben pintarse periódicamente.
Costo de Protección Contra el Fuego	Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles sus resistencias se reducen considerablemente si están expuestos a altas temperaturas.
Susceptibilidad al Pandeo	Entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión mayor es el peligro de pandeo.

2.6 ETAPAS DEL DISEÑO DE UN PROYECTO ESTRUCTURAL

Cualquier tipo de estructura debe ser diseñada para resistir con seguridad todas las cargas permanentes y transitorias, sin exceder los esfuerzos permisibles para el material de construcción especificado.

Concretamente el proyecto de una estructura comprende algunas etapas, la cuales son:

2.6.1 ETAPA 1: ESTRUCTURACIÓN

Es la etapa más importante del diseño estructural, ya que la optimización del resultado final del diseño depende en gran medida del acierto en la selección del elemento principal mas adecuado para un proyecto específico.

En esta etapa de estructuración se seleccionan los materiales que van a constituir la estructura, se define el sistema estructural principal, así como el arreglo y dimensiones preliminares de los elementos estructurales mas comunes, el objetivo es adoptar la solución optima dentro de un conjunto de posibles opciones de estructuración.

2.6.2 ETAPA 2: ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS

En esta segunda etapa del proyecto se identifican las cargas que se consideran que van a incidir, ó que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentra, por ejemplo, las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva, y acciones accidentales como el viento e impacto.

2.6.3 ETAPA 3: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Procedimiento que lleva a la determinación de la respuesta del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que pueden incidir sobre dicho sistema.

La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada, esta en función de sus propias características y puede expresarse en función de deformaciones, esfuerzos, reacciones, entre otros.

En esta etapa se define la estructura y se revisa si se cumple con los requisitos de seguridad adoptados.

2.7 ANÁLISIS DE CARGAS

Una de las tareas más importantes de un proyecto estructural es determinar de manera precisa el valor de las cargas que soportará la estructura durante su vida útil, así como la posición y las combinaciones más desfavorables que se podrían tener de acuerdo a guías y reglamentos establecidos. La vida útil de una estructura es de aproximadamente 50 años. Las cargas más importantes se especifican en la Tabla 2-5

Tabla 2-5: Clasificación de las cargas de diseño

TIPOS DE CARGAS
Carga Muerta
Carga Viva
Cargas Accidentales
Cargas de Viento
Carga de Sismo
Carga de Impacto

2.7.1 CARGAS MUERTAS

Son aquellas cuya magnitud y posición permanecen prácticamente constantes durante la vida útil de la estructura. La carga muerta está producida por el peso de toda construcción permanente, que incluye el peso propio de la estructura y todo el equipo permanente no incluido en la carga viva. Sus valores se encuentran tabulados en unidades de fuerza sobre área.

$$C_m = P_p \qquad \text{Ecuación 2-1}$$

C_m = Carga muerta.

P_p = Peso propio del semiremolque.

2.7.2 CARGAS VIVAS

Son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento u ocupación propia de la estructura. Incluye las personas, el mobiliario, las máquinas y cualquier tipo de carga transitoria. Están generalmente reguladas por los reglamentos de construcción urbana y sus valores se encuentran tabulados en unidades de fuerza sobre área.

2.7.3 CARGAS ACCIDENTALES

Además de las cargas vivas y muertas que actúan sobre una estructura es necesario considerar adicionalmente las cargas accidentales que debe soportar la estructura producidas por efectos climáticos, geográficos, o por las condiciones de operación misma de la estructura. Algunas de las cargas accidentales más importantes se detallan a continuación.

2.7.3.1 Cargas de Viento

Cualquier estructura debe ser diseñada para resistir la presión producida por el viento considerando la ubicación geográfica, exposición, y geometría de la estructura. Estas cargas se pueden determinar como fuerzas estáticas horizontales aplicadas a las masas de la estructura.

2.7.3.2 Cargas de Sismo

Las estructuras deben ser diseñadas para resistir fuerzas sísmicas provenientes de cualquier dirección. Estas cargas inducidas en las estructuras están en relación a su masa y elevación a partir del suelo; así como de las aceleraciones del terreno y de la capacidad de la estructura para disipar energía; estas cargas se pueden determinar como fuerzas estáticas horizontales aplicadas a las masas de la estructura.

2.7.3.3 Cargas de Impacto

Son fuerzas que se aplican en un periodo de tiempo relativamente corto. Una carga de choque se aplica, en general, a un cuerpo en movimiento cuando entra en contacto con el miembro resistente, y la fuerza ejercida por el cuerpo móvil y el periodo de tiempo durante el cual actúa no pueden fácilmente determinarse.

La carga de choque se encuentra, por lo general, multiplicando la carga en movimiento (viva) por un factor de choque. El factor de choque es distinto para cada tipo de carga dinámica y su valor nunca puede aproximarse más que como una burda aproximación para efecto dinámico real de la carga en movimiento.

2.7.4 CARGA DE SEGURIDAD O SOBRECARGA

Este tipo de carga es considerada para evitar que la estructura falle por sobrecarga durante su vida útil.

2.7.5 CARGAS SEGÚN EL PUNTO DE APLICACIÓN

2.7.5.1 Cargas puntuales

“Una carga puntual es aquella cuya superficie de contacto con el miembro que la resiste es despreciable con relación al área del mismo”.⁷

Como su nombre lo indica este tipo de cargas es aquella que se aplica en pequeñas superficies, como se representa en la Figura 2-14.



Figura 2-14: Representación de cargas puntuales

2.7.5.2 Cargas distribuidas

Esta carga se extiende a través de todo el elemento y se la designa por unidad de longitud. Puede ser uniformemente distribuida o no uniformemente distribuida. Ver Figura 2-15.

⁷ SEELY, SMITH Resistencia de Materiales; Pag. 3.

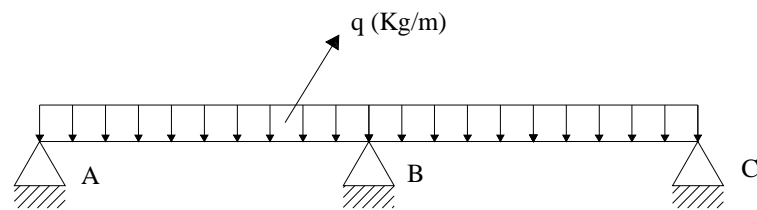


Figura 2-15: Representación de cargas uniformemente distribuidas

2.8 ESTUDIO DE CAMPO

Con la finalidad de tener una idea clara de los elementos que constituye una plataforma cama alta se realiza un estudio de campo en empresas que se dedican a la construcción de semiremolques. (Ver Fotografías ANEXO 4)

CAPÍTULO 3

3 PREFACTIBILIDAD

3.1 ESTUDIO DE MERCADO

Como primer paso en el diseño de una plataforma cama alta para el traslado de contenedores, se determina cuales son los requerimientos que existen en el mercado nacional, y las empresas que realizan este tipo de trabajo, con su respectivo valor. Para obtener estos datos se elabora una encuesta, la cual consta de seis preguntas. Se obtienen algunos parámetros importantes de diseño acordes a las necesidades del mercado.

El transporte de mercancías pesadas por vía terrestre, es una actividad que involucra altas inversiones así como gastos de operación. Por lo que el sistema logístico de los transportistas intenta optimizar los subsistemas que forman parte de la cadena de transporte. Este hecho crea la necesidad de aumentar el peso de mercancía en cada transporte, permitiendo una reducción de los costes y un ahorro de energía.

La encuesta realizada está dirigida a las personas o empresas dedicadas a transportar mercancías pesadas, ubicadas en la ciudad de Quito y sus alrededores, tratando de cubrir especialmente a los transportistas que utilizan sistemas acoplables a cabezales de transporte pesado.

3.1.1 ESTUDIO DE MERCADO ACTUAL DEL PRODUCTO

Se realizaron varias visitas a empresas dedicadas a la fabricación, venta y mantenimiento de remolques y semiremolques, como son:

- Industrias Cedeño
- Remolques Pozo
- Talleres Noroña
- Industrias Atlas

De las visitas realizadas, se determina que los precios por un semiremolque de treinta a cuarenta toneladas de capacidad, está alrededor de 20.000 dólares, dependiendo de la calidad, accesorios y el material utilizado. De este valor, aproximadamente, un 73% corresponde a los costos de materia prima y accesorios que son normalizados, el 19% a la mano de obra, y el porcentaje restante corresponde a la ganancia de la empresa.

Las empresas nombradas anteriormente son metalmecánicas que se dedican a la construcción de este tipo de vehículos pero, también ofrecen servicios de reparación y mantenimiento considerando que un promedio de vida útil de este medio de transporte es quince años.

3.1.2 OBJETIVO DE LA ENCUESTA

El principal objetivo que persigue la realización de esta encuesta realizada a los transportistas de mercancías pesadas, es conocer sus necesidades de operación, limitaciones y las condiciones actuales en que realizan su trabajo. El modelo de la encuesta se presenta en el ANEXO 2.

El siguiente paso es realizar un análisis de resultados obtenidos en las encuestas, para posteriormente determinar los parámetros de diseño con los que se procede a diseñar éste proyecto.

3.1.2.1 ENCUESTA

La encuesta fue realizada a un total de 20 personas y los resultados de ésta son los siguientes:

1.- ¿De los viajes que usted realiza, en qué porcentaje transporta contenedores?

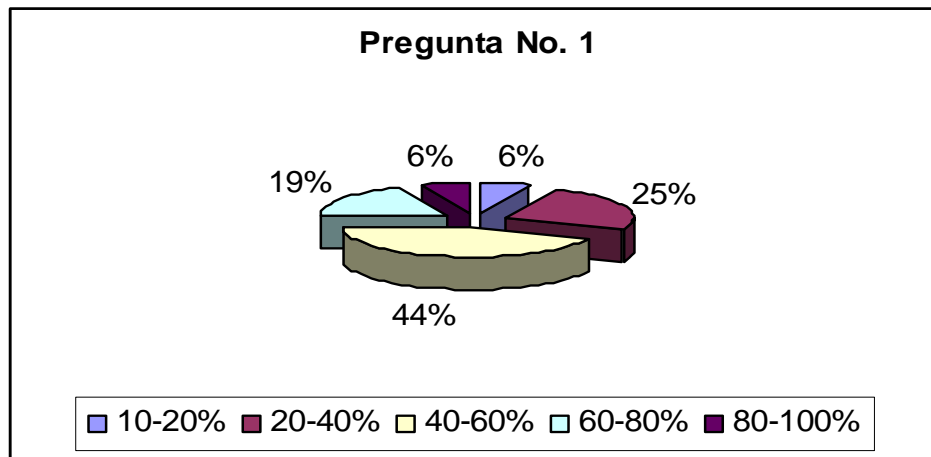


Figura 3-1: Resultados a la pregunta 1

2.- ¿Qué tipo de contenedores transporta usted?

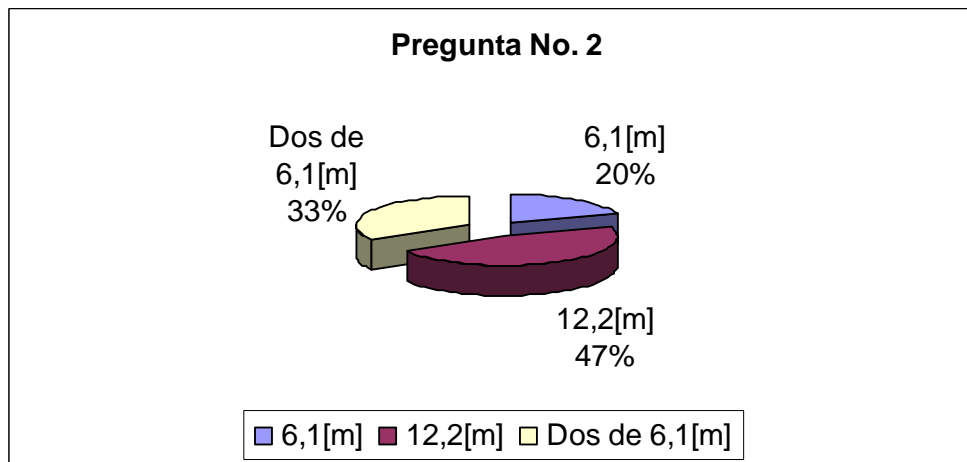


Figura 3-2: Resultados a la pregunta 2

3.- ¿Le gustaría tener un semiremolque exclusivamente para transportar contenedores?

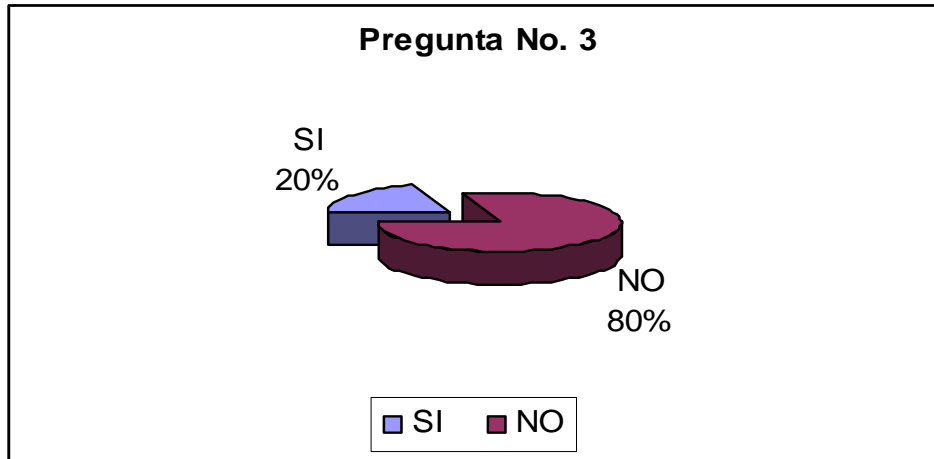


Figura 3-3: Resultados a la pregunta 3

4.- ¿Cuál es la capacidad de carga que transporta generalmente?

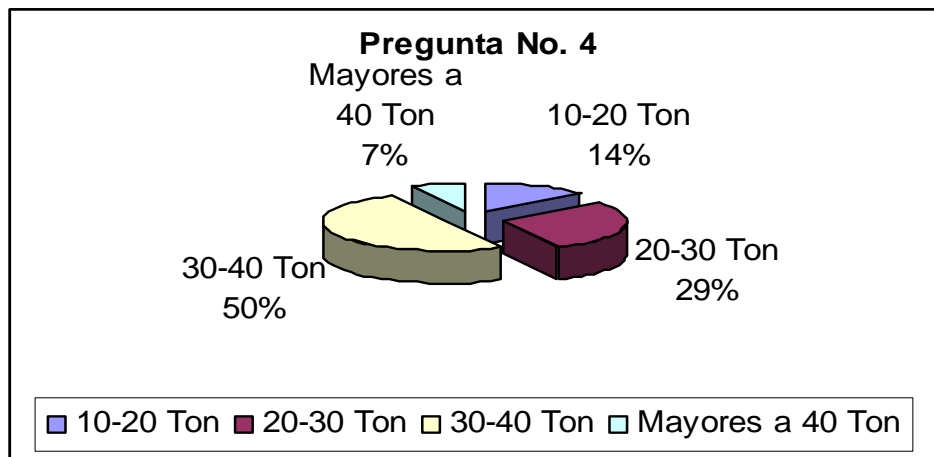


Figura 3-4: Resultados a la pregunta 4

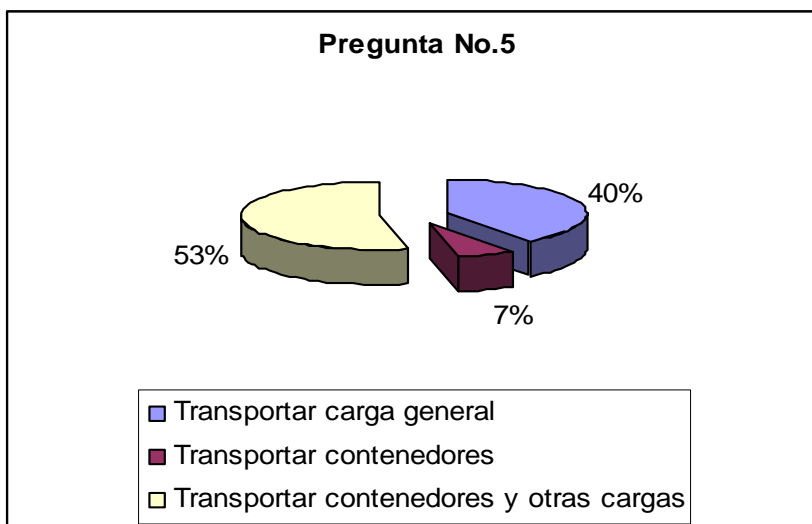
5.- ¿Si usted adquiere un semiremolque, de que tipo lo prefiere?

Figura 3-5: Resultados a la pregunta 5

6.- ¿Cuáles son los inconvenientes que tiene para transportar contenedores?

En esta pregunta el encuestado tiene que responder con sus propias palabras. Se recibe un sin número de respuestas de todo tipo, entre algunas de las más frecuentes se tiene:

- Su semiremolque no dispone de un mecanismo específico para fijar el contenedor a la estructura.
- Algunos de los elementos estructurales del semiremolque sufren deformación.
- No conocen con certeza cual es la capacidad máxima que pueden transportar.
- Los encuestados manifiestan que no hay un asesoramiento técnico o un manual para manejo y mantenimiento de los semiremolques.

3.1.2.2 CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA

- Del total de transportistas encuestados, un 44% transporta contenedores con una frecuencia del 40 al 60% del total de sus viajes, y el porcentaje restante lo realizan transportando otro tipo de cargas.
- En el capítulo uno, se realiza un estudio del movimiento de contenedores a través de los puertos marítimos del Ecuador, determinando que los contenedores de cuarenta pies tienen mayor afluencia a los puertos del país. En este punto es donde intervienen los semiremolques que sirven para movilizar los contenedores desde y hacia los puertos.
- Con estos antecedentes y con el resultado de la pregunta dos se concluye que el diseño debe estar encaminado para transportar contenedores de 12,2[m], que son los requerimientos y demanda de los transportistas de carga pesada del medio.
- Todos los encuestados les gustaría mejorar el actual diseño que sea liviano, seguro y confiable.

3.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Luego de un análisis y estudio de mercado, las principales restricciones y limitaciones del diseño de un semiremolque cama alta para el traslado de contenedores, se resumen en:

- Los materiales que existen en el mercado no permiten tener una gama de alternativas para realizar un diseño liviano y que cumpla con las expectativas de los clientes.

- Una restricción que se presenta para el diseño de la cama alta son las dimensiones que esta debe tener, por cuanto existen leyes y reglamentos que regulan estos parámetros en los vehículos de transporte pesado.
- El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones en cumplimiento a: La Ley de Caminos y su Reglamento Aplicativo, y el “Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera”; ejerce el control de pesos y medidas a los vehículos que transportan carga desde 5 hasta un máximo de 48 toneladas de Peso Bruto Vehicular (PBV = vehículo vacío más la carga), y hacen uso de las carreteras de la red principal del País. Ver ANEXO 1

3.3 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Para la determinación de los parámetros que intervendrán en el diseño de la plataforma cama alta, se consideran las necesidades, requerimientos y condiciones de trabajo a la que va estar sometido el vehículo acoplable. Los parámetros que se consideran para el diseño son los siguientes:

- Parámetros Funcionales
- Capacidad de Carga
- Tamaño y Peso
- Tipo de Trabajo
- Materiales
- Vida Útil
- Costos
- Procesos
- Ambiente de Trabajo

3.3.1 PARÁMETROS FUNCIONALES

Debido a que en nuestro país se transporta diferentes tipos de carga ya sean estas contenerizadas o a granel, hace que las plataformas camas altas construidas en el medio sean de diferentes medidas y capacidades, por esta razón este estudio está encaminado a realizar un diseño que cumpla con los requerimientos propuestos por las personas que se dedican al transporte de mercancías.

3.3.2 CAPACIDAD DE CARGA

Según el estudio realizado del movimiento de contenedores a través de los puertos en el país, y en base al estudio de mercado realizado a los transportistas. Se determina que la plataforma cama alta debe diseñarse para transportar contenedores ISO de 12,2[m], cuya capacidad de carga se encuentra normalizada y es de 30 toneladas.

3.3.3 TAMAÑO Y PESO

Este parámetro es muy importante en el diseño, porque el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de auto-transporte por los caminos y puentes del territorio nacional, están establecidas por el “MOP” y por el “Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera” que rige en el país. Ver ANEXO 1.

Para este tipo de vehículos, las dimensiones máximas que cumplen con este reglamento y satisfacen los requerimientos para transportar un contenedor de 12,2[m], se muestran en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Dimensiones de la plataforma cama alta

Dimensiones	[mm]
Longitud total	12,200
Ancho de la cama alta máx.	2,600
Altura de la cama alta máx.	4.100

El peso de la plataforma cama alta depende de las dimensiones y de los materiales que se utilicen en su construcción, el peso de la estructura metálica esta entre un promedio de 4000 a 5000 Kg.

3.3.4 TIPO DE TRABAJO

La principal aplicación de la plataforma cama alta será el transporte de contenedores; sin embargo, según el estudio de mercado realizado se determinó que los transportistas demandan de vehículos acoplables capaces de transportar todo tipo de carga. Por esta razón este punto será tomado muy en cuenta en el análisis y selección de alternativas.

3.3.5 MATERIALES

Para la construcción de esta estructura se considera utilizar materiales resistentes y que se los pueda encontrar en el mercado local, el material base para la construcción del semiremolque es el acero estructural A-36.

En el funcionamiento de esta estructura no es conveniente utilizar madera para la base del piso por costos y durabilidad, si bien es cierto en un inicio es más económico poner tablones; pero, cuando se tenga que hacer mantenimiento y

cambiar esta estructura al final resultara más costosa. Por lo que para el piso se utiliza planchas de tol anti deslizante.

La estructura pesada se la realiza con vigas armadas, y perfiles metálicos que soporten los requerimientos de peso y fuerzas que intervienen en el diseño.

Los accesorios que se utilizan ya sea por requerimiento o por protección, son: llantas, sistema de luces, sistema de frenado, ballestas, quinta rueda, king pin, enganches de los contenedores, patines, etc., también se utiliza materiales como pintura, tornillos, remaches y otros. La selección de estos elementos se realiza por catálogos, considerando la disponibilidad de éstos productos en el mercado local.

3.3.6 VIDA ÚTIL

Considerando los climas a los que está expuesta la cama alta y el mal estado de las redes viales que existen en el país, el tiempo de vida útil promedio para este tipo de estructuras es de 15 años. Hay algunos elementos específicos que requieren de un mantenimiento constante, y el deterioro de estos depende del tipo de carga y la zona donde se trabaje, a demás del mantenimiento que se les realice.

3.3.7 COSTOS

El costo de diseño y construcción del semiremolque es un factor importante, ya que de ello depende su aceptación en el mercado.

El costo debe estar considerado tanto para el diseño como para la construcción. Este debe ser equilibrado, es decir se ajuste tanto a las

necesidades y posibilidades de los clientes. Permitiendo de esta manera introducir al mercado un producto competitivo y confiable.

Por tratarse de un producto que no es de producción en serie o para mantener en stock, sino que se fabrica bajo pedido y atendiendo a los requerimientos del cliente, el costo de construcción de la plataforma cama alta, depende de la calidad de los materiales y accesorios utilizados cuyo valor varía de acuerdo a la marca y la tecnología.

3.3.8 PROCESOS

Los principales procesos que se requieren para la construcción de la plataforma cama alta son:

- Trazado
- Cortado
- Soldadura
- Taladrado
- Ensamble
- Acabado

Todos estos procesos se los realiza en un orden lógico y conforme señalan los planos y diseño.

3.3.9 AMBIENTE DE TRABAJO

El país es privilegiado por contar con diversidad de climas y regiones, si se considera que el transporte de mercancías se lo realiza por todas las provincias

del Ecuador, entonces la estructura de la plataforma cama alta debe resistir los diferentes cambios climáticos a los que está expuesta.

