



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y  
ACOPLE PARA UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA  
ALTA CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE.**

**AUTORES: MILTON JOAQUÍN CUEVA BUSTILLOS  
JOHNNY PATRICIO TORRES ARMAS**

**DIRECTOR: ING. MIGUEL CARVAJAL  
CODIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ**

**LATACUNGA**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. Miguel Carvajal (DIRECTOR)

Ing. Mauricio Cruz (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y ACOPLÉ PARA UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”** realizado por Milton Joaquín Cueva Bustillos y Johnny Patricio Torres Armas, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, por lo que se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: MILTON JOAQUÍN CUEVA BUSTILLOS Y JOHNNY PATRICIO TORRES ARMAS, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Mayo del 2015.

---

Ing. Miguel Carvajal  
DIRECTOR

---

Ing. Mauricio Cruz  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

MILTON JOAQUÍN CUEVA BUSTILLOS  
JOHNNY PATRICIO TORRES ARMAS

DECLARAMOS QUE:

El presente proyecto denominado **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y ACOPLÉ PARA UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”**, ha sido desarrollado en base a una investigación integra y detallada , respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Mayo del 2015.

---

Milton Joaquín Cueva Bustillos

C.C.: 1722748983

---

Johnny Patricio Torres Armas

C.C.: 1719629808

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

## **AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS: MILTON JOAQUÍN CUEVA BUSTILLOS  
JOHNNY PATRICIO TORRES ARMAS

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

Latacunga, Mayo del 2015.

---

Milton Joaquín Cueva Bustillos

C.C.: 1722748983

---

Johnny Patricio Torres Armas

C.C.: 1719629808

## DEDICATORIA

Este Trabajo que es una recopilación de los conocimientos adquiridos a lo largo de mi trayectoria universitaria, lo dedico a todas las personas que considero muy importantes en mi vida, que siempre permanecieron a mi lado brindándome su apoyo para culminar con este proyecto.

Dedico este triunfo a mis padres: Eugenia y Milton por haberme dado la vida, por su apoyo incondicional, por haberme proporcionado todo lo necesario para siempre cumplir mis metas, por la fuerza y valores inculcados en mí para que ahora llegue a ser la persona que soy.

A mis abuelitos: Adelaida y Rafael; Imelda y Joaquín, por ser mis mejores compañeros de universidad con quienes tuve la oportunidad de compartir buenos y malos momentos en el transcurso de mi carrera universitaria, por haberme hecho sentir en casa y nunca haberme faltado en nada, por estar pendientes de mí, sin importarles el peso de sus años permanecieron a mi lado interesados motivándome a culminar mis estudios.

A mis hermanos: Andreita y Mati por su apoyo y preocupación en mi bienestar y que pese a la distancia siempre supieron manifestarme su cariño y comprensión en todo momento.

A Gabriela por su apoyo incondicional en todo momento, a pesar de la distancia siempre conté con ella.

Por último, este momento único e inolvidable también me lo dedico a mí, porque constituye una gran muestra de esfuerzo, constancia y dedicación, por permitirme reafirmar que todo es posible en la vida y que detrás de cada meta de llegada siempre habrá una nueva línea de partida y de tras de cada logro siempre existirá un nuevo desafío que enfrentarlo con dedicación y perseverancia.

Con Inmenso Cariño

***Milton Joaquín***

## DEDICATORIA

Este Trabajo es dedicado a mis padres Jaime y Mónica quienes a lo largo de mi vida han sido el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño, por su amor, el apoyo incondicional, la paciencia, dedicación y tantas malas noches que les he hecho pasar, gracias a ellos es que he llegado a ser quien soy, por esto y mucho más sé que se lo merecen.

Con Inmenso Cariño

***Johnny Patricio***

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, la salud, la sabiduría e inteligencia necesarias para saber tomar decisiones correctas ante las diversas circunstancias de la vida.

Quiero agradecer a mis padres: Eugenia y Milton por su esfuerzo y su apoyo incondicional de siempre, permitiéndome culminar mis estudios, por haber permanecido a mi lado en todo momento demostrándome que con esfuerzo y perseverancia toda meta se llega a cumplir.

A mis abuelitos: Imelda y Joaquín; Adelaida y Rafael; por su cariño, amor, y preocupación; porque siempre estuvieron pendientes de mí, vigilando mis estudios y por todo el tiempo que compartieron conmigo brindándome calor de hogar.

A mis hermanos: Andreita y Mati; que siempre estuvieron a mi lado con su apoyo y cariño; por demostrarme que en todo momento puedo contar con ellos.

A Gaby por su cariño, comprensión, preocupación y apoyo incondicional en todo momento.

A mi tío Daniel, por su guía profesional y apoyo en el campo automotriz.

A mi tía Roge por su cariño y preocupación por mi bienestar, por los buenos momentos que compartí a su lado en el diario vivir.

A todas mis tías, a mis tíos y mis primos quienes estuvieron pendientes, preocupados por mi bienestar e interesados en mi progreso y mi desarrollo personal y profesional, a pesar de la distancia siempre percibí su apoyo y cariño.

Agradezco a todos los docentes que durante mi trayectoria en la Universidad, me impartieron sus conocimientos, los cuales me han permitido llegar a obtener mi título profesional; y de una manera muy especial al director y codirector del proyecto, cuyo apoyo me permitieron desarrollar el presente trabajo.

A mis compañeros de Tesis: David, Paúl y Johnny; con quienes en trabajo conjunto llegamos a cristalizar este proyecto.

Por último: a mis amigos de barrio; compañeros de mi niñez y juventud por su amistad y motivación a culminar esta meta y por haber sido parte de una de las mejores etapas en mi vida.

Con Inmensa Gratitud

***Milton Joaquín.***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la familia tan maravillosa que me ha dado, por permitirme tomar las decisiones correctas y siempre estar en cada momento brindándome salud, quietud, tranquilidad y fortaleza.

A mis padres: Jaime y Mónica modelos de personas, incondicionales en toda la extensión de la palabra, fuertes, responsables, pacientes y amables, fundamentales para que yo pueda alcanzar mis metas.

A mis hermanos: Gabriel, Jimmy y Richard por aguantarme cada cosa, ayudarme en muchas más y seguirme queriendo como siempre.

A mi familia en general por ser parte de mi crecimiento, por brindarme siempre su apoyo, por su cariño, por enseñarme cada valor y sobre todo a pesar de toda circunstancia que se presente siempre estar juntos.

Un agradecimiento especial a mis abuelos: Jaime (+) y Teresa (+), Oswaldo y Luzmila quienes son y serán siempre esa luz que bendice y une nuestra familia que están siempre dispuestos a extender una mano y sobre todo preocupándose de todos.

Con Inmenso Cariño y Gracitud

***Johnny Patricio***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CARÁTULA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICADO</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xxi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Justificación .....	1
1.4 Objetivos .....	2
1.4.1 Objetivo general .....	2
1.4.2 Objetivos específicos .....	2
1.5 Metas .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>4</b>
2.1 El transporte pesado .....	4
2.1.1 Tipos de transportes pesados .....	4
a. Tipos de cabezales .....	5
2.1.2 Plataformas .....	6
a. Peso bruto del remolque .....	7

b.	Carga bruta vertical .....	7
c.	Tipo de enganche .....	7
2.2	Sistemas automotrices para uso en plataformas de transporte pesado.....	7
2.2.1	Sistema de suspensión .....	8
2.2.2	Sistema de ejes .....	8
2.2.3	Sistema de frenos .....	8
2.2.4	Ruedas.....	9
2.2.5	Accesorios de seguridad.....	9
a.	Frenos de estacionamiento.....	10
b.	Patines .....	10
c.	Equipo de carretera.....	10
d.	Sistema de luces.....	11
2.2.6	King pin.....	11
2.3	Tipos de sistemas automotrices para uso en plataformas de transporte pesado.....	12
2.3.1	Tipos de suspensión .....	12
a.	Suspensión mecánica .....	12
b.	Sistema de suspensión neumática .....	13
2.3.2	Tipos de ejes.....	14
a.	Eje simple .....	14
b.	Eje compuesto (tandem) .....	15
c.	Eje compuesto (tridem) .....	16
2.3.3	Tipos de frenos .....	17
a.	Frenos de tambor.....	17
b.	Frenos de disco .....	18
2.4	Ventajas y desventajas de los tipos de sistemas automotrices para el uso en plataformas de transporte pesado .....	18
2.4.1	Sistema de suspensión .....	19
2.4.2	Sistema de ejes .....	21
a.	Sistema de ejes compuestos .....	22
2.4.3	Sistema de frenos .....	23
a.	Sistema de frenos de tambor .....	24
2.5	Funcionamiento de alternativas.....	26

2.5.1	Suspensión mecánica .....	26
a.	Ballestas .....	26
b.	Ballestas parabólicas.....	28
a.	Amortiguadores .....	29
b.	Barras estabilizadoras.....	30
2.5.2	Eje compuesto tandem & neumáticos.....	31
a.	Ejes cuadrados.....	32
b.	Ejes redondos .....	33
2.5.3	Freno de tambor .....	34
a.	Sistema de frenos hidráulicos.....	34
b.	Sistema mixto de aire e hidráulicos .....	35
c.	Freno de aire comprimido.....	35
d.	Freno de tambor de cuña .....	38
2.5.4	King pin.....	38
a.	King pin empernado.....	39
b.	King pin soldado .....	40
2.6	Soldadura de materiales.....	40
2.6.1	Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido(smaw) .....	41
2.6.2	Material de aporte.....	42
a.	Norma INEN para soldadura .....	42
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>45</b>
<b>DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....</b>		<b>45</b>
3.1	Sistemas automotrices para estructuras del transporte pesado utilizados en el Ecuador. ....	45
3.2	Consideraciones para determinación de las especificaciones. ....	46
3.3	Estudio de alternativas.....	49
3.3.1	Sistema de suspensión.....	50
3.3.2	Sistema de ejes .....	51
3.3.3	Sistema de frenos.....	52
3.3.4	Patines de apoyo .....	53
3.3.5	King pin.....	54
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>56</b>

<b>SELECCIÓN DE SISTEMAS .....</b>	<b>56</b>
4.1 Selección de suspensión .....	56
4.2 Selección de ejes .....	57
4.3 Selección de componentes de frenado .....	61
4.4 Selección de patines de apoyo .....	65
4.5 Sistema de alumbrado .....	67
4.6 King pin .....	70
4.7 Neumáticos .....	72
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>74</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS .....</b>	<b>74</b>
5.1 Consideraciones previas a la implementación.....	74
5.2 Determinación de diagramas de procesos .....	75
5.2.1 Operaciones tecnológicas.....	75
5.2.2 Cursograma sinóptico de la construcción. ....	75
5.3 Proceso de soldadura.....	77
5.4 Tecnología de la construcción .....	77
5.5 Proceso de montaje de componentes .....	78
5.5.1 Soportes de suspensión .....	79
5.5.2 Ejes y componentes de suspensión. ....	82
5.5.3 Tambores y zapatas .....	84
5.5.4 Accionamiento y sistema de aire de frenos .....	87
5.5.5 Regulación de frenos.....	90
5.5.6 Instalación patines de apoyo .....	91
5.5.7 Caja de herramientas.....	98
5.5.8 Guardapolvos .....	99
5.5.9 Soporte de llantas de emergencia. ....	99
5.5.10 King pin .....	101
5.5.11 Sistema eléctrico.....	103
5.5.12 Neumáticos .....	105
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>108</b>
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS .....</b>	<b>108</b>
6.1 Escenario de las pruebas .....	108

6.2	Características del escenario .....	108
6.3	Pruebas de funcionamiento .....	109
6.3.1	Pruebas de campo.....	109
a.	Verificación de dimensiones.....	109
6.3.2	Pruebas de carga. ....	110
a.	Prueba de semirremolque sin carga.....	110
b.	Pruebas de semirremolque con carga.....	110
6.4	Conclusiones al protocolo de pruebas .....	117
6.5	Recomendaciones al protocolo de pruebas .....	117
<b>CAPÍTULO VII .....</b>		<b>118</b>
<b>COSTOS.....</b>		<b>118</b>
7.1	Sistemas.....	118
7.2	Soldadura .....	119
7.3	Estructura y otros .....	120
7.4	Mano de obra .....	120
7.5	Costos varios.....	121
7.6	Costo total del proyecto.....	121
<b>CAPÍTULO VIII .....</b>		<b>123</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>123</b>
8.1	Conclusiones .....	123
8.2	Recomendaciones.....	125
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>126</b>
<b>NETGRAFÍA.....</b>		<b>128</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>129</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Tipos de suspensión .....	19
Tabla 2.2	Tipos de ejes.....	21
Tabla 2.3	Ejes compuestos.....	22
Tabla 2.4	Diferentes tipos de frenos .....	23
Tabla 2.5	Frenos punto de vista accionamiento.....	24
Tabla 3.1	Especificaciones sistema suspensión .....	48
Tabla 3.2	Especificaciones sistema de ejes.....	48
Tabla 3.3	Especificaciones sistema de frenos – pulmones delanteros ...	48
Tabla 3.4	Especificaciones sistema de frenos – pulmones posteriores ..	48
Tabla 3.5	Especificaciones patines de apoyo .....	49
Tabla 3.6	Especificaciones king pin .....	49
Tabla 3.7	Especificaciones neumáticos .....	49
Tabla 3.8	Especificación suspensión alternativa A .....	50
Tabla 3.9	Especificación suspensión alternativa B .....	51
Tabla 3.10	Especificación ejes alternativa A.....	51
Tabla 3.11	Especificación ejes alternativa B.....	51
Tabla 3.12	Especificación pulmón delantero alternativa A.....	52
Tabla 3.13	Especificación pulmón delantero alternativa B.....	52
Tabla 3.14	Especificación pulmón posterior alternativa A.....	52
Tabla 3.15	Especificación pulmón posterior alternativa B.....	53
Tabla 3.16	Especificación patines alternativa A.....	53
Tabla 3.17	Especificación patines alternativa B.....	54
Tabla 3.18	Especificación king pin alternativa A .....	54
Tabla 3.19	Especificación king pin alternativa B .....	54
Tabla 3.20	Especificación de neumáticos .....	55
Tabla 4.1	Características suspensión .....	57
Tabla 4.2	Características del eje.....	61
Tabla 4.3	Datos usados para la selección .....	61
Tabla 4.4	Características del pulmón delantero.....	62
Tabla 4.5	Características del pulmón posterior.....	63
Tabla 4.6	Especificaciones del catálogo .....	64

Tabla 4.7	Características principales de los patines .....	67
Tabla 4.8	Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras laterales .....	67
Tabla 4.9	Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores.....	68
Tabla 4.10.	Cantidad, ubicación y color de los dispositivos catadióptricos .....	69
Tabla 4.11.	Valor de pesos sistema según tesis adjunta tabla 5.2 .....	70
Tabla 4.12.	Características del king pin .....	71
Tabla 5.1.	Operaciones tecnológicas.....	75
Tabla 5.2.	Simbología .....	76
Tabla 5.3.	Máquinas y equipos .....	78
Tabla 6.1.	Dimensiones de sistemas .....	109
Tabla 6.2.	Pruebas de sistemas.....	116
Tabla 7.1.	Costos de sistemas.....	118
Tabla 7.2.	Costos sistemas frenos.....	119
Tabla 7.3.	Costos sistema eléctrico .....	119
Tabla 7.4.	Costos de materiales soldadura.....	119
Tabla 7.5.	Costos de estructura y otros .....	120
Tabla 7.6.	Costos mano de obra.....	121
Tabla 7.7.	Costos varios .....	121
Tabla 7.8.	Costo total proyecto .....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Cabezal un solo eje .....	5
Figura 2.2.	Cabezal de dos ejes .....	6
Figura 2.3.	Plataforma tipo cama alta .....	7
Figura 2.4.	Patines.....	11
Figura 2.5.	Luces .....	11
Figura 2.6.	King pin.....	12
Figura 2.7.	Suspensión mecánica.....	12
Figura 2.8.	Suspensión neumática.....	14
Figura 2.9.	Eje simple (2 neumáticos).....	14
Figura 2.10.	Eje simple (4 neumáticos).....	14
Figura 2.11.	Tándem (2 neumáticos) .....	15
Figura 2.12.	Tándem (6 neumáticos) .....	15
Figura 2.13.	Tándem (8 neumáticos) .....	15
Figura 2.14.	Tridem (6 neumáticos) .....	16
Figura 2.15.	Tridem (10 neumáticos) .....	16
Figura 2.16.	Tridem (12 neumáticos) .....	17
Figura 2.17.	Frenos de tambor.....	17
Figura 2.18.	Frenos de disco .....	18
Figura 2.19.	Ballestas .....	27
Figura 2.20.	Ballestas convencionales.....	28
Figura 2.21.	Ballestas parabólicas .....	29
Figura 2.22.	Amortiguadores.....	30
Figura 2.23.	Barra estabilizadora .....	31
Figura 2.24.	Eje cuadrado.....	31
Figura 2.25.	Eje redondo .....	31
Figura 2.26.	Esquema de sistema de frenado hidráulico.....	34
Figura 2.27.	Esquema sistema de frenado mixto.....	35
Figura 2.28.	Esquema sistema de freno aire comprimido.....	36
Figura 2.29.	Esquema freno de aire comprimido con leva en Z.....	36
Figura 2.30.	Esquema freno de aire comprimido con leva en S .....	37
Figura 2.31.	Esquema freno de tambor de cuña.....	38

Figura 2.32. King pin empernado.....	39
Figura 2.33. King pin soldado .....	40
Figura 2.34. Tipo de soldadura para aceros .....	41
Figura 2.35. SMAW.....	42
Figura 2.36. Designación de electrodos según la AWS. ....	43
Figura 3.1. Distancias para la implementación. ....	46
Figura 3.2. Puntos de apoyo. ....	47
Figura 3.3. Diseño de la plataforma terminada. ....	47
Figura 4.1. Tabla de rangos de capacidad mínima de los ejes y suspensión. ....	59
Figura 4.2. Longitud máxima permitida.....	60
Figura 4.3. Presión de aire estándar.....	65
Figura 4.4. Patines de apoyo .....	66
Figura 4.5. Numeración de pines .....	70
Figura 4.6. Disposición de pines .....	70
Figura 4.7. Nomenclatura en letras de los neumáticos según el uso .....	72
Figura 4.8. Capacidad de carga del neumático.....	73
Figura 5.1. Estructura para plataforma .....	74
Figura 5.2. Foto del taller .....	75
Figura 5.3. Estructura para plataforma .....	79
Figura 5.4. Soportes de suspensión. ....	79
Figura 5.5. Sujeción de soporte mediante puntos de suelda. ....	80
Figura 5.6. Cordón de suelda en soportes. ....	80
Figura 5.7. Suelda de travesaño en soporte delantero de suspensión. ....	81
Figura 5.8. Travesaños soldados en soporte de suspensión. ....	81
Figura 5.9. Platina punteada a los largueros.....	81
Figura 5.10. Corte de platina .....	82
Figura 5.11. Platina soldada a los largueros.....	82
Figura 5.12. Eje sujetado a las ballestas. ....	82
Figura 5.13. Soldadura de montura con el eje. ....	83
Figura 5.14. Ballestas apoyadas en un soporte.....	83
Figura 5.15. Ballestas apoyadas en soportes de un mismo lado. ....	83
Figura 5.16. Brazo fijo.....	84
Figura 5.17. Brazo regulable.....	84

Figura 5.18. Tambor, zapatas, manzana, rodamiento. ....	84
Figura 5.19. Punta de eje.....	85
Figura 5.20. Silicona de sellado.....	85
Figura 5.21. Zapatas montadas.....	85
Figura 5.22. Ajuste de seguro.....	86
Figura 5.23. Pasador del seguro de manzana.....	86
Figura 5.24. Ejes con tambores.....	87
Figura 5.25. Tanque de reserva.....	87
Figura 5.26. Válvula reguladora de aire.....	88
Figura 5.27. Pulmones posteriores (doble accionamiento).....	88
Figura 5.28. Pulmones delanteros (simple accionamiento).....	88
Figura 5.29. Cabezas de acople.....	89
Figura 5.30. Manguera sujeta a travesaños.....	89
Figura 5.31. Manguera sujeta a travesaños.....	89
Figura 5.32. Rache de frenado.....	90
Figura 5.33. Perno de regulación de rache.....	90
Figura 5.34. Regulación de freno.....	91
Figura 5.35. Patín de apoyo.....	91
Figura 5.36. Corte de material para soportes de patines.....	92
Figura 5.37. Esmerilado de soporte.....	92
Figura 5.38. Soporte terminado.....	92
Figura 5.39. Soporte sujetao al patín de apoyo.....	93
Figura 5.40. Medición de orificio.....	93
Figura 5.41. Pata de apoyo montada.....	93
Figura 5.42. Soporte soldados a estructura.....	94
Figura 5.43. Esmerilado de los soportes.....	94
Figura 5.44. Seguridad en tubo de conexión.....	94
Figura 5.45. Tubo para conexión de patines.....	95
Figura 5.46. Patín de poyo instalado.....	95
Figura 5.47. Marca de límite de seguridad.....	95
Figura 5.48. Soporte para perfil de seguridad.....	96
Figura 5.49: Perfil de seguridad entre patines.....	96
Figura 5.50. Perfil de seguridad entre patas y largueros de plataforma.....	96
Figura 5.51. Adentro marcha rápida.....	97

Figura 5.52. Afuera marcha lenta (con carga).....	97
Figura 5.53. Interior de la caja. ....	98
Figura 5.54. Caja abierta. ....	98
Figura 5.55. Guardapolvos.....	99
Figura 5.56. Guardapolvos.....	99
Figura 5.57. Soporte de neumáticos de emergencia. ....	100
Figura 5.58. Punto de suelda en soporte de Neumáticos de Emergencia. ....	100
Figura 5.59. Suelda en soporte de Neumáticos de Emergencia. ....	101
Figura 5.60. King pin soldado a la plancha de soporte. ....	101
Figura 5.61. Platina de apoyo. ....	102
Figura 5.62. Plancha de giro. ....	102
Figura 5.63. Guardachoque. ....	103
Figura 5.64. Agujeros focos posteriores. ....	103
Figura 5.65. Luces posteriores.....	104
Figura 5.66. Soporte luces laterales. ....	104
Figura 5.67. Sujeción luces laterales. ....	104
Figura 5.68. Colocación luces laterales. ....	105
Figura 5.69. Cableado guía de conexión sistema eléctrico.....	105
Figura 5.70. Neumático de la plataforma.....	106
Figura 5.71. Cambio de neumáticos. ....	106
Figura 5.72. Cambio de neumáticos. ....	107
Figura 5.73. Orden de ajuste. ....	107
Figura 6.1. Plataforma engancha y sin cargada.....	110
Figura 6.2. Plataforma engancha y cargada.....	111
Figura 6.3. Características que presenta el Container de prueba.....	111
Figura 6.4. Estado de la suspensión con carga.....	111
Figura 6.5. Soporte de carga por parte de los ejes.....	112
Figura 6.6. Movimiento de la plataforma con carga.....	112
Figura 6.7. Presión de la zapata sobre el tambor de freno. ....	113
Figura 6.8. Funcionamiento del pulmón.....	114
Figura 6.9. Estado del brazo en estado de presión.....	114
Figura 6.10. Estado del brazo en estado sin presión.....	114
Figura 6.11. Enganche del King pin al cabezal.....	115
Figura 6.12. Enganche del King pin al cabezal (vista lateral).....	115

Figura 6.13. Patines de apoyo con carga .....	115
Figura 6.14. Faros posteriores instalados.....	116
Figura 6.15. Prueba de encendido de faros.....	116

## RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo realizar la implementación de los sistemas automotrices y acople para una plataforma cama alta que está diseñada para soportar 15 toneladas, la selección de los sistemas se realiza mediante estudios funcionales y respaldos de catálogos de diferentes marcas, así como también acatando y basándose en las normas INEN, mexicanas y leyes del transporte pesado en el Ecuador. Para dar inicio es necesario realizar un análisis de los diferentes componentes a utilizar y sobre todo ver experiencias basadas en documentos y proyectos parecidos, hay que saber sobre todo que el presente proyecto nace con el objetivo de satisfacer necesidades presentes, y es por esta razón que el correcto análisis que se da garantiza la funcionalidad correcta a la implementación de sistemas en la plataforma. Después de realizar un estudio y análisis de funcionalidad entre ventajas y desventajas que pueden presentar los diferentes sistemas a implementar, se escoge a la opción que mayormente satisface todas las necesidades, de esta manera se garantiza que se realiza una correcta selección de componentes. Hecho esto se procede a buscar los diferentes componentes ya seleccionados, tomando en cuenta que estos deben ser comercializados en el país, que existan y se pueda tener acceso a ellos, una vez realizado la selección, se procede a la instalación y comprobación de todos los sistemas en la plataforma. El presente proyecto servirá como material didáctico con el que los estudiantes de la Escuela de Conducción Profesional y los de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga mejoren sus condiciones de aprendizaje y comprendan de mejor manera la importancia del transporte vehicular pesado, elementos y mecanismos que lo conforman.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.**
- **PLATAFORMA CAMA ALTA.**
- **TRANSPORTE PESADO.**

## **ABSTRACT**

The present Project has as objective to perform the implementation of the automotive's system and coupling for a high bed platform that is designed to support 15 tons, the selection of the systems is going to be done through functional studies and backups of catalogs of different brands, as well as basing in regulations INEN, Mexicans and laws of the heavy transport in Ecuador. To start is necessary to carry out the analysis of the different components to be used and above all see the experiences based in documents and similar projects, is necessary to know that the present project is originated with the objective to satisfy the present needs, that is why that the correct analysis guarantees the correct functionality to the implementation of the systems in the platform. After perform a study and analysis of the functionality between advantages and disadvantages that can be presented by the different implementing systems, is chosen the option that satisfies all the needs, this way ensures the correct selection of the components. After that we have to look for the different components that are already selected, knowing that they have to be commercialized in the country, they have to exist and we need to have access to them, once is realized the selection, we have to proceed to the installation and the checkout of all systems in the platform. The present project will be used as a didactic material with that the students of the Professional Driving School and of the Career of Automotive Engineering of the Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga improve their conditions of learning and understand in a better way the importance of heavy vehicular transport, elements and mechanisms that conform it.

