



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UN TREN DE DOS VAGONES
ARRASTRADO POR MEDIO DE UN VEHÍCULO DE
COMBUSTIÓN INTERNA A DIESEL CON FINES TURÍSTICOS
PARA LA LAGUNA DE COLTA”**

CASTILLO QUINTANA EDUARDO RAFAEL

GRAMAL LLUGLLUNA CARLOS FERNANDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Títulode:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Riobamba -Ecuador

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Noviembre, 23 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDUARDO RAFAEL CASTILLO QUINTANA

Titulada:

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UN TREN DE DOS VAGONES ARRASTRADO POR
MEDIO DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIESEL CON FINES
TURÍSTICOS PARA LA LAGUNA DE COLTA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Vallejo

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDUARDO RAFAEL CASTILLO QUINTANA

TÍTULO DE LA TESIS: “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN TREN DE DOS VAGONES
ARRASTRADO POR MEDIO DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA
A DIESEL CON FINES TURÍSTICOS PARA LA LAGUNA DE COLTA”

Fecha de Examinación: 23/11/2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Miguel Aquino (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Jorge Vallejo (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Noviembre, 23 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CARLOS FERNANDO GRAMAL LLUGLLUNA

Titulada:

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UN TREN DE DOS VAGONES ARRASTRADO POR
MEDIO DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIESEL CON FINES
TURÍSTICOS PARA LA LAGUNA DE COLTA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Vallejo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARLOS FERNANDO GRAMAL LLUGLLUNA
TÍTULO DE LA TESIS: “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN TREN DE DOS VAGONES
ARRASTRADO POR MEDIO DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA
A DIESEL CON FINES TURÍSTICOS PARA LA LAGUNA DE COLTA”

Fecha de Examinación: 23/11/2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Miguel Aquino (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Jorge Vallejo (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUDITORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Eduardo Rafael Castillo Quintana

f) Carlos Fernando Gramal Lluglluna

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a DIOS, por haber iluminado mi camino y permitirme superar todas las barreras que se presentaron en mi vida, a mis padres que día a día gracias a su apoyo me ayudaron a cumplir ese gran sueño anhelado.

También dedico este trabajo a todos los docentes que compartieron sus conocimientos académicos y personales, para la formación integral y que de seguro será una gran ayuda para un servicio de calidad para la sociedad.

Eduardo Castillo Quintana

Con mucho cariño y gratitud quiero dedicar este trabajo a mi papi Alfonso y mi mami Mercedes, que me dieron la vida y me brindaron el apoyo incondicional, enseñándome valores de responsabilidad y respeto, forjando en mí una persona culta y responsable, espero y aspiro que con el logro alcanzado pueda recompensar en algo el inmenso esfuerzo que realizaron por nuestro bienestar.

Carlos Gramal Lluglluna

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma durante el desarrollo de este proyecto de tesis y durante nuestra formación profesional.

Sobre todo quiero agradecer a mis padres y familiares por su apoyo incondicional en todo momento, de igual manera al Ing. Jorge Vallejo, asesor de tesis e Ing. Miguel Aquino, director de tesis por su valiosa colaboración para el desarrollo de este trabajo.

Eduardo Castillo Quintana

Agradezco primeramente a Dios el todopoderoso por haberme dado la salud y sabiduría para concluir con éxito mi carrera, a mis queridos padres y hermanos por el inmenso apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A mis queridos amigos que me brindaron el apoyo y su sincera amistad, y que de alguna forma contribuyeron a la culminación de mis estudios.

Carlos Gramal Lluglluna

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Historia de la Locomotora en el Ecuador.....	4
2.2	Locomotora a vapor.....	5
2.2.1	Clasificación	6
2.2.2	Partes	8
2.3	Vehículos para arrastre	9
2.3.1	Funcionamiento de un motor de combustion interna a diesel	9
2.3.2	Clasificación del motor diesel	9
2.3.3	Ciclos de trabajo	10
2.3.4	Sistemas que constituyen un motor diesel	10
2.3.4.1	Sistema de admisión y escape	10
2.3.4.2	Sistema de lubricación	12
2.3.4.3	Sistema de alimentación.....	13
2.3.4.4	Sistema de refrigeración	14
2.3.4.5	Sistema de arranque en frío	15
2.3.5	Tipos de vehículos de arrastre	17
2.3.6	Características técnicas	18
2.3.7	Sistema de propulsión	19
2.3.8	Sistema de suspensión	20
2.3.9	Chasis	21
2.4	Aceros y maderas	22
2.4.1	Acero	22
2.4.1.1	Clasificación del acero	22
2.4.1.2	Características mecánicas y tecnológicas del acero	23
2.4.1.3	Aplicaciones	25
2.4.2	Madera	26
2.4.2.1	Tipos y características de las maderas en la región Sierra	26
2.4.2.2	Aplicaciones	29
2.4.2.3	Tratamientos de la madera para exteriores	29
2.5	Barra de tiro	29
2.5.1	Tipos	30
2.5.2	Aplicaciones	30
2.5.3	Partes y componentes	30
2.6	Neumáticos	30
2.6.1	Tipos	31
2.6.2	Partes	32
2.6.3	Nomenclatura de los neumáticos	33