3.3.10 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Con la finalidad de verificar el montaje y el correcto funcionamiento de todos los elementos que esta constituida la plataforma cama alta se deben realizar las siguientes pruebas:

- Prueba de dimensionamiento
- Prueba de control de elementos utilizados
- Prueba de carga
- Prueba de soldadura

3.3.10.1 Prueba de dimensionamiento

Esta prueba se la realiza en todos los elementos de la estructura metálica tales como: planchas, vigas armadas, perfiles de acero, y medidas en general para constatar que las dimensiones de construcción concuerden con las especificadas en los respectivos planos. De esta manera se asegurara que la estructura cumpla con los reglamentos establecidos por el MOP y con las especificaciones del diseño.

Esta prueba se la realiza con flexómetro para medir las longitudes de los elementos y con un calibrador pie de rey para medir los espesores.

En la Tabla 3-2, se muestra un formato para el control de dimensiones.

Tabla 3-2: Formato para control de dimensiones

RESUMEN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES				
DIMENSIÓN [m]	ELEMENTO	DISEÑO [m]	PROTOTIPO [m]	% DE ERROR
Largo total				
Ancho total				
Altura total				
Distancias entre los perfiles				
Espesores de material				

3.3.10.2 Pruebas de control de elementos utilizados.⁸

Todos los elementos deben garantizar su correcta funcionalidad, maniobrabilidad y seguridad, los principales sistemas que se va ha verifica son:

- Control del sistema de luces
- Control del sistema de frenos

⁸ Normativa de remolques mexicana; Especificaciones de seguridad; PROY-NOM-164-SCFI/SCT2-2006

- Control del sistema de enganche
- Control del sistema de ejes y suspensión
- Control de patines

3.3.10.2.1 *Sistema de Luces*

El semiremolque cama alta debe contar en cantidad, color y posición con las lámparas que establece el Concejo Nacional de Transito.

3.3.10.2.2 *Sistema de frenos*

Los tanques de aire para frenos se verifican documentalmente como sigue:

Los fabricantes de los semiremolques deben presentar una constancia de la capacidad volumétrica del tanque que se ha utilizado para el sistema de frenos, la que es emitida por el fabricante del mismo.

3.3.10.2.3 *Sistema de enganche*

La planicidad de la plancha de acople para el king pin, mientras está cargada debe mantenerse dentro de los límites siguientes:

- **Concavidad:** No mayor a 1,5 mm al centro en una distancia diametral (pasando por el centro del king pin) de 965 mm en todas direcciones.
- **Convexidad:** No mayor a 3,1 mm al centro en una distancia diametral (pasando por el centro del king pin) de 508 mm en todas direcciones. no mayor a 6,4 mm al centro en una distancia diametral (pasando por el centro del king pin) de 966 mm en todas direcciones.
- **Perpendicularidad:** Del king pin respecto a la plancha de $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$.

3.3.10.2.4 *Sistema de ejes y suspensión*

Se verifica la placa de especificaciones del fabricante de la suspensión para verificar que su capacidad sea al menos igual a la del eje.

3.3.10.2.5 *Patines*

Con el vehículo cargado y desenganchado del tractor, se reemplaza la manivela de los patines por un torquímetro calibrado con un intervalo de 0 a 253 N-m (0 a 175 lb-ft). Se operan los patines para levantar o bajar la unidad en velocidad baja. El par requerido para esta operación debe ser menor a 143 N-m (14 kg-m o 100 lb-ft).

En la Tabla 3-3, se muestra un formato para la verificación de elementos principales.

Tabla3-3: Formato para verificación de elementos principales

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES				
ELEMENTO	BUENO	REGULAR	MALO	NO FUNCIONA
Sistema de luces				
Sistema de enganche				
Sistema de patines				
Sistema de ejes y suspensión				

3.3.10.3 Pruebas de carga

3.3.10.3.1 Pruebas de vacío

Esta prueba se realizara con la plataforma cama alta en vacío para verificar los parámetros funcionales de la estructura, se lo hará en pequeños recorridos.

3.3.10.3.2 Pruebas de carga

Se realizaran pruebas con carga para observar el comportamiento de la estructura.

3.3.10.4 Pruebas de soldadura

En esta prueba se controla el ancho y profundidad del cordón de soldadura, en diferentes partes de unión de la estructura, por ejemplo en las vigas del chasis. Esta prueba se la realiza simplemente por inspección visual, en la Tabla 3-4 se muestra un formato para la verificación de las soldaduras.

Tabla3-4: Formato para verificar la soldadura de los elementos estructurales

VERIFICACIÓN DE LA SOLDADURA			
ELEMENTO	BUENO	REGULAR	MALO
Soldadura del chasis			
Soldadura de la plancha antideslizante			
Soldadura de apoyos soporte de ejes			
Soldadura de la placa al king pin			
Soldadura de patines			
Soldadura de la suspensión y ejes			

CAPÍTULO 4

4 FACTIBILIDAD

4.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

De acuerdo con los resultados arrojados por las encuestas, el tipo de semiremolque requerido por los potenciales clientes (que son los transportistas de mercancías pesadas), es el utilizado para trasladar contenedores de cuarenta pies con capacidad de 30 toneladas, seguido de la confiabilidad y economía.

Buscando solucionar estas necesidades que existen en nuestro medio, se ha realizado un análisis comparativo entre tres tipos de semiremolques por los que se puede optar para trasladar contenedores.

4.1.1 ALTERNATIVA A.- SEMIREMOLQUE BIEXTENSIBLE

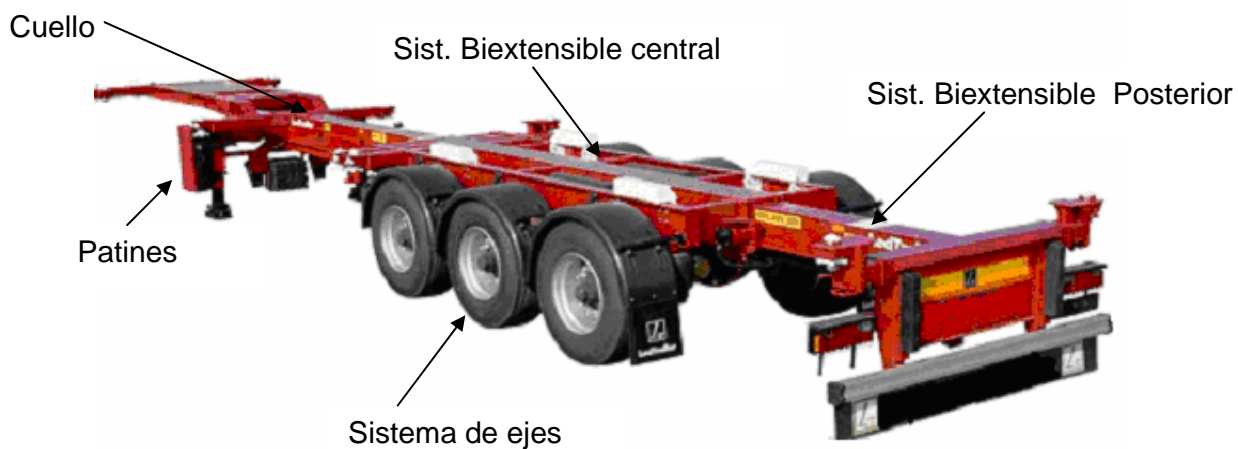


Figura 4-1: Semiremolque biextensible

La particularidad de este semiremolque es la capacidad de adaptar su longitud total al tipo de contenedor ISO que va a transportar. Los tipos de contenedores ISO transportables por la plataforma son:

- Contenedor ISO 6,1[m] (20 pies)
- Contenedor ISO 9,14[m] (30 pies)
- Contenedor ISO 12,2[m] (40 pies)
- Contenedor ISO 13,7[m] (45 pies)

El chasis del semirremolque es un conjunto constituido por tres partes fundamentales: un sistema extensible central, un cuello deslizante en la parte delantera y una parte posterior que a su vez forma otro sistema deslizante para transportar contenedores especiales de 13,7[m].

El chasis está constituido básicamente por vigas deslizables para adoptar la posición requerida tanto en el cuello como en la parte central, las dimensiones de estas vigas estarán determinadas por los contenedores que se vayan a transportar.

En la Figura 4-2 se puede observar el semiremolque adaptado para transportar un contenedor ISO de 6,1[m].

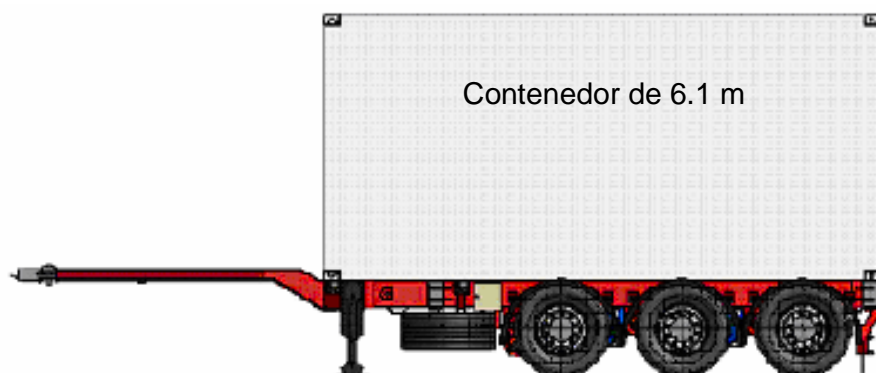


Figura 4-2: Semiremolque adaptado para transportar un contenedor de 6,1[m].

El semiremolque biextensible se adapta para transportar contenedores de 9.14m utilizando la parte central de la estructura y el cuello de cisne, como se puede observar en la Figura 4-3.



Figura 4-3: Semiremolque adaptado para transportar un contenedor de 9.14m.

La mayor cantidad de contenedores que transportan los semiremolques son los de 12,2[m], como se puede observar en la Tabla 1-5, ya sea para transportar dos contenedores de 6,1[m] o uno de 12,2[m], para ello el semiremolque hace uso de la extensión posterior, como se puede observar en la Figura 4-4.



Figura 4-4: Semiremolque adaptado para transportar un contenedor de 12,2[m] o dos contenedores de 6,1[m].

Este semiremolque biextensible puede adoptar una posición especial que sirve para transportar contenedores de 13,7[m], específicamente este tipo de contenedores no circulan con frecuencia en nuestro medio. Para ello la estructura tiene un dispositivo de dos vigas extensibles adicionales en la parte posterior como puede verse en la Figura 4-5.



Figura 4-5: Semiremolque adaptado para transportar un contenedor de 13,7[m]

Ventajas

- Permite transportar diferentes tipos de contenedores ISO.
- La estructura no es muy pesada.
- Es fácilmente remolcable con la longitud mínima cuando está sin carga.
- Los materiales de construcción se los puede encontrar con facilidad en el medio.

Desventajas

- Poca acogida en el mercado.
- Complejidad para el diseño de los sistemas deslizables.
- Puede presentar problemas de estabilidad.
- Difícil operación.
- Requiere mantenimiento con mayor frecuencia.

- Mayor costo por los sistemas deslizantes.
- Limitado a transportar solo contenedores.
- No es recomendado para circular en carreteras que se encuentran en mal estado.

4.1.2 ALTERNATIVA B.- CHASIS PORTA CONTENEDORES

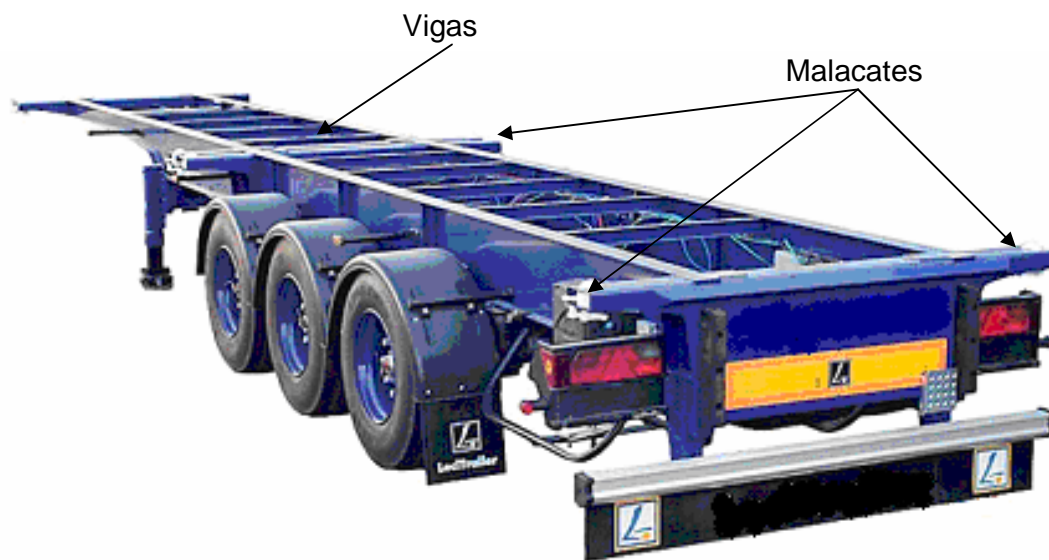


Figura 4-6: Semiremolque porta contenedor.

Este tipo de semiremolque está constituido básicamente por un chasis compuesto de dos vigas principales, las mismas que soportan directamente al contenedor. Este sistema posee acoples especiales para sujetar los contenedores generalmente conocidos como malacates o piñas, estos elementos se ubican en los extremos y en la parte central del chasis, permitiendo acoplar los contenedores de 6.10 o 12,2[m] a la estructura.

Ventajas

- La estructura no es muy pesada.

- Los materiales se los puede encontrar con facilidad en el medio.
- La estructura es de fácil construcción
- Tiene un sistema de acople a los contenedores fácil de manipular.
- Es liviano y económico.
- Posee buena estabilidad y adherencia de los neumáticos.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas

- Es de uso exclusivo para el transporte de contenedores, por lo que no permite llevar otro tipo de carga.
- Poca acogida en el mercado.

4.1.3 ALTERNATIVA C.- PLATAFORMA CAMA ALTA



Figura 4-7: Plataforma cama alta

A diferencia de las alternativas anteriores este tipo de transporte tiene una plataforma, con piso de madera o planchas de acero antideslizante que permite trasladar contenedores y todo tipo de mercancías que el mercado lo requiera.

Esta estructura dispone de acoples espaciales para sujetar los contenedores a la plataforma, dispuestos de la siguiente manera: uno en cada extremo de la plataforma y dos más en cada lateral ubicados de tal manera que permitan acoplar un contenedor ISO de 12,2[m], uno de 6,1[m] o dos de 6,1[m] según como la situación lo amerite. La plataforma cama está compuesta por un sistema de suspensión para tres ejes, diseñada para soportar una carga de 30 toneladas.

El chasis está constituido por dos vigas principales y travesaños formando una disposición de entramado de pisos para estructuras metálicas, sobre la cual se apoyan las planchas de tol antideslizante.

Ventajas

- Permite transportar contenedores y otros tipos de mercancías.
- Tiene gran aceptación en el mercado nacional.
- Fácil construcción.
- Los materiales se los puede encontrar con facilidad en el medio.
- Posee buena estabilidad y adherencia de los neumáticos.
- Mayor confiabilidad.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas

- Mayor peso que las otras alternativas.
- Mayor número de elementos estructurales.
- Mayor costo

4.2 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para cumplir con el objetivo principal y escoger la mejor alternativa se consideran los criterios más importantes entre ellos: facilidad, tiempo y costos de construcción; seguridad; mantenimiento; facilidad de operación; aceptación en el mercado y tipo de carga a transportar. Tomando en cuenta las restricciones con las que se va a realizar el diseño.

Para determinar la alternativa más idónea se analiza cuidadosamente las ventajas y desventajas de cada una de las opciones de diseño. Mediante un modelo matemático se determina cual es la alternativa ganadora.

Se debe considerar que cada uno de los criterios mencionados tiene diferentes valoraciones para seleccionar la alternativa más apropiada.

4.2.1 MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

El modelo que se usará para seleccionar la alternativa es el método de atributo ponderado. La medida de evaluación, simbolizada por R_j para cada alternativa j se define como:

$$R_j = \sum_{i=1}^n W_i V_{ij} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Los números W_i son los pesos importantes del atributo, y V_{ij} es la evaluación del valor del atributo i para cada alternativa j . Si los atributos son del mismo peso (también llamados no ponderados) $W_i = \frac{1}{m}$, según se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$W_i = \frac{\text{puntuación } i \text{ de importancia}}{\sum_{i=1}^m \text{puntuación } i \text{ de importancia}}$$

Ecuación 4-2

Lo anterior significa que W_i puede sacarse de la sumatoria en la fórmula de R_j . La directriz de elección es la siguiente:

Se elige la alternativa con mayor valor R_j . Esta medida supone que pesos altos W_i implican atributos de mayor importancia, y puntuaciones altas V_{ij} indican un mejor desempeño de una alternativa. Se aplica un análisis de sensibilidad para cualquier puntuación, peso y valor de evaluación con el objetivo de determinar la sensibilidad de la decisión de éste.

Tabla 4-1 Asignación de jerarquía para cada atributo.

Evaluación de atributo	Jerarquización entre números
Muy pobre	0-2
Pobre	3-5
Bueno	6-8
Muy bueno	7-10

La puntuación de importancia se la obtiene después de hacer un análisis de los atributos para cada alternativa, y de acuerdo con eso se da una valoración usando el mismo concepto de la Tabla 4-1.

Los factores de comparación se detallan de la siguiente manera:

Confiabilidad y Seguridad, factor evaluado sobre diez puntos, el mismo que es considerado como primordial ya que de este depende que el traslado de las mercancías hacia su destino final, se lo haga de una manera que no ponga en riesgo vidas humanas o que involucren daños materiales ambientales.

Requerimiento del mercado, se evalúa sobre diez puntos considerando los requerimientos y necesidades de los clientes.

Tipo de carga, es evaluado sobre nueve puntos, puesto que permite establecer cual de las alternativas es de mayor rentabilidad para los propietarios de este tipo de vehículos.

Peso, Este factor es evaluado sobre ocho puntos, es importante considerarlo ya que uno de los objetivos secundarios es optimizar el mismo.

Costo, factor evaluado sobre ocho puntos puesto que se trata de uno de los ítems más importantes a considerar en el diseño, ya que de este depende la construcción del semiremolque cama alta y la incidencia para la posterior aceptación en el mercado.

Materiales en el mercado, ítem que es evaluado sobre ocho puntos, puesto que este factor indica la facilidad con que se puede encontrar los materiales y accesorios que se va a utilizar en el diseño para ser construido en el mercado nacional.

Facilidad de construcción, este factor es evaluado sobre siete puntos, el mismo que evalúa la facilidad de acople de los diferentes elementos de los diseños estudiados para cada alternativa.

Mantenimiento, ítem evaluado sobre siete puntos, este factor evalúa la facilidad o dificultades con la que el operador pueda realizar el mantenimiento de cada una de las alternativas.

En la Tabla 4-2, se muestran las puntuaciones de atributos y valores de evaluación para cada alternativa, mientras que la Tabla 4-3, se resume el resultado del método de atributos ponderados.

Tabla 4-2 Puntuaciones de atributos y valores de evaluación de las alternativas.
(Valores de evaluación 0 a 10)

Atributo <i>i</i>	Puntuación de importancia	Alternativas		
		A	B	C
Confiabilidad y Seguridad	10	8	9	9
Requerimiento de mercado	10	6	7	10
Tipo de Carga	9	6	6	9
Peso	8	7	8	6
Costo	8	7	8	7
Materiales en el mercado	8	8	8	8
Facilidad de Construcción	7	5	7	6
Facilidad de mantenimiento	7	5	7	7
TOTAL	67			

Tabla 4-3 Resultado del método de atributos ponderados.

Atributo <i>i</i>	Peso normalizado	Alternativas		
		A	B	C
Confiabilidad y Seguridad	0,15	1,19	1,34	1,34
Requerimiento de mercado	0,15	0,90	1,04	1,49
Tipo de Carga	0,13	0,81	0,81	1,21
Peso	0,12	0,84	0,96	0,72
Costo	0,12	0,84	0,96	0,84
Materiales en el mercado	0,12	0,96	0,96	0,96
Facilidad de Construcción	0,10	0,52	0,73	0,63
Facilidad de mantenimiento	0,10	0,52	0,73	0,73
TOTAL	1,00	6,57	7,52	7,91

Ejemplo de cálculo:

El valor del peso normalizado, para el caso del costo, se obtiene aplicando la ecuación 4-2, así:

$$W_i = \frac{\text{puntuación } i \text{ de importancia}}{\sum_{i=1}^m \text{puntuación } i \text{ de importancia}} = \frac{10}{67} = 0.15$$

Luego se procede a calcular el valor de R_j para la alternativa A, mediante la ecuación 4-1; entonces:

$$R_j = \sum_{i=1}^n W_i V_{ij}$$

$$R_j = (0.15 \times 8) + (0.15 \times 6) + (0.13 \times 6) + (0.12 \times 7) + (0.12 \times 7) + (0.12 \times 8) + (0.10 \times 5) + (0.10 \times 5)$$

$$R_j = 6.57$$

La Tabla 4-3 incluye los pesos normalizados de cada atributo con la ayuda de la ecuación 4-2, el total es de 1.0 como se requería. La medida de evaluación R_j se obtiene aplicando la ecuación 4-1 a cada columna.

Luego de haber efectuado las evaluaciones correspondientes a cada una de las alternativas descritas anteriormente, se ha determinado que el sistema que cumple o que se acerca más a las expectativas óptimas de diseño, tanto en características requeridas por los transportistas como en lo económico, es la alternativa No. C, "Semiremolque cama alta", además del respaldo que ofrece la información adicional proporcionada por el estudio de mercado realizado previamente.

CAPÍTULO 5

5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DISEÑO DEL SEMIREMOLQUE

Este capítulo está compuesto de dos partes esenciales del proyecto: a) el análisis estructural del semiremolque cama alta, el mismo que incluye un estudio detallado de las cargas y comportamiento de los elementos estructurales que garantizan su estabilidad y resistencia; y b) el diseño y selección de los miembros estructurales que forman el semiremolque.

5.1 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

La etapa del diseño es un proceso creativo mediante el cual se le da forma a un sistema estructural, para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que, en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Para la realización del diseño de la estructura de la cama alta se procede como se indica en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Procedimiento de realización del diseño

Procedimiento
Descripción General
Geometría de la Estructura
Determinación de las Cargas
Aplicación de las Cargas
Análisis y Diseño
Resultados Obtenidos
Detalles del Diseño

5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO ESTRUCTURAL

Para el diseño de la estructura seleccionada anteriormente en el estudio de alternativas, se considera que la cama alta esta formada por elementos de acero como material estructural, debido a las diversas ventajas frente a otros materiales de construcción. Entre las características más importantes están su alta resistencia por unidad de peso y la facilidad que éste brinda para ser trabajado.

El análisis y diseño de la estructura del semiremolque, es realizado manualmente utilizando la literatura bibliográfica de resistencia de materiales, mediante la cual es posible determinar los componentes de la estructura y las secciones de los perfiles utilizados, garantizando la resistencia necesaria para soportar las cargas aplicadas sobre la estructura de la plataforma cama alta.

Mientras que los elementos estandarizados que también forman parte de la estructura, se seleccionan según los resultados del análisis estructural, y se considerará la disponibilidad de estos en el medio.

5.3 GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

La geometría del semiremolque cama alta se plantea como una disposición de entramado de pisos para estructuras metálicas, en la cual el tablero está soportado por viguetas. Estas a su vez están apoyadas en vigas de mayor tamaño también llamadas traveses o vigas maestras, que se apoyan en el King pin por el un extremo y en el otro sobre el sistema de suspensión. La geometría del chasis planteada se indica en la Figura 5-1 y las dimensiones respectivas en la Tabla 5-2.