### **KEYWORDS:**

- **AUTOMOTIVE ENGINEERING**
- **HIGH PLATFORM BED**
- **HEAVY TRANSPORT**

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Una plataforma tipo remolque es un mecanismo de transporte utilizado para la distribución de insumos y mercancías por un periodo largo de viaje soportando circunstancias climatológicas y viales.

Al contar la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con una plataforma se origina la necesidad de implementar sistemas automotrices adecuados para el correcto funcionamiento de la misma, donde el aporte será de beneficio para la Escuela de Conducción y la carrera de ingeniería automotriz permitiendo analizar el comportamiento, funcionamiento y utilidad de los sistemas de suspensión, frenos, eléctrico y acoples en el transporte pesado, dando realce a la calidad de profesionales e investigadores que en la misma se forman.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Parte de una plataforma de transporte pesado constituyen los sistemas de suspensión, frenos, eléctrico y acoples, los cuales cumplen una función muy importante que permite su correcto funcionamiento, brindando seguridad y confortabilidad. El presente proyecto ha sido planteado para la implementación de sistemas y acople adecuados según la carga a la que la plataforma está diseñada, permitiendo así que la misma cumpla con todos los estándares de calidad y normas de funcionamiento.

#### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Considerando el trabajo que cumplen las plataformas en el transporte de carga es importante tomar en cuenta que deben estar diseñadas bajo

estándares de cargas y medidas establecidas según el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), en muchos casos la fabricación de éstas son de tipo artesanal con muy poco interés al momento de implementar los sistemas presentándose la necesidad de tener un estudio técnico en el montaje de los mismos.

Es por ello que se ve la necesidad de una instalación adecuada de los sistemas con el fin de evitar aspectos innecesarios en la plataforma reduciendo gastos, optimizando el proceso de fabricación, beneficiando al sector que se dedica al ensamblaje y contribuyendo al transporte pesado.

De la misma manera se contribuye a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE como instrumento de análisis y estudio de cada elemento de los diferentes sistemas que los conforman.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un sistema de suspensión y acople, para un remolque tipo plataforma cama alta con capacidad de 15 toneladas para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Satisfacer las necesidades institucionales mediante la selección e implementación de sistemas de suspensión, frenos, eléctrico y acople de la plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.
- Esquematizar los sistemas de la plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.

- Montar el sistema de suspensión, frenos, eléctrico y acople de la plataforma.
- Colocar advertencias y seguridades en la plataforma para que cumpla con los estándares de seguridad y calidad en carretera según el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).
- Comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas instalados en una plataforma.

### **1.5 METAS**

- Selección y verificación de sistemas y acople para el remolque tipo plataforma en 8 semanas.
- Instalación de sistemas y acople en un remolque tipo plataforma en 12 semanas.
- Verificación del correcto funcionamiento de los sistemas instalados mediante el uso en un período de pruebas de 2 semanas.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 EL TRANSPORTE PESADO**

El transporte es considerado como medio de traslado de personas o de bienes de un lugar a otro, así como medio de comunicación, para estrechar distancias y recorrerlas en un menor tiempo, para compensar tiempos de fabricación de materiales.

Como en todo el mundo, el transporte es y ha sido un elemento central para el progreso o el atraso de las distintas civilizaciones y culturas. (Tenorio, 2010)

El transporte pesado ha sido creado para la manipulación de cargas sobredimensionadas, cuidando su esencia, permitiéndole generar un traslado de masas bajo estándares fijados por las leyes e instituciones de regulación.

Con el pasar de los años éste tipo de transporte ha ido ganando terreno en el Ecuador, hasta convertirse en un ente muy importante de comunicación.

Según las empresas automotrices para el transporte pesado éste ha crecido entre el 10 y 15% anual, todo esto debido a la necesidad de los transportistas y a las leyes regulatorias que deben estar acogidas, que da como característica, una carrocería más pequeña pero que soporte una mayor carga útil. (El Comercio, 2012)

En el Ecuador en la última década, se ha implementado la fabricación de transporte pesado pero con características pequeñas (6 a 8 toneladas), para las máquinas de mayor envergadura todavía existe la importación proveniente de países como: China, Corea y Brasil. (El Comercio, 2012)

##### **2.1.1 TIPOS DE TRANSPORTES PESADOS**

Dependiendo de su uso y capacidad de carga los transportes pesados se han clasificado en aéreos, marítimos y terrestres.

Considerándose al terrestre, el transporte de mercancía más importante porque permite el traslado de los productos hacia su punto final.

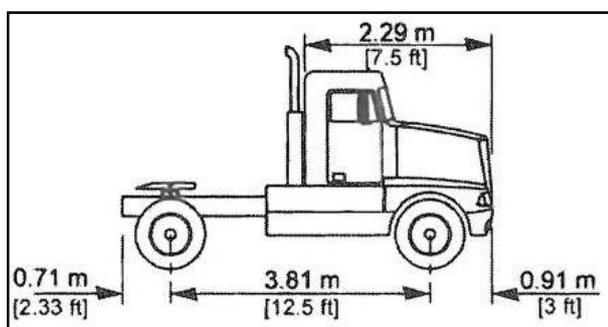
Por considerarse al transporte terrestre uno de los más importantes es recomendable que se dé una explicación más detallada de este.

## a. Tipos de cabezales

### a.1. Cabezal de un solo eje

Como se puede observar en la figura 2.1, la característica principal del cabezal de un solo eje, es la de poseer, un eje de tracción y uno de dirección, solo usado para recorrer cortas distancias, limitados a cargas pequeñas. Su radio de giro depende de la distancia entre ejes.

Los costos en todos sus ámbitos son menores a comparación con los de gamas más altas ya que son menos los componentes que posee.

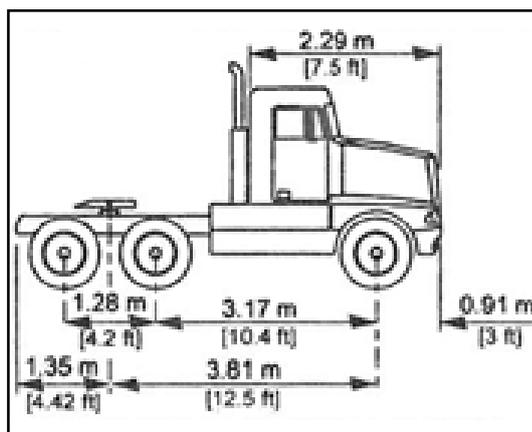


**Figura 2.1. Cabezal un solo eje**

Fuente: <https://archive.org/stream/gov.law.aashto.green.2001/aashto.green.2001#page/n75/mode/1up>

### b.1. Cabezal de dos ejes o tándem

Como se puede observar en la figura 2.2, la característica primordial del cabezal de dos ejes, es la de presentar 4 ruedas motrices permitiéndole ser excelente para los viajes de largas distancias y con cargas de mayor tonelaje, proporciona mayor comodidad al conductor porque posee mayor tamaño que el de un solo eje, su costo es mayor en todo sentido pero proporciona seguridad y mayor estabilidad.



**Figura 2.2. Cabezal de dos ejes**

Fuente: <https://archive.org/stream/gov.law.aashto.green.2001/aashto.green.2001#page/n75/mode/1up>

### 2.1.2 PLATAFORMAS

Es conocido por su estrecho ligamiento hacia los cabezales ya que sin éstos no podrían moverse y a su vez no podrían trasladar ningún objeto a su destino porque no tendrían con que hacerlo.

La plataforma brinda al transportista una gran cantidad de ventajas, entre las que se puede mencionar la de poder transportar pesos mayores en un mismo tiempo, llevar carga equilibrada y transportar enseres de una misma o diferente característica a diferentes lugares sin necesidad de que ésta sufra alguna alteración en su estructura física, ya que aplica la ingeniería para el uso de la última tecnología, esto significa que se fabrican bajo estándares de calidad brindado por él mejoramiento de las características de los materiales que se fabrican en el país usados para la fabricación de plataformas y por el uso de programas como Solidworks y Ansys, que permiten realizar pruebas antes de ejecutar la construcción, evitando que se puedan producir errores de construcción, permitiendo así, que se elaboren plataformas con mayores garantías, eficientes y de mejor calidad

Dependiendo de su uso pueden ser de cama alta, cama baja, frigoríficos, portacontenedores, furgones etc. como se puede ver en la figura 2.3. A su vez pueden separarse dependiendo de la carga y peso en, peso bruto del remolque, carga bruta vertical, tipo de enganche donde:

- a. **Peso bruto del remolque:** Es el peso máximo del remolque y su carga combinada
- b. **Carga bruta vertical:** Es el peso máximo que ejerce el pasador sobre la bola del enganche.
- c. **Tipo de enganche:** los que llevan el peso y los distribuyen. (Ford Corporation, 2015)



**Figura 2.3. Plataforma tipo cama alta**

Fuente: <http://www.montracon.com/esp/products-flats.html>

## **2.2 SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA USO EN PLATAFORMAS DE TRANSPORTE PESADO**

Los sistemas automotrices son los encargados de cumplir varias funciones y brindar la ayuda necesaria al conductor y al vehículo, para mejorar su confort y el manejo en sí.

Dentro de los diferentes sistemas automotrices que son utilizados en plataformas para transporte se tiene:

- Sistema de Suspensión
- Sistema de Ejes
- Sistema de Frenos
- Ruedas
- Accesorios de seguridad
- King Pin

Cada uno de ellos se encarga de cumplir funciones diferentes que ayudan en la conducción del vehículo y en el transporte con o sin carga.

### **2.2.1 SISTEMA DE SUSPENSIÓN**

Este sistema es el encargado de absorber las irregularidades del terreno con el fin de generar mayor comodidad y aumentar el control del vehículo.

Este sistema actúa entre el chasis y las ruedas que reciben directamente las irregularidades que se presentan a lo largo del viaje.

Este sistema tiene diferentes tipos de suspensión de acuerdo al automotor, remolque o plataforma, debido a sus condiciones de peso y altura en muchos casos, no solo necesariamente del vehículo sino también del peso el cual se va a transportar.

### **2.2.2 SISTEMA DE EJES**

Los ejes son los encargados de soportar el peso del remolque y de la carga, de acuerdo a éstas condiciones la plataforma o remolque requiere uno o más ejes para soportar su peso.

La mayoría de los ejes están contruidos para cargar desde 7000 hasta 25000 kilogramos de acuerdo al tipo y el número de neumáticos. (Proviasnac, 2009) Los ejes de una plataforma son similares a los ejes de los tractores con la diferencia que las ruedas de los remolques rotan libremente sin tracción a ningún motor.

### **2.2.3 SISTEMA DE FRENOS**

La función principal de éste sistema se basa en la conservación de la energía, en la cual la energía cinética y la calorífica son dos tipos de energía diferentes.

Cuando un vehículo se encuentra en movimiento por ende tiene energía cinética por lo que es necesario transformar ésta energía en energía calorífica que es el resultado al cambio mediante el contacto entre pastilla y disco o zapata con tambor, con el objetivo de evitar movimiento mediante la fricción que es una fuerza contraria al movimiento en el que se encuentra el vehículo.

Al aplicar los frenos de un vehículo se produce una fricción en el disco o tambor (según el tipo) que genera calor, ésta energía calorífica generada es la oposición a la energía cinética para evitar el desplazamiento del vehículo. Este principio básico permite determinar que el sistema de frenos más efectivo va a ser aquel que pueda disipar más calor.

La energía cinética aumenta mientras más velocidad posea un vehículo por lo que es más difícil detenerlo, lo que significa que los frenos deben tener mayor área de frenado y mayor fricción, es por ello que necesita mayor facilidad de disipar el calor generado en éstos.

#### **2.2.4 RUEDAS**

Son elementos estructurales que permiten soportar la carga a través de los neumáticos, éstos giran sobre un eje permitiendo así el desplazamiento de la plataforma o semirremolque.

La rueda está constituida por los siguientes elementos:

- Aro
- Neumático

#### **2.2.5 ACCESORIOS DE SEGURIDAD**

Son de gran importancia durante el viaje con o sin carga, por lo que la plataforma debería poseer los siguientes accesorios de seguridad:

- Frenos de estacionamiento

- Patines
- Equipo de carretera
- Sistema de luces

#### **a. Frenos de estacionamiento**

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

#### **b. Patines**

Los patines también conocidos como gatos, postes de sostén o piernas dolly, que son elementos que sostienen el frente del semirremolque cuando no está conectado al camión

Estos se ajustan con una palanca regulable ubicada a nivel del conductor de manera que se sostenga la plataforma a la altura necesaria para engancharlo o desengancharlo para estacionar la plataforma, como se puede observar en la figura 2.4.



**Figura 2.4. Patines**

Fuente: [http://www.bagant.com/556\\_remolques-cama-alta-y-cama-baja/](http://www.bagant.com/556_remolques-cama-alta-y-cama-baja/)

#### **c. Equipo de carretera**

La plataforma debe constar con herramientas básicas en caso de presentarse cualquier dificultad o emergencia en el camino.

Estas herramientas permiten dar un auxilio mecánico de forma inmediata las cuales son: gato hidráulico, llaves de pernos, extintor, manguera de aire,

señalización (triángulos), botiquín de primeros auxilios y espacio necesario para llanta de emergencia.

#### d. Sistema de luces

El sistema de luces es muy indispensable en un vehículo ya que en el camino o en estacionamiento le permite ver y ser visto por el resto de vehículos, al mismo tiempo le permite indicar las diferentes maniobras que se van a realizar para brindar mayor seguridad y así poder avisar a los otros conductores sus movimientos, como podemos observar en la figura 2.5, existen diferentes tipos y formas de luces que pueden ser instaladas, se debe conocer también que para el uso de las mismas se lo debe realizar mediante una conducción responsable ya que de ésta manera garantizará una funcionalidad correcta.



**Figura 2.5. Luces**

Fuente: <http://santafe-ar.all.biz/faros-traseros-universales-g96719#.VP9qho6yGK8>

#### 2.2.6 KING PIN

Es el elemento de conexión entre la plataforma y el cabezal, se sujeta al componente conocido como la quinta rueda y proporciona la sujeción del sistema, éste puede ser instalado de dos formas en la plataforma, empernado o por soldadura como se observa en la figura 2.6, su función principal es la de soportar la fuerza de frenado y movimiento del vehículo, éste elemento también permite que el sistema pueda girar y no sea estático.



**Figura 2.6. King pin**

Fuente: <http://www.mydurapart.com/products/truck-trailer-parts/catalogue-220402.html>

## **2.3 TIPOS DE SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA USO EN PLATAFORMAS DE TRANSPORTE PESADO**

### **2.3.1 TIPOS DE SUSPENSIÓN**

#### **a. Suspensión mecánica**

Es el tipo de suspensión más común dentro del mercado, la cual está constituida por un muelle que es el elemento principal del sistema constituido por hojas de acero de una alta resistencia a la flexión, en la figura 2.7, se puede ver la localización de las hojas de acero.

El funcionamiento se basa en la fuerza producida por el rozamiento que existe entre las hojas ocasionadas por la fricción entre ellas de acuerdo a las irregularidades que se presenta en el camino.



**Figura 2.7. Suspensión Mecánica**

Fuente: <http://www.ltcmc.es/product/suspensi-n-en-serie-de-tipo-americano-grado-4.html>

Dentro del sistema de suspensión mecánica la primera hoja es llamada principal o maestra, la misma que presenta en uno de sus extremos un ojillo para insertar un buje de hule, que disminuye la fricción y el desgaste con el pasador, el resto de hojas poseen la característica de ser de menor longitud, las cuales están sujetas en su interior por medio de un tornillo.

El tipo de suspensión por muelles es utilizado normalmente en ejes delanteros de camiones rígidos, tracto-camiones y autobuses del sistema de pasajeros; así como también en ejes de uso posterior.

#### **b. Sistema de suspensión neumática**

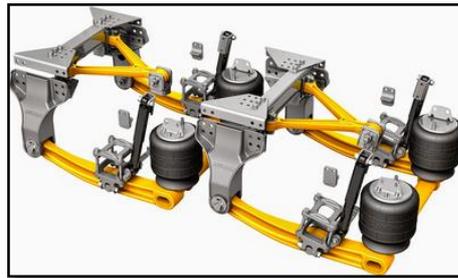
Este sistema de suspensión es utilizado por lo general en la parte trasera de camiones, tracto-camiones y semirremolques para la instalación de ejes sencillos, tándem y tridem que pueden llegar a utilizar. También es aplicada para la suspensión delantera debido a que garantiza una conducción suave sin importar si va cargado o no el vehículo.

El aire es suministrado desde el compresor del vehículo por líneas de aire, controlada por una válvula niveladora y posterior enviado a una cámara o fuelle que es el elemento principal encargada de la suspensión de éste sistema para el vehículo.

Este sistema se caracteriza por aumentar la carga útil con ayuda del aire comprimido, mediante el aumento de volumen de aire en el interior de las cámaras localizadas entre el eje y el chasis, en la figura 2.8 se puede observar la zona de instalación de los pulmones para la suspensión.

Estas cámaras absorben las irregularidades del camino, ajustadas por la válvula reguladora accionada por una varilla de transferencia.

Este tipo de suspensión necesita la asistencia de amortiguadores para evitar la tendencia a seguir rebotando y provocar un desequilibrio en el automotor o plataforma.



**Figura 2.8. Suspensión Neumática**

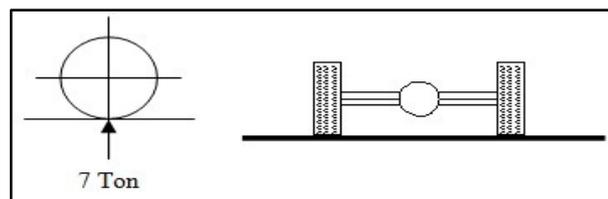
Fuente: <http://dieciochoruedas.blogspot.com/2014/04/suspension-neumatica-en-camiones.html>

### 2.3.2 TIPOS DE EJES

#### a. Eje simple

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

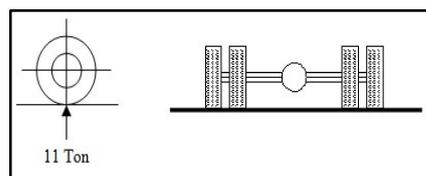
En la figura 2.9, se puede observar el peso máximo tolerable para un eje simple de 2 neumáticos que es el valor de 7 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



**Figura 2.9. Eje simple (2 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

En la figura 2.10 se puede observar el peso máximo tolerable para un eje simple de 4 neumáticos el mismo que posee un valor de 11 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



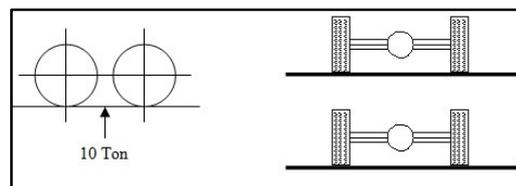
**Figura 2.10. Eje simple (4 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

### b. Eje compuesto (tandem)

Elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros entre líneas de rotación extremas (centro de ejes extremos), pudiendo ser motriz, portante o combinado.

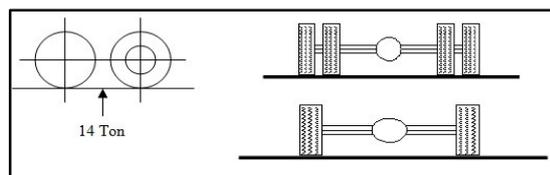
En la figura 2.11, se puede observar el peso máximo admisible para un eje tándem de 4 neumáticos, el mismo que posee un valor de 10 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



**Figura 2.11. Tándem (2 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

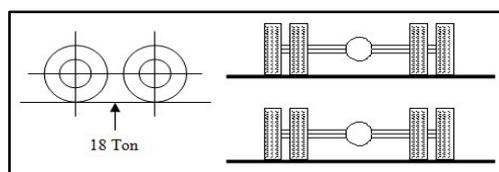
En la figura 2.12, se puede observar el peso máximo admisible, para un eje tándem de 6 neumáticos, el mismo que posee un valor de 14 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



**Figura 2.12. Tándem (6 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

En la figura 2.13, se puede observar el peso máximo admisible para un eje tándem de 8 neumáticos el mismo que posee un valor de 18 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



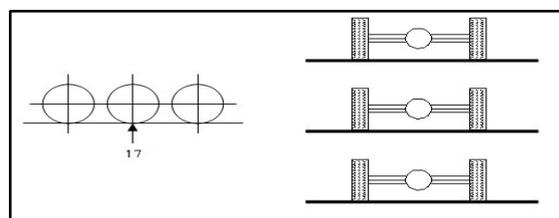
**Figura 2.13. Tándem (8 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

### c. Eje compuesto (tridem)

Elemento constituido por tres ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros entre líneas de rotación extremas (centro de ejes extremos), pudiendo ser motriz, portante o combinado.

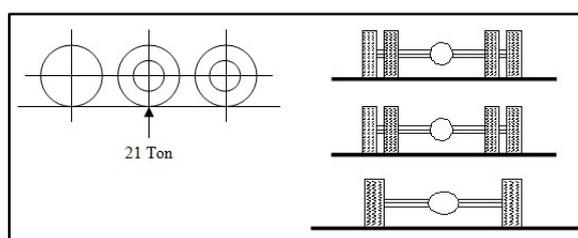
En la figura 2.14, se puede observar el peso máximo admisible para un eje tridem de 6 neumáticos, el mismo que posee un valor de 17 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



**Figura 2.14. Tridem (6 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

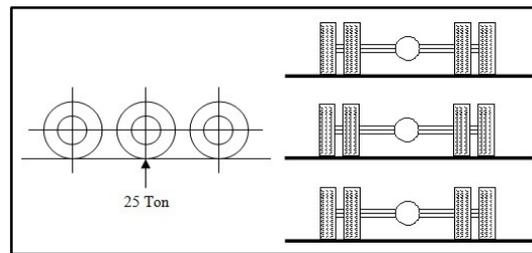
En la figura 2.15, se puede observar el peso máximo admisible para un eje tridem de 10 neumáticos, el mismo que posee un valor de 21 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



**Figura 2.15. Tridem (10 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

En la figura 2.16, se puede observar el peso máximo admisible para un eje tridem de 12 neumáticos, el mismo que posee un valor de 25 Ton, así como el número de neumáticos que puede tener.