3.	DISEÑO DE LOS VAGONES	
3.1	Normas de calidad utilizadas en la construcción de carrocerías	36
3.1.1	NTE INEN 1323	36
3.1.2	NTE INEN 1669	36
3.1.3	RTE INEN 034	36
3.1.4	RTE INEN 041	36
3.2	Rediseño del bastidor	36
3.2.1	Análisis de esfuerzos estructurales	39
3.2.1.1	Criterios sobre peso y distribución	39
3.2.1.2	Criterios sobre el espacio y la ergonomía	40
3.3	Cálculos del valor de las cargas	40
3.3.1	Carga muerta	40
3.3.1.1	Cálculo del peso de la estructura en madera	42
3.3.1.2	Peso de los asientos	42
3.3.1.3	Cálculo del peso para estructura de acero	43
3.3.1.4	Cálculo del peso de los vidrios	43
3.3.2	Carga viva	44
3.3.3	Carga de giro	46
3.3.4	Carga de frenado	48
3.3.5	Carga de aceleración brusca	49
3.3.6	Carga por resistencia del aire frontal	50
3.3.7	Combinaciones básicasde carga	51
3.3.8	Análisis de resultados	52
3.4	Elementos de sujeción	54
3.4.1	Diseño y selección de pernos	54
3.4.2	Resistencia de diseño de las soldaduras	57
3.4.3	Diseño de las soldaduras para las platinas	58
3.4.4	Especificaciones del procedimiento de soldadura	60
3.5	Sistema de suspensión	60
3.5.1	Definición	60
3.5.2	Sistema de suspensión Ford 350	61
3.6	Diseño de la barra de tiro	61
3.6.1	Análisis estructural	61
3.6.1.1	Cálculo de la fuerza de arrastre	63
3.6.1.2	Cálculo de la fuerza de arrastre máxima	65
3.7	Neumáticos	66
3.7.1	Uso de catálogos	66
3.7.2	Selección	66
3.8	Sistema de frenos	67
3.8.1	Sistema de frenos en remolques	67
3.8.2	Tipos de frenos para remolques	67
3.9	Carrocería del vagón.....	68
3.9.1	Manual de construcción	68
3.9.1.1	Travesaños.....	68
3.9.1.2	Parantes laterales.....	68
3.9.1.3	Pieza de acero fundido “L”	69
3.9.1.4	Larguero inferior.....	69
3.9.1.5	Placas de acero fundido.....	70
3.9.1.6	Travesaños laterales.....	70
3.9.1.7	Largueros superiores.....	71
3.9.1.8	Esquineros.....	71