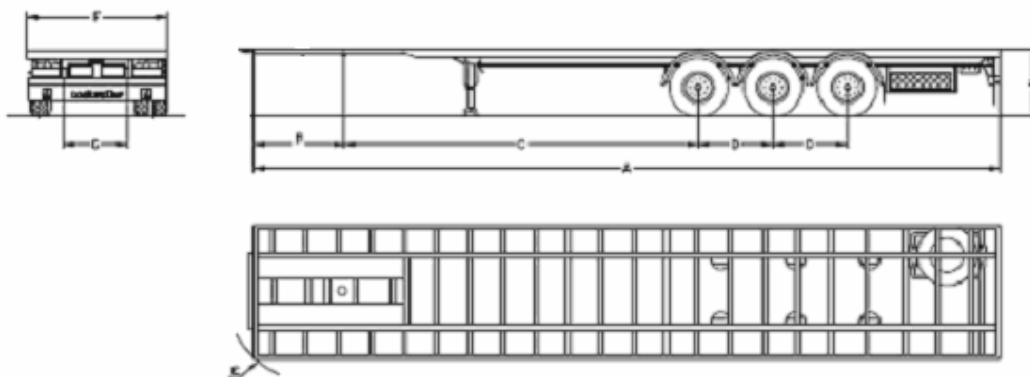


Figura 5-1: Geometría del chasis para la cama alta

Tabla 5-2: Dimensiones del chasis.

Dimensiones		[m]
A	Longitud	12,2
B	Distancia al King-pin	1,1
C	Distancia King-pin al primer eje	6,1
D	Distancia entre ejes	1,25
E	Radio de giro	1,54
F	Ancho	2,5
G	Distancia entre vigas maestras	0,95

5.4 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS

La estructura de la cama alta se proyectará considerando las siguientes cargas:

- Carga Muerta
- Carga Viva
- Impacto o efecto dinámico de la fuerza viva
- Cargas por viento

5.4.1 DETERMINACIÓN DE LA CARGA MUERTA

La carga muerta estará constituida por el peso propio de la estructura y todos los elementos que se hallan unidos y soportados por la cama alta.

En el peso propio se puede cuantificar de acuerdo con la longitud de los perfiles que conforman la estructura. En vista de que no se conoce en esta etapa del diseño el tipo de perfiles que se utilizarán en la estructura; para simplificar el análisis se asume que este valor en promedio es de 4.500 Kg, realizando una analogía de las plataformas que se construyen en el medio. Ver Tabla 5-3.

El peso de los componentes complementarios a la estructura como son: sistema de suspensión, ejes, llantas luces y demás accesorios se toman de los respectivos catálogos. Ver ANEXO 3.

5.4.1.1 Peso propio total

En la Tabla 5-4 se detalla el peso propio total de la cama alta, que esta conformado por el peso de la estructura y el peso de los componentes adicionales a ésta.

CM = Peso propio total o carga muerta

$$**CM = 6.770 [Kg]**$$

Tabla 5-3: Peso propio de la estructura

Elementos	Símbolo	Material	Peso [Kg/m]	Longitud [m]	Cant.	Peso Total [Kg]
Chasis	VPS1	IPE 50X15X1.5	67.196	7.32	2	983.75
	VPS2	IPE 35X15X1.5	58.718	2.44	2	286.543
	VPS3	IPE 23X15X1.5	50.24	2.44	2	245.172
Largueros y travesaños	VSC	U 80X40X4	4.61	12.2	6	337.45
	VSL	UPN 200	25.3	12.2	2	617.32
	TSP	IPE 100	8.10	2.5	24	486
	TSCH	UPN200	25.3	0.95	7	168.3
	PKP	T210X100X0.9	21.9	0.95	2	41.6
	TL	UPN200	25.3	2.5	2	126.5
	VSKP	IPE100	8.10	0.95	1	7.695
	TSKP	IPE100	8.10	0.5	3	12.15
	PF	U200X50X3	6.83	2.5	1	17.075
Planchas King Pin	*PKP1	Tol L e = 9	70.65	1.3	1	91.8
	*PKP2	Tol L e = 6	47.10	0.456	1	21.44
Talanquera	CT	U100X50X4	5.87	1.8	5	55.765
	TT	U100X50X4	5.87	3.1	1	18.197
	*TCT	Tol C e = 4	*31.40	*5.89	1	184.95
Porta Llantas	VPLL	U100X50X4	5.87	1.00	8	46.96
	CPLL	U100X50X4	5.87	0.7	10	41.09
Contorno	PC	PL75X6	3.53	26.9	1	94.96
Piso	TCP	Tol C e = 3	23.55	30.5	1	718.275
PESO TOTAL [Kg]						4603,02

Fuente: Industria Cedeño

Elaboración: Propia

Tabla 5-4: Peso propio total de la cama alta

Cantidad	Denominación	Peso [Kg]	Peso Parcial [Kg]
12	Llantas	29,70	356,40
12	Aros	17,00	204,00
3	Ejes	355,00	1.065,00
1	Sistema de suspensión (3 ejes)	630,00	630,00
1	Sistema de tuberías para frenos	2,00	2,00
1	King pin	5,00	5,00
-	Accesorios	8,00	8,00
1	Peso propio de la estructura	4.500,00	4.500,00
PESO PROPIO TOTAL (CM)			6.770,40

5.4.2 DETERMINACIÓN DE LA CARGA VIVA

La carga viva es la resultante entre el peso de la carga que se pretende transportar más una sobrecarga. Esta última es considerada para evitar que la estructura falle por sobrecargas ya sea por desconocimiento de su capacidad máxima o por imprudencia del operario.

La carga a transportar se determina según las normas para contenedores establecidas por la International Standards Organization, ISO (Organización Internacional de Normas). El peso correspondiente para un contenedor de 12,2[m] es de 30.000 Kg. Sin embargo, un contenedor puede cargarse inadvertidamente hasta un 10% más de lo especificado, que corresponde al valor de la sobrecarga.

$$CV = CT + SC \qquad \text{Ecuación 5-1}$$

CT = Carga a transportar

SC = Sobrecarga

CV = 30.000 [Kg] + 0,1*30.000 [Kg]

CV = 33.000 [Kg]

5.4.3 DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE IMPACTO

Cuando la cama alta se encuentra en movimiento, la estructura puede estar sometida a cargas de impacto producidas por las irregularidades de las carreteras.

Para considerar el efecto de la carga de impacto, la AASHTO⁹ establece que la cantidad permisible en que se incrementan los esfuerzos se expresa como una fracción de los esfuerzos por carga viva, con un valor máximo del 30%.

⁹ ASSHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación de Funcionarios)

$$\text{CIM} = 0,3 \cdot \text{CV}$$

Ecuación 5-2

CIM = Carga de Impacto

$$\text{CIM} = 0,3 \cdot 33.000 \text{ [Kg]}$$

$$\text{CIM} = 9.900 \text{ [Kg]}$$

$$\text{CTV} = \text{CV} + \text{CIM}$$

Ecuación 5-3

CTV = Carga total viva

$$\text{CTV} = (33.000 + 9.900) \text{ [Kg]}$$

$$\text{CTV} = 42.900 \text{ [Kg]}$$

5.4.4 DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE VIENTO¹⁰

La carga de viento que actúa sobre un vehículo es conocida como resistencia aerodinámica, esta es una fuerza que se opone al movimiento de cualquier objeto en la atmósfera. Esta resistencia aumenta con el cuadrado de la velocidad, por lo que es poco importante a velocidades bajas, mientras que a velocidades elevadas se convierte en la resistencia más importante que debe vencer un vehículo para seguir avanzando.

La resistencia del aire para vehículos se determina mediante:

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot A_f \cdot V^2$$

Ecuación 5-4

R_a = Resistencia aerodinámica, en [N]

ρ = Densidad del aire en [kg/m³]

V = Velocidad en [m/s]

A_f = Superficie frontal del vehículo, en [m²]

¹⁰ LUQUE, Pablo; Ingeniería del Automóvil Sistemas y Comportamiento Dinámico; Ed. Thomson; España; 2004

C_x = Coeficiente aerodinámico del vehículo

El coeficiente aerodinámico C_x varía entre 0,3 para coches de líneas aerodinámicas y 0,8 para camiones, e incluso más de 1 si llevan cargas muy voluminosas. "Para el conjunto cabezal - semiremolque se toma un valor de $C_x = 1,3$ ".¹¹

El área frontal del vehículo se determina proyectando la parte frontal sobre un plano perpendicular al flujo de aire que se produce sobre el vehículo, como se puede ver en la Figura 5-2. Por lo que el área frontal queda en función del ancho por la altura total del vehículo.

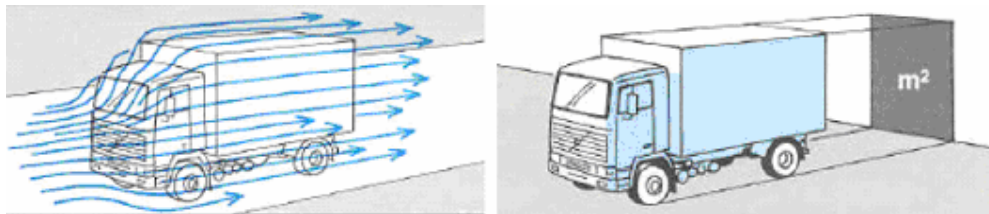


Figura 5-2: Resistencia del aire sobre el vehículo

$$A_f = (\text{Alto} * \text{Ancho})$$

Ecuación 5-5

Alto del vehículo = 3,5 [m]

Ancho del vehículo = 2,5 [m]

$$A_f = 3,5 \times 2,5 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_f = 8,75 \text{ [m}^2\text{]}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 5-4 se tiene:

$$C_x = 1,3$$

¹¹ WONG; Theory of Ground Vehicles; New York; 1978

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

$$V = 70 \text{ Km/h} = 19,44 \text{ [m/s]}$$

$$A_f = 8,75 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$R_a = \frac{1}{2} * 1,3 * 1,2 * 8,75 * 13,88^2$$

$$R_a = 2.580,44 \text{ [N]} = 263,31 \text{ [Kg]}$$

$$\mathbf{R_a = 263,31 [Kg]}$$

5.5 APLICACIÓN DE CARGAS A LA ESTRUCTURA

Para determinar el reparto de cargas que hay en el semiremolque se establece que el vehículo en cuestión tiene tres ejes acoplados al sistema de suspensión. El sistema de suspensión se fija al chasis de la cama alta, a través de elementos especiales (ecualizadores y manos), que realizan la función de sujeción entre la estructura con la suspensión.

Estos elementos también realizan una función de reparto de cargas entre los ejes. Este reparto de cargas es un reparto teórico porque el primer eje siempre está menos cargado que los demás; pero, para los cálculos de resistencia de materiales de este tipo de estructuras se considera lo suficientemente preciso.

La carga total viva es la que condiciona la carga del semiremolque. Esta carga se considera para efectos de cálculo como una carga w uniformemente repartida a lo largo del chasis y situada simétricamente respecto al eje longitudinal.

Se debe comprobar que con las medidas adoptadas para la distribución del chasis, las cargas sobre los ejes no superen en ningún caso las máximas establecidas por el fabricante de los ejes. En la Figura 5-3 se muestra la disposición de los apoyos en la viga principal, ésta distribución se ha definido

luego de varias iteraciones, tomando como referencia el espaciamiento variable de 4,20m a 9,20m, entre ejes para los camiones tipo HS20-44.”¹²

Con esta disposición de los ejes se consigue disminuir los esfuerzos máximos producidos sobre la viga.

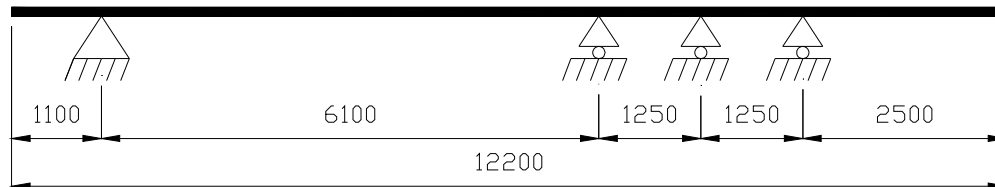


Figura 5-3: Distribución de los apoyos sobre la viga principal

Una vez definida la disposición de los apoyos en la viga, se plantea tres casos de aplicación de cargas sobre la estructura, para determinar la posición más crítica que produzca los esfuerzos máximos.

Aplicación de cargas posición 1

Realizando los cálculos para la posición 1, correspondiente a un contenedor de 12,2[m] uniformemente distribuido como en la Figura 5-4, se obtiene:

¹² ASSHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación de Funcionarios)

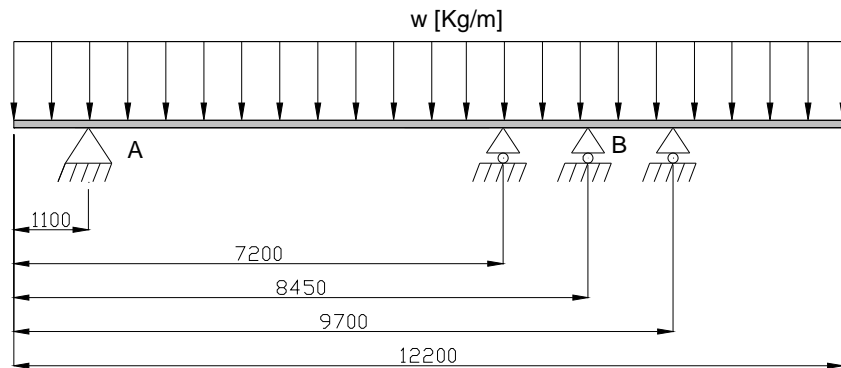


Figura 5-4: Aplicación de cargas posición 1

La carga \$w\$ uniformemente repartida correspondiente al peso propio (TARA), es:

$$w = 6.770 \text{ [Kg]}/12,2\text{[m]} = 554,92 \text{ [Kg/m]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 554,92 \text{ [Kg/m]} * 12,2\text{[m]} = 6.770 \text{ [Kg]}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$554,92 \text{ [Kg/m]} * \frac{(11,1\text{[m]})^2}{2} + 7,35 * R_B - 554,92 \text{ [Kg/m]} * \frac{(11,1\text{[m]})^2}{2} = 0$$

$$R_B = 4.605,44 \text{ [Kg]}$$

$$R_A = 6.770 \text{ [Kg]} - 4.605,44 \text{ [Kg]}$$

$$R_A = 2.164,56 \text{ [Kg]}$$

La carga \$w\$ uniformemente repartida correspondiente a las fuerzas vivas es de:

$$w = 42.900 \text{ [Kg]}/12,2\text{[m]} = 3.516,39 \text{ [Kg/m]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 3.516,39 \text{ [Kg/m]} * 12,2\text{[m]} = 42.900 \text{ [Kg]}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$3.516,39 \text{ [Kg/m]} * \frac{(11,1\text{[m]})^2}{2} + 7,35 * R_B - 3.516,39 \text{ [Kg/m]} * \frac{(11,1\text{[m]})^2}{2} = 0$$

$$R_B = 29.183,67 \text{ [Kg]}$$

$$R_A = 42.900 \text{ [Kg]} - 29.183,67 \text{ [Kg]}$$

$$R_A = 13.716,33 \text{ [Kg]}$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

Tabla 5-5: Reacciones en los apoyos para el caso 1

	KING-PIN (Kg)	1° eje(Kg)	2° eje (Kg)	3° eje (kg)
Debido a la TARA	2.164,56	1.535,15	1.535,15	1.535,15
Debido a la carga	13.716,33	9.727,89	9.727,89	9.727,89
Total	15.880,88	11.263,04	11.263,04	11.263,04

Aplicación de cargas posición 2

Realizando los cálculos para la posición 2, correspondiente a un contenedor de 6,1[m] ubicado en la parte central del semiremolque como en la Figura 5-5, se obtiene:

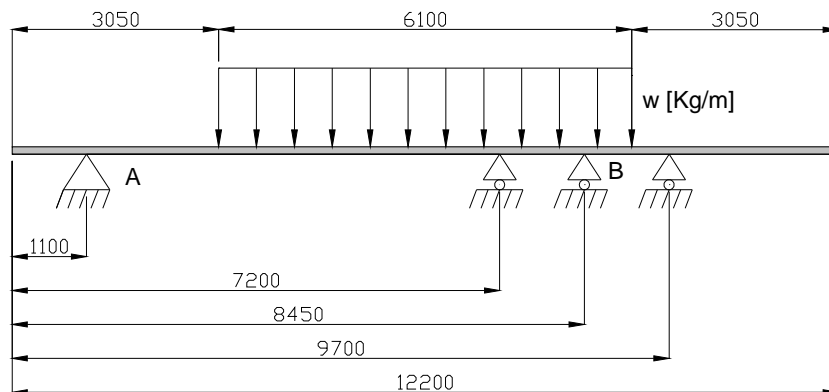


Figura 5-5: Aplicación de cargas posición 2

La carga w uniformemente repartida correspondiente al peso propio (TARA) es de:

$$w = 6.770 \text{ [Kg]}/12,2\text{[m]} = 554,92 \text{ [Kg/m]}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ R_A + R_B &= 554,92[\text{Kg} / \text{m}] * 12,2[\text{m}] = 6.770[\text{Kg}] \\ \sum M_A &= 0 \\ 554,92[\text{Kg} / \text{m}] * \frac{(1,1[\text{m}])^2}{2} + 7,35 * R_B - 554,92[\text{Kg} / \text{m}] * \frac{(11,1[\text{m}])^2}{2} &= 0 \\ R_B &= 4.605,44[\text{Kg}] \\ R_A &= 6.770[\text{Kg}] - 4.605,44[\text{Kg}] \\ R_A &= 2.164,56[\text{Kg}] \end{aligned}$$

La carga w uniformemente repartida correspondiente a las fuerzas vivas es de:

$$\begin{aligned} w &= 42.900 [\text{Kg}]/6,1[\text{m}] = 7.032,78 [\text{Kg}/\text{m}] \\ \sum F_y &= 0 \\ R_A + R_B &= 7.032,78 [\text{Kg} / \text{m}] * 6,1[\text{m}] = 42.900[\text{Kg}] \\ \sum M_A &= 0 \\ 7,35[\text{m}] * R_B - 7.032,78 [\text{Kg} / \text{m}] * 6,1[\text{m}] * 5[\text{m}] &= 0 \\ R_B &= 29.183,67[\text{Kg}] \\ R_A &= 42.900[\text{Kg}] - 29.183,67[\text{Kg}] \\ R_A &= 13.716,33[\text{Kg}] \end{aligned}$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

Tabla 5-6: Reacciones en los apoyos para el caso 2

	KING-PIN (Kg)	1° eje(Kg)	2° eje (Kg)	3° eje (kg)
Debido a la TARA	2.164,56	1.535,15	1.535,15	1.535,15
Debido a la carga	13.716,33	9.727,89	9.727,89	9.727,89
Total	15.880,88	11.263,04	11.263,04	11.263,04

Aplicación de cargas posición 3

Realizando los cálculos para la posición 3, correspondiente a un contenedor de 6,1[m] ubicado en la parte delantera del semiremolque como en la Figura 5-6, se obtiene:

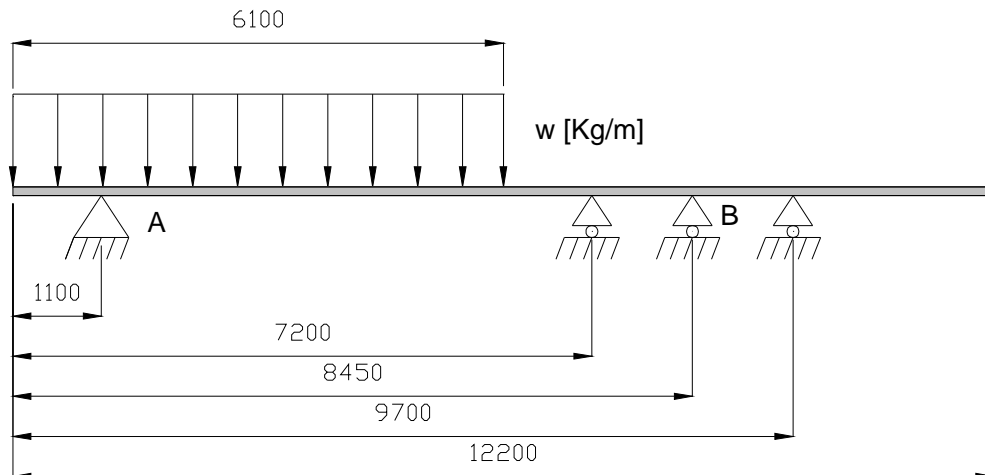


Figura 5-6: Aplicación de cargas posición 3

La carga w uniformemente repartida correspondiente al peso propio (TARA) es de:

$$w = 6.770 \text{ [Kg]}/12,2\text{[m]} = 554,92 \text{ [Kg/m]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 554,92 \text{ [Kg/m]} * 12,2\text{[m]} = 6.770 \text{ [Kg]}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$554,92 \text{ [Kg/m]} * \frac{(1,1\text{[m]})^2}{2} + 7,35 * R_B - 554,92 \text{ [Kg/m]} * \frac{(11,1\text{[m]})^2}{2} = 0$$

$$R_B = 4.605,44 \text{ [Kg]}$$

$$R_A = 6.770 \text{ [Kg]} - 4.605,44 \text{ [Kg]}$$

$$R_A = 2.164,56 \text{ [Kg]}$$

La carga w uniformemente repartida correspondiente a las fuerzas vivas es de:

$$w = 42.900 \text{ [Kg]}/6,1\text{[m]} = 7.032,78 \text{ [Kg/m]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 7.032,78 \text{ [Kg/m]} * 12,2\text{[m]} = 42.900 \text{ [Kg]}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$7.032,78 \text{ [Kg/m]} * \frac{(1,1\text{[m]})^2}{2} + 7,35 * R_B - 7.032,78 \text{ [Kg/m]} * \frac{(5\text{[m]})^2}{2} = 0$$

$$R_B = 11.381,63[Kg]$$

$$R_A = 42.900[Kg] - 11.381,63[Kg]$$

$$R_A = 31.518,37[Kg]$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

Tabla 5-7: Reacciones en los apoyos para el caso 3

	KING-PIN (Kg)	1º eje(Kg)	2º eje (Kg)	3º eje (kg)
Debido a la TARA	2.164,56	1.535,15	1.535,15	1.535,15
Debido a la carga	31.518,37	3.793,88	3.793,88	3.793,88
Total	33.682,93	5.329,02	5.329,02	5.329,02

5.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

El diseño de la estructura consiste en realizar los cálculos necesarios para determinar el tipo de perfiles que forman la estructura, en base a las cargas estudiadas, con el fin de seleccionar los perfiles más adecuados y obtener un diseño óptimo.

5.6.1 DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES

Las vigas principales son los elementos más importantes a diseñar, ya que estos deberán garantizar un soporte eficiente para toda la estructura de la plataforma cama alta.

Para determinar las reacciones que actúan sobre cada viga principal, se toma la mitad del valor las reacciones obtenidas anteriormente para los apoyos de la estructura. En la Tabla 5-8, se resume el valor de las reacciones sobre cada viga principal, para los tres casos de aplicación de carga considerados.

Tabla 5-8: Reacciones sobre cada viga principal

	KING-PIN (Kg)	1° eje(Kg)	2° eje (Kg)	3° eje (kg)
Caso 1	7.940,44	5.631,52	5.631,52	5.631,52
Caso 2	7.940,44	5.631,52	5.631,52	5.631,52
Caso3	16.841,46	2.664,51	2.664,51	2.664,51

5.6.1.1 Cálculo de esfuerzos cortantes y momentos flectores

Para determinar los esfuerzos cortantes y los momentos flectores se utiliza el reparto de cargas que se determinó en el apartado anterior.