**Figura 2.16. Tridem (12 neumáticos)**

Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html>

### 2.3.3 TIPOS DE FRENOS

#### a. Frenos de tambor

Es el primer sistema de frenos en las ruedas, llamado así por los componentes que posee, donde hay un cilindro en forma de tambor que gira junto al eje de la rueda en el cual se encuentran las zapatas que al oprimir el pedal de freno, éstas generan fricción en el tambor para evitar el desplazamiento del vehículo.

Este sistema resulta ser muy eficiente, pero posee la desventaja de que cuando se somete a altos esfuerzos o frenados muy consecutivos y periódicamente largos se produce un calentamiento donde los frenos pierden su efectividad debido a que genera mucho calor dentro del tambor, razón por la cual no se puede reducir la velocidad. En la figura 2.17, se puede observar la constitución general de un sistema de ejes con frenos, los mismos que vienen equipados con un sistema de freno de tambor.



**Figura 2.17. Frenos de tambor**

Fuente: <http://www.fuhuaaxle.com.ar/1-2-2-inboard-mounted-trailer-axle/176243>

## b. Frenos de disco

Los frenos de disco trabajan bajo el mismo principio de frenado, en el cual por causa de la fuerza de fricción que se genera por la pastilla y el disco, el vehículo llega a detenerse, el disco que está contenido en éste sistema posee una mayor ventilación que el de tambor, debido a que se encuentra mayormente expuesto al aire. Este sistema de frenos es muy efectivo ya que el calor se disipa fácilmente debido a la condición anteriormente mencionada, en la figura 2.18, se puede observar el conjunto disco pastilla usualmente utilizado para el transporte.



**Figura 2.18. Frenos de disco**

Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_neum%C3%A1tico#mediaviewer/File:Air\\_disc\\_brake.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_neum%C3%A1tico#mediaviewer/File:Air_disc_brake.jpg)

## 2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TIPOS DE SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA EL USO EN PLATAFORMAS DE TRANSPORTE PESADO

Cada uno de los sistemas con los que cuenta un transporte pesado ha sido construido para que cumplan con todas las funciones de una manera eficiente y segura, llevándole a cumplir con todos los parámetros y estándares de calidad.

Para explicar las ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de sistemas para el uso en plataformas de transporte pesado, se han creado diferentes tablas explicativas que demuestran la funcionalidad de cada sistema, el mismo, que ayudará después a la selección correcta de cada componente permitiendo un análisis metodológico para la complementación, eficiencia de la selección y para llegar a los objetivos del presente proyecto.

## 2.4.1 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

**TABLA 2.1.**  
**Tipos de suspensión**

TIPOS DE SUSPENSIÓN			
SUSPENSIÓN MECÁNICA		SUSPENSIÓN NEUMÁTICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
La suspensión mecánica se encuentra constituida por ballestas, amortiguadores y barras estabilizadoras.	Debido a sus características, la de poseer componentes pesados es de un mantenimiento difícil para realizarlo a simple función.	Posee mejoramiento en el conjunto de ballestas haciéndolas más flexibles para que se adapten de una mejor manera a las superficies.	Son usados mayormente en plataformas comprendidas de 3 ejes.
Permite que el camión circule de igual manera en estado de carga como sin ella.	Costos de mantenimiento menores pero menos eficientes que los sistemas neumáticos de suspensión.	Sus componentes han cambiado la funcionalidad de las hojas usando unos balones o fuelles neumáticos.	Sus costos de mantenimiento son mayores ya que poseen mayor cantidad de componentes.
Este sistema posee la característica de que uno de sus ejes puede ser elevado convirtiéndose en un eje de apoyo siempre y cuando este descargado el conjunto.	Debido a la robustez de las ballestas este sistema no puede evitar la brusquedad de los movimientos.	Trabajan con aire dando uso a los fuelles llenándolos estos y permitiendo el amortiguamiento.	Cada componente y rueda se encuentra comprendido por un sistema de este tipo, son independientes y de mayor costo.
Cuando el camión está cargado el eje de apoyo le sirve para brindarle estabilidad.	Comprende un conjunto dependiente de cada lado.	Su manipulación es más fácil que la de la suspensión mecánica ya que no es necesario desmontar todo el	No puede ser elevado el eje auxiliar, ya que al poseer un fuelle en cada conjunto no lo permite.

**CONTINÚA** 

		conjunto porque son independientes.	
Los sistemas que la conforman sirven para absorber las fuerzas laterales que se producen durante la marcha.	No permite un equilibrio en la carga si ésta se encuentra desplazada.	En el interior del conjunto de fuelle posee un resorte que sirve de seguridad en caso de que alguno de los balones este dañado y pueda seguir siendo usado.	Debe ser cargado antes de su uso de otra manera este no funcionaría adecuadamente.
Este tipo de suspensión permite que todo el conjunto se encuentre aferrado a la carretera y lo estabilice.	No son muy amigables con la carga, ésta es maltratada a diferencia de la neumática que estabiliza su nivel.	La cantidad de aire que existe en el interior de cada fuelle está de acuerdo con la carga, en una situación tal que los fuelles se mantienen siempre de una forma automática, con el nivel de carga adecuada y le dan su altura inicial.	No soportan cargas mayores a las que fueron fabricadas ya que su estructura se sobrecarga y colapsa.
La composición de la cantidad de ballestas o hojas son en función de la carga a la que va a ser sometida la plataforma.	Son exclusivas el uso de ballestas curvas para que la carga se flexione y soporte el sobre peso.	Si la carga en éste se encuentra desplazada a un solo lado, éste sistema lo equilibra automáticamente, permitiéndole que siempre se encuentre estable.	Éste sistema debe contener un conjunto tipo ballestas para soporte máximo.

## 2.4.2 SISTEMA DE EJES

**TABLA 2.2**  
**Tipos de ejes**

TIPOS DE EJES			
EJES SIMPLES		EJES COMPUESTOS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son útiles para transporte de carga ligera, son utilizados en camiones de repartición y carga pequeña.	No son recomendados para cargas muy grandes.	Son utilizados en transportes de carga pesada donde, el esfuerzo que deben soportar es mayor.	Debido a su estructura, son de mayor peso, que se ve afectado en el rendimiento del camión.
Son de menor costo, se los puede adaptar de una manera más simple.	Debido a su contextura simple, no se recomienda que se apliquen cargas donde su traslado sea por largas distancias.	El peso máximo admisible esta entre 10000 y 18000 kg dependiendo del número de neumáticos. (Tándem).	Su mantenimiento es mayor ya que posee más componentes a comparación con los ejes simples.
Su mantenimiento es más fácil, ya que posee menos componentes.	Su resistencia a la ruptura es menor debido a que soporta sobre él, todo el peso del sistema.	El peso máximo admisible está entre 17000 a 25000 kg Dependiendo del número de neumáticos (tridem).	Para la capacidad de carga que fueron fabricados necesitan mayor cantidad de neumáticos así que su costo de adquisición es mayor.
Para ejes de dos neumáticos su peso es de 7000kg (7 Ton).	A comparación con los ejes compuestos, estos poseen un menor punto de equilibrio.		
Para ejes de 4 neumáticos su peso es de 11000kg (11 Ton).	Poseen menor capacidad de carga y no la pueden distribuir porque es un solo componente.		

### a. Sistema de ejes compuestos

**TABLA 2.3**  
**Ejes compuestos**

<b>EJES COMPUESTOS</b>			
<b>EJES TANDEM</b>		<b>EJES TRIDEM</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Reparten la carga en partes iguales sobre los dos ejes.	El tonelaje que soporta es menor.	Son utilizados en transportes de carga pesada donde, el esfuerzo que deben soportar es mayor.	Debido a su estructura robusta, son de mayor peso, que se ve afectado en el rendimiento del camión.
Estos pueden ser motrices, portantes o combinados.	Se convierte en un sistema de mayor peso ya que posee mayor número de neumáticos.	Reparten la carga sobre los tres ejes de forma igual.	Su mantenimiento es mayor ya que posee más componentes.
Peso máximo admisible para un eje tandem dependiendo del número de neumáticos esta entre de 10 Ton a 18 Ton.	Posee menor estabilidad de carga ya que el número de ejes que utiliza es menor a comparación de los ejes tridem.	El peso máximo admisible está entre 17000 a 25000 kg dependiendo del número de neumáticos (tridem).	Debido a la capacidad de carga para la que fueron fabricados necesitan mayor cantidad de neumáticos así que su costo de adquisición es mayor.

### 2.4.3 SISTEMA DE FRENOS

**TABLA 2.4.**  
**Diferentes tipos de frenos**

DIFERENTES TIPOS DE FRENOS			
PUNTO DE VISTA MECÁNICA			
FRENO DE TAMBOR		FRENO DE DISCO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Posee un tambor que se encuentra fijado a la llanta, gira a la misma velocidad y sentido permitiendo que el frenado sea controlado con el giro.	No disipan el calor tanto como los frenos de discos.	Posee un disco central que se encuentra acoplado al eje de la rueda.	No es muy utilizado en los sistemas de frenos de los camiones debido a su composición.
Posee dos zapatas, éstas pueden expandirse desde el centro hacia fuera haciendo contacto con el tambor permitiendo que el frenado sea progresivo.	Se produce deterioro del material el mismo que se concentra en su interior produciendo un déficit en el frenado.	Para su funcionamiento es necesario contar con pastillas, las mismas que con su movimiento proporcionan el frenado.	Son excelentes para la disipación de calor, pero al hablar de frenado pesado no soportan y tienden a romperse.
Posee unas guarniciones que son las que contactan con el tambor.	Existe un desgaste de material, produciendo carbonilla y rayado del tambor.	Costos de mantenimiento menor.	Solo son aplicables en camiones para los ejes delanteros.
Posee unos muelles que permiten que los conjuntos mencionados estén separados, solo se accionan cuando el conductor presiona el pedal.	Puede poseer un desgaste por uso, el mismo que proporcionaría una mala frenada y dañado del tambor.	Posee la característica de que puede tener un accionamiento tanto hidráulico como de aire.	Los pistones por su capacidad de soporte, dimensiones y estructura no les permiten soportar mucha carga.

**CONTINÚA** 

No necesitan estar cargadas con aire para su funcionamiento.	Por su constante uso estos pueden desprender material y perjudicar al sistema.	Fácil mantenimiento, cambio de componentes sencillos y se pueden encontrar fácilmente.	Las pastillas que usan este tipo de sistemas son extremadamente grandes.
Menor costo de mantenimiento.	Mayores cambios de componentes.	Buenos disipadores de calor.	Altos costos de mantenimiento.

### a. Sistema de frenos por tambor

**TABLA 2.5.**  
**Frenos punto de vista accionamiento.**

PUNTO DE VISTA ACCIONAMIENTO (Tambor)					
FRENOS HIDRÁULICOS		FRENOS MIXTOS DE AIRE E HIDRÁULICO		FRENOS DE AIRE COMPRIMIDO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son comúnmente utilizados en frenos de tambor.	No se recomienda para camiones por la poca seguridad y no muestra eficiencia debido a la gran cantidad de energía que se controla en pocos segundos.	Su accionamiento se produce por una corriente de aire comprimido, que se establece desde un compresor.	Son utilizados únicamente en camiones ligeros y medianos, no son aconsejables cuando se trata de detener una masa de varias toneladas.	En éste sistema solo el aire es el encargado de responder de obtener la fuerza completa de la frenada.	Necesariamente se carga el sistema para que éste funcione correctamente.
Son mejorados	Solo son recomendados	El pedal del freno es el	Necesitan un mayor	La abertura	Necesita ser purgado

CONTINÚA 

con un sistema de servofreno que ayuda a la frenada.	les en uso de furgonetas como máximo dando como característi ca a uso de automóviles.	que regula el paso del aire comprimido hacia el servofreno y permite que empuje al líquido hidráulico de la bomba.	mantenimient o ya que poseen dos sistemas adjuntos.	es por medio de aire en las zapatas, para conseguir una enérgica zona de frotamien to sobre el tambor y disipar la energía excesiva.	siempre que se le deje al sistema sin usar.
Su accionamient o se da gracias al vacío que se genera en el colector de admisión cuando se cierra la mariposa del gas.	No varían mucho sus costos de mantenimie nto pero son menores que los mixtos, ya que poseen menos componen tes.			El aire se almacena en un depósito o calderín y su salida es regulada por una válvula de pedal de freno.	Su costo de mantenimien to es mayor ya que posee mayor cantidad de componentes

Para el análisis teórico de selección de sistemas se basa en las ventajas y desventajas que presentan éstos y se toma la mejor alternativa apoyada en la información descrita en las tablas 2.1 a la 2.5, para el caso de la implementación de los sistemas en la plataforma se toma como opciones: suspensión mecánica, sistema de ejes compuestos de tandem, sistema de frenos de tambor, ya que presentan mejores características de funcionamiento y se asemejan a las necesidades de la plataforma para cumplir con los objetivos.

## **2.5 FUNCIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

### **2.5.1 SUSPENSIÓN MECÁNICA**

La suspensión toma un papel muy importante cuando se trata de la circulación en terrenos que presenta irregularidades en momentos de describir curvas y de realizar aceleraciones y sobre todo en el frenado en todos éstos casos, la suspensión debe estar trabajando en su máxima eficacia para conseguir que la carga se mantenga en un mínimo estado de vibración y a su vez que las ruedas no se levanten del suelo a causa de revotes brindándole estabilidad y seguridad para una buena conducción.

Los elementos fundamentales con los que cuentan una suspensión mecánica son:

- Ballestas
- Amortiguadores
- Barras estabilizadoras

Dentro de la misma suspensión mecánica por ballestas, se encuentran las suspensiones por ballestas con el uso de amortiguadores y barras estabilizadoras lo cual de acuerdo al uso del tracto camión se recomienda o no su uso.

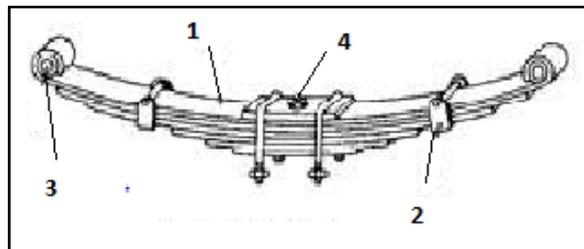
#### **a. Ballestas**

Una ballesta es un conjunto elástico que está formado por una serie de láminas de acero superpuestas, que permite aumentar la duración del chasis por su suavidad con la que modifican la acción de las oscilaciones se encarga también de proteger la carga liberándole de bruscas sacudidas que podrían desequilibrar a la plataforma cuando ésta se encuentra en un estado perfecto de funcionamiento aumenta la vida de los neumáticos permitiendo así una mayor suavidad en la transmisión de la fuerza del motor a las ruedas.

El material con el que se fabrican las ballestas deben poseer características que le permitan absorber fuerzas y esfuerzos ante cargas flexionantes.

En la figura 2.19, se puede observar la constitución de las ballestas dónde, está formada por láminas de diferentes tamaños denominadas hojas (1) las cuales se encuentran unidas mediante un tornillo que se le conoce con el nombre de capuchino (4), las bridas (2) son aquellas que cumplen con la misión de abrazar las hojas para que éstas se mantengan en el mismo plano y no lleguen a desalinearse.

Todo el conjunto de ballestas son sujetadas por unas dobladuras ubicadas en la hoja mayor denominadas ojos de ballestas(3) que permiten la conexión con los soportes provistos en la viga del bastidor permitiendo así la flexión de todo el conjunto de ballestas.



**Figura 2.19. Ballestas**

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-suspension-ballesta.html>

Dependiendo de la funcionalidad que se requiera dar, se pueden clasificar en dos tipos el cual garantizará el uso correcto de éste sistema de suspensión.

- Ballestas convencionales
- Ballestas parabólicas

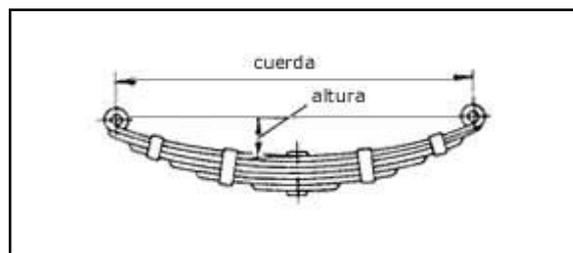
#### **a.1. Ballestas convencionales**

Es un conjunto de hojas escalonadas que se pueden flexionar al mismo tiempo de acuerdo con el peso soportado ejerciendo una acción elástica y

progresiva, entre sus característica técnicas de funcionamiento está el permitir un alto grado de fricción que se establece entre las hojas vecinas con las ballestas que están en funcionamiento, éste desplazamiento contribuye a que las hojas aumenten su resistencia, proporcionando a las ballestas un alto grado de rigidez.

En la figura 2.20, se puede observar el tipo de ballestas que pueden ser usadas en el transporte de carga pesada, donde las condiciones de manejo son muy estrictas.

Estas pueden ser regulables por el diseñador para su uso, por una parte se puede controlar la longitud de la cuerda, el espesor y la cantidad de hojas que van a formar el conjunto.



**Figura 2.20. Ballestas convencionales**

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-suspension-ballesta.html>

## **b. Ballestas parabólicas**

Conocida también como ballesta de hoja parabólica, entre sus características principales que presenta éste sistema, es que las hojas no tienen un grosor uniforme a todo lo largo de la hoja, el grosor máximo de ésta se encuentra en la parte central y va disminuyendo conforme se va acercando a los extremos, la zona de fricción de éste tipo de sistema se encuentra en el centro lo que le da su característica por lo que éste elemento pierde un gran poder de rigidez.

Una de las diferencias notorias que se establece entre la ballesta convencional y parabólica es el tamaño de sus hojas, en dónde se encuentra que las ballestas parabólicas poseen hojas con la misma longitud de cuerda, en la figura 2.21, se puede observar esta diferencia. Las ballestas parabólicas son usadas en autocamiones que van a circular por autopistas ya que resulta mucho más blandas y adecuadas para soportar la carga.



**Figura 2.21. Ballestas Parabólicas**

Fuente: <http://www.milanuncios.com/remolques-agricolas/ballestas-parabolicas-97509178.html>

#### **a. Amortiguadores**

Tomando en cuenta de que las ballestas son el elemento fundamental de la suspensión mecánica para un autocamión, y que con la presencia de amortiguadores se generan mejores cualidades de suspensión ayudan a su correcto funcionamiento.

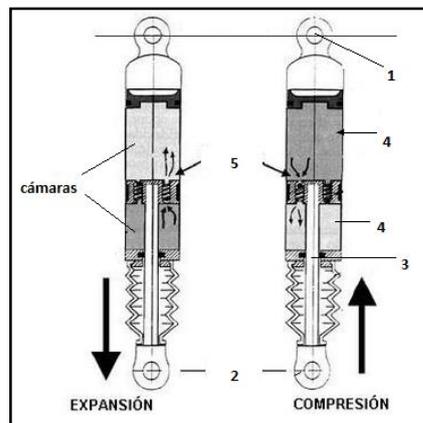
Cuando un autocamión transita por una carretera, éste al pasar por un terreno irregular y al estar cargado genera muchas oscilaciones en las ballestas provocando un bamboleo, lo que genera inestabilidad en el vehículo.

Estas oscilaciones pueden repetirse por varias veces lo que genera que la rueda pierda su agarre al suelo, que es una condición fundamental para una estabilidad y seguridad al momento de circular con el autocamión.

Con el objetivo de reducir y controlar éstas oscilaciones, se monta un amortiguador entre las ballestas y el bastidor con el cual todos los movimientos oscilatorios generados en terrenos irregulares quedan reducidos y controlados.

Los amortiguadores utilizados en autocamiones son de funcionamiento hidráulico, incluso en uso en suspensiones neumáticas.

En la figura 2.22, se puede observar las partes del amortiguador, para que cumpla su funcionamiento se realiza en base a dos puntos de sujeción, uno ubicado en la carrocería(1) y el otro en la rueda(2) o en éste caso sujetado a las ballestas de la suspensión, en uno de sus extremos se mantiene un vástago(3) el cual, al momento de la oscilación de la ballesta este empuja el fluido de una cámara(4) a otra por medio de unas válvulas(5), lo que permite la amortiguación de las oscilaciones en caminos irregulares.



**Figura 2.22. Amortiguadores**

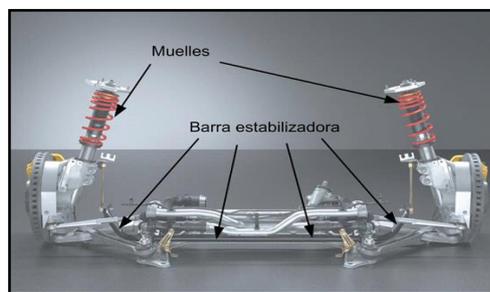
Fuente: <http://proauto.com.mx/que-diferencia-existe-entre-los-amortiguadores-de-gas-y-los-hidraulicos/>

## **b. Barras estabilizadoras**

La función principal de una barra estabilizadora es de mejorar la rigidez torsional de la suspensión, de manera que evite el desequilibrio de los ejes en las partes externas, lo que ayuda en las curvas al autocamión o remolque a mantener un equilibrio, evitando el viraje o volcamiento.

Las barras estabilizadoras se instalan de forma que se mantengan de manera perpendicular al eje del vehículo, uniendo ambos largueros del bastidor y en forma de arco. (Castro, 1994)

De ésta manera anulan el balanceo y como su nombre lo indica ofrecen una estabilidad y confortabilidad al momento de la conducción. Su funcionamiento se basa en igualar la distancia de las ruedas al bastidor, al mismo tiempo ejerce una fuerza para que éstas no se levanten del suelo, evitando así excesivo viraje del autocamión como también disminuyendo la fuerza de compresión de las ballestas, como se puede observar en la figura 2.23, éstas se encuentran instaladas junto a los ejes y están hechas de un material de alta resistencia a la torsión.



**Figura 2.23. Barra estabilizadora**

Fuente: <http://www.gruporivero.com/web/la-barra-estabilizadora/>

## 2.5.2 EJE COMPUESTO TANDEM & NEUMÁTICOS

Los ejes son los encardados de ser los puntos de apoyo en los cuales se distribuirá gran parte del peso de la estructura, como también del peso a cargar.

Cuando el eje es inmóvil y otros elementos giran sobre él, se denomina eje fijo, mientras cuando el eje al igual que otros elementos gira al mismo tiempo se llaman eje giratorio.

De acuerdo al peso para el cual fue diseñada la estructura de la plataforma que es de 15 Ton y tomando en cuenta que ésta fue diseñada para dos ejes, según el análisis se determina que, el sistema de ejes ideal para la plataforma es un eje compuesto tándem de 8 neumáticos los cuales serán distribuidos para alcanzar el tonelaje a cargar junto con el peso adicional de la estructura.

Dentro de éste sistema compuesto tándem, existen dos tipos de ejes que son las alternativas a seleccionar, éstos ejes tienen características similares pero al mismo tiempo marcan su diferencia de acuerdo a su utilidad e instalación.

Estos tipos de ejes se pueden encontrar en el mercado ecuatoriano y comúnmente son usados en plataformas de todo tipo, los cuales son:

- Ejes cuadrados
- Ejes redondos

A continuación se detalla las características de los tipos de ejes y sus diferencias para determinar la mejor alternativa.

#### **a. Ejes cuadrados**

Como su nombre lo indica éste eje tiene la forma de un cuadrado en su exterior, en la figura 2.24, se puede observar ésta característica, lo que le hace diferente del otro eje, ya que mantiene el mismo principio de funcionamiento e instalación al momento de ser acoplado con el resto de componentes como son los tambores.

Cumple con normas de construcción ya que son elementos estandarizados, sus características según los fabricantes al momento de utilizarlos en una plataforma son las siguientes:

- Ofrecen más estabilidad.
- Mayor capacidad de carga y más ligeros en peso.
- Extender la vida de servicio.
- Proporcionan una mayor capacidad de fatiga.
- Su instalación es sencilla ya que su forma cuadrada permite un mayor aseguramiento del eje a la suspensión.
- Intercambiables.
- Mantenimiento sencillo.