3.9.1.9	Soporte del techo	72
3.9.1.10	Parantes delanteros y posteriores.....	73
3.9.1.11	Travesaños delanteros y posteriores.....	73
3.9.1.12	Travesaños superiores delanteros y posteriores.....	74
3.9.1.13	Sercha del techo.....	74
3.9.1.14	Tool o cubierta del techo.....	75
3.9.1.15	Duela del piso.....	75
3.9.1.16	Soporte para los asientos.....	75
3.9.1.17	Duelas exteriores.....	76
3.9.1.18	Duelas laterales internas	77
3.9.2	Duelas delanteras y posteriores internas.....	77
3.9.2.1	Larguero exterior para las ventanas.....	78
3.9.2.2	Larguero interior para las ventanas.....	78
3.9.2.3	Larguero exterior corto para las ventanas delanteras y posteriores.....	79
3.9.2.4	Larguero exterior largo para las ventanas delanteras y posteriores.....	79
3.9.2.5	Larguero interior corto para las ventanas delanteras y posteriores.....	80
3.9.2.6	Larguero interior largo para las ventanas delanteras y posteriores.....	80
3.9.2.7	Rieles para las ventanas laterales.....	81
3.9.2.8	Rieles para las ventanas delanteras y posteriores.....	81
3.9.2.9	Ventanas laterales superiores.....	82
3.9.3	Duelas exteriores de las ventanas.....	82
3.9.3.1	Ventanas laterales inferiores.....	83
3.9.3.2	Duelas internas de las ventanas laterales.....	83
3.9.3.3	Duelas internas de las ventanas delanteras y posteriores	84
3.9.3.4	Letrero.....	84
3.9.3.5	Sobre puerta.....	85
3.9.3.6	Puerta.....	85
3.9.4	Diseño estructural.....	86
3.9.4.1	Cálculo de cargas estáticas y dinámicas.....	86
3.9.5	Selección de la madera.....	86
3.9.5.1	Propiedades del eucalipto.....	86
3.9.5.2	Selección de aceros.....	87
3.10	Selección de vidrios.....	87
3.10.1	Uso de NTE INEN 1669.....	87
3.10.2	Vidrio templado.....	87
3.11	Asientos.....	88
3.11.1	Uso de RTE 041.....	88
3.11.2	Selección.....	89
4.	VEHÍCULO DE ARRASTRE Y CARCASA	
4.1	Vehículo de arrastre.....	90
4.1.1	Cálculo de la potencia y torque.....	90
4.1.2	Selección del vehículo.....	91
4.1.3	Análisis de fuerzas para la selección del tren motriz.....	91
4.1.3.1	Fuerza de resistencia al rodamiento.....	91
4.1.3.2	Fuerza de resistencia aerodinámica.....	92
4.1.3.3	Fuerza por pendiente.....	94
4.2	Uso de programa para el cálculo de la potencia del vehículo.....	95
4.3	Diseño de la carcasa a montarse en el vehículo.....	96
4.3.1	Manual de construcción de la carcasa con apariencia de una locomotora a vapor.....	96
4.3.1.1	Sobre chasis (eucalipto-madera).....	96

4.3.1.2	Estructura de la locomotora.....	97
4.3.1.3	Cabina de la locomotora.....	97
4.3.1.4	Recubrimiento de la cabina.....	98
4.3.1.5	Tool o cubierta de la carcasa.....	98
4.3.1.6	Puertas.....	99
4.3.1.7	Asientos.....	99
4.3.1.8	Accesorios.....	100
4.3.1.9	Barra de tiro.....	100
4.4	Sistema eléctrico.....	101
4.4.1	Circuito de luces de freno y estacionamiento.....	101
4.4.2	Circuito de neblinero.....	101
4.4.3	Circuito de audio.....	102
5.	COSTOS	
5.1	Costos directos.....	103
5.2	Costos indirectos.....	105
5.3	Costo total.....	106
5.4	Determinación del VAN Y TIR.....	106
5.5	Planificación del proyecto.....	109
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	116
6.2	Recomendaciones.....	117

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

Pág.		
1	Partes de la locomotora.....	8
2	Ficha técnica de los vehículos de arrastre.....	18
3	Ficha técnica-sistema de propulsión del tractor agrícola JHON DEERE 6403.....	19
4	Ficha técnica-sistema de propulsión del motocultor 7714 C.....	19
5	Ficha técnica-sistema de propulsión ISUZU D-MAX 3.5 V6.....	20
6	Ficha técnica-sistema de propulsión del camión ISUZU NLR.....	20
7	Sistema de suspensión camioneta ISUZU D-MAX 4x4.....	21
8	Sistema de suspensión del camión ISUZU NLR.....	21
9	Propiedades físicas del eucalipto.....	27
10	Propiedades mecánicas del eucalipto.....	27
11	Ventajas y desventajas de los neumáticos de estructura diagonal.....	31
12	Peso de la muestra de madera de eucalipto.....	42
13	Peso de perfiles estructurales.....	43
14	Peso total de los vidrios.....	44
15	Carga muerta.....	44
16	Masa de pasajeros según NORMA INEN 1323.....	46
17	Valor del radio de curvatura.....	47
18	Esfuerzos permitidos por el reglamento AISC para metal de soldadura.....	58
19	Propiedades mínimas del metal de aporte.....	58
20	Propiedades físicas y mecánicas del eucalipto.....	87
21	Ficha técnica ISUZU NHR.....	91
22	Valores del coeficiente de rodadura.....	92
23	Ingresos.....	106
24	Flujo de caja.....	107
25	Cálculo del VAN.....	108
26	Indicadores financieros.....	108