Diagramas de cortante y momento flector para la posición 1

Los diagrama de cortante y momento flector se pueden representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-4.

$$0 < x < 1,1$$

$$V(x) = -2.035,66 \cdot x$$

$$M(x) = -2.035,66 \cdot x^2 / 2$$

$$1,1 < x < 7,2$$

$$V(x) = -2.035,66 \cdot x + 7.940,44$$

$$M(x) = -2.035,66 \cdot x^2 / 2 + 7.940,44 \cdot (x - 1,1)$$

$$7,2 < x < 8,45$$

$$V(x) = -2.035,66 \cdot x + 7.940,44 + 5.631,52$$

$$M(x) = -2.035,66 \cdot x^2 / 2 + 7.940,44 \cdot (x - 1,1) + 5.631,52 \cdot (x - 7,2)$$

$$8,45 < x < 9,7$$

$$V(x) = -2.035,66 \cdot x + 7.940,44 + 5.631,52 + 5.631,52$$

$$M(x) = -2.035,66 \cdot x^2/2 + 7.940,44 \cdot (x - 1,1) + 5.631,52 \cdot (x - 7,2) + 5.631,52 \cdot (x - 8,45)$$

$$9,7 < x < 12,2$$

$$V(x) = -2.035,66 \cdot x + 7.940,44 + 5.631,52 + 5.631,52 + 5.631,52$$

$$M(x) = -2.035,66 \cdot x^2/2 + 7.940,44 \cdot (x - 1,1) + 5.631,52 \cdot (x - 7,2) + 5.631,52 \cdot (x - 8,45) + 5.631,52 \cdot (x - 9,7)$$

La representación de éstas funciones matemáticas se indican en la Figura 5-7.

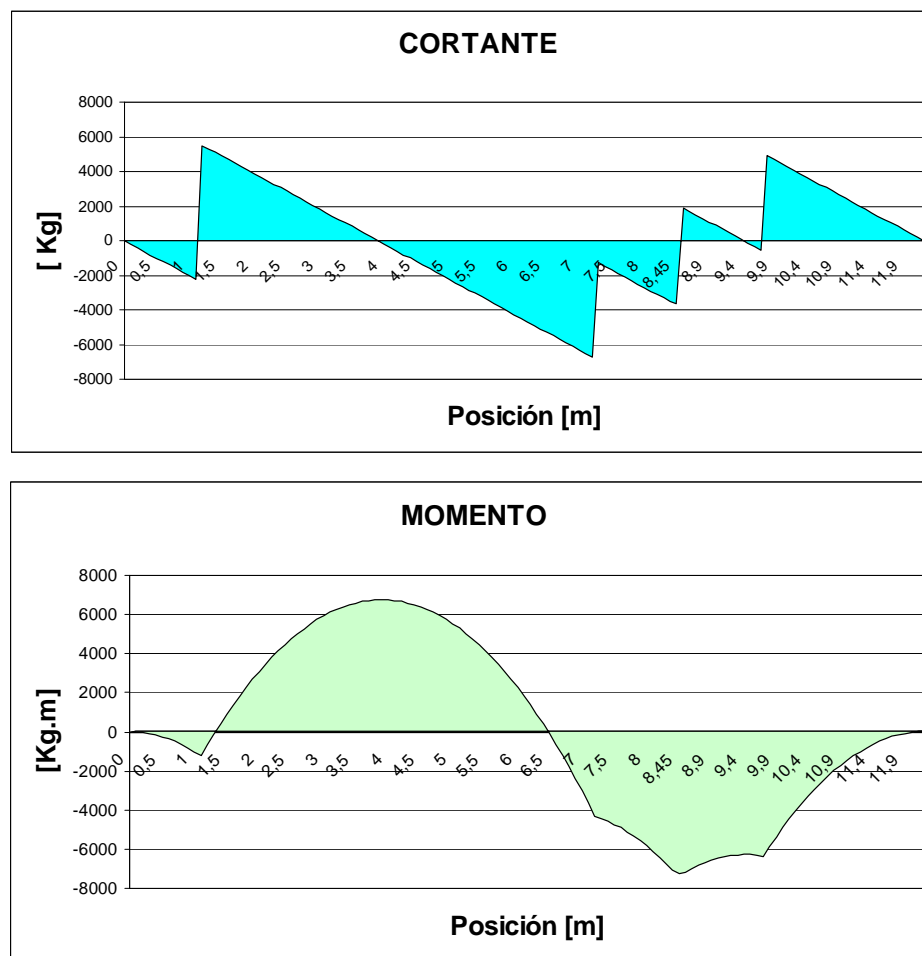


Figura 5-7: Diagramas del esfuerzo cortante y momento flector para el caso 1

Diagramas de cortante y momento flector para la posición 2

Los diagramas de cortante y momento flector se pueden representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-5.

$$0 < x < 1,1$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2$$

$$1,1 < x < 3,05$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 7.970,44$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 7.970,44 \cdot (x - 1,1)$$

$$3,05 < x < 7,2$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 7.970,44 - 3.516,39 \cdot (x - 3,05)$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 7.970,44 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (x - 3,05)^2 / 2$$

$$7,2 < x < 8,45$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 7.970,44 - 3.516,39 \cdot (x - 3,05) + 5.631,52$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 7.970,44 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (x - 3,05)^2 / 2 + 5.631,52 \cdot (x - 7,2)$$

$$8,45 < x < 9,7$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 7.970,44 - 3.516,39 \cdot (6,1) + 5.631,52 + 5.631,52$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 7.970,44 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (6,1) \cdot (x - 6,1) + 5.631,52 \cdot (x - 7,2) + 5.631,52 \cdot (x - 8,45)$$

$$9,7 < x < 12,2$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 7.970,44 - 3.516,39 \cdot (6,1) + 5.631,52 + 5.631,52 + 5.631,52$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 7.970,44 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (6,1) \cdot (x - 6,1) + 5.631,52 \cdot (x - 7,2) + 5.631,52 \cdot (x - 8,45) + 5.631,52 \cdot (x - 9,7)$$

La representación de estas funciones matemáticas se indica en la Figura 5-8.

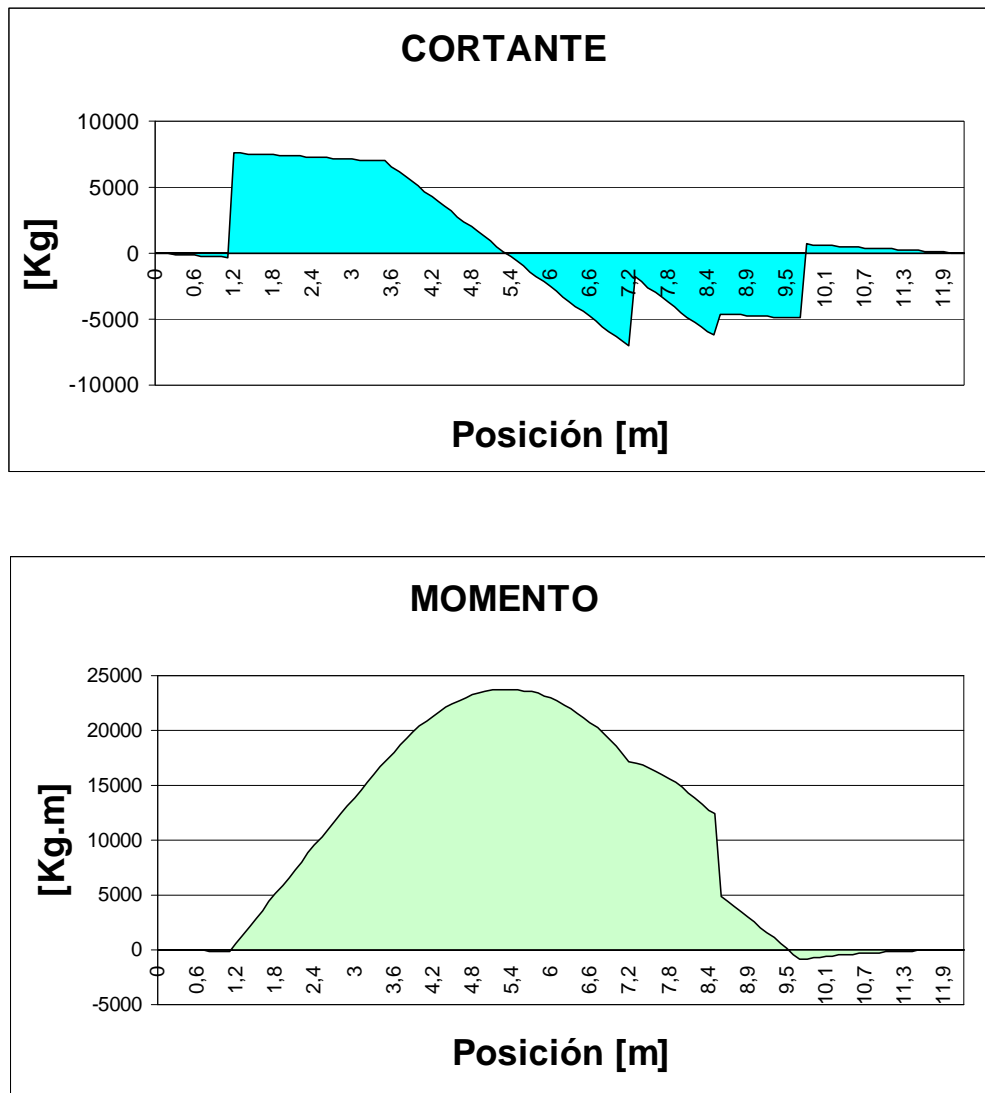


Figura 5-8: Diagramas de esfuerzo cortante y momento flector para el caso 2

Diagramas de cortante y momento flector para la posición 3

Los diagramas de cortante y momento flector se pueden representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-6.

$$0 < x < 1,1$$

$$V(x) = -(277,46 + 3516,39) \cdot x = -3793,85 \cdot x$$

$$M(x) = -(277,46 + 3516,39) \cdot x^2 / 2 = -3793,85 \cdot x^2 / 2$$

$$1,1 < x < 6,1$$

$$V(x) = -3793,85 \cdot x + 16.841,46$$

$$M(x) = -3793,85 \cdot x^2 / 2 + 16.841,46 \cdot (x - 1,1)$$

$$6,1 < x < 7,2$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 16.841,46 - 3.516,39 \cdot (6,1)$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 16.841,46 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (6,1) \cdot (x - 3,05)$$

$$7,2 < x < 8,45$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 16.841,46 - 3.516,39 \cdot (6,1) + 2.664,51$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 16.841,46 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (6,1) \cdot (x - 3,05) + 2.664,51 \cdot (x - 7,2)$$

$$8,45 < x < 9,7$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 16.841,46 - 3.516,39 \cdot (6,1) + 2.664,51 + 2.664,51$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 16.841,46 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (6,1) \cdot (x - 3,05) + 2.664,51 \cdot (x - 7,2) + 2.664,51 \cdot (x - 8,45)$$

$$9,7 < x < 12,2$$

$$V(x) = -277,46 \cdot x + 16.841,46 - 3.516,39 \cdot (6,1) + 2.664,51 + 2.664,51 + 2.664,51$$

$$M(x) = -277,46 \cdot x^2 / 2 + 16.841,46 \cdot (x - 1,1) - 3.516,39 \cdot (6,1) \cdot (x - 3,05) + 2.664,51 \cdot (x - 7,2) + 2.664,51 \cdot (x - 8,45) + 2.664,51 \cdot (x - 9,7)$$

La representación de estas funciones matemáticas se indica en la Figura 5-9.

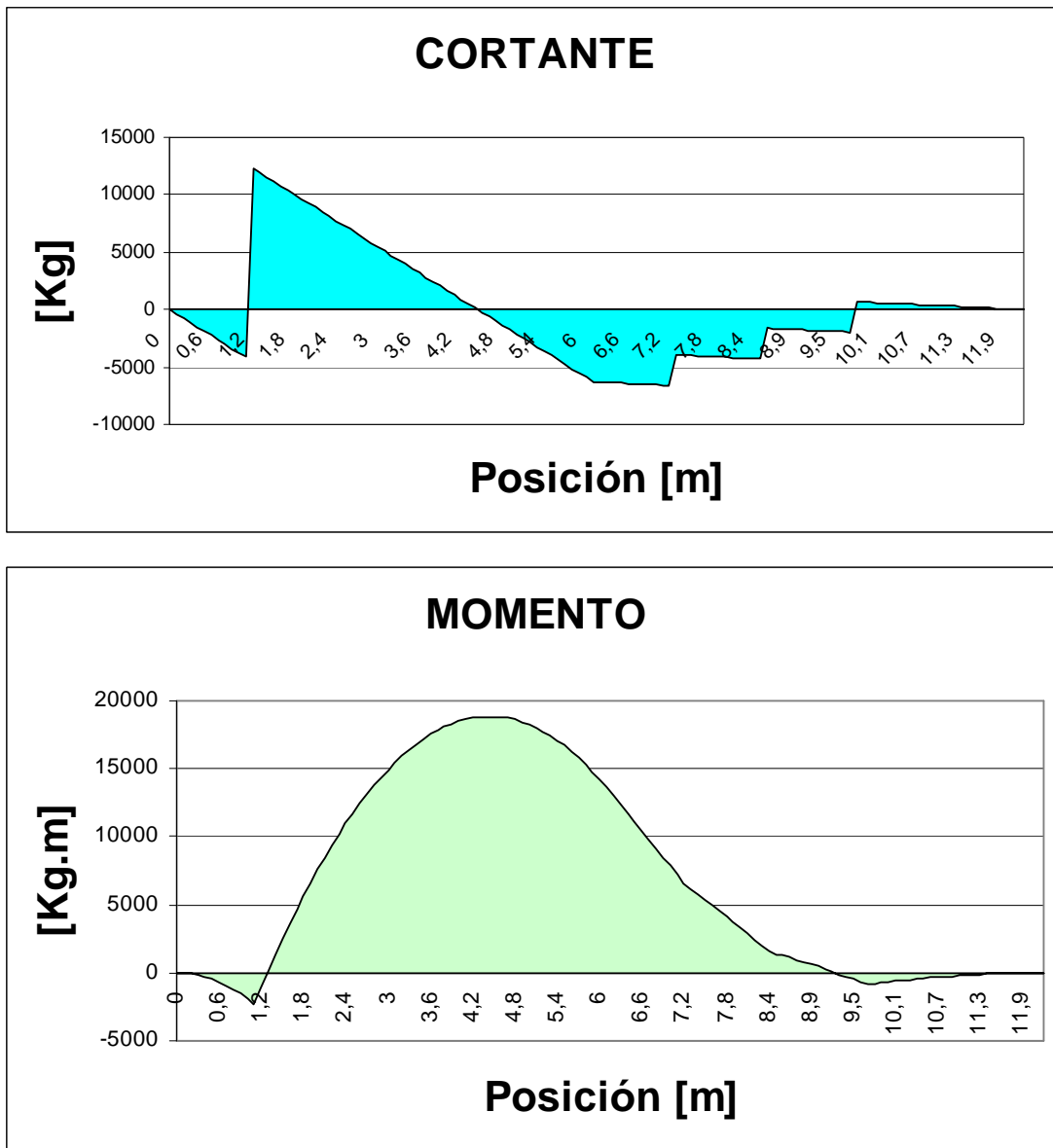


Figura 5-9: Diagramas de esfuerzo cortante y momento flector para el caso 3

La distribución de carga más crítica es aquella que produce el mayor momento en valor absoluto. En la Tabla 5-9, se muestra un resumen de los momentos máximos y mínimos obtenidos a partir de los diagramas de momentos anteriores.

Tabla 5-9: Momentos máximos y mínimos para los tres casos de aplicación de cargas

	Momento [Kg.m]		Distancia al orig en [m]
	Caso 1	Max:	6.823,85
Min:		-7.273,81	8,45
Caso 2	Max:	23.756,39	5,3
	Min:	-867,06	9,7
Caso 3	Max:	18.852,33	4,4
	Min:	-2.295,28	1,1

Como se puede observar el mayor momento se tiene para el segundo caso donde $M_{max} = 23.756,39$ [Kg.m]. Una vez que se ha determinado el caso más crítico de aplicación de cargas, se procede a diseñar las vigas principales.

5.6.1.2 DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES

Con la finalidad de obtener una superficie horizontal sobre la plataforma, se plantea una geometría para la viga principal con las características indicadas en la Figura 5-10, que corresponde a una viga de sección transversal variable.

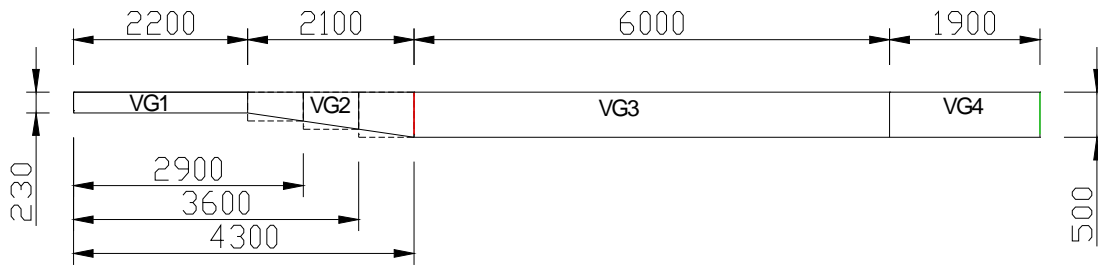


Figura 5-10: Geometría de la viga principal

“Si las dimensiones de la sección transversal de la viga varían de una manera insignificante y suave en el sentido longitudinal, entonces se puede calcular las tensiones por las formulas deducidas para la viga de sección constante.

Se consideran racionales las vigas de igual resistencia si las fibras extremas de cada sección transversal, tienen tensiones normales iguales.

En el caso de flexión pura, la viga de igual resistencia es de sección constante. En el caso general de la flexión, la viga de igual resistencia tendrá ya sección variable, que varía según la ecuación:

$$S_x \geq \frac{|M_x|}{Fb} \quad \text{Ecuación 5-7}$$

M_x = Momento flector en una sección arbitraria

S_x = Módulo de la sección” ¹³

El módulo de sección o módulo elástico de la sección transversal se determina mediante la siguiente ecuación:

$$S_x = \frac{I_x}{c} \quad \text{Ecuación 5-8}$$

¹³ MIROLIUBOV; Problemas de Resistencias de Materiales; Ed. Bandeirantes; Brazil; 1985

I_x = Momento de inercia

c = Distancia entre la fibra más alejada respecto al eje neutro x-x

Para una viga del tipo I el momento de inercia se determina de la siguiente manera:

$$I_{xx} = 2 * \left[\frac{b_f * t_f^3}{12} + b_f * t_f * \left(\frac{d - t_f}{2} \right)^2 \right] + \frac{t_w * (d - 2 * t_f)^3}{12} \quad \text{Ecuación 5-9}$$

Según las especificaciones de la AISC, el esfuerzo admisible (F_b), para flexión es:

$$F_b = 0,60 F_y$$

El material utilizado para las vigas principales es el Acero Estructural ASTM A36, cuyo esfuerzo de fluencia es $F_y = 2.530 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$. Reemplazando datos se tiene:

$$F_b = 0,60 * 2.530 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_b = 1.518 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Según las especificaciones de la AISC, para esfuerzos de flexión, (compresión y tensión), en fibras extremas de perfiles compactos laminados en caliente o secciones armadas, la viga y su sección transversal deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Los patines deben conectarse en forma continua al alma.
2. La relación ancho/espesor del patín a compresión no debe exceder del valor $65 / \sqrt{F_y}$, es decir para un perfil de sección I se tiene:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}} \quad \text{Ecuación 5-10}$$

3. La relación ancho/espesor del alma para una viga sin carga axial no debe exceder del siguiente valor:

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \quad \text{Ecuación 5-11}$$

Donde:

b_f = Ancho del patín (pulg)

t_f = Espesor del patín (pulg)

d = Peralte de la viga (pulg)

t_w = Espesor del alma (pulg)

F_y = Esfuerzo de fluencia (Kpsi)

Ejemplo de cálculo:

Tramo VG3

$$M_{\max} = M_{x=5,3} = 23.756,39 \text{ [Kg.m]} = 2'375.639 \text{ [Kg.cm]}$$

$$F_b = 1.518 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_x \geq \frac{2'375.639[\text{Kg.cm}]}{1.518[\text{Kg/cm}^2]}$$

$$S_x \geq 1.564,98 \text{ [cm}^3\text{]}$$

En la Tabla 5-10 se muestra un resumen de los módulos de sección mínimos requeridos en cada tramo, según la Figura 5-10.

X [m]	M _x [Kg.m]	S _x [cm ³]
2,20	8063,04	531,16
2,90	13126,08	864,70
3,60	18035,59	1188,12
4,30	21719,06	1430,77
5,30	23756,39	1564,98
10,30	500,81	32,99

Tabla 5-10: Módulos de sección requeridos

El espesor mínimo de los patines se obtiene de la ecuación 5-10, asumiendo que el ancho de los patines se mantiene constante en toda la viga principal con un valor de $b_f = 160$ [mm] = 6,29 [pulg], entonces:

$$t_f \geq \frac{b_f * \sqrt{F_y}}{2 * 65}$$

$$t_f \geq \frac{6,29 * \sqrt{36}}{2 * 65}$$

$$t_f \geq 0,29[\text{pulg}] \quad \circ$$

$$t_f \geq 7,38[\text{mm}]$$

Se propone que el espesor de los patines sea de: $t_f = 16$ [mm]

El espesor mínimo del alma para el tramo VG3, se determina a partir de la ecuación 5-11, en ésta ecuación se reemplaza (**d**) por el ancho del alma, siendo $d = 500$ [mm], por tanto el ancho es $500 - 2*16 = 468$ [mm] = 18,43 [pulg], reemplazando datos se tiene:

$$t_w \geq \frac{d * \sqrt{F_y}}{640}$$

$$t_w \geq \frac{18,43 * \sqrt{36}}{640}$$

$$t_w \geq 0,17[\text{pulg}] \quad \circ$$

$$t_w \geq 4,4[\text{mm}]$$

Se propone que el espesor del alma sea de: $t_w = 10,72 \text{ [mm]} = 27/64 \text{ [pulg]}$

Con las dimensiones propuestas para el tramo VG3, el módulo de sección debe ser mayor o igual al especificado en la Tabla 5-10. Según las ecuaciones 5-8 y 5-9, se tiene:

$$I_{xx} = 2 * \left[\frac{b_f * t_f^3}{12} + b_f * t_f * \left(\frac{d}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] + \frac{t_w * (d - 2 * t_f)^3}{12}$$

$$I_x = 2 * \left[\frac{160 * 16^3}{12} + 160 * 16 * \left(\frac{500}{2} - \frac{16}{2} \right)^2 \right] + \frac{10,72 * (500 - 2 * 16)^3}{12}$$

$$I_x = 39.152,64 \text{ [cm}^4\text{]}$$

La distancia entre la fibra más alejada y el eje neutro es:

$$c = \frac{d}{2} = \frac{50[\text{cm}]}{2}$$

$$c = 25[\text{cm}]$$

Por tanto el módulo de sección es:

$$S_x = \frac{39.152,64}{25}$$

$$S_x = 1.566,1[\text{cm}^3] > 1.564,98[\text{cm}^3] \quad \text{OK}$$

En la Tabla 5-11 se resumen los resultados obtenidos para cada tramo de la viga principal, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente.

	d [mm]	t_w [mm]	b_f [mm]	t_f [mm]	I_{xx} [cm ⁴]	c [cm]	S [cm ³]	S_{min.} requerido [cm ³]
VG1	230	8,00	160	16	6390,30	11,5	555,68	531,16
VG2-A	320	10,00	160	16	13830,83	16	864,43	864,40
VG2-B	410	10,00	160	16	24381,98	20,5	1189,36	1188,12
VG2-C	500	10,00	160	16	38537,63	25	1541,51	1430,77
VG3	500	10,72	160	16	39152,65	25	1566,11	1564,98
VG4	500	8,00	160	16	34954,51	25	1398,18	32,99

Tabla 5-11: Datos obtenidos para la viga principal

5.6.2 DISEÑO DE LOS TRAVESAÑOS

Anteriormente se determinó que la posición de carga más crítica, se da cuando la carga se ubica en el centro de la plataforma considerando una plataforma de 6,1[m]. Para determinar la carga que soporta cada travesaño en unidades de kilogramo sobre metro cuadrado, se dividen tanto las cargas vivas como las muertas por el área sobre el cual están actuando, así se tiene:

$$CM' = \frac{CM}{A_p} \quad \text{Ecuación 5-12}$$

$$CTV' = \frac{CTV}{A_p/2} \quad \text{Ecuación 5-13}$$

Donde:

CM' = Carga muerta en [Kg/m²]

CTV' = Carga total viva en [Kg/m²]

A_p = Área de la plataforma = Largo de la plataforma * Ancho de la plataforma

A_p = (12,2 * 2,5)[m²]

A_p = 30,5 [m²]

Reemplazando datos en la ecuación 5-12 y 5-13 se tiene:

$$CM' = \frac{6.770}{30,5} = 221,96 [Kg / m^2]$$

$$CTV' = \frac{42.900}{30,5/2} = 2.813,11 [Kg / m^2]$$

Cada travesaño absorbe la carga del área adyacente o área efectiva, la cual se obtiene multiplicando la separación entre travesaños y el ancho de la plataforma, ver Figura 5-11

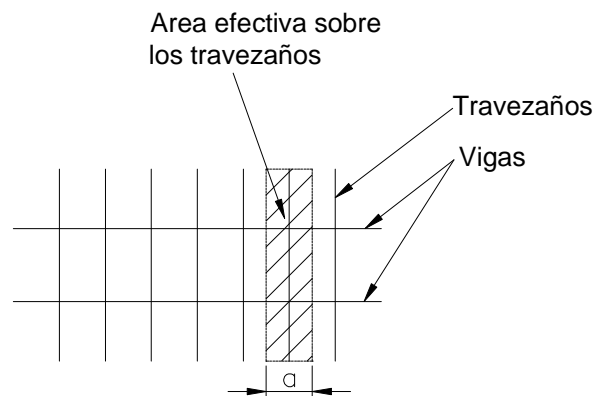


Figura 5-11: Área efectiva sobre los travesaños.