**Figura 2.24. Eje cuadrado.**

Fuente: <http://www.fuhuaaxle.com.ar/1-2-2-inboard-mounted-trailer-axle/176243>

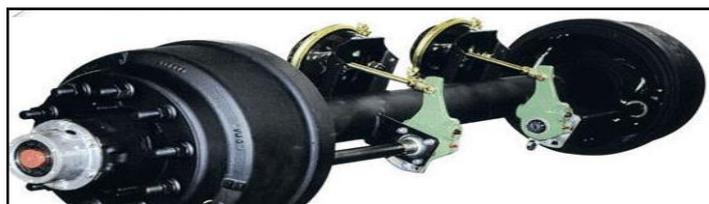
## b. Ejes redondos

Como se detalla en el eje mencionado anteriormente su diferencia más visible está en el aspecto físico, detalle que se puede observar en la figura 2.25, dónde la forma exterior de este eje es redonda.

Por la razón de mantener una forma redonda genera varias complicaciones al momento de la instalación con el sistema de suspensión ya que la soldadura es más difícil.

Cumple con normas de construcción y sus características en base a fabricantes son las siguientes:

- Por su forma se necesita instalarlo con un acople adicional para evitar giros y movimientos innecesarios.
- Menor capacidad de carga.
- Su vida de servicio es garantizada por un tiempo límite.
- Su intercambio es más complejo en comparación a un cuadrado.
- Mantenimiento sencillo.



**Figura 2.25. Eje redondo.**

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/agricultural-trailer-axle-60140691225.html>

### 2.5.3 FRENO DE TAMBOR

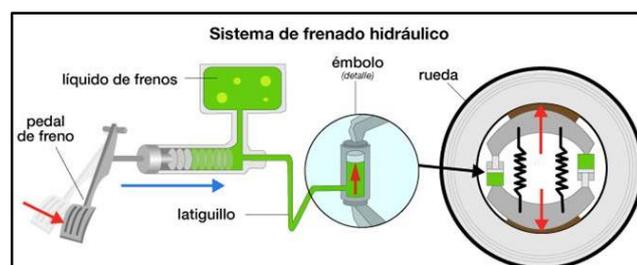
Siendo en la actualidad los frenos de tambor los más importantes en cuanto al uso en tracto-camiones por su funcionamiento, seguridad y trabajo al momento del frenado, da la pauta para el uso de este tipo de sistemas.

De acuerdo a las ventajas y desventajas ya citadas en el inciso 2.4, se puede hacer más énfasis en el sistema de frenado por tambor en el cual se encuentran diferentes tipos, entre ellos se tiene:

- Sistema de frenos hidráulicos
- Sistemas mixtos de aire e hidráulicos
- Frenos de aire comprimido
  - Frenos de tambor de leva
    - Con leva en Z
    - Con leva en S
  - Frenos de cuña

#### a. Sistema de frenos hidráulicos

Como se puede observar en la figura 2.26, la fuerza es ejercida a través del pedal, la misma que es direccionada por el líquido de frenos que permite el llenado del émbolo para que éste empuje las pastillas de adentro hacia afuera provocando el contacto entre las zapatas y el tambor, produciendo el frenado.



**Figura 2.26. Esquema de sistema de frenado hidráulico.**

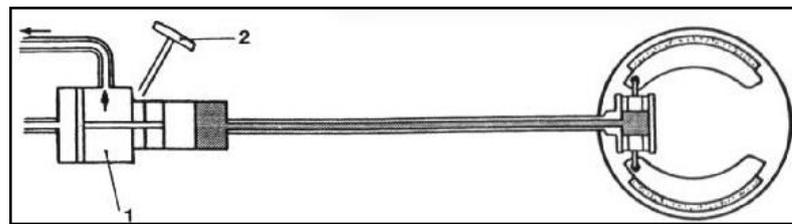
Fuente: <http://www.taringa.net/post/autos-motos/16485725/Sistema-de-Frenos---Tipos---clasificacion---detalles.html>

Este tipo era utilizado en vehículos antiguos, pero por su diseño rudimentario no era recomendado, ya que no aportaba buenas características de seguridad ni se muestra medianamente eficiente dada la gran cantidad de energía que se ha de controlar en pocos segundos en un camión, por lo que se ve la necesidad de implementar otro tipo.

### b. Sistema mixto de aire e hidráulicos

Como se puede observar en la figura 2.27, la fuerza de frenado que se da en el pedal (2) se da gracias a la introducción de un sistema de servo freno donde la aportación de la fuerza de vacío creada en el colector de admisión (1) proporciona una fuerza suplementaria que ayuda a mejorar la frenada sin mayor esfuerzo por parte del conductor.

Este sistema es utilizado en la actualidad en automóviles, son usados también en camiones ligeros y medianos pero no son los más aconsejables cuando se trata de detener una mayor masa que se genera en los grandes camiones o remolques para ésta clase se utiliza otro tipo de accionamiento.



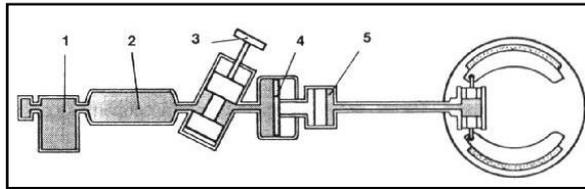
**Figura 2.27. Esquema Sistema de Frenado Mixto**

Fuente:<http://www.unioviado.es/DCIF/IMecanica/Frenos/F.TAMBOR/teoria%20clasificacion%20ACCIONAMIENTO.htm>

### c. Freno de aire comprimido

En éste sistema es solamente el aire el responsable de obtener la fuerza completa de frenado, es decir el accionamiento de abertura de las zapatas para conseguir una energía en la zona de frotamiento sobre la superficie interna de tambor y acudir a disipar la energía excesiva.

Para explicar la funcionalidad del sistema observamos la figura 2.28, partiendo de un compresor (1), el aire es almacenado en un tanque (2) y su salida del tanque se regula por medio de una válvula de pedal de freno (3), la cual determina el paso del aire hacia el cilindro de mando (4) de los frenos y que conlleva el accionamiento de las zapatas (5).



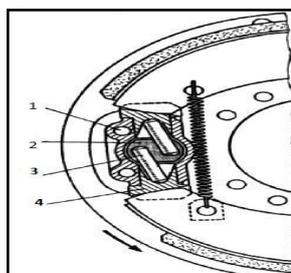
**Figura 2.28. Esquema Sistema de Freno Aire Comprimido**

Fuente:<http://www.unioviado.es/DCIF/IMecanica/Frenos/F.TAMBOR/teoria%20clasificacion%20ACCIONAMIENTO.htm>

### c.1. Frenos de aire comprimido con leva en Z

La característica de éste sistema es que las zapatas (2) de frenos de leva Z (3) son flotantes, es decir, que no se encuentran fijadas al plato de soporte de los frenos, por esta razón el que controla es el mecanismo de leva.

En la figura 2.29, se puede encontrar este mecanismo, dónde presenta en la parte central una caja (1) que contiene la leva provista de orificios que le permiten alojar a los topes de accionamiento (4), los cuales ejercen presión sobre los pistones para elevar las zapatas, de modo que, cuando la leva gira empuja al mismo tiempo el tope superior e inferior lo que produce el efecto de expansión que se trasmite directamente a las zapatas.



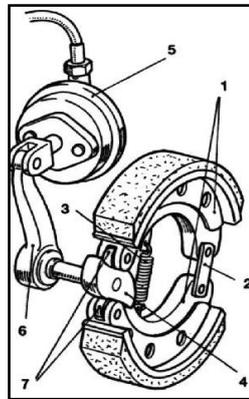
**Figura 2.29. Esquema freno de aire comprimido con leva en Z**

Fuente:<http://www.unioviado.es/DCIF/IMecanica/Frenos/F.TAMBOR/TIPOS%20freno%20en%20Z.htm>

## c.2. Frenos de aire comprimido con leva en S

Al igual que el anterior éste freno es de accionamiento neumático con la diferencia que el accionamiento es realizado por una leva en forma de S.

En la figura 2.30 se detalla los componentes empezando por sus zapatas (1), las cuales están unidas en uno de sus extremos (2), por el otro lado están sujetadas por un muelle de retorno (3), el cual permite que las zapatas se separen.



**Figura 2.30. Esquema freno de aire comprimido con leva en S**

Fuente: <http://www.unioviado.es/DCIF/IMecanica/Frenos/F.TAMBOR/TIPOS%20freno%20en%20S.htm>

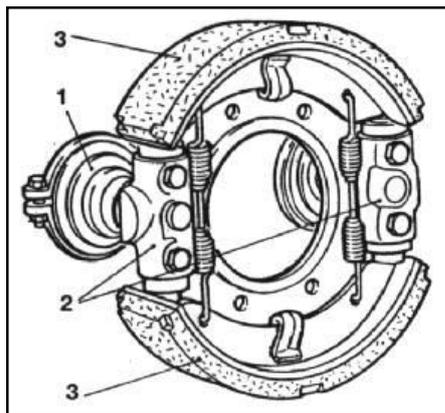
En medio de los dos extremos se encuentra la leva S (4), la cual al girar permite el movimiento de las zapatas de manera que éstas llegan a tener contacto con el tambor y por ende se produce el frenado. La leva se desliza en uno de los extremos de las zapatas sobre dos rodillos (7) que facilitan el giro de la leva para su accionamiento que se lo realiza por medio de una palanca (6) la cual generalmente es accionada por un cilindro (5) donde se realiza el control del ingreso del aire para permitir el accionamiento de la palanca y por ende el giro de la leva.

Dentro del cilindro (5), se puede encontrar un diafragma y un muelle que dividen dos cámaras donde se maneja una presión controlada por el conductor para realizar el frenado.

#### d. Freno de tambor de cuña

El sistema se caracteriza principalmente por desplazar las zapatas, en el instante de frenado, contra el tambor que está girando. Éste sistema como se puede observar en la figura 2.31, consta con un cilindro de mando (1) que actúa sobre una varilla en forma de cuña que se introduce en un pistón de accionamiento (2) que permite el movimiento de las zapatas (3) hacia el tambor para producir el frenado.

Este accionamiento de los cilindros se realiza en los dos extremos de las zapatas por lo cual en sus dos extremos consta de dos muelles de retorno para evitar un contacto involuntario entre las zapatas y el tambor.



**Figura 2.31. Esquema Freno de Tambor de Cuña**

Fuente: <http://www.unioviado.es/DCIF/IMecanica/Frenos/F.TAMBOR/TIPOS%20freno%20de%20cunia.htm>

#### 2.5.4 KING PIN.

Este acople va unido al sistema de quinta rueda permitiendo la sujeción entre el sistema motriz y estático, para garantizar el movimiento del conjunto, es una de las partes más importantes del sistema camión – plataforma ya que este acople soporta toda la carga que se produce, de darse una ruptura se daría el colapso total del sistema produciendo la desunión entre las dos partes. Existen diferentes tipos de King-pin, según la forma de instalación en la plataforma y dependiendo del uso.

Para su correcto trabajo se debe garantizar la correcta selección tomando en cuenta el uso que se lo va a dar y dependiendo también de la carga que van a soportar.

#### a. King pin empernado

Este tipo de King pin está fabricado para ser instalado de forma empernada al sistema de la plataforma, es instalado en la parte de unión del sistema a una distancia de aproximadamente 0,80 a 1.20 de la parte frontal de la plataforma, por lo general están fabricados en hierro o acero que le brinda resistencia para cumplir con su función.

En la figura 2.32, se puede observar al componente, el mismo que brinda la facilidad de poder ser desmontado, en comparación con el soldado ya que, se lo puede retirar libremente e instalar normalmente el nuevo sin necesidad de cambiar algún componente, pero su capacidad de carga es menor ya que posee dientes de empernado y los mismos presentan desgaste con el uso, y pueden presentar ruptura en los mismos, presentan menor tiempo de funcionalidad.



**Figura 2.32. King pin empernado**

Fuente: [http://www.swtrailerparts.com/es/html\\_products/tipo-de-soldado-perno-real-27.html](http://www.swtrailerparts.com/es/html_products/tipo-de-soldado-perno-real-27.html)

### **b. King pin soldado**

Este sistema presenta la peculiaridad como su nombre lo indica, de ir unido mediante suelda al sistema de la plataforma, brindando mayor estabilidad y menor desgaste del elemento, al ser unido forma un solo conjunto y permite que la carga a soportar sea mayor a comparación con el empernado, su mantenimiento es de mayor costo ya que para retirar la pieza es necesario desmontar todo el conjunto frontal de la plataforma y reemplazarlo por uno nuevo.

Debido a su instalación es mucho más eficiente a comparación con el empernado, su capacidad de carga es mayor y existe también una menor fricción del conjunto, como se puede observar en la figura 2.33, éste sistema no presenta dientes de unión por tal razón es menos propenso a ruptura.



**Figura 2.33. King pin soldado**

Fuente: [http://www.swtrailerparts.com/es/html\\_products/tipo-de-soldado-perno-real-27.html](http://www.swtrailerparts.com/es/html_products/tipo-de-soldado-perno-real-27.html)

## **2.6 SOLDADURA DE MATERIALES**

El proceso de soldadura es en el cuál se realiza la unión de dos materiales mediante un proceso de cambio de temperatura del material hasta llegar a un punto de fusión adecuado para la unión de los dos cuerpos o materiales a unirse.

Durante el proceso de soldadura se realiza el aporte de material extra que es conocido como electrodo, gracias a éste material de aporte la parte donde se realiza la soldadura llega a obtener mejores características que el mismo sin soldarse.

Este proceso lo debe realizar personal calificado bajo un control, ya que el aporte de material debe ser de forma adecuada y con cantidades apropiadas evitando excesos como también aportando el material suficiente para la soldadura.

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

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

### 2.6.1 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO(SMAW)

Este proceso es seleccionado en base al material que se utilizó en la fabricación de los travesaños de la plataforma, para éste caso, se trata de un acero ASTM-A36, de característica estructural, dada para esta condición, la forma de soldadura que se da es mediante una maquina SMAW y se puede observar en la figura 2.34, con electrodos E60xx y E70xx (ASTA, 2010).

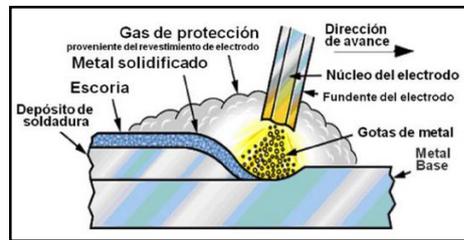
Aceros estructurales				
Acero		Límite de Fluencia mínimo MPa	Resist. a la Tracción MPa	Especificación de proceso y material de aporte según AWS
ASTM A36		250	400-550	SMAW
ASTM A53	Grado B	250	415 min	AWS A5.1 E60XX
ASTM A106	Grado B	240	415 min	E70XX
ASTM A131	Grado A, B, CS, D, DS, E	235	400-490	AWS A5.5
ASTM A139	Grado B	241	414 min	E70XX-X
ASTM A381	Grado Y35	240	415 min	SAW
ASTM A500	Grado A	228	310 min	AWS A5.17
	Grado B	290	400 min	F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX
ASTM A501		250	400 min	
ASTM A516	Grado 55	205	380-515	AWS-A5.23 F7XX-EXX-XX, F7XX-ECXXX-XX
	Grado 60	220	415-550	
ASTM A524	Grado I	240	415-586	
	Grado II	205	380-550	
ASTM A529		290	415-586	

**Figura 2.34. Tipo de soldadura para aceros**

Fuente: [http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/soldadura/1\\_introd\\_soldadura\\_estructv.pdf](http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/soldadura/1_introd_soldadura_estructv.pdf)

En la figura 2.35, se puede ver el proceso de soldadura el cual consiste en el uso de un electrodo, a través de éste se hace circular corriente eléctrica lo que permite que se genere un corto circuito entre el electrodo y el material base, permitiendo así que se deposite el núcleo del electrodo fundido en el

material que se está soldando, en éste proceso se genera una atmósfera de protección que protege el material de la humedad como también se produce una escoria que protege el cordón de suelda.



**Figura 2.35. SMAW**

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

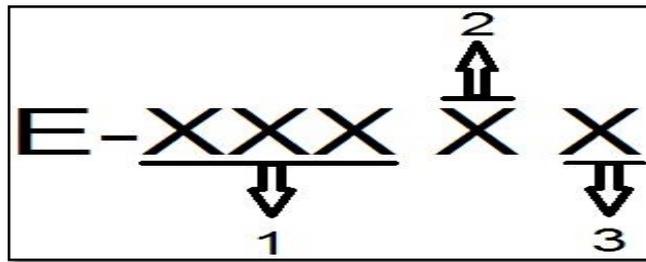
## 2.6.2 MATERIAL DE APORTE

El electrodo utilizado para la soldadura SMAW es de tipo consumible por lo cual el inconveniente que estos presentan, es que durante el proceso de soldadura deben ser reemplazados periódicamente por lo cual genera un tiempo adicional durante el trabajo.

“Todos los electrodos que se describen en la especificación de AWS A5.1, se aplican a los aceros dúctiles. Las clases de electrodos E60XX, y E70XX, proporcionan una fuerza suficiente para producir uniones de soldadura del 100% en aceros” (Howard, 1980).

### a. Norma INEN para soldadura

INEN es el ente regulador que establece la normalización a la cual están sujetos todos los procesos, sobre todo los de fabricación y desarrollo, pero no poseen una norma que estandarice el proceso para soldadura, en la mayoría de países sudamericanos se utiliza la norma AWS (Sociedad Americana de Soldadura). En la figura 2.36, se puede observar la designación que se da a los electrodos dependiendo de ello se puede observar el uso para el cual fue fabricado.



**Figura 2.36. Designación de electrodos según la AWS.**  
Fuente: Tesis (Narváez-Tibán, 2015)

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

Las características de los materiales de aporte que se pueden utilizar en la implementación son:

### **Electrodo E-6011**

El electrodo más comúnmente utilizado, es de tipo celulósico, utilizado por su rapidez al momento de solidificarse en soldaduras de penetración. En el caso de la implementación permite dar puntos de suelda como también para soldar cordones para la unión de componentes. A continuación se detalla las operaciones en las cuales puede ser usado.

- Soldadura para acero no templado o aceros dulces.
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para máquinas.
- Chapas gruesas y delgadas, entre otros.

**Electrodo E-6013**

Este electrodo es utilizado para el llenado-solidificación ayuda en el depósito y penetración generando así un cordón de excelente aspecto, utilizado para procesos después de haber realizado los puntos de suelda.

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

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

**Electrodo E-7018**

Es un electrodo de bajo hidrógeno diseñado para suelda de alta calidad donde el arco corto con el que se suelda, ayuda a tener un mejor llenado y rápida solidificación.

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

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

Este electrodo es utilizado para sueldas donde van a existir una gran cantidad de fuerza.

## **CAPÍTULO III**

### **DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

#### **3.1 SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA ESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE PESADO UTILIZADOS EN EL ECUADOR.**

El transporte pesado requiere que sus sistemas sean de alta calidad a un bajo costo por el constante trabajo al cual está expuesto y por las horas de trabajo estos repuestos necesariamente deben ser reemplazados o recibir un mantenimiento con mucha más frecuencia que un vehículo liviano.

Los elementos o accesorios utilizados para los sistemas de suspensión, ejes, frenos y sistema de luces son elementos estandarizados, construidos bajo un control alto de calidad con lo cual limita a que la selección de éstos se realice conforme al cálculo de diseño.

Junto con el cálculo de diseño de la estructura se conoce el peso y los parámetros que deben soportar, lo cual indica características que debe cumplir tanto la suspensión, ejes, frenos y patines.

Cada sistema a utilizar debe garantizar el uso para el cual fue fabricado y es por ésta razón que cuando se adquiere un producto es necesario que se revise que las garantías estén presentes y sobre todo buscar marcas reconocidas en el país puesto que de esta se garantizará su correcto funcionamiento.

En muchos casos consideran a un producto muy caro pero de mayor durabilidad se considera de mejor beneficio que el usar un producto de menor precio y por consiguiente de menor calidad ya que esto podría traer problemas al transportista porque se vería afectado con la para continua de su transporte.

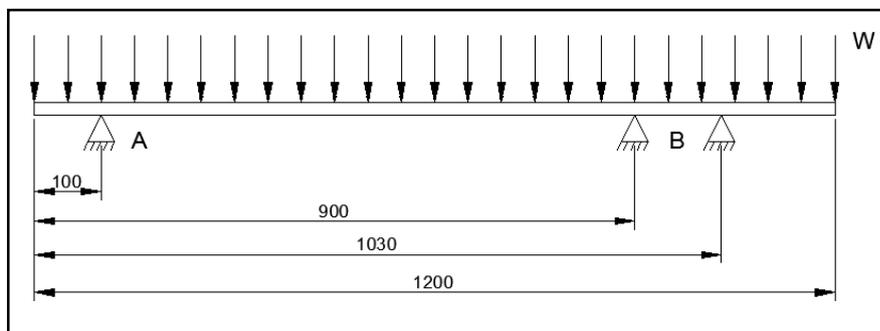
### 3.2 CONSIDERACIONES PARA DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES.

En base a un previo diseño y cálculo de materiales, la implementación se realiza con el fin de satisfacer requerimientos en la movilización por completo de la plataforma y así cumplir con el objetivo de brindar servicios como medio de transporte pesado dentro y fuera de la Universidad.

El diseño realizado para la construcción de la plataforma detalla puntos con los cuales se realizó el cálculo de diseño, estos puntos indican distancias en las cuales va a ser instalado el sistema de suspensión.

Al referirse al sistema de suspensión los puntos indican donde deben ser instalados los soportes de suspensión y la distancia que mantiene el King pin desde la parte frontal hacia la parte posterior.

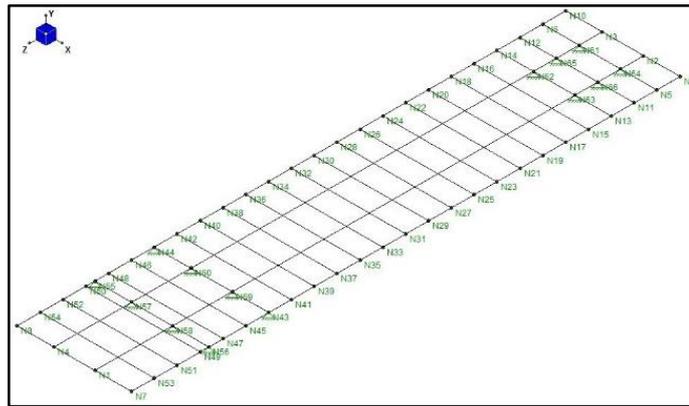
La figura 3.1, muestra la distancia de los puntos valorados para el diseño previo de la estructura.



**Figura 3.1. Distancias para la implementación.**

Fuente: Tesis (Narváez-Tibán, 2015)

La figura 3.2, muestra el análisis y cálculo realizado para el diseño en el cual se observa los largueros y travesaños dibujados en líneas, como también los puntos de apoyo en los lugares exactos que simularán los 2 ejes y la plancha del King pin, para éste diseño, gracias a los datos proporcionados por la tesis adjunta se conoce que el peso total de la estructura es de 3869.922 kg, (Narváez-Tibán, 2015), dato que sirve para ver la carga adicional que deben soportar los sistemas a ser instalados.

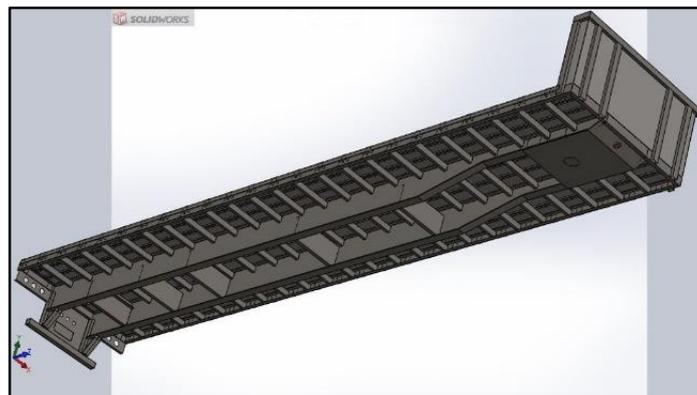


**Figura 3.2. Puntos de apoyo.**

Fuente: Tesis (Narváez-Tibán, 2015)

El diseño fue realizado calculando fuerzas en base a los puntos antes indicados, donde se muestra que la tesis esta apta para resistir las 15 toneladas para la cual fue diseñada, dando con dato general este tonelaje porque se trata de uno de los objetivos a cumplir.