Para obtener el valor de la carga aplicada por metro lineal, se multiplica los valores de la carga por el ancho del área efectiva, en este caso el ancho del área donde se aplica la carga es de 0,57[m]. Entonces:

$$w = 0,57 * (221,96 + 2.813,11) [Kg/m]$$

$$w = 1.730 [Kg/m]$$

La carga de diseño en kilogramos por metro lineal, se considera uniformemente distribuida sobre los travesaños. El travesaño está formado por un perfil tipo I, que va montado sobre las almas de las vigas principales y soldadas a éstas, como se observa en la Figura 5-12

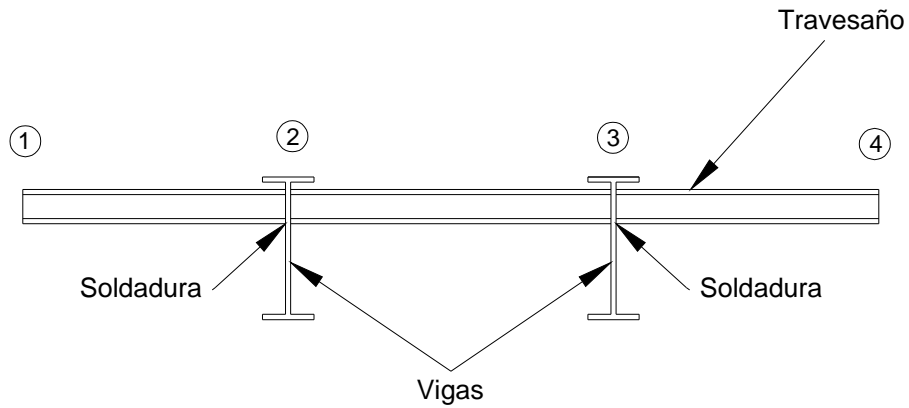


Figura 5-12: Disposición entre vigas y travesaños

Para analizar el travesaño, este se divide en tres partes, con el fin de determinar el momento máximo. Los modelos matemáticos se determinan a continuación:

Elemento 1 – 2

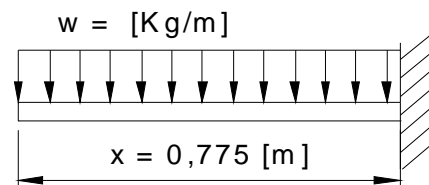


Figura 5-13: Carga de diseño sobre el elemento 1 - 2

$$V(x) = -w * x$$

$$V(x) = -1.730 * x$$

$$M(x) = -w * x * (x/2) = -w * x^2/2$$

$$M(x) = -865 * x^2$$

$$x = 0 \text{ [m]} \rightarrow M(x) = 0$$

$$x = 0,775 \text{ [m]} \rightarrow M(x) = -519,54 \text{ [Kg.m]}$$

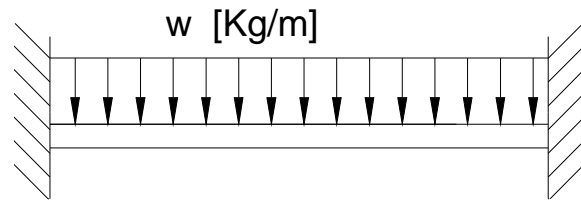
Elemento 2 - 3

Figura 5-14: Carga de diseño sobre el elemento 2 - 3

Para determinar los momentos en los apoyos, se considera que los extremos se encuentran empotrados.

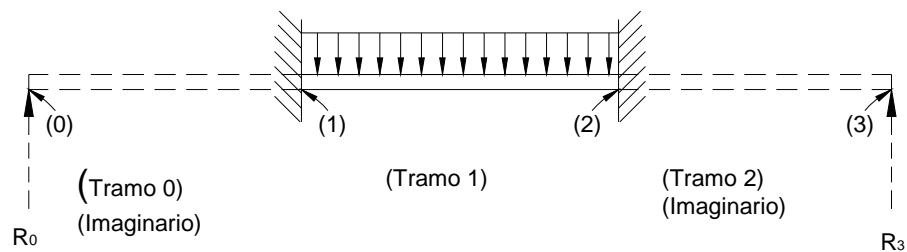


Figura 5-15: Tramos imaginarios sobre el elemento 2 - 3

Escribiendo la ecuación de los tres momentos para los claros 0 y 1, para 1 y 2, y para 2 y 3:

$$M_0 L_0 + 2M_1(L_0 + L_1) + M_2 L_1 = -\frac{6A_0 \bar{a}_0}{L_0} - \frac{6A_1 \bar{b}_1}{L_1} \quad (\text{a})$$

$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 = -\frac{6A_1 \bar{a}_1}{L_1} - \frac{6A_2 \bar{b}_2}{L_2} \quad (\text{b})$$

Al sustituir valores se anulan los términos de los claros imaginarios, donde:

$$\frac{6A_1 \bar{b}_1}{L_1} = \frac{wL^3}{4} = \frac{1.730 * 0,95^3}{4} = 370,8 \text{ [Kg.m}^2\text{]}$$

$$\frac{6A_1 \bar{a}_1}{L_1} = \frac{wL^3}{4} = \frac{1.730 * 0,95^3}{4} = 370,8 \text{ [Kg.m}^2\text{]}$$

Sustituyendo en la ecuación de los tres momentos:

$$\text{De la ecuación (a): } 2M_1 + M_2 = -390,33 \text{ [Kg.m]}$$

$$\text{De la ecuación (b): } M_1 + 2M_2 = -390,33 \text{ [Kg.m]}$$

Resolviendo el sistema ecuaciones se tiene que los momentos en los extremos son:

$$M_1 = -130,11 \text{ [Kg.m];} \quad M_2 = -130,11 \text{ [Kg.m]}$$

Las expresiones del cortante y momento flector para el elemento 2-3 son las siguientes:

$$V(x) = -w * x + 1.730 * (0,95)/2$$

$$V(x) = -1.730 * x + 821,74$$

$$M(x) = -w * x * (x/2) + 1.730 * (0,95) * x / 2 - 130,11$$

$$M(x) = -865 * x^2 + 821,74 * x - 130,11$$

$$x = 0 \text{ [m]} \rightarrow M(x) = -130,11 \text{ [Kg.m]}$$

$$x = 0,95 \text{ [m]} \rightarrow M(x) = -130,11 \text{ [Kg.m]}$$

El momento máximo para el elemento 2 – 3, se obtiene cuando:

$$V(x) = 0 \rightarrow x = 0,47 \text{ [m]}$$

$$M_{x=0,47} = -865 * (0,47)^2 + 821,74 * (0,47) - 130,11$$

$$M_{x=0,47} = 65 \text{ [Kg.m]}$$

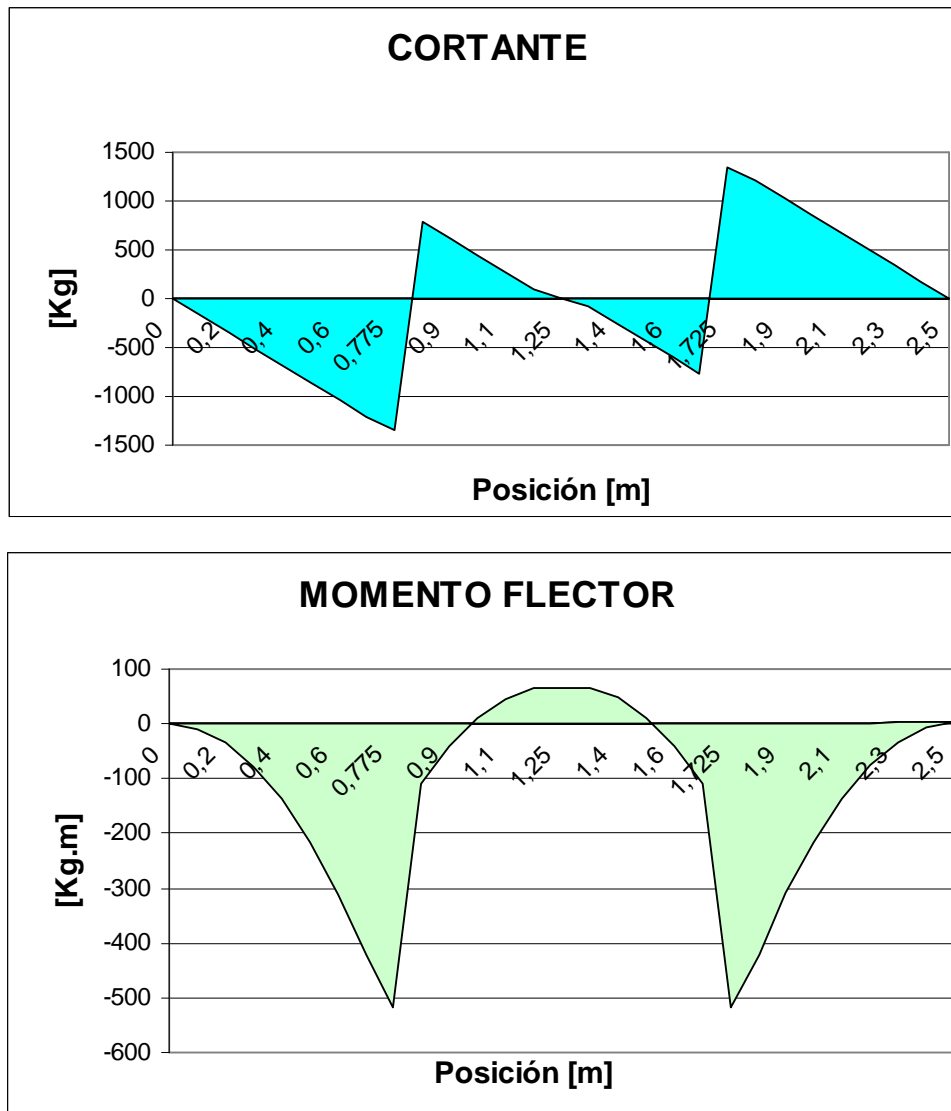


Figura 5-16: Diagramas de cortante y momento flector para los travesaños

Como se observa en la Figura 5-16, el momento máximo es de signo negativo, esto indica que las fibras del borde superior de la sección están sometidas a tensión. En una sección simétrica solamente interesa el valor numérico o valor absoluto del momento máximo, entonces:

$$M_{\max} = 519,54 \text{ [Kg.m]}$$

5.6.2.1 Selección del perfil para los travesaños de la cama alta

El material utilizado para los perfiles es el acero estructural ASTM A36, cuyo esfuerzo de fluencia es $F_y = 2.530 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$.

$$F_b = 0,60 * 2.530 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_b = 1.518 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

El módulo de sección necesario para resistir el momento máximo se calcula con la ecuación 5-7:

$$S_x \geq \frac{M_{\max}}{F_b}$$

Siendo:

$$M_{\max} = 519,54 \text{ [Kg.m]} = 51,954 \text{ Kg.cm}$$

$$S_x \geq \frac{51,954 \text{ [Kg.cm]}}{1.518 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}}$$

$$S_x \geq 34,2 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Se selecciona el perfil tipo IPE 100¹⁴ para los travesaños, cuyas propiedades son:

Altura = 100 [mm]

Ancho = 55 [mm]

Espesor del alma = 4,1 [mm]

Espesor del patín = 5,7 [mm]

Sección = 10,30 [cm²]

$S_x = 34,2 \text{ [cm}^3\text{]}$

Peso = 8,1 [Kg/m]

¹⁴ Catalogo de Perfiles Laminados IPE según ANEXO 3

5.6.3 DISEÑO DE LAS COSTILLAS

Las costillas son elementos formados por perfiles tipo C, que van sobre los travesaños con la finalidad de tomar la misma altura que las vigas principales, y brindar un apoyo firme para la plancha de tol antideslizante.

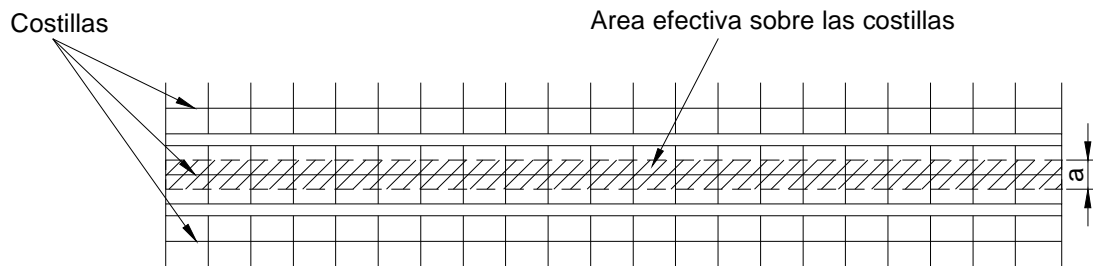


Figura 5-17: Área efectiva sobre las costillas

Para obtener el valor de la carga aplicada por metro lineal, se multiplica los valores de la carga por el ancho del área efectiva, siendo $a = 0,39[m]$, entonces:

$$w = 0,39 \cdot (221,96 + 2.813,11) [Kg/m]$$

$$w = 1.184 [Kg/m]$$

5.6.3.1 Diagramas de cortante y momento flector para las costillas

Los diagramas de cortante y momento flector se pueden determinar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-18.

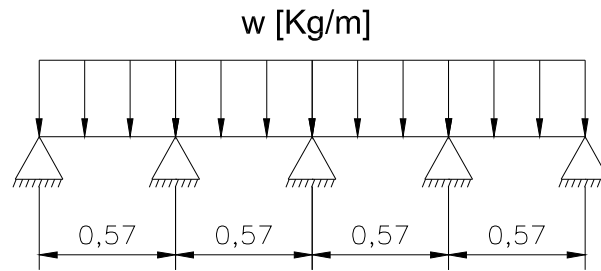


Figura 5-18: Cargas sobre las cortillas

$$0 < x < 0,57$$

$$V(x) = -1184 \cdot x + 265,13$$

$$M(x) = -592 \cdot x^2 + 265,13 \cdot x$$

$$0,57 < x < 1,14$$

$$V(x) = -1184 \cdot x + 1036,42$$

$$M(x) = -592 \cdot x^2 + 1036,42 \cdot x - 439,63$$

$$1,14 < x < 1,71$$

$$V(x) = -1184 \cdot x + 1663,09$$

$$M(x) = -592 \cdot x^2 + 1663,09 \cdot x - 1154,04$$

$$1,71 < x < 2,28$$

$$V(x) = -1184 \cdot x + 2434,38$$

$$M(x) = -592 \cdot x^2 + 2434,38 \cdot x - 2472,95$$

La representación de éstas funciones matemáticas se indican en la Figura 5-19.

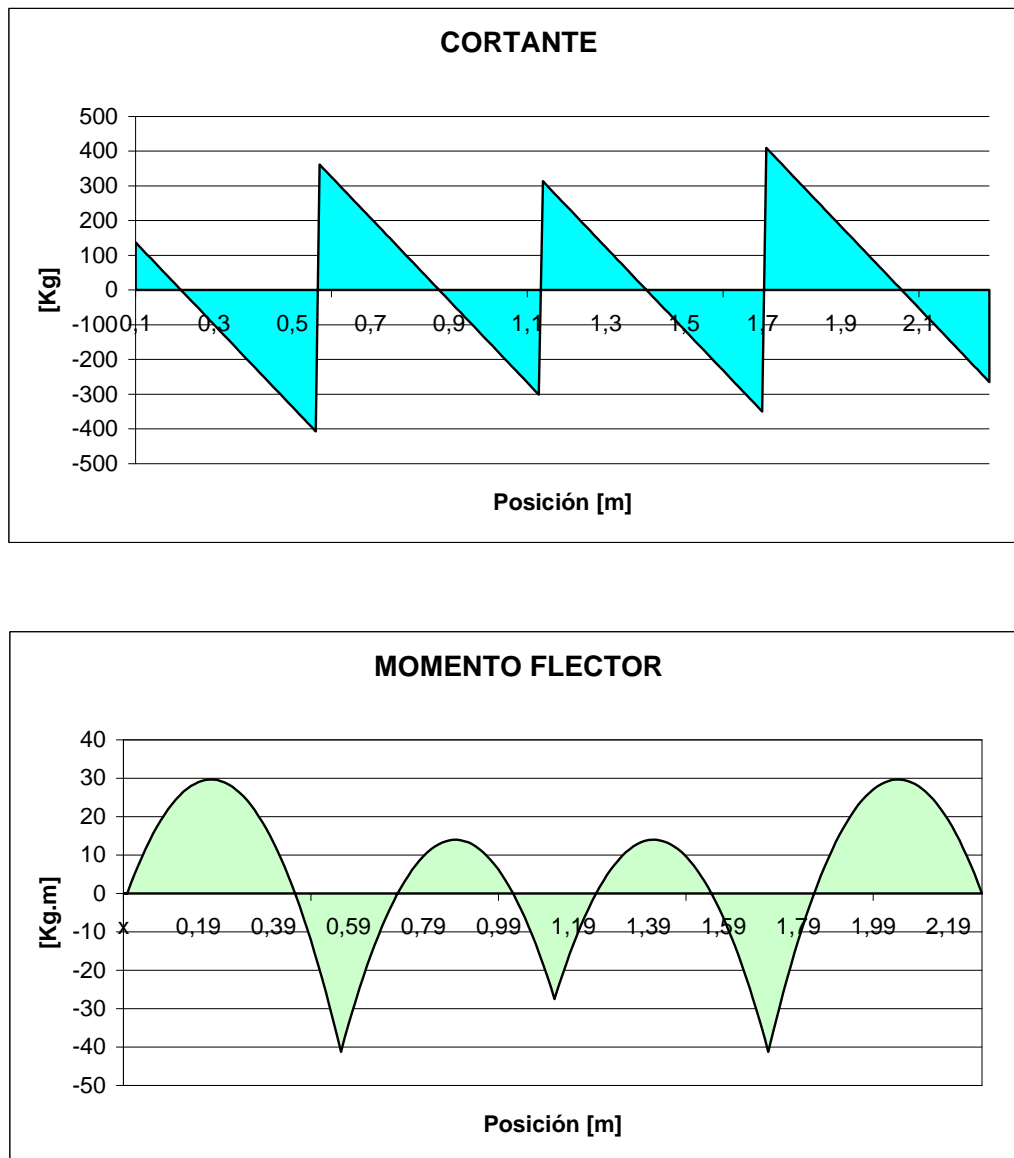


Figura 5-19: Diagramas de cortante y momento flector para las costillas

Según el diagrama de momento flector el momento máximo en valor absoluto es $M_{\max} = 41,21$ [Kg.m]

5.6.3.2 Selección del perfil para las costillas

El módulo de sección necesario para resistir el momento máximo de $M_{\max} = 41,21$ [Kg.m] = 4.121[Kg.cm], se determina con la ecuación 5-7, entonces:

$$S_x \geq \frac{4.121[\text{Kg.cm}]}{1.518[\text{Kg/cm}^2]}$$

$$S_x \geq 2,71[\text{cm}^3]$$

Se selecciona el perfil tipo U50x25x2 ¹⁵ para las costillas, cuyas propiedades son:

Altura = 50 [mm]

Ancho = 25 [mm]

Espesor = 2 [mm]

Sección = 1,87 [cm²]

S_x = 2,83 [cm³]

Peso = 1,467 [Kg/m]

5.6.4 DISEÑO DEL PLATO DE GIRO¹⁶

El king pin se localiza en el centro del plato de enganche, que es una placa de metal fijada en la parte inferior del frente del chasis. “La plancha de enganche debe estar diseñada para soportar una carga vertical del 47% del PBV (peso bruto vehicular), con un factor de seguridad mínimo de 3,5. La capacidad de arrastre debe ser de al menos el doble del PBV.” ¹⁷

Cargas Verticales

$$F_{y \min} = 0,47*(6.770) [\text{Kg}] = 3.181,9 [\text{Kg}]$$

$$F_{y \max} = 0,47*(33.000 + 6.770) [\text{Kg}] = 18.691,9 [\text{Kg}]$$

¹⁵ Catalogo de Perfiles Laminados IPE según ANEXO 3

¹⁶ SHIGLEY, Joseph, Diseño de Ingeniería Mecánica; Editorial McGRAW HILL; 4ta edición 1985.

¹⁷ PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA - PROY-NOM-164-SCFI/SCT2-2006

Cargas Horizontales

$$F_{x \min} = 2 \cdot (6.770) \text{ [Kg]} = 13.540 \text{ [Kg]}$$

$$F_{x \max} = 2 \cdot (33.000 + 6.770) \text{ [Kg]} = 79.540 \text{ [Kg]}$$

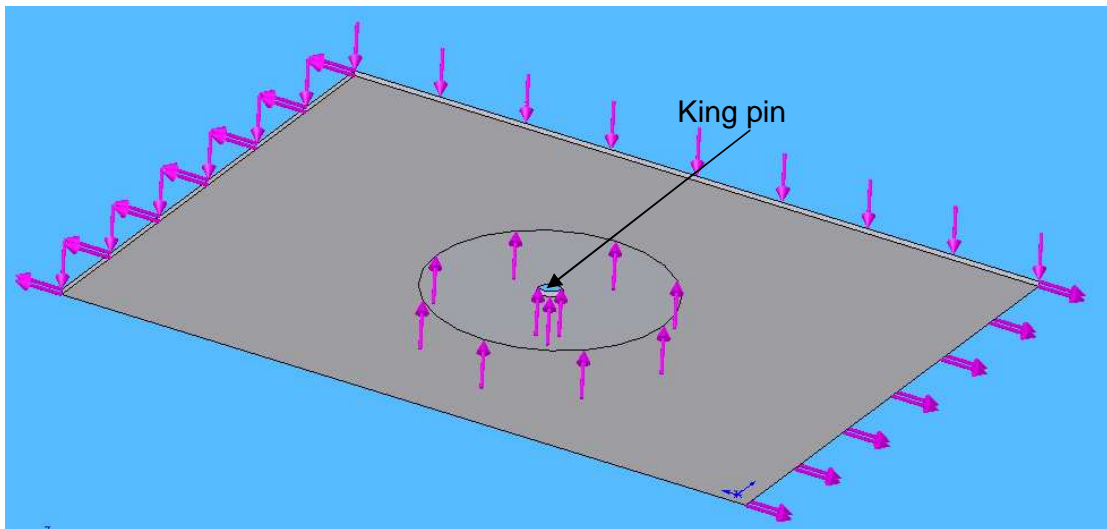


Figura 5-20: Distribución de cargas sobre el plato de giro

Esfuerzos

Para determinar los esfuerzos producidos debido a las cargas combinadas, se procede a dimensionar el plato de giro en base a la geometría de la estructura. Por un lado la plancha debe tener 111 [cm] de ancho para que las vigas principales se apoyen sobre ésta, y una longitud de 150 [cm]. Además la plancha debe estar provista de una perforación de 7,62 [cm] (3 [pulg]) para la instalación del king pin.

El espesor de la plancha se determina mediante iteración, asumiendo el valor de éste y verificando que el factor de seguridad estático sea mayor que 3,5.

Los esfuerzos se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 5-14}$$

Asumiendo que plancha tiene un espesor de 1,11 [cm] (7/16") reemplazando datos se tiene:

Tensión

$$\sigma_{x \text{ min}} = \frac{13.540}{1,11 * (111 - 7,62)} = 117,99[\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_{x \text{ max}} = \frac{79.540}{1,11 * (111 - 7,62)} = 693,15[\text{Kg/cm}^2]$$

Compresión

$$\sigma_{y \text{ min}} = \frac{3.181,9}{\pi * 86^2 / 4} = 0,55[\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_{y \text{ max}} = \frac{18.691,9}{\pi * 86^2 / 4} = 3,22[\text{Kg/cm}^2]$$

5.6.4.1 DISEÑO ESTÁTICO DEL PLATO DE GIRO

Elemento a considerar Acero A-36, cuyas propiedades son:

$$S_y = 2.530[\text{Kg/cm}^2]$$

$$S_{ut} = 4.100 [\text{Kg/cm}^2]$$

Esfuerzos principales

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ecuación 5-15}$$

Donde: $\sigma_1 > \sigma_2$

$$\sigma_1 = \frac{693,15 + 3,22}{2} + \sqrt{\left(\frac{693,15 + 3,22}{2}\right)^2} + 0 = 693,15 [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_2 = \frac{693,15 + 3,22}{2} - \sqrt{\left(\frac{693,15 + 3,22}{2}\right)^2} + 0 = 3,22 [\text{Kg/cm}^2]$$

Esfuerzo permisible según la teoría de la energía de la distorsión para el primer cuadrante:

$$S_A = \frac{S_y}{\sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right) + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)^2}} \quad \text{Ecuación 5-16}$$

$$S_A = \frac{2530}{\sqrt{1 - \left(\frac{3,22}{693,15}\right) + \left(\frac{3,22}{693,15}\right)^2}} = 2.535,87 [\text{Kg/cm}^2]$$

Por tanto el factor de diseño estático es igual a:

$$n_s = \frac{S_A}{\sigma_1} = \frac{2.535,87}{693,15}$$

$$n_s = 3,66 > 3,50 \quad \text{OK}$$

5.6.4.2 DISEÑO DINÁMICO DEL PLATO DE GIRO

Mediante la teoría de la energía de la distorsión aplicada a la fatiga, se encuentran esfuerzos equivalentes tanto para los esfuerzos amplitud como para los esfuerzos medios, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{m\acute{i}n})}{2} \quad \text{Ecuación 5-17}$$

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}})}{2}$$

Ecuación 5-18

Donde:

 σ_m = Esfuerzo medio σ_a = Esfuerzo Amplitud

Con estos esfuerzos se puede determinar el factor de diseño en el diagrama que contiene la línea de Goodman modificada, como se indica en la Figura 5-21:

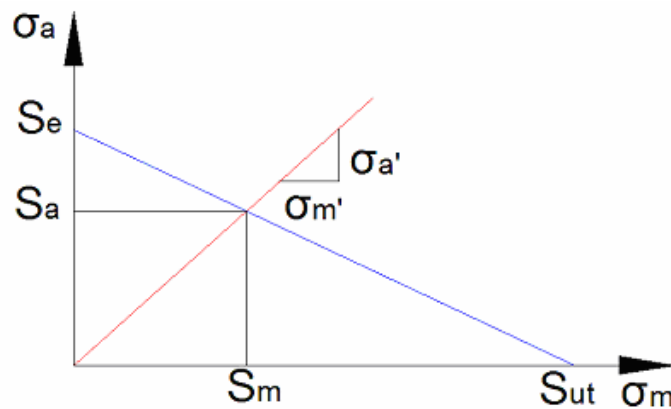


Figura 5-21: Línea de Goodman modificada

$$n_d = \frac{S_a}{\sigma_a'} = \frac{S_m}{\sigma_m'}$$

Ecuación 5-19

Donde:

$$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_{xm}^2 - \sigma_{xm} * \sigma_{ym} + \sigma_{ym}^2 + 3\tau_{xym}^2}$$

Ecuación 5-20

$$\sigma_a' = \sqrt{\sigma_{xa}^2 - \sigma_{xa} * \sigma_{ya} + \sigma_{ya}^2 + 3\tau_{xya}^2}$$

Ecuación 5-21

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma_a'}{\sigma_m'} + \frac{S_e}{S_{ut}}}$$

Ecuación 5-22

Reemplazando datos se tiene:

$$\sigma_{xm} = \frac{(693,15 + 117,99)}{2} = 405,57 [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_{xa} = \frac{(693,15 - 117,99)}{2} = 287,58 [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_{ym} = \frac{(3,22 + 0,55)}{2} = 1,88 [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_{ya} = \frac{(3,22 - 0,55)}{2} = 1,34 [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma'_m = \sqrt{405,57^2 - 405,57 * 1,88 + 1,88^2 + 0} = 404,63 [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma'_a = \sqrt{287,58^2 - 287,58 * 1,34 + 1,34^2 + 0} = 286,91 [\text{Kg/cm}^2]$$

El límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico se determina con la siguiente expresión:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * 0,5 * S_{ut} \quad \text{Ecuación 5-23}$$

Donde:

$$k_a = 0,7 \quad (\text{factor de superficie})$$

$$k_b = 0,6 \quad (\text{factor de tamaño})$$

$$k_c = 1 \quad (\text{factor de confiabilidad al 50\%})$$

$$k_d = 1 \quad (\text{factor de temperatura})$$

$$k_t \Rightarrow \text{es función del diámetro del agujero/ancho de la plancha} = 76,2/1110 = 0,68$$

$$k_t = 2,7; \text{ y } q = 0,7$$

$$k_f' = 1 + q * (k_t - 1) = 1 + 0,7 * (2,7 - 1)$$

$$k_f' = 2,19$$

$$k_e = \frac{1}{k_f'}$$

$$k_e = 0,46 \quad (\text{factor de modificación por concentración de esfuerzo})$$

$k_f = 1$ (factor de efectos varios)

Reemplazando datos se tiene:

$$S_e = 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,46 \cdot 0,5 \cdot 4.100 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_e = 396,06 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_m = \frac{396,06}{\frac{286,91}{404,63} + \frac{396,06}{4.100}}$$

$$S_m = 491,59 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Por tanto el factor de diseño dinámico del plato de giro es:

$$n_d = \frac{S_m}{\sigma_m}$$

$$n_d = \frac{491,6}{404,63}$$

$$n_d = 1.21 \text{ OK}$$

5.6.5 DISEÑO DE SOPORTES PARA EL PLATO DE GIRO

Los soportes del plato de giro están formados por dos perfiles tipo I, como se puede ver en la Figura 5-22.

La carga de diseño en kilogramos por metro lineal, se considera uniformemente distribuida sobre los soportes. Esta carga se obtiene a partir de la fuerza en el eje vertical producida en el King pin, la cual se divide para dos soportes y una longitud de 0,95 [m]. Por tanto la carga de diseño para los soportes es de $w = 9.837,8 \text{ [Kg/m]}$.

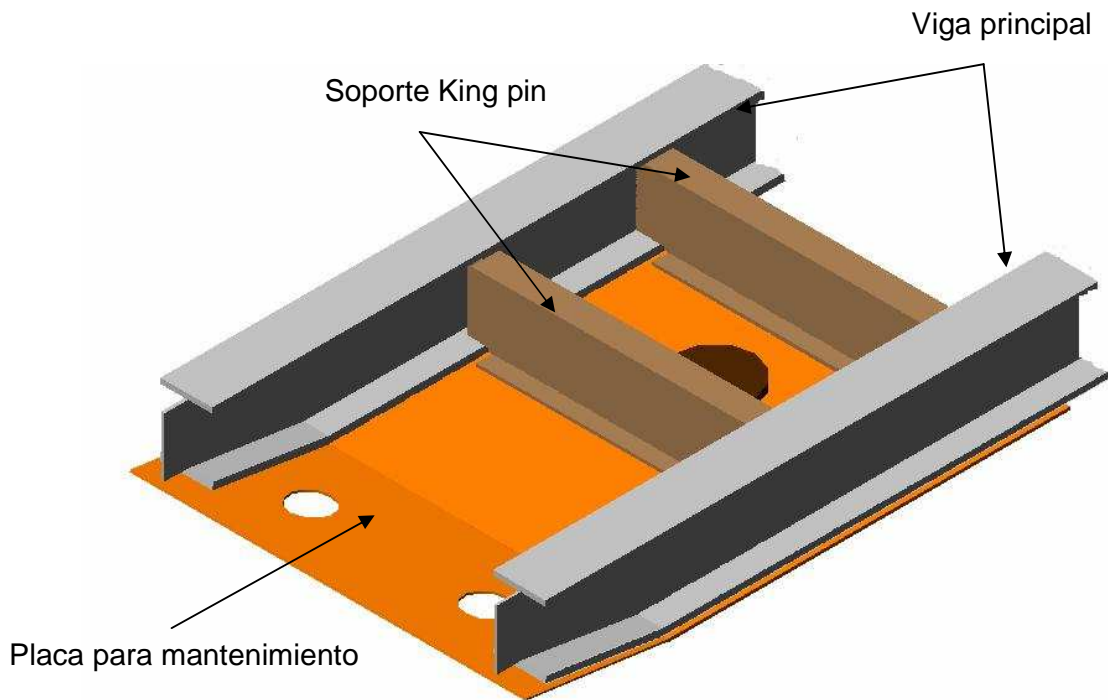


Figura 5-22: Soportes del plato de giro

Los diagrama de cortante y momento flector se pueden representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-23.

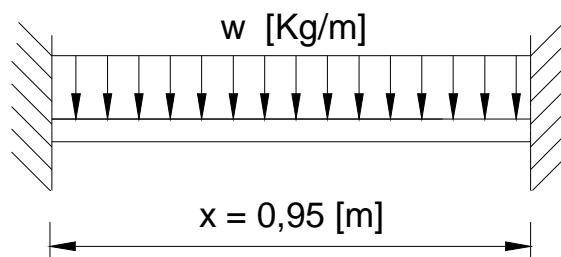


Figura 5-23: Carga sobre los soportes del plato de giro

$$0 < x < 0,95$$

$$V(x) = -9.837,8 \cdot x + 4.672,8$$

$$M(x) = -4.918,9 \cdot x^2 + 4.672,9 \cdot x - 739,88$$

La representación de éstas funciones matemáticas se indican en la Figura 5-24.

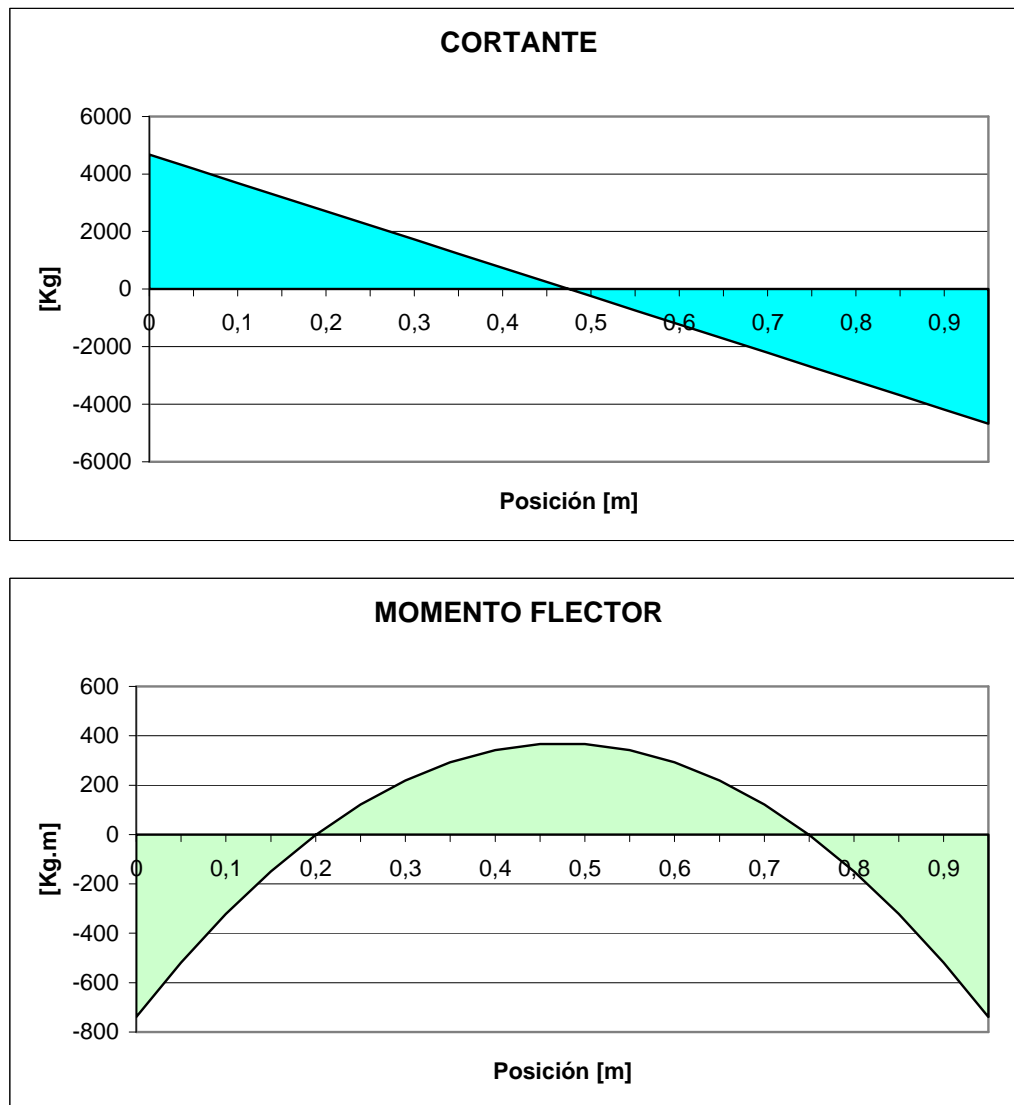


Figura 5-24: Diagramas de cortante y momento flector para los soportes

El momento máximo en valor absoluto es $M_{\max} = 739,88 \text{ [Kg.m]} = 73.988 \text{ [Kg.cm]}$

5.6.5.1 Selección del perfil para los soportes del plato de giro

El módulo de sección necesario para resistir el momento máximo de $M_{\max} = 73.988 \text{ [Kg.cm]}$, se determina con la ecuación 5-7, entonces:

$$S_x \geq \frac{73.988[\text{Kg.cm}]}{1.518[\text{Kg/cm}^2]}$$

$$S_x \geq 48,74[\text{cm}^3]$$

Se selecciona el perfil IPE 120, cuyas propiedades son:

Altura = 120 [mm]

Ancho = 64 [mm]

Espesor del alma = 4,4 [mm]

Espesor del patín = 6,3 [mm]

Sección = 13,2 [cm²]

$S_x = 53$ [cm³]

Peso = 10,4 [Kg/m]

5.6.6 DISEÑO DE ARRIOSTRES ENTRE VIGAS PRINCIPALES

Es importante garantizar que la estructura de la cama alta desarrolle toda su capacidad de diseño, a lo cual contribuye un buen sistema de apoyos y arriostramientos, para mantener la estabilidad espacial del conjunto e impedir una falla por inestabilidad.

Con la finalidad de que la estructura se mantenga estable durante su funcionamiento, se considera el caso más desfavorable que se produce cuando el semiremolque circula a plena carga, en la posición 2.

Los arriostramientos se ubican a la altura de los acoples del sistema de suspensión y los patines, para brindar un apoyo estable a toda la estructura, como se muestra en la Figura 5- 25.

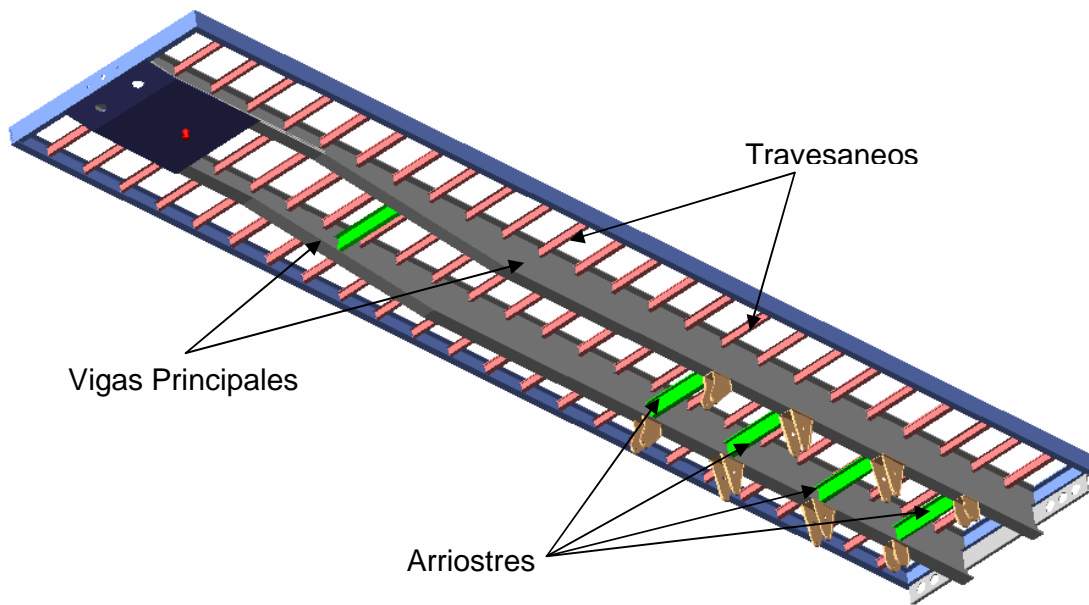


Figura 5-25: Estructura del semiremolque con arriostres

La acción del momento estabilizador sobre estos elementos, se calcula multiplicando la fuerza en cada apoyo por la longitud del brazo, Figura 5-26.

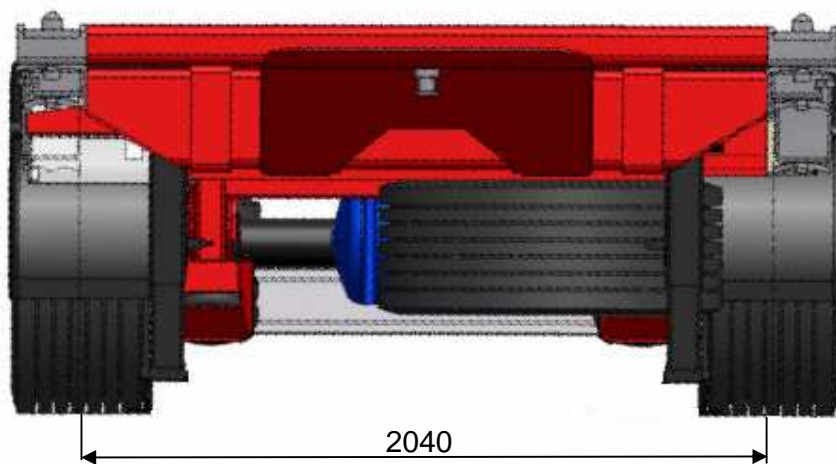


Figura 5-26: Parte delantera del semiremolque

$$\text{Brazo} = \text{Vía} / 2 = 1,02 \text{ [m]}$$

Momento estabilizador = Fuerza x Brazo = $(5.631,52 \text{ [Kg]}/2) \times 1,02 \text{ [m]}$
 Momento estabilizador = $2.872,07 \text{ [Kg.m]}$

Los diagrama de cortante y momento flector se pueden representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-27.

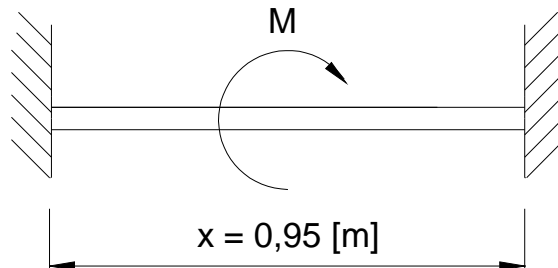


Figura 5-27: Acción del momento estabilizador

$$0 < x < 0,475$$

$$V(x) = -4.534,84$$

$$M(x) = -4.534,84 \cdot x + 718,01$$

$$0,475 < x < 0,95$$

$$V(x) = -4.534,84$$

$$M(x) = -4.534,84 \cdot x + 3.590,08$$

La representación de éstas funciones matemáticas se indican en la Figura 5-28.

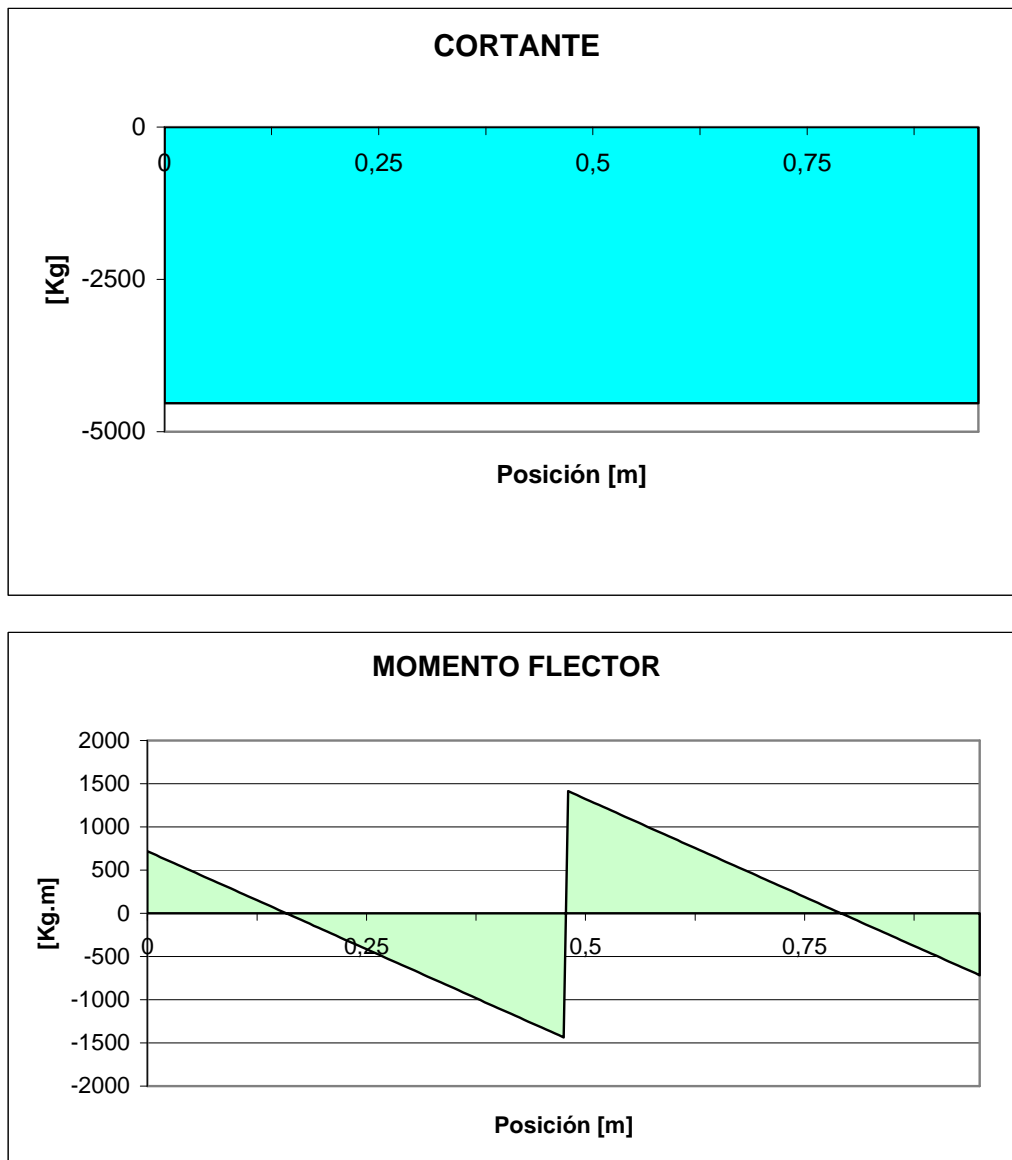


Figura 5-28: Diagramas de cortante y momento flector para los arriostramientos

El momento máximo en valor absoluto es $M_{\max} = 1.436,03 \text{ [Kg.m]} = 143.603 \text{ [Kg.cm]}$

5.6.6.1 Selección del perfil para los arriostramientos

El módulo de sección necesario para resistir el momento máximo de $M_{\max} = 143.603$ [Kg.cm], se determina con la ecuación 5-7:

$$S_x \geq \frac{143.603[\text{Kg.cm}]}{1.518[\text{Kg/cm}^2]}$$

$$S_x \geq 94,06[\text{cm}^3]$$

Se selecciona el perfil U200x60x6, cuyas propiedades son:

Altura = 200 [mm]

Ancho = 60 [mm]

Espesor = 6 [mm]

Sección = 18,02 [cm²]

$S_x = 96,37$ [cm³]

Peso = 14,42 [Kg/m]

5.6.7 DISEÑO DE LA TALANQUERA

Los contenedores se fijan a la plataforma mediante malacates, los cuales evitan que la carga se desplace lateralmente, sin embargo, cuando se transporta cargas a granel éstos elementos no son de mucha utilidad, siendo necesario un apoyo en la parte frontal del semiremolque (Figura 5-29), especialmente cuando el vehículo frena bruscamente o baja por una pendiente. Para estos casos se considera un 10 % del peso de la carga a transportar.