En la figura 3.3, se puede observar que la estructura y cálculo del material está bajo márgenes de seguridad y con factores aptos para la construcción e implementación de sistemas.



**Figura 3.3. Diseño de la plataforma terminada.**

Fuente: Tesis (Narváez-Tibán, 2015)

Cada uno de los sistemas, deben brindar las especificaciones generales para su selección, datos proporcionados por catálogos del fabricante, estas características son mostradas en las tablas de la 3.1 a la 3.7:

**TABLA 3.1.**  
Especificaciones sistema suspensión

<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Número de paquetes
Número de soportes
Capacidad (Ton)
Número de ballestas x lado
Grosor de ballestas
Espacio del eje

**TABLA 3.2.**  
Especificaciones sistema de ejes

<b>SISTEMA DE EJES</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Número de ejes
Tipo de eje
Capacidad (Ton)
Número de espárragos
Tipo de freno
Diámetro del tambor

**TABLA 3.3.**  
Especificaciones sistema de frenos – pulmones delanteros

<b>SISTEMA DE PULMÓN DELANTERO</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Modelo
Carrera pulmón
Diámetro (anillo)
Alto total
Roscado de varilla
Entrada de aire
Varilla de empuje (largo)
Diámetro

**TABLA 3.4.**  
Especificaciones sistema de frenos – pulmones posteriores

<b>SISTEMA DE PULMÓN POSTERIOR</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Modelo
Carrera pulmón
Diámetro (anillo)
Alto total
Roscado de varilla
Entrada de aire
Varilla de empuje (largo)
Diámetro

**TABLA 3.5.**  
Especificaciones patines de apoyo

<b>PATINES DE APOYO</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Capacidad de carga estática (Ton)
Capacidad de elevación (Ton)
Engranaje alto (mm)
Engranaje bajo (mm)
Viaje máximo (mm)
Altura de montaje
Peso estándar (kg)

**TABLA 3.6.**  
Especificaciones king pin

<b>KING PIN</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Tipo de sujeción
Valor de carga (KN)
Dimensión del cuello
Grosor de la plancha

**TABLA 3.7.**  
Especificaciones neumáticos

<b>NEUMÁTICOS</b>
<b>ESPECIFICACIONES</b>
Rin
Ancho del aro
Capacidad de carga
Altura

### 3.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para el estudio de alternativas se toma como punto de partida los conceptos mencionados en el capítulo 2, dado que ello permitirá realizar un análisis de alternativas siempre y cuando se esté enfocado en los objetivos del presente proyecto.

Como se menciona anteriormente éste va enfocado en los sistemas a usar, es por ellos que se ve la necesidad de hacer un balance de alternativas que se pueden utilizar.

Con la ayuda de catálogos procedente de materiales usados en el Ecuador, se toma como datos para hacer tablas de alternativas, las mismas que servirán para la selección de los sistemas a instalar.

En base a las investigaciones con el fin de conocer las marcas de los productos de sistemas automotrices para uso en transporte pesado que ingresan en el Ecuador, cuyo objetivo es aportar y formar parte en la fabricación de remolques se identificó que la empresa Zimports, importadora de partes y componentes para diseño y construcción de remolques, ubicada en la ciudad de Latacunga-Ecuador y representada por el Ing. Eduardo Zambonino, empresa que en el concurso de compras públicas para la Universidad de las Fuerzas Armadas, ganó como distribuidor de los componentes para la plataforma, él mismo que adquiere sus productos por medio de dos empresas internacionales como son: Foshan Yonglitai y CRJ Auto y además garantiza que los sistemas proporcionados con sus respectivos catálogos son comercializados en el Ecuador.

### 3.3.1 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

#### ALTERNATIVA A

**TABLA 3.8.**  
Especificación suspensión alternativa A

<b>MECÁNICA CON BALLESTAS CONVENCIONALES</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Número de paquetes	2
Número de soportes	6
Capacidad (Ton)	13
Número de ballestas por lado	10
Grosor de ballestas	12-13 mm
Espacio entre ejes	1310 mm
Viga cuadrada del eje	112*127 mm

Fuente: Catálogo Zimports

**ALTERNATIVA B**

**TABLA 3.9.**  
Especificación suspensión alternativa B

<b>MECÁNICA CON BALLESTAS PARABÓLICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Número de paquetes	2
Número de soportes	6
Capacidad (Ton)	8
Número de ballestas	3-4
Grosor de ballestas	10-12 mm
Espacio entre ejes	1350 mm
Viga cuadrada del eje	100mm

Fuente: Catálogo CRJ auto

**3.3.2 SISTEMA DE EJES****ALTERNATIVA A**

**TABLA 3.10.**  
Especificación ejes alternativa A

<b>SISTEMA DE EJES CUADRADOS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Número de ejes	2
Largo (Track)	1820 mm
Capacidad (Ton)	12
Número de espárragos	10
Tipo de freno	Pulmón
Diámetro del tambor	420 mm

Fuente: Catálogo FOSHAN - YONGLITAI

**ALTERNATIVA B**

**TABLA 3.11.**  
Especificación ejes alternativa B

<b>SISTEMA DE EJE REDONDOS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Número de ejes	2
Largo (track)	1969 mm
Capacidad (Tn)	13
Número de espárragos	10
Tipo de freno	Pulmón
Diámetro del tambor	420 mm

Fuente: Catálogo CRJ auto

### 3.3.3 SISTEMA DE FRENOS

#### PULMÓN DELANTERO

##### ALTERNATIVA A

TABLA 3.12.  
Especificación pulmón delantero alternativa A

<b>SISTEMA DE PULMÓN DELANTERO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Modelo	T24
Carrera pulmón	64mm
Diámetro (pulmón)	232mm
Alto total	123 +/- 5 mm
Roscado de varilla	5/8´-18UNF2A
Entrada de aire	3/8"-18NPTF
Varilla de empuje (largo)	200 +/-4 mm
Diámetro cámara con anillo	180.mm

Fuente: Catálogo FOSHAN – YONGLITAI

##### ALTERNATIVA B

TABLA 3.13.  
Especificación pulmón delantero alternativa B

<b>SISTEMA DE PULMÓN DELANTERO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Modelo	T30
Carrera pulmón	64mm
Diámetro (pulmón)	250
Alto total	123 +/- 5 mm
Roscado de varilla	5/8´-18UNF2A
Entrada de aire	3/8"-18NPTF
Varilla de empuje (largo)	200 +/-4 mm
Diámetro cámara con anillo	200 mm

Fuente: Catálogo FOSHAN – YONGLITAI

#### PULMÓN POSTERIOR

##### ALTERNATIVA A

TABLA 3.14.  
Especificación pulmón posterior alternativa A

<b>SISTEMA DE PULMÓN POSTERIOR</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Modelo	T24/24
Carrera pulmón	64mm

CONTINÚA →

Diámetro (pulmón)	232mm
Alto total	224 +/- 5 mm
Roscado de varilla	5/8´-18UNF2A
Entrada de aire	3/8"-18NPTF
Varilla de empuje (largo)	265 +/- 4 mm
Diámetro cámara con anillo	180 mm

Fuente: Catálogo FOSHAN – YONGLITAI

## ALTERNATIVA B

**TABLA 3.15.**  
Especificación pulmón posterior alternativa B

<b>SISTEMA DE PULMÓN DELANTERO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Modelo	T30/30
Carrera pulmón	64mm
Diámetro (pulmón)	250 mm
Alto total	238 +/- 5 mm
Roscado de varilla	5/8´-18UNF2A
Entrada de aire	3/8"-18NPTF
Varilla de empuje (largo)	265 +/-4 mm
Diámetro cámara con anillo	200 mm

Fuente: Catálogo FOSHAN – YONGLITAI

## 3.3.4 PATINES DE APOYO

### ALTERNATIVA A

**TABLA 3.16.**  
Especificación patines alternativa A

<b>PATINES DE APOYO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Capacidad de carga estática (Tn)	80
Capacidad de elevación (Tn)	28
Engranaje alto (mm)	5.42
Engranaje bajo (mm)	0.72
Viaje máximo (mm)	14"17"19
Altura de montaje	"730 806 857
Peso estándar (kg)	102 108 112

Fuente: Catálogo CRJ – Auto.

## ALTERNATIVA B

**TABLA 3.17.**  
Especificación patines alternativa B

<b>PATINES DE APOYO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Capacidad de carga estática (Tn)	80
Capacidad de elevación (Tn)	22
Engranaje alto (mm)	6
Engranaje bajo (mm)	0.79
Viaje máximo (mm)	430
Altura de montaje	788
Peso estándar (kg)	87

Fuente: Catálogo CRJ – Auto

### 3.3.5 KING PIN

## ALTERNATIVA A

**TABLA 3.18.**  
Especificación king pin alternativa A

<b>KING PIN</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Tipo de sujeción	Soldado
Valor de carga (KN)	174 – 340
Dimensión del cuello	50 mm
Grosor de la plancha	10 mm

Fuente: Catálogo K-HITCH

## ALTERNATIVA B

**TABLA 3.19.**  
Especificación king pin alternativa B

<b>KING PIN</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Tipo de sujeción	Empernado
Valor de carga (KN)	240
Dimensión del cuello	50 mm
Grosor de la plancha	12 mm

Fuente: Catálogo CRJ-Auto

### 3.3.6 NEUMÁTICOS

**TABLA 3.20.**  
Especificación de neumáticos

<b>NEUMÁTICOS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Rin	22.5
Ancho del aro	9
Capacidad de carga	3150-3550
Altura	80% - Ancho
Ancho	295 m

## CAPÍTULO IV

### SELECCIÓN DE SISTEMAS

#### 4.1 SELECCIÓN DE SUSPENSIÓN

Para la selección de la suspensión se basa en el objetivo principal que es la de soportar las 15 toneladas netas, adicionalmente la suspensión debe soportar 3869.922 kg que es el peso de la estructura.

Como referencial para tomar como peso final se establece que se debe sumar una sobre carga que corresponde al 10% de la carga transportada, que es un rango de seguridad para evitar accidentes por sobre carga. (Narváez-Tibán, 2015).

La carga total de la plataforma es de:

$$CT = CD + Sg + Cest \quad \text{Ecuación 4.1}$$

$$CT = (15000 + 1500 + 3869.922)kg$$

$$CT = 20.369,922 \text{ kg}$$

$$CT = 20.36922 \text{ Ton}$$

$CT \rightarrow$  Carga total

$CD \rightarrow$  Carga diseño

$Sg \rightarrow$  Sobrecarga

$Cest \rightarrow$  Carga estructura

Tomando en cuenta las alternativas para la suspensión estudiadas en el capítulo 3, se selecciona la alternativa A de la tabla 3.8, la misma que presenta como características el ser una suspensión mecánica con ballestas convencionales y por su capacidad de carga de 13 toneladas, las mismas que sumadas dan un soporte de 26 Ton con la cual se observa que se cubre el total del pesaje de la plataforma.

La suspensión es un modelo proporcionado por ZIMPORTS modelo europeo, ésta suspensión posee las siguientes características resumidas en la tabla 4.1 y obtenidas del catálogo del ANEXO A.

**TABLA 4.1.**  
**Características suspensión**

<b>MODELO</b>	<b>EUROPEO</b>
Número de paquetes	2
Número de soportes	6
Capacidad (Tn)	13
Viga cuadrada del eje	112*127 mm
Número de ballestas	10
Grosor de ballestas	12-13mm
Distancia entre soportes	1170 mm
Espacio del eje	1310 mm
Ballestas (ancho, espesor, capas)	90mm,13mm,10

#### 4.2 SELECCIÓN DE EJES

Para la selección de los ejes se toma en cuenta su característica de seguridad, fácil montaje a la suspensión y conociendo el peso total de carga de la plataforma que es de 20.369,922 kg.

Una vez analizado la carga total de los ejes se procede a seleccionar la alternativa más conveniente, de las opciones indicadas en el capítulo 3, para el correcto desempeño de la plataforma y conociendo que el diseño de la estructura está fabricada para la uso en dos ejes.

Como prueba adicional para la selección de los ejes, basándose en la norma mexicana de construcción de semirremolques, inciso 4.1.3.1. (S.C.T, 2010), donde con los datos de las alternativas se tiene:

$$\text{Peso bruto: } CDE * 1.7 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$\text{Descarga máxima : } CDE/1.1764 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Donde el CDE: capacidad de diseño del eje (valor proporcionado por el catálogo del fabricante).

Alternativa A → 12Ton (12000kg)

$$\text{Peso bruto: } CDE * 1.7$$

$$\text{Peso bruto: } (2 * 12000) * 1.7$$

*Peso bruto: 40.800 Kg*

Descarga máxima

*Descarga máxima : CDE/1.1764*

*Descarga máxima : (2 \* 12000)/1.1764*

*Descarga máxima : 20.401,22 Kg*

Alternativa B → 13 Ton

*Peso bruto: CDE \* 1.7*

*Peso bruto: (2 \* 13000) \* 1.7*

*Peso bruto: 44.200 Kg*

Descarga máxima

*Descarga máxima : CDE/1.1764*

*Descarga máxima : (2 \* 13000)/1.1764*

*Descarga máxima : 22.101,32 Kg*

En la figura 4.1, se muestra el rango de valores mínimos de capacidad de los ejes establecida según la norma mexicana, donde se puede ver que los ejes S2, poseen un valor de capacidad de diseño mínimo para calificar como sistemas dos ejes de 20.000 kg en estado normal y por consiguiente la descarga máxima para éste valor de capacidad de diseño, es de 17.000 kg y el peso bruto que se genera es de 34.000 kg. Como se indica en las ecuaciones siguientes que son tomadas de las ecuaciones 4.2 y 4.3:

*Peso bruto: CDE \* 1.7*

*Peso bruto: 20000 \* 1.7*

*Peso bruto: 34000 Kg*

*Descarga máxima : CDE/1.1764*

*Descarga máxima : 20000/1.1764*

*Descarga máxima : 17000 Kg*

En la norma mexicana en el inciso 6.1.2.2 se establece que: "El peso bruto vehicular máximo autorizado para los vehículos y configuraciones vehiculares, se podrá incrementar en 1,5 Ton en cada eje motriz y 1,0 Ton en cada eje de

carga exclusivamente cuando circulen por caminos”, por ésta razón es que se incrementa un valor de 2 Ton a los 17.000 kg dando un valor de 19 000 kg, que es un valor máximo de descarga permitido para seleccionar ejes de capacidad de diseño mínimo de 22.353 kg, éste valor es dado para que se pueda seleccionar alternativas de catálogos de ejes.

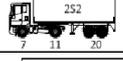
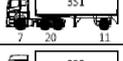
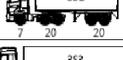
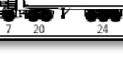
Tipo de semirremolque	Servicio	Descarga máxima permitida (NOM-012-SCT-2-2008). Referencia		Suma de Capacidad de Diseño de Ejes (CDE) min.		Peso Bruto Vehicular de Diseño (PBVD) min.	
		kg	lb	kg	lb	kg	lb
S1	Normal	10 000	22 046	11 764	25 937	20 000	44 093
	Con peso adicional según numeral 6.1.2.2*	11 000	24 251	12 941	28 531	22 000	48 502
S2	Normal	17 000	37 479	20 000	44 093	34 000	74 958
	Con peso adicional según numeral 6.1.2.2*	19 000	41 888	22 353	49 280	38 000	83 776
S3	Normal	23 500	51 809	27 647	60 952	47 000	103 618
	Con peso adicional según numeral 6.1.2.2*	26 500	58 423	31 176	68 733	53 000	116 846

**Figura 4.1. Tabla de rangos de capacidad mínima de los ejes y suspensión.**

Fuente:[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5161336&fecha=30%2F09%2F2010](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5161336&fecha=30%2F09%2F2010)

De acuerdo al análisis realizado los ejes no sobrepasan el nivel de peso bruto vehicular de diseño por consiguiente están dentro de los S2, donde la alternativa A, tiene un valor de capacidad por eje de 12 Ton mostrado en la tabla 3.10 y al ser dos los ejes de instalación, da un valor de 24 Ton (24000 kg) el valor máximo de carga que ésta genera es de 20.401,22 kg a comparación del valor de peso total de la estructura que es de 20.369,922kg se puede ver que ésta alternativa satisface la necesidad, la alternativa también presenta la característica de ser un eje cuadrado de fácil acoplamiento a las monturas de la suspensión, y se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma.

No se toma en cuenta la alternativa B ya que por su difícil instalación, longitud mayor que provocaría que los neumáticos sobresalieran a la dimensión de 2.60 metros, distancia establecida por el MTOP y el peso bruto que llega a casi los valores de S3, valores que estarían sobredimensionados para la solución como se observa en la figura 4.2 y se comprueban en las siguientes ecuaciones.

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

**Figura 4.2. Longitud máxima permitida**

Fuente: [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/15-07-2012\\_comunicado\\_transportistas\\_carga\\_pesada.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/15-07-2012_comunicado_transportistas_carga_pesada.pdf),

*Limite máximo plataforma = 2.60 m*

*Distancia del Track al Filo de rueda = 33 cm*

*Donde:*

$$\# \text{ruedas influencia} = 2 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$\text{distancia} = 2 * 33\text{cm}$$

$$\text{distancia} = 66 \text{ cm}$$

*Entonces:*

*Eje cuadrado*

$$\text{Largo} = \text{Track} + \text{distancia} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

$$\text{Largo} = 182 \text{ cm} + 66 \text{ cm}$$

$$\text{Largo} = 248 \text{ cm} \rightarrow 2.48\text{m}$$

*Eje redondo*

$$\text{Largo} = \text{Track} + \text{distancia}$$

$$\text{Largo} = 196,9 \text{ cm} + 66 \text{ cm}$$

$$\text{Largo} = 262,9 \text{ cm} \rightarrow 2,63 \text{ m}$$

Los ejes seleccionados para la plataforma son de la marca: Foshan - Yonglitali modelo LTD12K11 que tiene un límite máximo de carga por eje de 12 toneladas a 105 Km/h indicados en la tabla 4.2, datos proporcionados por el catálogo del ANEXO B.

TABLA 4.2.  
Características del eje

<b>SISTEMA DE EJES CUADRADOS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Número de ejes	2
Largo (Track)	1820 mm
Capacidad (Tn)	12
Número de espárragos	10
Tipo de freno	Pulmón
Diámetro del tambor	420 mm

Fuente: Catálogo FOSHAN - YONGLITAI

Estos ejes por su diseño vienen acoplados con tambores de diámetro interior de 420mm, para lo cual usan unas zapatas marca CRJ AUTO modelo 4516 del catálogo en el ANEXO C.

#### 4.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES DE FRENADO.

Los ejes seleccionados anteriormente vienen equipados por un sistema de frenos de accionamiento por leva en S, por tal razón, no se realiza un análisis del tipo de freno a utilizar, sino directamente se analiza los pulmones de accionamiento para que éste sistema funcione.

Para la selección de los mismos se basa en la capacidad de llenado en las cámaras, analizando la sección 4.1.5.5 de la norma mexicana, dónde establece que: "El tamaño mínimo de las cámaras deben ser de 193.5 cm<sup>2</sup> y la carrera debe ser de 63.5 mm como valor mínimo". (S.C.T, 2010).

Tomando en cuenta éstas consideraciones se procede a calcular el tamaño mínimo de las cámaras las mismas que se encuentran mostradas en la tabla 4.3. Obtenidas del manual de frenos de aire Bendix y se puede ver en el ANEXO D.

TABLA 4.3.  
Datos usados para la selección

<b>TIPO</b>	<b>AREA EFECTIVA DEL DIAFRAGMA</b>	<b>TAMAÑO DE LA CÁMARA</b>	<b>LIBRAS DE FUERZA A 30 PSI</b>	<b>LIBRAS DE FUERZA A 60 PSI</b>
T24	24 plg <sup>2</sup>	154.83 cm <sup>2</sup>	720	1440
T30	30 plg <sup>2</sup>	193.54 cm <sup>2</sup>	900	1800

De acuerdo al análisis de la norma se puede observar que las alternativas de selección cumplen con el punto mínimo de la carrera ya que en ambos casos tienen un valor de 64 mm, pero la segunda opción de ésta norma, únicamente cumple la alternativa B.

Los pulmones posteriores son de doble accionamiento, debido a que sirven como frenos de bloqueo para el estacionamiento y ayudan en el frenado de la plataforma.

Estos van instalados únicamente en la parte posterior con el fin de evitar arrastrar los neumáticos del eje delantero en caso de fuga de aire o bloqueo de frenos.

De acuerdo a las características mencionadas se procede a la selección de alternativas, dónde se selecciona a la alternativa B de las tablas 3.13 y 3.15, tanto para pulmones de simple accionamiento como para los de doble accionamiento, los cuales poseen las características indicadas en la tabla 4.4 y 4.5.

**TABLA 4.4.**  
Características del pulmón delantero

<b>SISTEMA DE PULMÓN DELANTERO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Modelo	T30
Carrera pulmón	64mm
Diámetro (pulmón)	250
Alto total	123 +/- 5 mm
Roscado de varilla	5/8´-18UNF2A
Entrada de aire	3/8"-18NPTF
Varilla de empuje (largo)	200 +/-4 mm
Diámetro cámara con anillo.	200 mm

Fuente: Catálogo FOSHAN – YONGLITAI

Los pulmones utilizados en la parte delantera de simple accionamiento son de la marca Foshan-Yonglitai, el modelo T30, datos se muestran en la tabla 4.4, obtenidas del catálogo en el ANEXO D.

**TABLA 4.5.**  
**Características del pulmón posterior.**

<b>SISTEMA DE PULMÓN DELANTERO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES</b>
Modelo	T30/30
Carrera pulmón	64mm
Diámetro (anillo)	250 mm
Alto total	238 +/- 5 mm
Roscado de varilla	5/8´-18UNF2A
Entrada de aire	3/8"-18NPTF
Varilla de empuje (largo)	265 +/-4 mm
<b>Diámetro cámara</b>	<b>200 mm</b>

Fuente: Catálogo FOSHAN – YONGLITAI

Para el eje posterior se utilizan los pulmones de doble accionamiento de la marca Foshan-Yonglitai, el modelo T30/30, con las características, descritas en la tabla 4.5, obtenidas del catálogo en el ANEXO D.

Una vez seleccionados los pulmones, para la selección del depósito o tanque de aire se toma en cuenta los parámetros establecidos en la norma mexicana en los incisos 4.1.5.1 y 5.1.1.8.1, dónde establece que: “La capacidad de los tanques para la operación de los frenos debe ser de 8 veces el volumen de la sección de servicio de las cámaras de frenos instaladas. El volumen certificado de las cámaras de frenos se multiplica por 2, por el número de ejes de la unidad y por 8, se compara el volumen del tanque”. (S.C.T, 2010).

*Volúmen de los pulmones*

$$V = A \times h$$

Ecuación 4.6

$$V = 193.5 \text{ cm}^2 \times 6.4 \text{ cm}$$

$$V = 1238.4 \text{ cm}^3 \rightarrow 1.24 \text{ l}$$

*Capacidad del tanque*

$$CT = V \times 2 \times 8$$

Ecuación 4.7

$$CT = 1.24 \times 2 \times 8$$

$$CT = 19.84 \text{ l}$$

En catálogos de comercialización existen diferentes tipos de tanques de acuerdo a su volumen como se muestra en el ANEXO E, existen depósitos desde 20 l, haciendo comparación con la capacidad que necesitamos se puede usar uno de 20 l pero por razones de seguridad debido a puede existir fugas en el sistema y basando en la norma mexicana donde se establece que “La capacidad de las cámaras a considerar puede ser de un valor de 1,556 l” (S.C.T, 2010), con éste dato se tiene una capacidad del tanque de 24.89 l obtenido de la ecuación 4.7, razón por la cual se selecciona un tanque de 25 l.

*Capacidad del tanque*

$$CT = V * 2 * 8$$

$$CT = 1.556 * 2 * 8$$

$$CT = 24,89l \rightarrow 25 l.$$

Para la selección de la válvula para el sistema frenos se toma en cuenta que según BENDIX una válvula de relé 6 está calibrada de 70 Psi hasta los 150 Psi, presión máxima que puede existir en un sistema de frenos.

La norma mexicana menciona en el inciso 4.1.5.1 que: “Toda toma de aire adicional a los sistemas de frenos debe estar protegida con una válvula protectora de presión calibrada a 4,8 MPa, (70 lb/in<sup>2</sup>) para evitar la pérdida de aire en caso de rotura de mangueras de aire a sistemas auxiliares.”

Por lo mencionado anteriormente se selecciona la válvula R-6 marca FAQP, que es una válvula de Relé 6 calibrada a 70 Psi (70 lb/in<sup>2</sup>) cumpliendo con la norma mexicana, la cual posee una capacidad máxima de presión de 150 Psi, como se puede observar en la tabla 4.6, datos obtenidos del catálogo del ANEXO F.

**Tabla 4.6.**  
**Especificaciones del catálogo.**

<b>VÁLVULA RELÉ</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALOR</b>
Modelo	R6
Presión	Máx. 150 Psi
Entrada de aire	3/8"
Puertos de cámaras	4 salidas
Puertos de servicio	1

**CONTINÚA** 

Puertos de suministro de emergencia	1
-------------------------------------	---

Fuente: Zimports

Para la selección de las mangueras la norma mexicana menciona que éstas deben cumplir con la norma SAE J844 (SAE, 2012), es por ello que se selecciona para la implementación la manguera SYNFLEX AIR BRAKE 3250-06 SAE J844 TYPE B TUBING (NYLON 11) 3/8" con sus características indicadas en el ANEXO G, la cual cumple con la norma SAE J844, que establece que es una "manguera especialmente diseñada para sustituir los tubos metálicos en los sistemas de frenos de aire de camiones, tracto camiones y vehículos pesados, con una presión máxima de trabajo de 150 Psi", conociendo que la presión de aire estándar en el sistema de frenos es de 142 Psi como se puede ver en la figura 4.3 obtenida de la página 6-22 del manual del propietario del cabezal Hino 700 detallado en el ANEXO H.

Presión normal de aire
880 – 980 kPa
{9.0 – 10.0 kgf/cm <sup>2</sup> , 129 – 142 lbf/pulg. <sup>2</sup> }

**Figura 4.3. Presión de aire estándar**

Fuente: Manual de usuario del Hino 700

Los neoplos y acoples de cabeza para el sistema son de 3/8", características mostradas en el ANEXO I, obtenidas del catálogo GATES (Latón), de acuerdo a la medida para la manguera que también es de 3/8", usada ésta manguera por la entrada y salida de los sistemas de los pulmones ya especificado anteriormente.

#### 4.4 SELECCIÓN DE PATINES DE APOYO

Para la selección del patín de apoyo se toma en cuenta la norma mexicana que establece que para la selección de éste sistema, debe cumplir con la carga estática mínima de 63500 kg (S.C.T, 2010), de tal forma que el remolque sea levantado con la carga para la cual fue diseñada la plataforma.

Es por ésta razón que la alternativa seleccionada es la opción A, de la tabla 3.16, en la que se muestra que ésta posee una capacidad de carga estática de 80 Ton y capacidad de elevación de 28 Ton a comparación de la alternativa B en la tabla 3.17, dónde la capacidad de elevación de 22 Ton es menor limitando la distancia de equilibrio de la plataforma. Dado esto se puede observar que la selección A cumple con lo estipulado en la norma y se la puede aplicar para la instalación en la plataforma.

La plataforma usa patines de apoyo con manivela de accionamiento unilateral modelo CRJL-28TAF de acuerdo al catálogo, como se puede ver en la figura 4.4.



**Figura 4.4. Patines de apoyo**  
Fuente: Catálogo CRJ-AUTO

Estos patines presentan dos velocidades de accionamiento las cuales permiten una mayor eficiencia de trabajo al momento de subir o bajar los patines, se debe usar la velocidad lenta al momento de subir el remolque con carga.

Como sistema de emergencia y advertencia tiene una marca de seguridad como límite de elevación en el patín, donde se realiza el accionamiento de la guarnición de piñones.

Las características más importantes de los patines de apoyo se detallan a continuación en la tabla 4.7, tomada del catálogo en el ANEXO J.

**TABLA 4.7.**  
**Características principales de los patines**

PATINES DE APOYO	
ESPECIFICACIONES	VALORES
Capacidad de carga estática (Ton)	80
Capacidad de elevación (Ton)	28
Engranaje alto (mm)	5.42
Engranaje bajo (mm)	0.72
Viaje máximo (mm)	14"17"19
Altura de montaje	730 806 857
Peso estándar (kg)	102 108 112

Fuente: Catálogo CRJ – Auto

#### 4.5 SISTEMA DE ALUMBRADO

Dentro del sistema eléctrico la implementación se realiza basándose en la norma INEN 1155 (INEN, 2009), la cual indica la cantidad, tipo, y ubicación de luces.

En las tablas de la 4.8 a la 4.10, se indica la cantidad de luces y catadióptricos que se deben instalar en función a las dimensiones de la plataforma.

**TABLA 4.8.**  
**Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras laterales**

LUCES INDICADORAS LATERALES	CANTIDAD Mín. por cada lado	UBICACIÓN	COLOR (ver Anexo A)
Luces de posición	Según la longitud del vehículo	La primera luz debe estar instalada a no más de 3 m, medido desde el plano frontal del vehículo, la distancia entre las siguientes luces no debe exceder de 3 m. Cuando la estructura no lo permita se podrá ampliar a 4 m. Al menos una luz debe ubicarse en el tercio medio del vehículo. La distancia entre la última luz y el plano posterior no debe ser mayor a 1 m	Ámbar
Luces direccionales (ver nota 4)	1	Máximo a 1 800 mm medidos a partir del plano frontal del vehículo y a una altura comprendida entre 500 mm y 1 500 mm	Ámbar
Luces de emergencia (ver nota 4 y 5)	1	Máximo a 1 800 mm medidos a partir del plano frontal del vehículo y a una altura comprendida entre 500 mm y 1 500 mm	Ámbar

**NOTA 4.** La frecuencia de los destellos debe ser de  $90 \pm 30$  períodos por minuto.

**NOTA 5.** Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia

Fuente: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.n.1155.2009.pdf>

**TABLA 4.9**  
**Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores**

<b>LUCES INDICADORAS POSTERIORES</b>	<b>CANTIDAD Mínima</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>COLOR (ver Anexo A)</b>
Luces de posición	1 por lado	A no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto de la calzada (hasta 2 100 mm cuando la carrocería no lo permita)	Rojo
Luces direccionales (ver nota 6)	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tracto-camiones).	Ámbar o rojo
Luces de emergencia (ver nota 6 y 7)	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tracto-camiones)	Ámbar o rojo
Luces de volumen (ver nota 8)	1 por lado	A la máxima altura posible y no más de 400 mm desde los extremos laterales.	Rojo
Luces de reversa (ver nota 9)	1	A una altura máxima de 1 200 mm de la calzada.	Blanco
Luces de freno	1 por lado	En su parte posterior a no más de 400 mm de los extremos laterales y a una altura entre 350 y 1 500 mm (hasta 2 100 mm para camiones o tracto-camiones).	Rojo
Luz de freno central (ver nota 10)	1	Central en su parte posterior	Rojo
Luz de placa	1	La necesaria para iluminar la placa	Blanco

**NOTA 6. La frecuencia de los destellos debe ser de  $90 \pm 30$  períodos por minuto.**

**CONTINÚA** 

**NOTA 7. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia.**

**NOTA 8. Aplicables a vehículos con carrocerías mayores a 2 100 mm de ancho.**

**NOTA 9. Para vehículos con longitud mayor a 6 000 mm deben disponer de mínimo 1 a cada lado.**

**NOTA 10. No obligatorio para chasis combinados, vehículos de carga con espacio abierto y para vehículos con longitud mayor a 6 000 mm.**

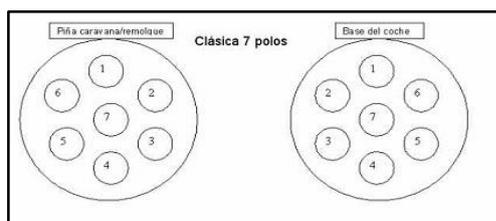
Fuente: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1155.2009.pdf>

**TABLA 4.10.**  
**Cantidad, ubicación y color de los dispositivos catadióptricos**

DISPOSITIVOS CATADIÓP- TRICOS	TIPO	CANTIDAD Mínima	APLICACIÓN	COLOR (ver Anexo A)
Delanteros	No triangulares	1 por lado	Obligatorio para vehículos automotores con un ancho mayor a 2 100 mm	Blanco
Laterales	No triangulares	Ver tabla 4.9. ubicación luces de posición	Obligatorio para vehículos automotores con una longitud mayor a 6 000 mm	Ámbar, o rojo cuando es incorporado al faro posterior
Posteriores	No triangulares	1 a cada lado	Obligatorio para todo vehículo automotor	Rojo
	Triangulares	1 a cada lado	Obligatorio para vehículos automotores con una longitud mayor a 6 000 mm	Rojo

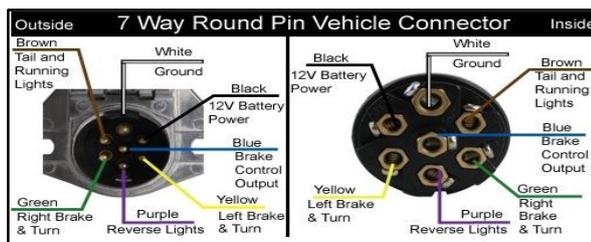
Fuente: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1155.2009.pdf>

El conector para la cabina utilizado en la plataforma es de marca TKS de 7 pines numerados de acuerdo a la figura 4.5, con la disposición de 7 pines utilizado generalmente para plataforma como se muestra en la figura 4.6.



**Figura 4.5. Numeración de pines**

Fuente: <http://www.tortugatt.com/brico/conexremolque.htm>



**Figura 4.6. Disposición de pines**

Fuente: [http://grupos.emagister.com/imagen/conector\\_7\\_pines\\_kenworth\\_para\\_luces\\_de\\_trailer/3934-1058770](http://grupos.emagister.com/imagen/conector_7_pines_kenworth_para_luces_de_trailer/3934-1058770)

## 4.6 KING PIN

El King pin es uno de los elementos más importantes de la plataforma, por ésta razón los fabricantes han diseñado de manera que éste sea altamente resistente y confiable para realizar su trabajo.

Para la selección del sistema se toma en cuenta el peso que se debe soportar para vencer el estado estático de la plataforma, es por ésta razón que debe ser de un valor mayor a 21.872,42 kg, dato obtenido de la tabla 5.2 de la tesis adjunta (Narváez-Tibán, 2015), como se puede observar en la tabla 4.11.

**Tabla 4.11.**

**Valor de pesos sistema según tesis adjunta tabla 5.2**

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

Fuente: (Narváez-Tibán, 2015)

Donde:

$$Peso\ total = P.\ carga + P.\ sistemas + 10\% P.\ carga \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$Peso\ total = 15000 + 5372.422 + 1500$$

$$Peso\ total = 21872.422\text{kg}$$

Con este dato se calcula la fuerza total que debe tener por tiro el King pin, éste debe ser igual o superior.

*fuerza total*

$$fuerza = masa * gravedad \quad \text{Ecuación 4.9}$$

$$fuerza = 21872,422\text{ kg} * 9.81\text{ m/s}^2$$

$$fuerza = 214568,44\text{ N} \rightarrow \mathbf{214.568,44\text{KN}}$$

Analizando el resultado se puede decidir que la alternativa a seleccionar es la A tomada de la tabla 3.18, ya que ésta brinda mayor seguridad por la capacidad de fuerza de arrastre que posee con un valor de 174-340 KN, la misma que está sobredimensionada a la necesidad y se toma en cuenta que también existe una fuerza de rozamiento que debe ser vencida, porque existe contacto del neumático con la superficie, donde el valor de  $\mu$  de rozamiento es de 0.6 (CAUSA DIRECTA, 2013).

El King ping que se instala en la plataforma es de la marca K-HITCH modelo soldado, de 50 mm de dimensión de cuello.

K-HITCH recomienda que éste elemento debe ser soldado con un filete de 6 mm y en planchas de 8 a 12 mm. A continuación en la tabla 4.12, se detalla ciertas características obtenidas del catálogo que se encuentra en el ANEXO K.

**TABLA 4.12.**  
Características del king pin

KING PIN	
ESPECIFICACIONES	VALORES
Tipo de sujeción	SOLDADO
Valor de carga (KN)	174 - 340
Dimensión del cuello	50 mm
Grosor de la plancha	10 mm

Fuente: Catálogo K-HITCH

## 4.7. NEUMÁTICOS

Para la selección de alternativas de neumáticos, se debe tomar en cuenta las características de los neumáticos instalados en el cabezal ya que de ésta manera se garantiza una uniformidad en éste sistema, también se debe tomar en cuenta que éstos posean las características mencionadas en la tabla 3.20, y por la capacidad de carga. Por esta razón cualquier neumático que esté bajo éstos estándares cumplirá con la necesidad.

Los neumáticos instalados en el cabezal poseen las características de ser un neumático de rin 22.5 y el ancho del aro es de 9 in.

*Capacidad total de carga = capacidad carga x #neumáticos* Ecuación 4.10

$$Capacidad\ total\ de\ carga = 3.550 \times 8\ kg$$

$$Capacidad\ total\ de\ carga = 28.400\ kg$$

En las figuras 4.7 y 4.8 se puede observar las características que los fabricantes recomiendan y su capacidad de carga, de acuerdo a la superficie donde van a trabajar y el peso que van a soportar.

Código de Velocidad	Velocidad Máxima (mph)	Velocidad Máxima (km/h)	Tipo de Neumático
L	75 mph	120 km/h	Neumáticos Todoterreno/Camiones ligeros
M	81 mph	130 km/h	
N	87 mph	140 km/h	Neumáticos de repuestos temporales
P	93 mph	150 km/h	
Q	99 mph	160 km/h	Neumáticos de invierno con o sin pernos
R	106 mph	170 km/h	Camiones ligeros para trabajo pesado
S	112 mph	180 km/h	Sedán familiar y furgonetas
T	118 mph	190 km/h	Sedán familiar y furgonetas
U	124 mph	200 km/h	
H	130 mph	210 km/h	Sedán deportivo y cupé
V	149 mph	240 km/h	Sedán deportivo, cupé y autos deportivos
W	168 mph	270 km/h	Autos deportivos exóticos
Y	186 mph	300 km/h	Autos deportivos exóticos

**Figura 4.7. Nomenclatura en letras de los neumáticos según el uso**

Fuente: <https://www.google.com.ec/#q=capacidad+de+carga+neumaticos>

SIZE	PLY RATING	SPEED RATE	LOAD INDEX	MAX LOAD		S.W MM	O.D MM	PATTER N
				SINGLE	DUAL			
10R22.5	16	M	144/142	2800	2650	254	1018	366
10.00R20	18	L	149/146	3250	3000	273	1053	100/300/307
11R22.5	16	M	146/143	3000	2725	279	1050	366
11R22.5	16	M	146/143	3000	2725	279	1054	660/785
11.00R20	18	L	152/149	3550	3150	287	1087	100/300
11.00R20	18	L	152/149	3550	3250	287	1067	301
11R24.5	16	L	149/146	3250	3000	279	1103	600
11R24.5	16	L	149/146	3250	3000	279	1103	660
12.00R20	18	L	154/151	3750	3450	310	1122	100/300
12.00R20	18	L	154/151	3750	3450	310	1122	302
12.00R24	20	K	160/157	4500	4125	313	1226	309
12R22.5	18	M	152/148	3550	3150	300	1084	786/766/366
315/80R22.5	20	M	157/154	4125	3750	314	1075	766/786/110

**Figura 4.8. Capacidad de carga del neumático**

Fuente: <https://www.google.com.ec/#q=capacidad+de+carga+neumaticos>

Analizada las características mencionadas se detalla un listado de neumáticos que son comercializados en el Ecuador y que cumplen con los estándares y pueden ser usados.

- **HANKOOK – AH15**
- **GOODYEAR - Kmax T**
- **XC CONTINENTAL - HRS 2**
- **CONTINENTAL - HSR 1**
- **HANSKSUGI - Hs26**
- **MICHELIN - X MULTIWAY**
- **GENERAL TIRE - GRABBER OA**

De acuerdo a los neumáticos que se encuentran en el cabezal, en la plataforma se colocan neumáticos de marca CONTINENTAL HRS los cuales cumplen con todas las características para dar homogeneidad al conjunto y brindar funcionalidad, y permitir realizar el protocolo de pruebas.

## CAPÍTULO V

### IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS

#### 5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA IMPLEMENTACIÓN

Después de realizar un análisis en base a los componentes que se va a utilizar para los diferentes sistemas de la plataforma, se debe iniciar con la implementación de sistema de suspensión y acople para un remolque tipo cama alta para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tomar en cuenta el diseño de la estructura y cuáles son los puntos de apoyo donde deben ir instalados los sistemas, en la figura 5.1 se puede observar la estructura sin los sistemas.
- Espacio de trabajo para el proceso de implementación debido a que debe existir espacio suficiente tanto para las herramientas a utilizarse como también para los componentes a ser instalados, como se puede observar en la figura 5.2, el lugar elegido cumple con las características.
- Considerar la seguridad del personal como prioridad al momento de realizar el trabajo de implementación con el objetivo de evitar accidentes laborales.
- Mano de obra necesaria y calificada para realizar el trabajo
- Componentes existentes en el mercado tanto para la implementación como también para repuestos.
- Herramientas y maquinaria adecuada para éste tipo de trabajo.



Figura 5.1. Estructura para plataforma



Figura 5.2. Foto del taller

## 5.2 DETERMINACIÓN DE DIAGRAMAS DE PROCESOS

### 5.2.1 OPERACIONES TECNOLÓGICAS

En la tabla 5.1, se detalla las actividades a realizar por el personal de trabajo durante el proceso de implementación de sistemas en la plataforma.

**TABLA 5.1.**  
Operaciones tecnológicas

N° DE OPERACIÓN	OPERACIÓN
1.	Medición y Trazado
2.	Corte del material
3.	Limpieza/Limpieza rebabas o escoria
4.	Taladrado
5.	Doblado
6.	Sujeción de componentes
7.	Proceso de Soldadura
8.	Esmerilado
9.	Regulación o calibración
10.	Ensamblaje componentes

### 5.2.2 CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA CONSTRUCCIÓN.

En la tabla 5.2, se detalla la simbología indicando cada proceso y operación que se llevará a cabo para la implementación de sistemas, por ser una simbología no necesariamente nos indica un orden a seguir, el orden es

dado de acuerdo al proceso y a la necesidad durante el trabajo de implementación.

**TABLA 5.2.**  
**Simbología**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Inicio o finalización
	Proceso (Operación tecnológica)
	Inspección
	Datos
	Decisión
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

Para el proceso de implementación se detalla los pasos que se deben cumplir en cada una de las actividades a realizar, para ello se crean cuadros de diagramas que estarán contemplados conjuntamente y especificado en los ANEXOS L al T, los mismos que seguirán el orden que a continuación se detallan.

En los diagramas de proceso de implementación para los diferentes sistemas, varias operaciones se repiten durante un mismo proceso es por ello que lleva dentro de la figura de simbología un número que detalla que actividad se realiza, de acuerdo a la tabla de operaciones tecnológicas mencionadas anteriormente.

Al costado izquierdo de cada proceso se indica el tiempo en el cual se realiza cada actividad.

- Desarrollo de la suspensión (ANEXO L).
- Desarrollo de ejes (ANEXO M).
- Desarrollo de frenos (ANEXO N).

- c.1 Frenos eje delantero.
- c.2 Frenos eje posterior.
- d. Desarrollo patines de apoyo (ANEXO O).
- e. Desarrollo de king Pin (ANEXO P).
- f. Desarrollo eléctrico (ANEXO Q).
- g. Desarrollo de ruedas (ANEXO R).
- h. Desarrollo porta herramientas (ANEXO S).
- i. Desarrollo porta neumáticos (ANEXO T).

### **5.3 PROCESO DE SOLDADURA**

Para el proceso de soldadura se debe tomar en cuenta el material de fabricación en el cual se va a realizar la aplicación del material de aporte (electrodo), como se menciona anteriormente la estructura está fabricada en ASTM-A36 de característica estructural y para poder soldar sobre esta superficie se recomienda que el tipo de soldadura que se use es mediante una máquina SMAW (Soldadura por arco eléctrico con electrodo).

Este tipo de máquina usa electrodos con revestimiento, por ésta razón se analizó el comportamiento y la aplicación de éstos de tal manera que se pueda utilizar de forma correcta para la soldadura sobre las piezas de los sistemas a instalar.

De acuerdo a las características analizadas se usa el electrodo E-6011 para dar puntos de suelda para la sujeción de los componentes, luego de esto se utiliza el electrodo E-7018 para dar un cordón largo de sujeción y un terminado estético a los componentes.

El electrodo E-6013 se utiliza para soldar las placas que van en el contorno de la plataforma para instalar los faros guías.

### **5.4 TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Para la implementación de los sistemas en el semirremolque tipo cama alta para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, se realizó en la mecánica industrial Marcelo Chuquitarco en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Las máquinas y equipos utilizados se detallan a continuación en la tabla 5.3, para cada equipo, se utilizaron máquinas a la necesidad.

**TABLA 5.3.**  
**Máquinas y equipos**

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

Fuente: (Narváez-Tibán, 2015)

## 5.5 PROCESO DE MONTAJE DE COMPONENTES

Una vez terminado el proceso de selección de componentes para la plataforma cama alta, se inicia con el proceso de montaje de los mismos, para lo cual se debe adquirir los elementos indicados en el capítulo anterior de

acuerdo a la estructura que tiene la plataforma, en la figura 5.3, se puede observar la estructura de la plataforma para ser instalado los sistemas.



**Figura 5.3. Estructura para plataforma**

### **5.5.1 SOPORTES DE SUSPENSIÓN**

En la figura 5.4, se puede observar los elementos que deben ir soldados a la estructura para la sujeción de ballestas, a las cuales irán también sujetos los ejes, como suspensión para la plataforma.

Este conjunto de soportes tanto el medio como el de los extremos están compuestos de seis elementos ya que los ejes comparten un mismo soporte en medio de los dos.



**Figura 5.4. Soportes de suspensión.**

Ya designada la ubicación de los soportes de suspensión en la estructura se fijan estos mediante puntos de suelda los cuales sujetan temporalmente

los soportes a la estructura, éstos van colocados como se puede ver en la figura 5.5.



**Figura 5.5. Sujeción de soporte mediante puntos de suelda.**

Al ubicar correctamente los seis soportes o bases de suspensión se debe realizar un cordón de soldadura en cada uno de ellos, ya que esto ayuda a una mejor unión de los soportes a la estructura, evitando así un desacoplamiento entre los soportes y los largueros de la plataforma, en la figura 5.6, se puede observar cómo debe terminar ya una vez realizado el cordón de soldadura.



**Figura 5.6. Cordón de suelda en soportes.**

Después de soldar los seis soportes a los largueros de la plataforma se colocan travesaños entre los soportes de manera que sirven para dar una mejor sujeción al sistema de suspensión, éstos van colocados como se observa en la figura 5.7.

En la figura 5.8, se observa los travesaños soldados uniendo los soportes de la suspensión a la plataforma.



**Figura 5.7. Suelda de travesaño en soporte delantero de suspensión.**



**Figura 5.8. Travesaños soldados en soporte de suspensión.**

En la parte donde están soldados los soportes, se sueldan 2 platinas sobre cada uno de ellos en el interior del larguero, éstas no son platinas de apoyo, y son más utilizadas estéticamente en la plataforma como se puede ver en la figura 5.9.