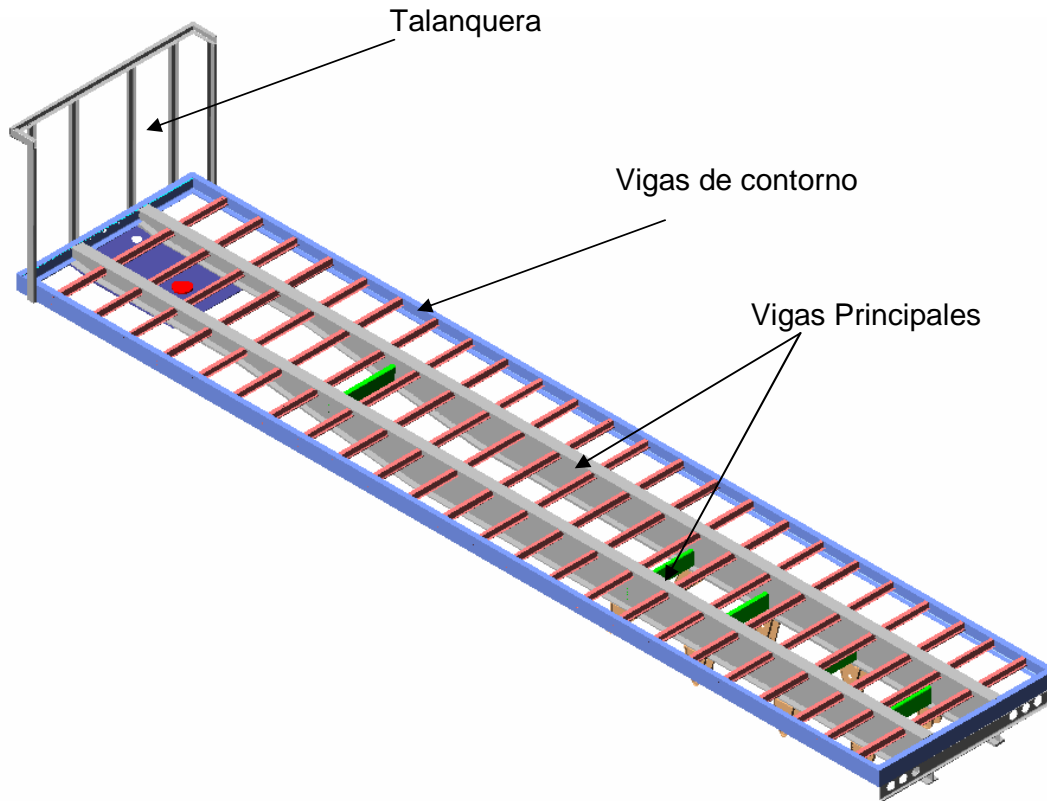


Figura 5-29: Estructura de la cama alta con talanquera

Las dimensiones de la talanquera son 2,5 [m] de ancho por 1,9 [m] de alto, la carga de diseño se determina dividiendo el 10% del peso de la carga por el área de la talanquera y multiplicando por el ancho del área efectiva. El elemento más crítico es aquel que soporta mayor carga, en éste caso son los dos perfiles centrales por soportar el área efectiva de mayor ancho $a = 0,71$ [m] como se muestra en la Figura 5-30.

$$w = \frac{0,1 * 30.000}{2,5 * 1,9} * 0,71 = 448,42 \text{ [Kg/m]}$$

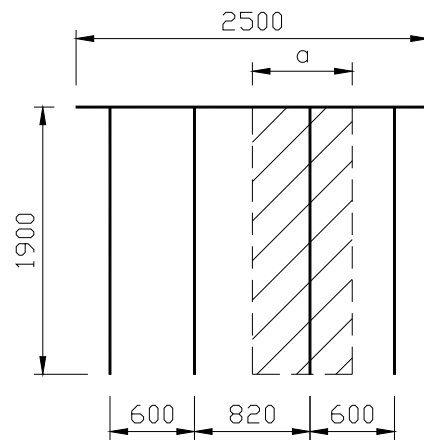


Figura 5-30: Área efectiva sobre un elemento de la talanquera

Los diagrama de cortante y momento flector se pueden representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la Figura 5-31.

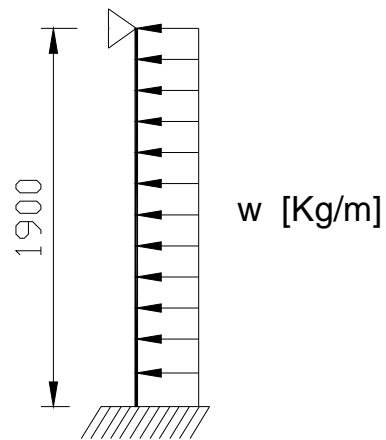


Figura 5-31: Carga sobre un elemento de la talanquera

$$0 < x < 1,9$$

$$V(x) = -448,42 \cdot x + 319,49$$

$$M(x) = -224,21 \cdot x^2 + 319,49 \cdot x$$

La representación de éstas funciones matemáticas se indican en la Figura 5-32.

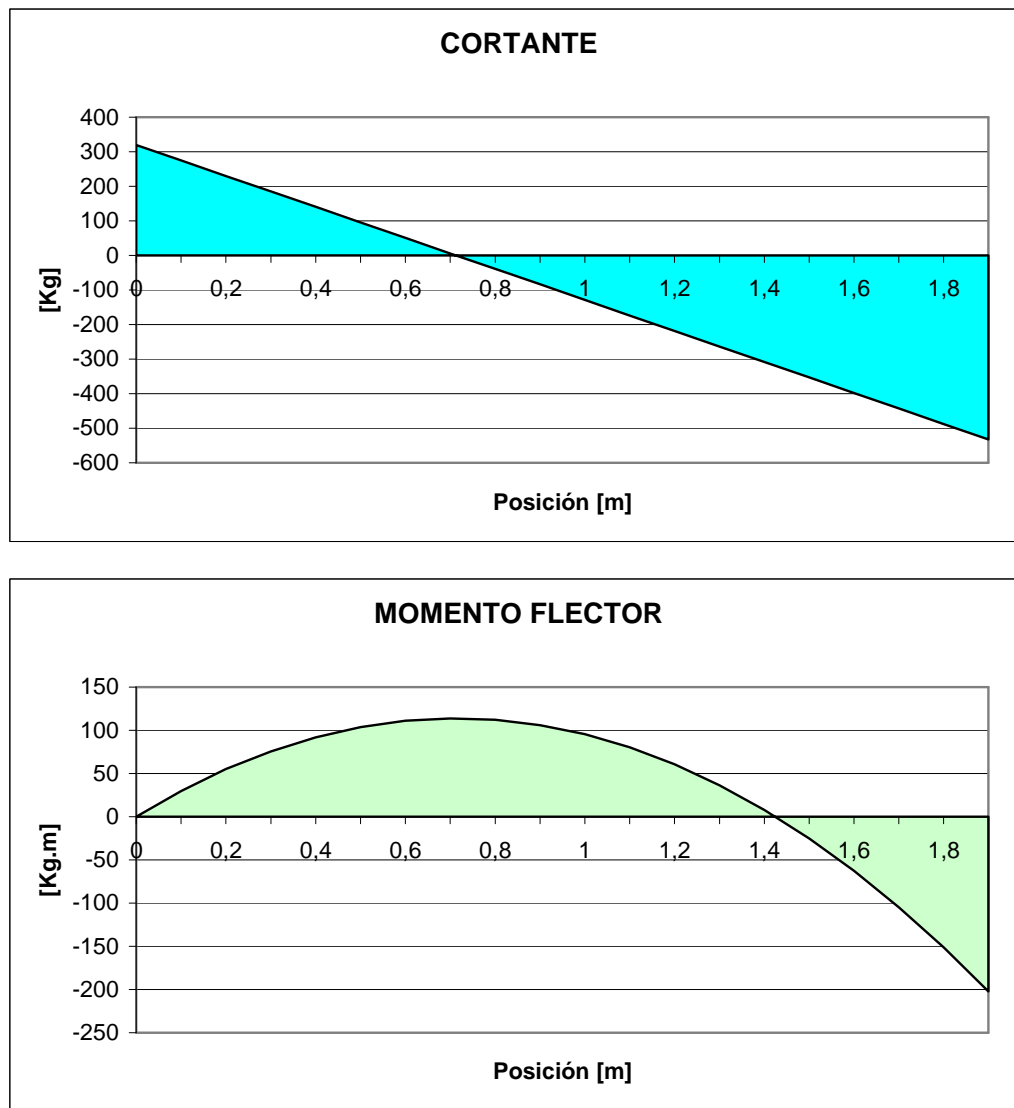


Figura 5-32: Diagramas de cortante y momento flector para la talanquera

El momento máximo en valor absoluto es $M_{\max} = 202,35 \text{ [Kg.m]} = 20.235 \text{ [Kg.cm]}$

5.6.7.1 Selección de perfil para la talanquera

El módulo de sección necesario para resistir el momento máximo de 20.235 [Kg.cm], se determina con la ecuación 5-7:

$$S_x \geq \frac{20.235[\text{Kg.cm}]}{1.518[\text{Kg/cm}^2]}$$

$$S_x \geq 13,33[\text{cm}^3]$$

Se selecciona el perfil U100x50x3, cuyas propiedades son:

Altura = 100 [mm]

Ancho = 50 [mm]

Espesor = 3 [mm]

Sección = 5,70 [cm²]

S_x = 17,70 [cm³]

Peso = 4,48 [Kg/m]

5.6.8 DISEÑO DE LA SOLDADURA

El diseño de la soldadura permite unir materiales en forma permanente, a determinada temperatura, mediante la aplicación de calor, con o sin aplicación de presión adicional, solo con presión y con o sin uso de materiales de aporte.

Se pueden presentar defectos en la soldadura y pueden estar localizados al interior del depósito de soldadura, cerca de la superficie.

La utilización de técnicas apropiadas para cada caso, el uso de equipos, accesorios y materiales en condiciones óptimas así como personal debidamente calificado, hacen que los resultados sean satisfactorios.

La operación del proceso es manual (soldadura manual), cuando el material de aportación es aplicado y controlado directamente por el soldador.

En la soldadura semi-automática el equipo de soldadura se encarga de alimentar con cierta velocidad el material de aportación.

En estos procesos el soldador deberá tener muy en cuenta factores como:

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

Estas variables determinan las características del cordón depositado como son: la penetración, su forma geométrica y otra naturaleza metalúrgica.

5.6.8.1 POSICIONES DE SOLDADURA

La posición del electrodo de varilla con relación a la junta cuando se hace una soldadura, afecta la economía y la calidad del soldeo. Además, las especificaciones de la AWS, prohíben el uso de algunas posiciones de soldeo para ciertos tipos de soldadura. Un diseño cuidadoso debe suprimir la necesidad de soldaduras que requieran posiciones de soldeo prohibidas, y emplear soldaduras que puedan hacerse de modo eficiente

Las posiciones básicas de soldadura se representan en la Figura 5-33, y son:

Plana, con la cara de la soldadura casi horizontal. El electrodo está casi en posición vertical, y el soldeo se efectúa desde la parte de arriba de la junta.

Horizontal, con el eje de la soldadura en posición horizontal. Para las soldaduras de surco, la cara de la soldadura está casi vertical. Para las soldaduras de filete,

por lo general la cara de la soldadura está casi a 45° con respecto a las superficies horizontal y vertical.

Vertical, con el eje de la soldadura casi en posición vertical (el soldeo se hace hacia arriba).

Sobrecabeza, con la cara de la soldadura casi en posición horizontal. El electrodo está casi vertical, y el soldeo se efectúa desde debajo de la junta.

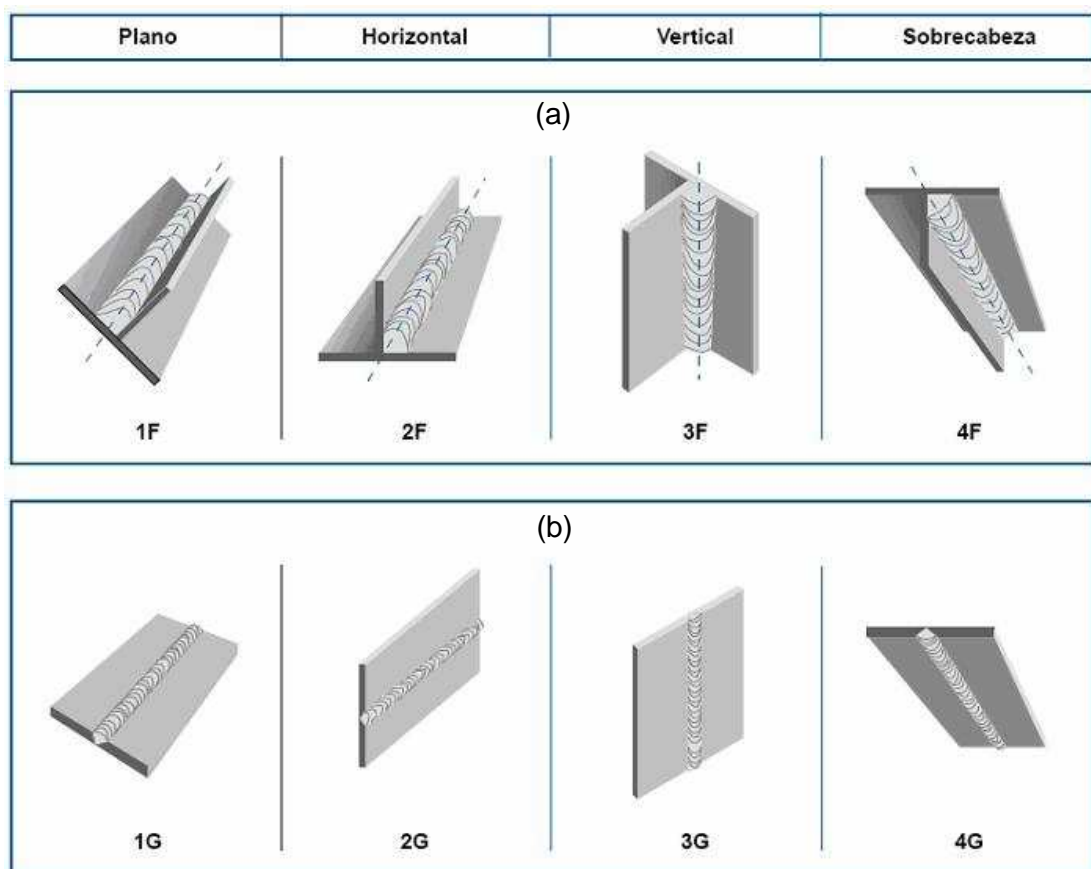


Figura 5-33: Posiciones de soldadura: a) Uniones de filete, b) Uniones biseladas

5.6.8.2 TIPOS DE CONEXIONES SOLDADAS

Existen cinco tipos básicos de juntas soldadas: a tope, de traslape, en "T", de borde y de esquina, (ver Figura 5-34). Así como cuatro tipos básicos de

soldaduras: de preparación, de filete, de tapón y de ranura, según se muestra en la Figura 5-35.

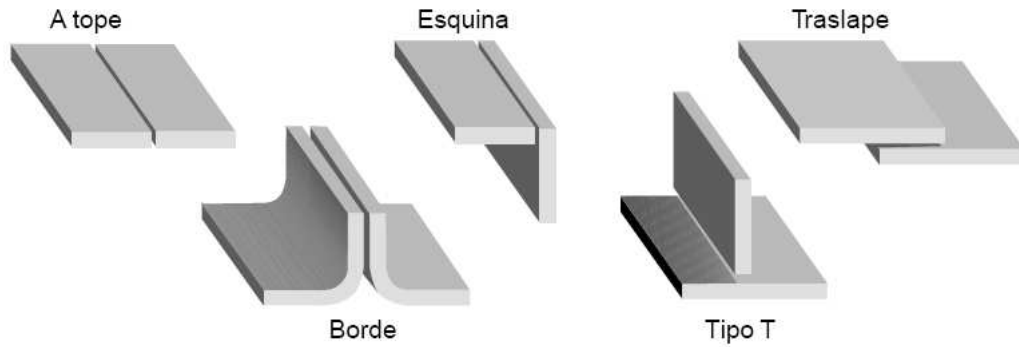


Figura 5-34: Tipos de juntas

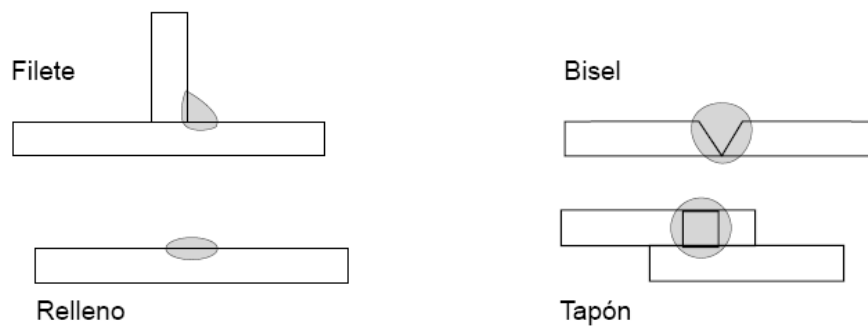


Figura 5-35: Tipos de soldaduras

Las formas de la soldadura de preparación varían, dependiendo del modo en que se preparan los extremos de las piezas, en la Figura 5-36, se muestran algunas formas comunes.

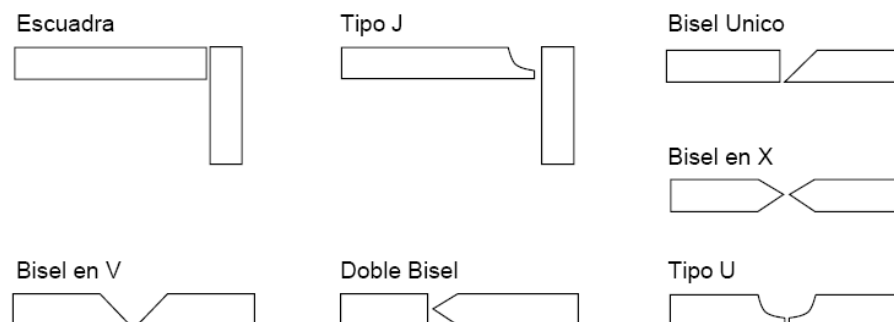


Figura 5-36: Variaciones de bisel

5.6.8.3 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS SOLDADURAS

Las principales ventajas de las estructuras soldadas son la simplicidad del diseño y la economía de las partes. Sobre la base de resistencia, particularmente a la fatiga, es preferible utilizar soldaduras a tope que soldaduras de filete. Por otro lado, las soldaduras a tope originan esfuerzos residuales más altos y requieren mayores gastos para la preparación de los bordes, antes de soldar.

Para un determinado tamaño de soldadura de filete, la tasa de enfriamiento es más rápida y la restricción es mayor con placas gruesas que con placas delgadas. Para impedir el agrietamiento debido a esfuerzos internos resultantes, las especificaciones establecen tamaños mínimos para las soldaduras de filete, dependiendo del espesor de la placa.

En la Tabla 5-12 se muestran los tamaños de soldadura recomendados por las norma AWS D1.5 para puentes y AWS D1.1 para edificios.

Tabla 5-12: Tamaños recomendados para soldaduras de filete

Tamaño de la soldadura	[pulg]	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8
	[mm]	4,8	6,4	7,9	9,5	12,7	15,9
Espesor mínimo de la placa, puentes y edificios	[pulg]	1/2	3/4	1 1/2	2 1/4	6	Más de 6
	[mm]	12,7	19,1	38,1	63,5	152,4	Más de 152,4

A lo largo de los bordes de material de menos de 6,35 [mm] ($\frac{1}{4}$ [pulg]), de espesor, el máximo tamaño de soldadura de filete puede ser igual al espesor del material. Pero a lo largo de los bordes de material de 6,35 [mm] de espesor o más grueso, el máximo tamaño debe ser de 1,58 [mm] ($\frac{1}{16}$ [pulg]), menos que el espesor del material.

El diseño de la soldadura de los elementos estructurales que conforman el chasis, se realiza considerando los procedimientos de soldadura precalificados

establecidos por la AWS D1.1; en los planos de construcción del ANEXO 5, se representan las soldaduras que se deben realizar, para unir los elementos de la estructura metálica. Se utiliza el proceso GMAW con electrodo continuo ER70S-6 de diámetro 1,2 [mm].

5.6.8.4 DISEÑO DE LA SOLDADURA DEL KING PIN CON LA PLANCHA DE GIRO

El king pin seleccionado para el semiremolque es de la serie tipo hongo modelo KP-T-809-F, que va soldada a placa de giro a través de un cordón de soldadura tipo filete, formando un anillo en el contorno de este.

El área viene dada por:

$$A = 1,414 * h * r * \pi \quad \text{Ecuación 5-24}$$

$$A = 1,414 * 9,65 * 101,6 * 3,1416$$

$$A = 4.355,32 \text{ [mm}^2\text{]}$$

El esfuerzo cortante medio es:

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau = \frac{79.540}{4.355,32}$$

$$\tau = 18,26 \text{ [Kg / mm}^2\text{]}$$

El electrodo continuo ER70S-6 tiene un $S_y = 57 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}$, obteniéndose un factor de seguridad de:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{57}{18,26}$$

$$n = 3,12$$

5.6.9 SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

5.6.9.1 SELECCIÓN DE LAS LLANTAS

Para un correcto funcionamiento y selección las llantas se debe considerar factores como:

El calor que es uno de los principales enemigos de las llantas, ya que al ponerse en contacto el neumático con la capa de rodadura, acompañado de altas velocidades hace que se genere fricción y por ese motivo , provoca el deterioro de todo el sistema de la llanta. Es decir el calor esta en relación directa con la velocidad del vehículo a mayor velocidad mayor calor consecuentemente mayor deterioro del neumático.

La presión de los neumáticos es otro factor que se debe tomar en cuenta para un correcto funcionamiento de las llantas, por ejemplo si la presión de inflado es la correcta se obtiene una buena adherencia al la carretera evitando de esa manera un desgaste anticipado del neumático.

Cuando la presión de inflado es baja existe mayor desgaste, por lo tanto habrá mayor calentamiento de la capa de rodadura ocasionando un rápido desgaste.

Mientras que cuando la presión de inflado en los neumáticos es alta, éste se vuelve vulnerable a penetraciones y cortes, no reparables.

El lugar de trabajo es otro factor que debe considerarse para la selección de las llantas, ya que existen diversos tipos de llantas que se pueden usar para diferentes carreteras según lo especifica el catalogo de productos de General tire.

ANEXO 3.

LLANTA POWER JET (PJ).- Excelente rendimiento en kilometraje y estabilidad direccional para el vehículo. Se usa en carreteras asfaltadas, servicios urbanos e interprovinciales, recomendada para todos los ejes. Ver Figura 5-37.



Figura 5-37: Llanta power JET (PJ)

LLANTA HCT.- Ideal para las más exigentes necesidades del conductor que requiere una llanta de servicio mixto. Es reconocida por su facilidad de manejo y resistencia al deslizamiento lateral.

Posee una costilla direccional al centro para obtener mejor control direccional y costillas laterales con barras transversales en el área del hombro, para proporcionar mejor tracción fuera de carretera. Se aplica en todo tipo de carretera. Recomendada para todos los ejes. Ver Figura 5-38



Figura 5-38: Llanta HCT

LLANTA DCL.- Permite mayor contacto con el piso, proporcionando una mejor distribución de carga con mayor tracción, resistente para trabajos pesados. Se recomienda utilizar este tipo de llantas para ejes de tracción. Diseño en los hombros con un contorno en Zig-zag. Ver Figura 5-39



Figura 5-39: Llanta DCL

LLANTA HIGHWAY.- Construcción convencional diseñada para ofrecer excelente estabilidad direccional al vehículo, recomendada para carreteras asfaltadas, servicio urbano e interprovincial. Diseño de rodamiento plano, rayas circunferenciales y canales continuos. Ver Figura 5-40



Figura 5-40: Llanta highway

El semiremolque cama alta consta de tres ejes, cada uno de los cuales tiene 4 llantas.

En base a la Tabla 5-6, cada eje soporta 11263.04 Kg, es decir que cada llanta soporta un cuarto de la carga por eje, entonces:

Carga por llanta = Carga del Eje / 4

Carga de la llanta = 2815.8 Kg

De acuerdo al catalogo de llantas de ANEXO 3, se selecciona las llantas adecuadas para el semiremolque cama alta, las mismas que deben garantizar seguridad y durabilidad. Las características de las llantas seleccionadas se muestran en la Tabla 5-13.

Tabla 5-13: Características de la llanta seleccionada.

MEDIDA	ARO	DUAL	PRESIONES [Kg/cm ²]			CAPACIDAD [Kg]	
			Mínima	Media	Máxima	Mínima	Máxima
11,00-20 16-PR	8	D	4,58	5,98	7,39	2.173	2.873

Fuente: Llantas General

Elaboración: Propia

5.6.9.2 SELECCIÓN DEL KING PIN

El king pin es uno de los elementos más importante en un semiremolque, por esta razón los fabricantes han diseñado un producto altamente resistente y confiable. De algún modo, la misma calidad del producto fomenta el descuido de mantenimiento hacia este elemento por parte de los chóferes, ya que el king pin se cuenta entre las piezas de metal más confiables y duraderas del camión.

Este elemento no necesita ser diseñado, lo único que nos queda por determinar es el modelo que se va a utilizar.

De acuerdo con el catálogo del King pin del ANEXO 3, se selecciona uno de la serie tipo hongo SAE 2", fabricado de acuerdo con la norma DIN 4080 e ISO. 337 probados y aprobados de acuerdo con la directriz EC 94/20 en acero al cromo-molibdeno con tratamiento térmico posterior; de la casa HOLLAND **Modelo KP-T-809-F** para una plancha de 11.1 mm. Las características de este elemento se pueden ver en la Figura 5-41.

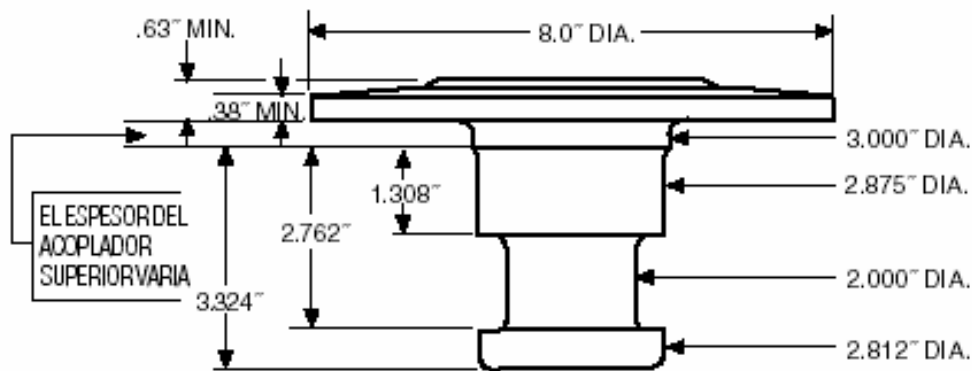


Figura 5-41: King pin modelo KP-T-809-F

5.6.9.3 SELECCIÓN DE LOS PATINES DE APOYO

Este elemento es importante porque permite nivelar la plataforma para luego acoplar el king pin con la quinta rueda, además de soportar la carga estática para enganchar y desenganchar el cabezal.

Para seleccionar éste elemento se considera la reacción sobre la estructura en la parte delantera que para nuestro diseño es de 12.716 [Kg]

Los patines telescópicos tienen diferentes configuraciones, y capacidades según sea la aplicación de carga o de elevación.

Para el presente diseño se va a utilizar patines de apoyo telescópicos de accionamiento mecánico bilateral, es decir tienen la posibilidad de ser accionada por dos personas, modelo **CB Apoyo S**, con una manivela **JSU04** como puede verse en la Figura 5-42.



Figura 5-42: Patines de apoyo con manivela

Los patines telescópicos seleccionados son el modelo, CB201110000. Estos patines tienen que tener su embalaje original y deben poseer la marca del fabricante junto con su referencia en el patín derecho. El tipo de apoyo será el tipo S, un apoyo en dos piezas adecuado para adaptarse al terreno con una resistencia menor por tener más superficie de contacto.

Las características más importantes del sistema de patines telescópicos se pueden ver en la Tabla 5-14

Tabla 5-14: Características de los patines seleccionados

MODELO	APOYO	MANIVELA	CARRERA [mm]	CARGA DE ELEVACIÓN	CARGA DE PRUEBA ESTÁTICA
CB201110000	S	JSU22	560	24TON	50TON

5.6.9.4 SELECCIÓN DEL MALACATE

Éste elemento se lo utiliza para asegurar los contenedores, estos elementos son estandarizados, por lo que no es requerimiento seleccionarlos.

En el presente diseño se utiliza cuatro malacates o piñas a cada lado de la plataforma cama alta para sujetar los contenedores, ya sea uno de 12,2[m] o 2 de 6,1[m]. En la Figura 5-43, se observa la configuración del malacate.



Figura 5-43: Malacate

5.6.9.5 SELECCIÓN DE LOS EJES

Los ejes ayudan a soportar el peso del remolque y de la carga. Existen ejes redondos y ejes cuadrados para diferentes capacidades de carga.

Los elementos más comunes que deben tener el sistema de estos ejes son: Leva de soporte, zapata de freno, anillos de seguridad, pasador de zapatas, retenedor de grasa, tambor de freno, rodamientos de rodillo cónico, etc. El tipo de eje que es recomendable para este tipo de remolques es el cuadrado, por seguridad y facilidad de montaje, como puede verse en la Figura 5-44.

La carga que debe soportar el sistema de ejes es de 33789 Kg, por lo cual se determina que para este diseño del semiremolque cama alta se va a utilizar tres ejes de los cuales cada uno soporta una carga de 11.263 [Kg].



Figura 5-44: Ejes tipo cuadrado para semiremolques

Como el semiremolque lleva un eje elevable, que es el primero, se utiliza un sistema de elevación de eje integrado ILAS eléctrico que viene en conjunto con el todo el sistema de ejes, el mismo que permite al conductor subir y bajar el eje

de elevación eléctricamente mediante un mando colocado en el semiremolque u opcionalmente en la cabeza tractora, de esta manera aumenta la carga en la quinta rueda para proporcionar mayor tracción en un breve plazo de tiempo en condiciones resbaladizas.

Este sistema de eje elevable permite un ahorro de neumático cuando el semiremolque circula vacío o a media carga. Consiguiendo disminuir los costes de mantenimiento del semiremolque y menos cambios de neumáticos. El sistema de elevación del eje funciona con unos fuelles neumáticos que ejercen una fuerza hacia arriba, estos fuelles están conectados al circuito neumático mediante la válvula ILAS.

Los ejes seleccionados son del tipo **F2051L** con una capacidad máxima de 11.980 [Kg], cuando el conjunto se traslada a una velocidad promedio de 105 Km/h.

Tanto el sistema de suspensión como las llantas y los ejes están normalizados y no necesariamente deben ser de la misma marca para acoplarse y funcionar correctamente. Para este sistema se encuentra un stock completo de repuestos en nuestro medio.

5.6.9.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

El sistema de frenos que se va a utilizar es neumático por ser más eficiente que el sistema hidráulico, los ejes seleccionados ya tienen incorporado los accesorios de frenado ya sean estos de tambor o de disco.

En la actualidad se exige cada vez más a los frenos, la normativa es cada vez más estricta, y el freno moderno debe absorber más energía en un espacio menor.

Se ha elegido el sistema de frenado mediante discos ventilados por la gran capacidad de absorción de energía con un reducido espacio. Este sistema de frenado tiene una serie de ventajas respecto al tradicional freno de tambor de accionamiento también neumático.

La parte neumática será de la marca HALDEX. El sistema de frenado contara con un sistema de ABS de la marca HALDEX modelo EB+ en configuración 4S/3M que contiene sensores y moduladores, además de tener cuentakilómetros total y parcial, posición de altura de marcha, agenda (VDS) y test final de línea (EOLT) que permite la conexión de la ECU (unidad de control electrónica) a un PC, habilitando la compilación de datos históricos del vehículo para el control a largo plazo.

Para el sistema de frenos queda por determinar la configuración, elementos y funcionamiento de todo éste sistema. Por tratarse de un sistema de tres eje se va a utilizar una configuración 4S/3M¹⁸, como puede verse en la Figura 5-45.

Este tipo de sistemas es universal, para el diseño se selecciona un: **kit completo de frenos de aire para semiremolque marca “LUCKY”, modelo 8202-21-1**

El sistema de frenado se compone de un conjunto de seis discos ventilados de 17 pulgadas de diámetro de la marca SAF modelo SKRB9022H. Accionados por un gobierno neumático, controlado por una central electrónica de ABS de la casa HALDEX modelo EB+.

¹⁸ ABC Easy-Stop para remolques. Pg 12-23

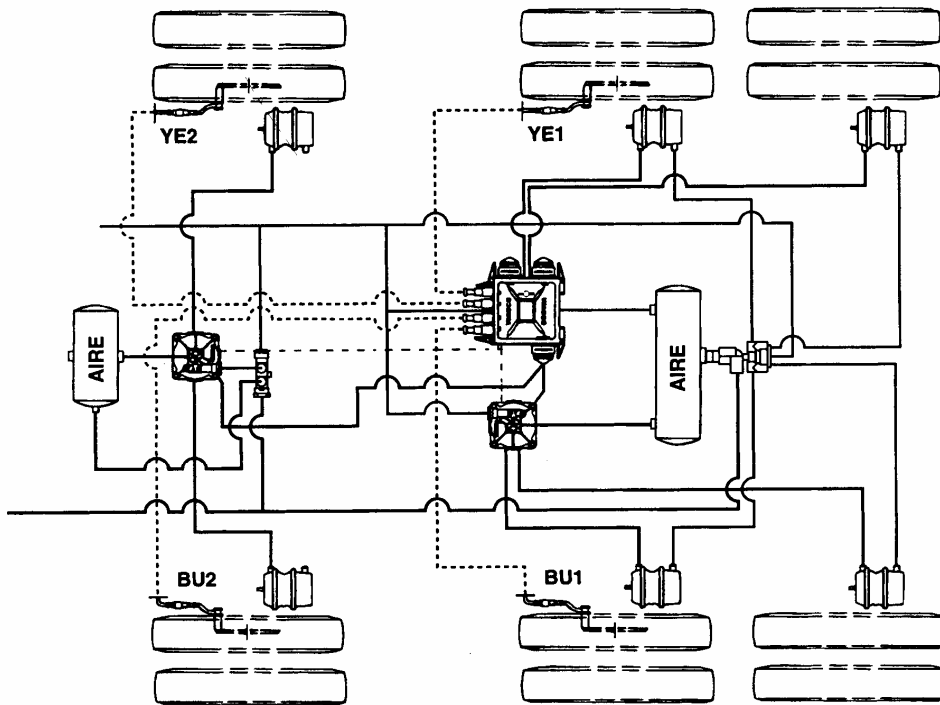


Figura 5-45: Diagrama de instalación de la configuración 4S/3M

5.6.9.7 SISTEMA DE ALUMBRADO

La plataforma cama alta requiere de un sistema completo de luces que le permita ver y ser visto al circular por las carreteras de nuestro país, este sistema debe contar en cantidad, color y posición de lámparas que establece el Consejo Nacional de Transporte (CNT).

El sistema de alumbrado se compone de un kit de la casa "LUCKY" que cumple la normativa del CNT. Este kit se compone de una caja central de conexiones de la cual salen todas las extensiones hacia los puntos de luz y donde se conectan las dos entradas de corriente provenientes de la tractora. Estas entradas son dos conectores de 7 polos de 24 [V], que cumplen la norma DIN ISO 1185 y DIN ISO 3731.

El kit posee dos lámparas de posición delanteras blancas, ocho lámparas de posición lateral amarillo-auto, dos lámparas de posición voladizas traseras, dos lámparas de matrícula y dos grupos de pilotos en donde están situados las lámparas de frenado, posición, intermitencia, reflectores triangulares, marcha atrás y anti-nieblas.

El sistema seleccionado para la plataforma cama alta es: **Sistema Eléctrico completo para Semiremolque Marca “LUCKY” y un sistema completo de lámparas.** Este equipo viene listo para ser instalado y dentro de los accesorios de instalación cuenta con: mangueras para protección del cableado, soportes, conectores, y accesorios, sistema de luces de señalización y seguridad que requiere el semiremolque cama alta.

Todas las conexiones entre arneses y arneses, y entre arneses y lámparas, deben ser del tipo “selladas” para evitar la entrada de humedad y así prevenir su corrosión y corto circuito.

El “arnés principal” debe estar compuesto por 7 cables codificados en color, con un diámetro mínimo y aplicación como se indica en la Tabla 15.

TABLA 5-15: Código de colores y diámetro de arneses principales

COLOR	CALIBRE	FUNCIÓN
Blanco	8	Tierra, retorno al vehículo que arrastra.
Azul	10	Suministro de energía a accesorios, incluyendo el sistema de frenos ABS.
Rojo	10	Lámpara de frenos y sistema ABS.
Negro *	12	Gálibos, demarcadoras, lámpara de placa
Café *	12	Calaveras, gálibos, demarcadoras, lámparas de identificación.
Amarillo	12	Direccional izquierda.
Verde	12	Direccional derecha

* Se recomienda tener los circuitos balanceados

A criterio del fabricante los cables que forman el “arnés principal” pueden estar agrupados en grupos menores de 7 cables siempre y cuando los calibres y colores se respeten.

CAPÍTULO 6

6 ANÁLISIS DE COSTOS

El estudio de costos del proyecto de la plataforma cama alta es el resultado de la recopilación de toda la información técnica obtenida en el estudio desarrollado en los capítulos anteriores. Ésta etapa es importante para conocer el grado necesario de inversión.

El siguiente análisis incluye los costos que demanda la fabricación estructural, montaje de sistemas no estructurales y el equipamiento necesario para la completa operación del semiremolque. Para esto se debe mostrar cuales son los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios para poner en marcha la construcción del proyecto especificando las necesidades de inversión. En la Tabla 6-1, se mencionan varios rubros que intervienen en el costo total del proyecto:

Tabla 6-1: Rubros que componen la inversión total

Num.	Rubros
1	Costo de materiales
2	Costo de fabricación
3	Costo de elementos normalizados
4	Costo de diseño
5	Imprevistos

A continuación se realiza un desglose para cada uno de los rubros que componen la inversión total. Los precios descritos incluyen el 12% del IVA y corresponden a Julio del año 2007.

6.1 COSTO DE MATERIALES

El costo total de los materiales necesarios para poder construir la plataforma cama alta asciende a un valor de 3.198 dólares americanos. En la Tabla 6-2 se detallan estos rubros.

Tabla 6-2: Costo de materiales

Denominación	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Flejes de 160x16x6000	8	70	560
Fleje de 468x8x6000	1	100	100
Fleje de 468x10,72x6000	3	120	360
IPE 100	9	40	360
U 50x25x2	11	20	220
UPN200	5	32	160
UPN200	2	32	64
IPE 100	1	45	45
Plancha de 1011x1500x11	1	130	130
Perfil U 200x50x2	1	15	15
Perfil U 80x50x3	3	25	75
Plancha Tol 3mm	10	40	400
Limpieza Fondo y Pintura			700
TOTAL (USD)			3.189

6.2 COSTO DE FABRICACIÓN

En este rubro se considera tanto el costo del esfuerzo realizado por la persona calificada, como el transporte y montaje de la estructura, dando un total de 1.920 dólares americanos.

En todo proyecto es necesario considerar un rubro de imprevistos, los que se pueden suscitar en el transcurso del mismo, el cual se considera es del 5% del costo total de la estructura, para este caso su valor es de 1.008,63 dólares americanos.

6.3 COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

Estos elementos son de libre comercialización en el mercado y no necesitan ser modificados para su utilización. Este rubro asciende e a un valor de 14.200 dólares americanos. En la Tabla 6-3 se detallan estos rubros.

Tabla 6-3: Costo de electos normalizados

DENOMINACIÓN	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Sistema de suspensión	1	2500	2.500
Sistema de luces	1	1000	1.000
Patines	1	700	700
King pin	1	1000	1.000
Llantas	12	280,30	3.363,6
Ejes	3	1000	3.000
Sistema de frenos	1	2000	2.000
TOTAL (USD)			13.563,6

6.4 COSTO DE DISEÑO

El costo de diseño de la plataforma cama alta se calcula en base al tiempo que ha llevado desarrollar el proyecto. En la Tabla 6-4 se especifican los valores utilizados para determinar el costo de diseño.

Tabla 6-4: Costo de diseño

Valor/Hora	Horas x Mes	Meses	Costo Total
USD 5	50	6	USD 1.500

6.5 COSTO TOTAL

Realizando la suma de todos los rubros anteriores se tiene que el costo para la construcción de una plataforma cama alta para el traslado de contenedores de 12,2[m], con capacidad de 30 toneladas, como se indica en la Tabla 6-5.

Tabla 6-5: Costo total del proyecto

Designación	Subtotal (USD)
Costo de diseño	1.500
Costo de materiales	3.189
Costo de elementos normalizados	13.563,6
Costos de fabricación	1.920
Costos de imprevistos	1.008,63
COSTO TOTAL (USD)	21.181,23

El costo total del proyecto asciende a un valor de 21.181,23 dólares americanos

CAPÍTULO 7

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluido el desarrollo del proyecto, en el presente capítulo se resumen los aspectos más importantes que se obtuvieron a partir de la investigación y planteamiento de las alternativas de diseño, así como las ventajas que ofrece el diseño escogido para las necesidades y requerimientos del mercado.

7.1 CONCLUSIONES

- Este proyecto se ha elaborado siempre pensando que va a ser para una empresa pequeña que no puede afrontar grandes inversiones iniciales. Como se puede comprobar en el presupuesto la mano de obra necesaria para su fabricación es escasa.
- Esta plataforma tiene una buena aceptación entre los transportistas del puerto de Guayaquil donde se encuentra su principal mercado por lo que se considera que es un semiremolque con una buena posición dentro del mercado de semiremolques para el traslado de contenedores, aunque siempre se puede mejorar el diseño y se mejorará a medida que el mercado lo requiera.
- El análisis de costos del proyecto, demuestra que se ha optimizado la utilización de recursos para la realización del proyecto. El costo total asciende a un valor de 18000 dólares americanos, es importante indicar que este valor no incluye el margen de ganancia para el constructor.
- Un Estudio de Mercado, es un requerimiento principal al momento de realizar el diseño para un producto nuevo o que ya esta introducido en el

mercado. El estudio de mercado realizado a los posibles clientes, nos entrega como dato principal, un alto requerimiento del producto diseñado, en conformidad con sus preferencias, el cual debe tener capacidad para transportar contenedores de 12,2[m], además de poder transportar cargas a granel.

- Con la información obtenida gracias a los datos proporcionados por las Autoridades Portuarias del Ecuador y la DIGMER, se puede detallar con relación al flujo de mercancías, que el 45,40% de la carga movilizada está representada por “Carga Contenerizada”. Este rubro es aproximadamente 194284 contenedores de 12,2[m] por año. De este estudio estadístico se concluye que el uso de semiremolques para el traslado de contenedores se vuelve cada día más indispensable desde el punto de vista logístico.
- La alternativa seleccionada cumple satisfactoriamente con los requerimientos del mercado, y se ha obtenido un elemento que se rige a las normas y estándares tanto nacionales como internacionales, de construcción, manejo y seguridad, existentes en la actualidad.
- Mediante una investigación dirigida a las autoridades competentes con respecto al control de vehículos pesado que circulan por las carreteras del país, se determinó que no existe una norma que regule los procesos de fabricación de este tipo de estructuras, a excepción de la normativa del Pacto Andino la cual se limita a especificar las dimensiones y pesos admitidos según el número de ejes.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere para realizar la construcción de la plataforma cama alta contratar mano de obra calificada (soldadores); por cuanto las juntas

soldadas de los elementos constitutivos de la estructura tienen que estar libres de defectos de soldadura.

- Se deben seguir todas las normas de seguridad industrial para realizar los distintos trabajos con los equipos utilizados en la construcción de la estructura.
- Se recomienda someter todo el sistema estructural a un tratamiento anticorrosivo antes de ser pintado.
- La línea de montaje del tren de rodaje, formado por ejes, suspensión y neumáticos, debe ser alineada correctamente al momento de acoplarla al chasis.
- Se debe verificar la perpendicularidad entre el king pin y la plancha de giro, para que el acople entre el semiremolque y la cabeza tractora no produzca desgaste los elementos en contacto.
- Se debe impulsar este tipo de proyectos ya que son de gran ayuda para empresas pequeñas como son los talleres de mecánicos artesanales, quienes no disponen de un diseño para este tipo de estructuras y realizan su trabajo empíricamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
2. VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.
3. AMERICAN WELDING SOCIETY, Structural welding code steel, AWS D1.1; 17ma ed; Usa; 2000.
4. McCORMAC, Jack; Diseño de Estructuras de Acero; 2ª Ed.; Editorial; Alfaomega; México; 2003.
5. BRESLER, Boris; Diseño de Estructuras de Acero; Editorial Limusa; México; 1997.
6. BROCKENBROUGH; Diseño de Estructuras de Acero; Tomo 2; Editorial McGraw-Hill; Colombia; 1997.
7. SINGER; Resistencia de Materiales; Editorial Harla; México; 1994
8. J. E. SHIGLEY; Manual de Diseño Mecánico, 4ª Ed.; Editorial McGraw-Hill; México; 1989
9. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS; Departamento de Normas de Pesos y Medidas para transporte Pesado.
10. MIROULIUBOV; Resistencia de Materiales; Editorial MIR; Morcú; 1985
11. ABS EASY-STOP™ PARA REMOLQUES; Manual para estudiantes; Editorial Meritor WABCO; Módulo 1; Canadá; 1998

12. REGLAMENTO TÉCNICO ANDINO; Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera
13. BIRNES, Mike; La Guía Completa Para Operaciones del Auto-transporte de Carga
14. ISO (International Standar Organization), especificaciones para contenedores
15. LUQUE, Pablo; Ingeniería del Automóvil Sistemas y Comportamiento Dinámico; Ed. Thomson; España; 2004
16. ASSHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación de Funcionarios)
17. WONG; Theory of Ground Vehicles; New York; 1978
18. Catalogo de Perfiles IPAC
19. Catalogo de Muelles y Refacciones 2003; Industrias Sandoval de Occidente, S.A. de C.V.

ANEXOS