Como se puede observar en la figura 5.10, se utiliza una platina de 2 pulgadas de ancho por 3/8" de grosor, la cual fue cortada en partes de 50 cm y colocadas.

En la figura 5.11, se observa la soldadura de las platinas en la plataforma.



**Figura 5.9. Platina punteada a los largueros.**



**Figura 5.10. Corte de platina**



**Figura 5.11. Platina soldada a los largueros.**

Después de tener montado los soportes se procede a montar el resto de componentes para la suspensión conjuntamente con los ejes, ya que las ballestas van sujetas al eje para poder cumplir con su funcionamiento.

### **5.5.2 EJES Y COMPONENTES DE SUSPENSIÓN.**

Al momento de tener los ejes ya listos para montar, junto con el resto de componentes de la suspensión se procede a realizar la sujeción del eje a las monturas de la suspensión, las cuales sujetaran al exterior del eje y a las ballestas haciendo de éstas un solo conjunto como se muestra en la figura 5.12.



**Figura 5.12. Eje sujetado a las ballestas.**

Como medida de seguridad el eje que va sujeto por las monturas, deben ir soldados en ambos lados de la montura superior, de la forma que se muestra en la figura 5.13.



**Figura 5.13. Soldadura de montura con el eje.**

Al mismo tiempo se debe sujetar las ballestas a los soportes de la suspensión donde estarán colocadas para tener como punto de apoyo los soportes y cumplir con el amortiguamiento de las oscilaciones de la vía en las figuras 5.14 y 5.15, se puede observar éste proceso.



**Figura 5.14. Ballestas apoyadas en un soporte.**



**Figura 5.15. Ballestas apoyadas en soportes de un mismo lado.**

Ya montados los sistemas de suspensión y ejes, se debe tomar en cuenta que en un costado de las monturas va sujeto un brazo firme y uno regulable que evitan que el eje esté mal alineado mostrado en la figura 5.16.

Esta regulación se lo hace tan solo por distancia del eje hacia uno de los soportes observando que el eje no se encuentre inclinado para así no permitir el arrastre de los neumáticos como se observa en la figura 5.17.



**Figura 5.16. Brazo fijo.**



**Figura 5.17. Brazo regulable.**

### **5.5.3 TAMBORES Y ZAPATAS**

Con los ejes ya montados se debe empezar con la instalación de las zapatas y el tambor de los frenos para lo cual, se engrasa bien la punta del eje, la manzana, el rodamiento cónico, tanto la jaula de rodamientos como también la cara donde el rodamiento se desliza como se puede ver en las figuras 5.18 y 5.19.



**Figura 5.18. Tambor, zapatas, manzana, rodamiento.**



**Figura 5.19. Punta de eje.**

En el borde donde se encuentra el rodamiento como tipo de sellado, se coloca silicón gris que sirve como retenedor en caso de fugas de grasa, de manera que éste tenga la suficiente cantidad al momento de realizar su funcionamiento, como se puede ver en la figura 5.20.



**Figura 5.20. Silicona de sellado.**

Se coloca las zapatas, sujetándolas a sus puntos de apoyo y a la cuña en un extremo mediante los resortes que cumple la función de mantenerlas juntas a los puntos de apoyo, impidiendo así que estén en contacto frecuente con el tambor como se puede observar en la figura 5.21.



**Figura 5.21. Zapatas montadas.**

Colocadas las zapatas y tras una inspección para verificar que los componentes antes instalados no hayan tenido ningún problema se procede a colocar la manzana donde se encuentran los espárragos que sujetan al tambor y neumáticos como se observa en la figura 5.22.

Al mismo tiempo se instala un rodamiento cónico con el seguro de la manzana, el cual se ajusta a tope procurando hacer coincidir con el orificio para el pasador que es el seguro para que la manzana junto con el rodamiento no llegue a salirse del eje proceso que quedará colocado como se observa en la figura 5.23.



**Figura 5.22. Ajuste de seguro.**



**Figura 5.23. Pasador del seguro de manzana.**

Colocada la manzana con los espárragos, se inserta el tambor para realizar el ajuste con las tuercas y posterior a ello se coloca la tapa de la punta de eje que lleva un anillo de caucho en su interior como retenedor de grasa y para que no ingrese tierra o agua en su interior cumpliendo la función similar al silicón colocado en el otro extremo como se puede observar en la figura 5.24.



**Figura 5.24. Ejes con tambores.**

#### **5.5.4 ACCIONAMIENTO Y SISTEMA DE AIRE DE FRENOS**

Para el accionamiento de frenos se debe instalar el sistema de aire que permitirá el frenado de la plataforma para lo cual deberá instalarse cuatro pulmones y con éstos elementos se puede realizar la calibración de los frenos.

Los pulmones a utilizarse son pulmones de doble y simple accionamiento según sea necesario en el sistema, en el cual el primer elemento a ser instalado es el tanque o cilindro de aire que es donde se acumula el aire para el frenado.

Para ello se busca un lugar apropiado que en el sistema viene a ser un punto medio entre los dos ejes, éste tanque es sujetado al chasis mediante suelda como se puede ver en la figura 5.25



**Figura 5.25. Tanque de reserva.**

Ya con el tanque de reserva se coloca la válvula reguladora que es la encargada de permitir el paso de aire hacia los pulmones tanto delanteros como posteriores, como también permitir el bloqueo de neumáticos en caso de aparcamiento.

La manguera a utilizarse para el sistema es SYN FLEX AIR BRAKE 3250-06 SAE J844 TYPE B (NYLON 11) 3/8", de tipo como se puede ver en la figura 5.26, la cual cumple con la norma SAE J844 ya estipulada anteriormente.



**Figura 5.26. Válvula reguladora de aire.**

Se coloca los pulmones tomando en cuenta que en el eje delantero de la plataforma están instalados pulmones de simple accionamiento que solo permiten el frenado del neumático a diferencia de los pulmones posteriores que son pulmones de doble accionamiento que también ayudan en el bloqueo de neumáticos de ésta forma, los neumáticos del eje delantero solo rodarían y no estarían frenados de tal forma que éstos quedan instalados como se observa en la figura 5.27.

Con la instalación de los pulmones de la misma forma se conectan las mangueras hacia cada uno de los pulmones de acuerdo a su funcionamiento, de ésta manera son instaladas como se muestra en la figura 5.28.



**Figura 5.27. Pulmones posteriores (doble accionamiento).**



**Figura 5.28. Pulmones delanteros (simple accionamiento).**

Las mangueras principales que son de frenado y de bloqueo, se las instala hacia la parte frontal de la plataforma donde van a estar instaladas las cabezas de acople, para así poder conectar las mangueras del cabezal a la plataforma, éstas deben situarse en la parte delantera como se observa en la figura 5.29.



**Figura 5.29. Cabezas de acople**

Las mangueras por seguridad están sujetas a lo largo de la plataforma en los travesaños para evitar movimientos durante la circulación de la plataforma, como se puede observar en la figura 5.30.



**Figura 5.30. Manguera sujeta a travesaños**

La manguera debe ser instalada en los acoples sobre las cabezas con teflón, para ayudar en la sujeción, unión y evitar así las fugas de aire que pueden llegar a producirse como se observa en la figura 5.31.



**Figura 5.31. Manguera sujeta a travesaños**

### 5.5.5 REGULACIÓN DE FRENOS

Para el accionamiento de los frenos de tambor se acopla un rache en el brazo de la cuña con la varilla del pulmón para que ésta sea empujada y junto con el rache girar el brazo de la cuña y por consiguiente la cuña empujará las zapatas hacia el tambor provocando el frenado.

Este rache está sujeto a la varilla mediante una tuerca y un acople, así como también está sujeto al brazo de la cuña por el estriado que se acopla en el interior de la cuña, como seguridad es sujetado por una brida, de ésta manera no se permite que el rache salga del brazo de cuña, y sea instalado como se observa en la figura 5.32.



**Figura 5.32. Rache de frenado.**

Para su regulación se debe ubicar el rache, el cual posee un perno con un anillo de seguridad que permite su movimiento o golpe como se muestra en la figura 5.33.



**Figura 5.33. Perno de regulación de rache.**

El pulmón al estar accionado con aire se ajusta con una llave 9/16" de manera que la zapata se ajuste con el tambor, como se observa en la figura 5.34, cuando suceda esto se debe regresar  $\frac{1}{2}$  vuelta o  $\frac{1}{4}$  de vuelta de acuerdo

a la seguridad que se desee tener en el freno, esto depende de la rapidez con que se requiera que el freno sea activado.



**Figura 5.34. Regulación de freno.**

De esta forma se realiza la regulación en los cuatro raches de los dos ejes tomando en cuenta como factores de seguridad una buena sujeción de la varilla del pulmón como también asegurando bien el rache al eje del brazo de cuña.

### **5.5.6 INSTALACIÓN PATINES DE APOYO**

La instalación de los patines de apoyo se los debe hacer en la parte delantera de la plataforma exactamente donde empieza la curva de los largueros para el cuello de conexión donde está situado el King pin, en la figura 5.35, se puede observar los patines a ser instalados.



**Figura 5.35. Patín de apoyo.**

Para ello se debe soldar unas placas en forma de “L”, las cuales van a sujetar de manera que los patines de apoyo no se vean afectados por el diseño de los largueros en forma de “I”, fabricadas como se puede observar en la figura 5.36.

Se corta los soportes de los patines de acuerdo a la dimensión que se necesite, después de cada corte se debe esmerilar evitando así las rebabas, como se puede ver en la figura 5.37.



**Figura 5.36. Corte de material para soportes de patines.**



**Figura 5.37. Esmerilado de soporte.**

Después de tener listo los soportes, como se puede observar en la figura 5.38, se hace perforaciones para los pernos sujetadores de los patines, ésta perforación son realizadas con ayuda de un taladro tomando en cuenta la dimensión de los orificios necesarios para la sujeción.



**Figura 5.38. Soporte terminado.**

Ya con los soportes sujetos a los patines de apoyo, se realiza la perforación donde pasa una varilla que permite que los patines se muevan al mismo tiempo y cumplan con su función, para lo cual se calcula dónde debe

realizarse la perforación y después el corte como se puede observar en las figuras 5.39, 5.40 y 5.41.



**Figura 5.39. Soporte sujetado al patín de apoyo.**



**Figura 5.40. Medición de orificio.**



**Figura 5.41. Pata de apoyo montada.**

Con una inspección de que los soportes de patines de apoyo estén ubicados correctamente se sueldan los soportes hacia los largueros de la plataforma y se esmerila todos los soportes donde quedan ubicados de la forma que se observa en las figuras 5.42 y 5.43.



**Figura 5.42. Soporte soldados a estructura.**



**Figura 5.43. Esmerilado de los soportes.**

Se instala los patines de apoyo tomando en cuenta que éstos deben estar completamente recogidos para con ello poder acoplar el tubo que une a los patines y que permite el movimiento uniforme de los dos patines al momento de descenderlas, como se puede observar en las figuras 5.44 y 5.45, éste tubo es sujetado con pernos y pasadores como seguridad, además los patines de apoyo tienen una marca la cual indica un límite seguro para descender y parquear la plataforma mostrado en las figura 5.46 y 5.47.



**Figura 5.44. Seguridad en tubo de conexión.**



**Figura 5.45. Tubo para conexión de patines.**



**Figura 5.46. Patín de poyo instalado.**



**Figura 5.47. Marca de límite de seguridad.**

Como seguridad los patines de apoyo tienen unas seguridades tanto para evitar que los patines al momento de estar extendidos en su totalidad lleguen a separarse hacia los costados, como también a doblarse para la parte delantera o posterior indicadas en la figura 5.48.

Éste seguro es soldado en el cuerpo del patín como también es sujetado hacia el larguero de la plataforma y sujetos entre ellos como se puede observar en la figura 5.49.

En la figura 5.50 se observa la sujeción final del proceso del perfil de seguridad y se observa la funcionalidad del componente



**Figura 5.48. Soporte para perfil de seguridad.**



**Figura 5.49: Perfil de seguridad entre patines.**



**Figura 5.50. Perfil de seguridad entre patas y largueros de plataforma.**

Los patines de apoyo tienen doble forma de funcionamiento, por lo que llevan en un costado para poder extenderse una caja de piñones los cuales se mantiene a una velocidad rápida y una velocidad lenta para mayor esfuerzo es decir que ésta velocidad se utiliza para extender la plataforma cuando ésta se parquea con carga.

Este mecanismo basado en una caja de piñones funciona empujando la palanca o sacando de ella, lo permite dar el movimiento de los piñones los

cuales sirven para el desplazamiento de extensión de los patines de apoyo, el mismo que va colocado como se puede observar en la figura 5.51.

Cuando la palanca se encuentra fuera, el movimiento es más lento, pero con mayor fuerza, usado con mayor frecuencia cuando la plataforma está cargada o para descender los patines al momento de querer desacoplar o acoplar la plataforma del cabezal, mientras que si la palanca está empujada hacia el interior se accionan los piñones más grandes los cuales dan mayor velocidad utilizado éste sistema, para descender o subir la plataforma cuando no necesita esfuerzo o ya está acoplada al cabezal, como se puede ver en la figura 5.52.

La separación del accionamiento entre la marcha lenta y la marcha rápida no es muy notoria, en la palanca se puede diferenciar cuando ésta sale o entra aproximadamente tres centímetros.



**Figura 5.51. Adentro marcha rápida.**



**Figura 5.52. Afuera marcha lenta (con carga).**

### 5.5.7 CAJA DE HERRAMIENTAS

La construcción de una caja de herramientas en la plataforma se lo hace con el fin de poder utilizarla como punto de almacenamiento y transporte de herramientas para el uso en la plataforma, suele usarse también para llevar herramientas para transporte como son malacates, cadenas o partes que ayuden para el transporte de carga en el viaje de la plataforma y está ubicada tras los patines de apoyo como se puede ver en la figura 5.53.

La caja fue realizada en la parte inferior de la plataforma, entre los largueros aprovechando a éstos como paredes, teniendo en cuenta que la caja se abre hacia la parte posterior de la plataforma ubicada entre los patines de apoyo y los soportes para llantas de emergencia como se observa en la figura 5.54.



Figura 5.53. Interior de la caja.



Figura 5.54. Caja abierta.

### 5.5.8 GUARDAPOLVOS

Como sistema de protección cerca de los neumáticos se colocan los guardapolvos que al mismo tiempo ayudan en la protección de piedras y otros objetos solidos que se sujeten al neumático y durante el giro pueden salir disparados con velocidad, los mismos que son colocados como se puede observar en la figura 5.55.

Éstos son construidos de planchas de acero por lo cual son doblados para darle una forma adoptando la geometría de los neumáticos, éstos guardapolvos son soldados a la plataforma en los travesaños y bases de los largueros colocados uno en la parte delantera y uno en la parte posterior en cada lado de la plataforma como se puede ver en la figura 5.56.



Figura 5.55. Guardapolvos.



Figura 5.56. Guardapolvos.

### 5.5.9 SOPORTE DE LLANTAS DE EMERGENCIA.

Dentro de un viaje de un vehículo de transporte liviano y mucho más siendo éste de transporte pesado debe tener un espacio donde llevar neumáticos de emergencia, para ello se ha dispuesto en la parte media de la

plataforma un espacio para colocar dos neumáticos, éste soporte está elaborado para colocar los neumáticos uno a cada lado de la plataforma, la construcción de ésta estructura es en base a una soldadura de perfil en “C”, como se puede ver en la figura 5.57.



**Figura 5.57. Soporte de neumáticos de emergencia.**

Este soporte es sujetado en la parte superior hacia el larguero de la plataforma y en la base es unido lado con lado respectivamente, se debe considerar para la construcción las medidas de los neumáticos que en su mayoría llevan una altura de 110cm y de ancho 30cm como se puede ver en la figura 5.58.



**Figura 5.58. Punto de suelda en soporte de Neumáticos de Emergencia.**

El procedimiento de construcción es siempre tomar medidas donde va a ser instalado, posterior a eso cortamos material adecuado y realizamos la unión con puntos de suelda.

Finalmente después de verificar que el soporte se encuentre bien ubicado se hace las sueldas respectivas tanto en la parte donde el soporte se une al

languero, como también se verifica la construcción, sabiendo que después de una correcta inspección y soldadura se esmerila todos los puntos donde existan sueldas o puntos de suelda, de manera que queda como se puede observar en la figura 5.59.



**Figura 5.59. Suelda en soporte de Neumáticos de Emergencia.**

### **5.5.10 KING PIN**

La instalación del King pin se la realiza tomando en cuenta que éste debe estar a 1 m del frontal, para lo cual se procede a soldar la base del King pin tomando en cuenta que se debe formar un cordón de 6 mm y la plancha debe ser de 8 a 12 mm como se puede ver en la figura 5.60.

Como son elementos estandarizados, éste elemento no requiere ningún diseño previo tan solo cumplir con lo antes mencionado para su implementación.



**Figura 5.60. King pin soldado a la plancha de soporte.**

Al ser soldado el king pin a la plancha de soporte, estos dos elementos deben ser soldados a los largueros y travesaños de la plataforma en los cuales va a ir sujeta. Para éste tipo de suelda se puntea con el electrodo 6011 y los cordones con el electrodo 7018.

Como medida de seguridad y apoyo en la base del king pin se cruza una platina de 6 mm la cual ayuda como apoyo al king pin para dar mayor resistencia y evitar que éste ceda hacia el interior de los largueros.

Esta platina está soldada a dos travesaños y en la base del King pin como se indica en la figura 5.61.



**Figura 5.61. Platina de apoyo.**

Como parte final para concluir con la instalación del King pin se procede con la soldadura de la plancha de giro donde la quinta rueda se desplaza tanto para el enganche y desenganche como también en curvas.

Esta plancha permite también al momento de acoplar deslizarse a la quinta rueda para que ésta coja al king pin y se dé el acople. Por esta razón es que en la quinta rueda se coloca grasa en su parte superior de manera que se deslice suavemente por la plancha de giro como se muestra en ver figura 5.62.



**Figura 5.62. Plancha de giro.**

### 5.5.11 SISTEMA ELÉCTRICO

Para la instalación del sistema eléctrico se necesita tener el espacio necesario para los focos en la parte posterior donde van a ir colocados, tres focos a cada lado correspondientes a direccionales, freno y luz trasera.

Es por ello que en los guardachoques se encuentran hechos los orificios necesarios para la instalación del conjunto de focos mostrados en las figuras 5.63 y 5.64.



**Figura 5.63. Guardachoque.**



**Figura 5.64. Agujeros focos posteriores.**

En los guardachoques posteriores van colocadas las luces indicadoras de seguridad que irán conectadas en función a las necesidades que presente el conductor y la conducción, esto quiere decir, que estas luces servirán de aviso a los demás conductores, esto cumplirá la función como anteriormente se menciona, y se puede ver en la figura 5.65.



**Figura 5.65. Luces posteriores**

En la figura 5.66, se puede ver que para las luces de costado de distinción se debe soldar láminas de acero las cuales irán soldadas bajo los perfiles laterales que sostienen la plancha corrugada, de ésta manera se evita colocar las luces en los sujetadores de carga o en la lámina de contorno.



**Figura 5.66. Soporte luces laterales.**

Para el sistema de luces se debe sujetar muy bien los focos a la estructura donde van a ir colocadas, posterior a esto se debe hacer la instalación de cableado tomando en cuenta un sola dirección y la conexión que éstas deben tener todas éstas van instaladas como se puede ver en las figuras 5.67 y 5.68.



**Figura 5.67. Sujeción luces laterales.**



**Figura 5.68. Colocación luces laterales.**

Al tener el cableado unido de acuerdo a la instalación de las luces, se debe llevar al conector de luces, que mediante un cable se comunicará con la cabina del conductor, éste deberá ser guiado hacia la parte delantera como se muestra en la figura 5.69.



**Figura 5.69. Cableado guía de conexión sistema eléctrico.**

### **5.5.12 NEUMÁTICOS**

Los neumáticos se los debe montar a los ejes siempre teniendo en consideración su correcto inflado.

La presión de inflado adecuada para los neumáticos que son de 295/80R22.5 es de 120 lbs, las cuales se las puede hacer con aire de compresor o bien con nitrógeno quedando de la forma como se observa en la figura 5.70.

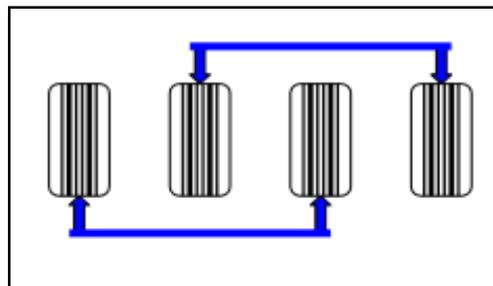
Se recomienda que si el inflado es con nitrógeno, se realice un chequeo de los neumáticos y en caso de completar el aire se lo debe hacer con nitrógeno mismo, por lo que si se mezclan los dos gases se pierde las propiedades del nitrógeno.



**Figura 5.70. Neumático de la plataforma**

El nitrógeno cumple varias funciones por las cuales se recomienda su uso, una de ellas es mantener los neumáticos a temperaturas frías, también permite que éste ocupe todo el neumático permitiendo que posea una mayor superficie de contacto, permitiendo que haya un desgaste uniforme y con ello un menor consumo de combustible.

ALCOA recomienda que la rotación de neumáticos se la haga con el cambio de neumáticos del eje delantero al eje posterior, como se muestra en la figura 5.71, con el fin de tener un desgaste igual en todos los neumáticos de la plataforma.



**Figura 5.71. Cambio de neumáticos.**

Fuente: [http://www.fivi.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)

No hay que olvidar que el cambio de neumáticos se los hace entre neumáticos del mismo tipo, éste mecanismo ayudaría a ganar su durabilidad y alargar su vida útil en un 20% siempre y cuando sus neumáticos sean del mismo tipo.

Al momento de montar los neumáticos se debe primero engrasar o lubricar los espárragos como también el interior del aro para que entre con facilidad el eje.

Ya montados los neumáticos se procede a un apriete de la tuerca que de acuerdo a la figura 5.72, debe ser de 610-675 Nm, ya que la plataforma utiliza tuercas de M22 x 1.5.

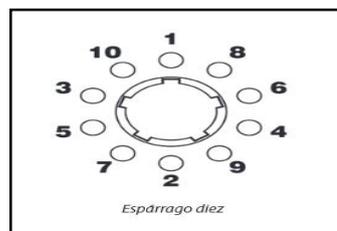
Tipo de montaje	Rosca de tuerca	Nivel de par de apriete Nm
Métrico	M18 x 1.5	340 – 400
Métrico	M20 x 1.5	380 – 450
Métrico *1	M22 x 1.5	610 – 675
Scania	7/8 – 11 BSF	540 – 660
Volvo*2	7/8 – 14 UNF	640 – 700

**Figura 5.72. Cambio de neumáticos.**

Fuente: [http://www.alcoa.com/alcoawheels/europe/pdf/es/alcoa\\_wheel\\_service\\_manual\\_spanish.pdf](http://www.alcoa.com/alcoawheels/europe/pdf/es/alcoa_wheel_service_manual_spanish.pdf)

Si se utiliza llaves de impacto deberán ajustarse cuidadosamente para aplicar el par de apriete dentro de los límites recomendados (ALCOA, 2010). Después de recorrer de 5 a 50 millas o 8 a 80 kilómetros vuelva a verificar el par de apriete.

Este apriete se lo debe realizar de la siguiente manera, manteniendo el mismo orden como indica la figura 5.73.



**Figura 5.73. Orden de ajuste.**

Fuente: [http://www.alcoa.com/alcoawheels/europe/pdf/es/alcoa\\_wheel\\_manual\\_spanish.pdf](http://www.alcoa.com/alcoawheels/europe/pdf/es/alcoa_wheel_manual_spanish.pdf)

## **CAPÍTULO VI**

### **PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Como objetivo principal este proyecto tiene el de cumplir con satisfacción y bajo márgenes de calidad la implementación de sistemas apropiados para la plataforma; es por ello que en este capítulo muestra un protocolo de pruebas para verificar y concluir con la implementación.

#### **6.1 ESCENARIO DE LAS PRUEBAS**

El escenario es el lugar en donde se realizan las pruebas pertinentes para determinar la calidad de trabajo de la implementación que se realizó en la plataforma, la cual fue diseñada y construida bajo estándares de calidad y paso por pruebas.

Las pruebas se realizan en la provincia de Cotopaxi, ciudad Latacunga, el día martes 11 de Marzo del 2015 a las 13:00 horas.

#### **6.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESCENARIO**

El escenario presenta diferentes características éstas son determinadas de acuerdo al tiempo, clima, lugar y fecha de donde se realiza. A continuación se describe varias características del escenario.

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

## 6.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### 6.3.1 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas están enfocadas en la implementación de sistemas en la plataforma donde determinan la calidad de su trabajo.

#### c.1 Verificación de dimensiones

Determina si cumple con las dimensiones y planos que se deben tomar en cuenta para la implementación, la cual es tomada como base de los datos obtenidos en el diseño de la plataforma ya que con las medidas mencionadas anteriormente se realizó en análisis y cálculo de fuerzas, éstas medidas están basadas en planos, puntos de apoyos de ejes y el king pin.

También se debe considerar ciertos aspectos como son la distancia de deslizamiento de patines de apoyo, las distancias entre ejes y las distancias de las luces basados en la norma INEN 1155.

En la tabla 6.1, se muestra los datos analizados con su valorización en función de las situaciones descritas anteriormente.

**TABLA 6.1.**  
**Dimensiones de sistemas**

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
<b>Suspensión(distancia entre soportes)</b>	1170 mm	X	
<b>Patines de apoyo</b>	450 mm	X	
<b>Distancias ejes</b>	1310	X	
<b>Ubicación luces</b>	Cada 3m	X	
<b>Ubicación King pin</b>	1m del frontal	X	
<b>Dimensión para Neumáticos de emergencia</b>	1200 mm	X	

Con esto se demuestra que la plataforma ésta implementada para trasportar las 15 toneladas para lo cual está construida.

Se puede tomar como consideración que adicional al diseño que se realizó previo a la implementación los sistemas, éstos están seleccionados bajo normas donde se puede ver como ejemplo, que los ejes están seleccionados para 24 Ton, lo que nos indica que es apta para resistir 15 toneladas más el peso de la estructura.

### **6.3.2 PRUEBAS DE CARGA.**

Las pruebas de carga se dividen de la siguiente manera:

#### **a. Prueba de semirremolque sin carga.**

Ésta prueba se la realiza con el acoplamiento al cabezal pero solo considerando el peso de la estructura y sin carga alguna identificando el funcionamiento de los sistemas y demás elementos.

Como se puede observar en la figura 6.1, la plataforma está enganchada a un cabezal sin carga.



**Figura 6.1. Plataforma engancha y sin cargada**

#### **b. Pruebas de semirremolque con carga.**

Estas pruebas, de la misma manera se realizan con el acoplamiento al cabezal pero adicional al peso de la estructura, se debe considerar una carga de 15 toneladas.

Como se puede observar en la figura 6.2, la plataforma se encuentra cargada y enganchada a un cabezal para empezar el protocolo de pruebas.



**Figura 6.2. Plataforma engancha y cargada**

Para las pruebas del semirremolque con carga se utilizó un container con las características mostradas en la figura 6.3.

MAX. GROSS	30.480 KGS 67.200 LBS
TARE	2.160 KGS 4.760 LBS
NET	28.320 KGS 62.440 LBS
CU. CAP.	33.2 CU.M. 1.173 CU.FT.

**Figura 6.3. Características que presenta el Container de prueba**

### **Sistema de Suspensión**

Las pruebas para éste sistema se las realiza colocando pesos sobre la plataforma (container), observando el estado de flexión que presenta y el soporte que da al sistema. En la figura 6.4, se puede observar el estado de la suspensión cuando presenta una carga sobre él.



**Figura 6.4. Estado de la suspensión con carga**

Como se puede observar debido al dimensionamiento que existe en la selección del sistema de suspensión, está al ser cargada no presenta una modificación en su estado físico, de ésta manera se puede comprobar que el sistema está funcionando correctamente y que es capaz de soportar mayores cargas.

### **Sistema de Ejes**

Para la comprobación del sistema de ejes se enfoca desde el punto que éste debe soportar la carga para la cual fue diseñado, proporcionar el movimiento al sistema de ruedas y soportar el frenado del sistema de frenos ya que todos estos componentes se encuentran conjugados en uno mismo como se explicó en la parte de selección.

En las figuras 6.5 y 6.6, se puede observar como el sistema de ejes soporta la carga sin ningún inconveniente, de la misma forma proporciona el movimiento a los neumáticos dejando ver que el sistema funciona correctamente y la carga no interfiere en el desplazamiento de la plataforma.



**Figura 6.5. Soporte de carga por parte de los ejes**



**Figura 6.6. Movimiento de la plataforma con carga**

## Sistema de frenos

Para el sistema de frenos se tomó en cuenta que la plataforma se detenga tras presionar el pedal, y éste no se vaya muy al fondo, que las superficies de contacto entre la zapata y el tambor ejerzan presión y por consiguiente detengan a la plataforma en movimiento.

En la figura 6.7, se puede observar como la zapata es presionada con el tambor produciendo el frenado del sistema, de ésta manera se puede comprobar que el sistema de frenado está funcionando de manera correcta.



**Figura 6.7. Presión de la zapata sobre el tambor de freno.**

Para que la zapata pueda producir éste movimiento es necesario que los pulmones estén funcionando correctamente, razón por la cual se verifica que en ellos se esté produciendo su carga y descarga y de la misma manera se procede a medir la carrera del brazo de fuerza para demostrar su funcionamiento.

Como se puede observar en las figuras 6.8, 6.9 y 6.10, el sistema de carga y descarga de los pulmones está funcionando correctamente, la carrera del brazo del pulmón se desplaza de 34 cm a 28 cm donde da un valor de carrera de 6 cm aproximadamente valor que se obtiene en los catálogos, en estado de presión del pedal y suelto respectivamente.



**Figura 6.8. Funcionamiento del pulmón**



**Figura 6.9. Estado del brazo en estado de presión**



**Figura 6.10. Estado del brazo en estado sin presión**

### **King pin**

Para las pruebas del King pin se toma en cuenta que éste debe ser capaz de mover la plataforma y vencer su peso, para que se produzca el movimiento de la misma, también que éste sistema calce y se enganche sin ninguna eventualidad al cabezal.

Como se observa en las figura 6.11 y 6.12, en King pin se engancha sin ningún contratiempo y al ser halado la plataforma por el cabezal no se produce

ningún desperfecto de ésta manera se puede comprobar que el King pin está funcionando correctamente.



**Figura 6.11. Enganche del King pin al cabezal**



**Figura 6.12. Enganche del King pin al cabezal (vista lateral)**

### **Patines de Apoyo**

Para el protocolo de pruebas de los patines de apoyo se toma en cuenta que éstos deben soportar el peso tanto de la plataforma con carga como si ella brindando soporte, cuando la plataforma ésta estacionada.

En la figura 6.13, se puede observar que los patines de apoyo no sufren ningún percance al sostener la carga a la que está sometida y trabaja correctamente dando como resultado su correcto funcionamiento.



**Figura 6.13. Patines de apoyo con carga**

### **Sistema eléctrico**

Para el sistema eléctrico se toma en cuenta que los faros se encuentren correctamente instalados, que estén funcionando todos y que realicen la función para la cual fueron instalados.

Como se puede observar en la figura 6.14, los faros se encuentran instalados correctamente y en la posición adecuada.



**Figura 6.14. Faros posteriores instalados**

En la figura 6.15, se puede observar que todos los faros posteriores de la plataforma están encendidos, dando como resultado su correcto funcionamiento.



**Figura 6.15. Prueba de encendido de faros**

Como resultado final se realiza una inspección de todos los sistemas verificando su comportamiento y cumplimiento de su función en base a las anteriores pruebas mencionadas, en la tabla 6.2 se muestra un resumen del resultado a las pruebas de cada sistema.

**TABLA 6.2.**  
**Pruebas de sistemas**

<b>SISTEMAS</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
<b>Suspensión</b>	X	
<b>Ejes</b>	X	
<b>Frenos</b>	X	
<b>King pin</b>	X	
<b>Patines de apoyo</b>	X	
<b>Sistema Eléctrico</b>	X	

#### **6.4 CONCLUSIONES AL PROTOCOLO DE PRUEBAS**

- Se realizaron las pruebas correspondientes de manera que se cumpla con los requerimientos del usuario y con la correcta instalación e implementación de los sistemas en la plataforma.
- Las pruebas se realizaron en una hora y escenario específico considerando las condiciones climáticas donde va a pasar mayor tiempo la plataforma.
- Se cumplió con las características necesarias para el buen funcionamiento de los sistemas, se realizó un análisis de opciones posibles para la instalación y se tomó la que mejor satisface la necesidad.
- Se realizó una inspección de todas las uniones y cordones de soldadura que se encuentran en los distintos elementos de la plataforma para garantizar que cumplan con su función y soporten el peso establecido.

#### **6.5 RECOMENDACIONES AL PROTOCOLO DE PRUEBAS**

- Para el enganche del sistema de King pin es necesario verificar que las distancias de acople entre el camión y la plataforma sean las correctas.
- De realizar campos de prueba es necesario siempre realizarlos en lugares donde va a permanecer el mayor tiempo el equipo ya que de esta manera se podrá comprobar su funcionamiento.
- Para realizar las pruebas es necesario que se lo haga en las peores condiciones de conducción ya que de esta manera podemos saber si está instalado de manera correcta los componentes y que van a cumplir con su funcionalidad.

## CAPÍTULO VII

### COSTOS

El presente capítulo sirve para hacer conocer la dimensión de costos e inversión que se debe hacer para que las futuras personas que deseen implementar sistemas en una plataforma tengan como guía y puedan medir la cantidad de posible inversión que deben poseer.

A continuación se detalla de forma total y parcial el monto de la inversión del presente proyecto, esto se encuentra clasificado en diferentes parámetros para facilitar el entendimiento del lector esto es: costos por sistemas, soldadura, estructura, mano de obra, materiales, entre otros.

#### 7.1 SISTEMAS

Se muestra de una forma detallada y global el costo total de la implementación de los sistemas, así como también de los materiales necesarios para la instalación de los mismos. El monto de inversión de compra de sistemas del presente proyecto es de: \$4.728,50 dólares, detallados en las tablas 7.1, 7.2 y 7.3.

**TABLA 7.1.**  
**Costos de sistemas**

ORDEN	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	EJES	2	1200	2400
2	SUSPENSIÓN	1	1500	1500
3	FRENOS	1	476	476
4	ELÉCTRICO	1	352,50	352,50
			<b>TOTAL</b>	<b>4728,50</b>

**TABLA 7.2.**  
**Costos sistemas frenos**

ORDEN	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	PULMONES PEQUÑOS	2	\$30,00	\$60,00
2	PULMONES GRANDES	2	\$50,00	\$100,00
3	MANGUERAS	32	\$1,50	\$48,00
4	NEPLOS	16	\$2,50	\$40,00
5	ACOPLES CABEZA	2	\$25,00	\$50,00
6	RACHES	4	\$17,00	\$68,00
7	CILINDRO	1	\$60,00	\$60,00
8	VÁLVULA REGULADORA	1	\$50,00	\$50,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 476,00</b>

**TABLA 7.3.**  
**Costos sistema eléctrico**

ORDEN	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	FOCOS	10	\$ 4,00	\$ 40,00
2	SOCKET	1	\$ 2,50	\$ 2,50
3	CABLES	1	\$ 100,00	\$ 100,00
4	FAROS POSTERIORES	1	\$ 60,00	\$ 60,00
5	FAROS LATERALES	10	\$ 15,00	\$ 150,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 352,50</b>

## 7.2 SOLDADURA

Se muestra de una manera detallada los materiales usados y costo total para la soldadura de cada uno de los sistemas. El monto de inversión en éste tema es de: \$320,00 dólares. Datos que se pueden observar en la tabla 7.4.

**TABLA 7.4.**  
**Costos de materiales soldadura**

ORDEN	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	ELECTRODO 6011	50	\$45,00	\$45,00
2	ELECTRODO 7018	25	\$22,50	\$22,50
3	ELECTRODO 6013	25	\$22,50	\$22,50
4	BOTELLA OXÍGENO	1	\$30,00	\$30,00
5	PIEDRA DE PULIR	20	\$10,00	\$200,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$320,00</b>

### 7.3 ESTRUCTURA Y OTROS

Se muestra de forma detallada los costos de los materiales estructurales y de implementación para cumplir con la correcta instalación de los sistemas de la plataforma así como componentes necesarios útiles para el desarrollo del mismo. El monto de inversión en éste punto es de: \$ 3.747,00 dólares. Datos que se pueden ver en la tabla 7.5.

**TABLA 7.5.**  
**Costos de estructura y otros**

ORDE N	DETALLE	CANTIDA D	PRECIO	TOTAL
1	PLANCHA LAMINAR ACERO 3MM	4	\$ 125,00	\$ 500,00
2	SEPARADORES PATAS (U de 10 a*6 líneas g.)	1	\$ 70,00	\$ 70,00
3	SOPORTE LLANTAS (U de 10 a*4 líneas g.)	2	\$ 50,00	\$ 100,00
4	CAJA HERRAMIENTAS (lamina 3 líneas)	1	\$ 95,00	\$ 95,00
5	SOPORTE LUCES (U de 10 a*4 líneas g.)	1	\$ 50,00	\$ 50,00
6	NEUMÁTICOS	8	\$ 200,00	\$ 1.600,00
7	AROS	8	\$ 70,00	\$ 560,00
8	PINTURA	6	\$ 42,00	\$ 252,00
9	TIÑER	2	\$ 15,00	\$ 30,00
10	KING PIN	1	\$ 120,00	\$ 120,00
11	PATINES	1	\$ 300,00	\$ 300,00
12	SOPORTES SUSPENSIÓN (U de 10 a*6 líneas g.)	1	\$ 70,00	\$ 70,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.747,00</b>

### 7.4 MANO DE OBRA

Se detalla los gastos que se tienen por mano de obra de aporte que es necesario para la correcta implementación de los sistemas en la plataforma. El monto de inversión en el presente es de: \$1.000,00 dólares. Datos que se puede ver en la tabla 7.6.

**TABLA 7.6.**  
**Costos mano de obra**

ORDEN	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	SOLDADURA	1	\$ 300,00	\$ 500,00
2	IMPLEMENTACIÓN	1	\$ 500,00	\$ 250,00
3	ELÉCTRICA	1	\$ 250,00	\$ 250,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.000,00</b>

## 7.5 COSTOS VARIOS

Se detalla los costos que competen a la parte administrativa de la tesis esto es, impresiones, copias, cd's entre otros. Los mismos que sirven no solo para hacer conocer, sino como guía de los gastos adicionales que se van presentando para el cumplimiento del proyecto. El monto de inversión de éste es de: \$1.105,30 dólares. Datos que se pueden ver en la tabla 7.7.

**TABLA 7.7.**  
**Costos varios**

ORDEN	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	IMPRESIONES COLOR	800	\$ 0,10	\$ 80,00
2	IMPRESIONES B/N	1500	\$ 0,04	\$ 60,00
3	ANILLADOS	5	\$ 2,50	\$ 12,50
4	CD'S	4	\$ 1,00	\$ 4,00
5	EMPASTADOS	3	\$ 20,00	\$ 60,00
6	COPIAS	1500	\$ 0,02	\$ 30,00
7	VIAJES	1	\$ 600,00	\$ 600,00
8	IMPREVISTOS	1	\$ 258,80	\$ 258,80
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.105,30</b>

## 7.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Como parte final se detalla un resumen de los gastos totales de inversión para el desarrollo completo y correcto del presente proyecto.

De esta manera hace conocer el gasto total, la inversión de presente proyecto es de: \$ 10.900,80 dólares. Datos que se pueden ver en la tabla 7.8.

**TABLA 7.8.**  
**Costo total proyecto**

<b>ORDEN</b>	<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	SISTEMAS	1	\$ 4.728,50
<b>2</b>	SOLDADURA	1	\$ 320,00
<b>3</b>	ESTRUCTURA	1	\$ 3.747,00
<b>4</b>	MANO DE OBRA	1	\$ 1.000,00
<b>5</b>	COSTOS VARIOS	1	\$ 1.105,30
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 10.900,80</b>

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

- Se esquematizó mediante tablas de alternativas los sistemas de suspensión, ejes, frenos y acople para la plataforma, las mismas que permitieron seleccionar la mejor alternativa.
- Se montó los sistemas de suspensión, frenos, eléctrico y acople en la plataforma para 15 toneladas.
- Se implementó un sistema de suspensión y acople para un remolque cama alta para resistir una capacidad de 15 toneladas.
- Se seleccionó e implementó un sistema de suspensión para dos ejes de ocho neumáticos con capacidad de carga de 26 toneladas, marca Foshan Yonglilai con ballestas convencionales y paquetes de 10 hojas a cada lado del eje.
- Se seleccionó e implementó un king pin soldado marca K-Hitch, con una capacidad de arrastre de 340KN, los cuales satisface la necesidad para cumplir la función de arrastre de la plataforma con carga.
- Se seleccionó e implementó un sistema de frenos marca Foshan Yonglilai con pulmones modelo T30 cuyas características cumplen con la norma mexicana para un sistema de frenos de un remolque tipo S2.
- Se seleccionó e implementó un sistema eléctrico de faros bajo la norma INEN 1155, norma que regula a los dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad dando mayor seguridad y calidad en carretera según MOTP.
- Se seleccionó e implementó un juego de patines de apoyo marca CRJ-Auto con una capacidad de elevación de carga de 28 toneladas, los cuales soportan a la plataforma junto con su carga en caso de estacionarse sin estar enganchada al cabezal.

- Se colocaron advertencias y seguridades en la plataforma basados en el MTOP para cumplir con estándares de seguridad y calidad en la carretera.
- Mediante un protocolo de pruebas se comprobó el correcto funcionamiento de los sistemas instalados en la plataforma.
- De acuerdo a los estudios que se realizaron para la implementación de sistemas de suspensión, ejes, frenos y acole se demuestra que no existe una norma Ecuatoriana que regule la implementación de éstos sistemas para el transporte Ecuatoriano ya que la fabricación se la realiza artesanalmente.

## 8.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para seleccionar los sistemas de suspensión, frenos, ejes, eléctrico y acople se analice la parte de costos, de ésta manera ayudará a que el precio final de la implementación sea menor.
- Se recomienda obtener catálogos con una amplia especificación técnica de cada sistema a seleccionar con lo que ayudará a tener mayores puntos de comparación entre las alternativas para la implementación en la plataforma.
- Se recomienda la implementación de una norma Ecuatoriana para la selección de sistemas para plataformas y remolques en el Ecuador, ya que se construyen de forma artesanal.
- Para el proceso de implementación de sistemas de seguridad, se recomienda realizarlo bajo normas industriales, considerando que se trabaja con elementos, equipo y maquinaria pesada.
- Se debe realizar un mantenimiento preventivo con el fin de conservar la plataforma en buenas condiciones y de ésta manera aumentar su vida útil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, J. & Sánchez, H. (2007). *Diseño de una plataforma cama-alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores*, Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Facultad de ingeniería mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Caiza, J. & Sánchez, E. (2012). *Diseño de una plataforma cama-baja extensible con capacidad de 25 toneladas, acoplable a cabezales de transporte pesado*, Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Facultad de ingeniería mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- D. Hermógenes Gil Martínez, (2009). *Enciclopedia práctica del automóvil*. Reparación y Mantenimiento. Madrid-España, Cultural S.A
- Ecuador, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Vehículos Automotores. Dispositivos para mantener o para mejorar la visibilidad, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 155:2009, Segunda Revisión.
- Hermógenes Gil Martínez, (2009). *Enciclopedia práctica del automóvil*, Madrid-España, BROSMAC, Edición 1era.
- Howard, B. Cary, (1980). *Manual de soldadura Moderna Tomo 2*, México,D.F, PRENTICE- HALL HISPANOAMERICANA, Edición 2da.
- J.M. Alonso, (2001). *Técnicas del automóvil Chasis*, Madrid-España, PARANINFO. Edición 7ma
- José Manuel Alonso, (2002). *Sistema de transmisión y frenado*, Madrid-España, PARANINFO, Edición 3ra.
- México, Secretaria Nacional de Gobierno, Norma Oficial Mexicana, NOM-035-SCT-2-2010, Remolques y semirremolques-Especificaciones de seguridad y métodos de prueba.
- Miguel Castro, (2001). *Enciclopedia del camión*, Barcelona-España, CEAC.
- Narváez, D. Tibán, P. (2015). Diseño y construcción de un remolque tipo plataforma cama alta de dos ejes con capacidad de 15 toneladas para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL

## NETGRAFÍA

- ALCOA. (2010). *Manual para servicio de llanatas*. Proaf-Belgica: Alcoa Wheels.(citado 06-02-2015)
- ASTA, I. E. (2010). Introducción a la soldadura de estructuras en acero. *UTN-FRH Maestría/Posgrado Ingeniería Estructural Mecánica* (págs. 20-21). Mendoza- Argentina: (citado 16-04-2014) .
- Castro, M. d. (1994). *Enciclopedia del camión*. Madrid-España: CEAC. (citado 13-06-2014)
- CAUSA DIRECTA. (29 de abril de 2013). *Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico*. Obtenido de causadirecta.com: <http://www.causadirecta.com/especial/calculo-de-velocidades/tablas/tabla-de-factores-de-rozamiento-del-pavimento-para-neumaticos-de-goma> (citado 02-08-2014)
- Cueva. (1994). *Camión Enciclopedia*. Barcelona-España: CEAC. (citado 16-04-2014)
- El Comercio. (9 de septiembre de 2012). El transporte pesado crece al 20%. *EL comercio*, pág. b-2. (citado 16-04-2014)
- Ford Corporation. (2015). *Acerca de nosotros: Ford Corporation*. Obtenido de Ford Corporation web site: <http://es.owner.ford.com/how-tos/vehicle-features/load-and-terrain/guide-to-towing.html> (citado 07-02-2015)
- Howard, C. (1980). *Manual de soldadura moderna* (Segunda Edición ed., Vol. II). Madrid-España: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A. (citado 22-02-2015)
- INEN. (AGOSTO de 2009). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION*. Obtenido de law.resource.org: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1155.2009.pdf>(citado 18-08-2014).
- Narvárez-Tibán. (2015). *Diseño y construcción de un remolque tipo plataforma cama alta de dos ejes con capacidad de 15 toneladas para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL*. Latacunga: ESPEL. (citado 24-01-2015)
- Proviasnac. (2009). *Proviasnac corporation*. Obtenido de Proviasnac Corporation Web site: <http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/NOTICIAS/NORMAS%20Y%20PROCEDIMIENTOS%20FINAL.pdf>. (citado 10-08-2014)
- S.C.T. (1 de abril de 2008). *SECRETARIA DE COMUNICACIONES MEXICO*. Obtenido de [sct.gov.mex](http://sct.gov.mx):

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/52\\_NOM-12-SCT-2-2008.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/52_NOM-12-SCT-2-2008.pdf). (citado 23-07-2014)

- S.C.T. (30 de septiembre de 2010). *SECRETARIA DE GOBERNACION MEXICO*. Obtenido de dof.gob.mx:  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5161336&fecha=30%2F09%2F2010](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5161336&fecha=30%2F09%2F2010). (citado 23-07-2014)
- SAE. (12 de enero de 2012). *SAE internacional*. Obtenido de Global Ihs.com:  
[https://global.ihs.com/doc\\_detail.cfm?document\\_name=SAE%20J844&item\\_s\\_key=00092762](https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=SAE%20J844&item_s_key=00092762).(citado 16-02-2014)
- Tenorio, M. Y. (2010). *Monografias*. Obtenido de Monografias:  
<http://www.monografias.com/trabajos10/metra/metra.shtml>.(citado 19-06-2014)
- Wheels, A. (2010). *Manual de servicio para llantas* , 46. (citado 06-02-2015)

# ANEXOS