LISTA DE FIGURAS

Pág.		
1	Tour a bordo de la locomotora a vapor.....	4
2	Locomotoras a vapor.....	6
3	Locomotora compound.....	6
4	Locomotora ténder.....	6
5	Locomotora de vía estrecha.....	7
6	Locomotora de mercancías.....	7
7	Locomotora de viajeros.....	7
8	Locomotora mixta.....	8
9	Partes de la locomotora a vapor.....	9
10	Funcionamiento del motor diesel.....	9
11	Tiempos del motor diesel.....	10
12	Sistema de admisión y escape.....	11
13	Sistema de lubricación.....	12
14	Sistema de alimentación.....	14
15	Sistema de refrigeración.....	15
16	Bujía de incandescencia.....	16
17	Tractor agrícola.....	17
18	Motocultor.....	17
19	Camioneta 4x4.....	18
20	Camión de carga.....	18
21	Proceso de obtención del acero.....	22
22	Deformación de una viga de acero.....	25
23	Fibras de la madera.....	26
24	Madera de eucalipto.....	27
25	Madera de ciprés.....	28
26	Madera de pino.....	28
27	Componentes de la barra de tiro.....	30
28	Neumático diagonal.....	32
29	Neumáticos radiales.....	32
30	Partes del neumático.....	33
31	Nomenclatura de los neumáticos.....	34
32	Planos del chasis Ford 350.....	37
33	Chasis modificado.....	37
34	Modificación de chasis HINO FG.....	38
35	Diseño del mini chasis.....	38
36	Diseño del pin y chaveta.....	38
37	Criterios sobre peso y distribución.....	39
38	Aerodinámica del vehículo.....	39
39	Ergonomía.....	40
40	Estructura del vagón.....	41
41	Muestra de madera de eucalipto.....	41
42	Peso de la estructura en madera.....	42
43	Efectos de la fuerza centrífuga.....	46
44	La fuerza de inercia aplicada en el centro de gravedad en el instante del frenado....	48
45	Vehículos sometidos a la carga de viento.....	50
46	Proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal.....	50
47	Ingreso de combinación de cargas en SAP2000.....	52

48	Análisis de la estructura.....	52
49	Análisis de los puntos críticos.....	53
50	Valores arrojados.....	53
51	Ángulo de sujeción entre chasis y vagón	54
52	Reacciones en los puntos de sujeción.....	54
53	Análisis de las platinas.....	55
54	Reacciones en la platina.....	55
55	Análisis de la soldadura en platinas.....	59
56	Sistema de suspensión delantera.....	60
57	Sistema de suspensión posterior.....	61
58	Barra de tiro utilizada por tractores agrícolas.....	62
59	Barra de tiro utilizadas por vehículos 4x4.....	62
60	Remolque agrícola.....	62
61	Diseño de la barra de tiro.....	63
62	Pasador.....	63
63	Análisis de la barra de tiro.....	64
64	Valores arrojados.....	65
65	Fuerza de tiro máxima.....	66
66	Análisis de fuerzas en el frenado.....	67
67	Travesaños.....	68
68	Parantes laterales.....	69
69	Pieza de acero fundido.....	69
70	Larguero inferior.....	70
71	Banda de acero fundido.....	70
72	Travesaño lateral.....	71
73	Larguero superior.....	71
74	Esquinero.....	72
75	Soporte del techo.....	72
76	Parantes delanteros y posteriores.....	73
77	Travesaños delanteros y posteriores.....	73
78	Travesaños superiores delanteros y posteriores.....	74
79	Sercha.....	74
80	Plancha de tool.....	75
81	Duelas del piso.....	75
82	Soportes del piso.....	76
83	Duelas laterales exteriores A.....	76
84	Duelas laterales exteriores B.....	77
85	Duelas laterales internas.....	77
86	Duelas delanteras y posteriores internas.....	78
87	Larguero exterior para las ventanas laterales.....	78
88	Larguero interior para las ventanas laterales.....	79
89	Larguero exteriorcorto para las ventanas delanteras y posteriores.....	79
90	Larguero exterior largo para las ventanas delanteras y posteriores.....	80
91	Larguero interior corto para las ventanas delanteras y posteriores.....	80
92	Larguero interior largo para las ventanas delanteras y posteriores.....	81
93	Rieles para las ventanas laterales.....	81
94	Rieles para las ventanas delanteras y posteriores.....	82
95	Ventanas superiores.....	82
96	Duelas exteriores de las ventanas.....	83
97	Ventanas laterales inferiores.....	83
98	Duelas internas de las ventanas laterales.....	84

99	Duelas internas de las ventanas delanteras y posteriores.....	84
100	Letrero.....	85
101	Sobre puerta.....	85
102	Puerta.....	86
103	Espesores de los vidrios.....	88
104	Dimensiones de asientos según NORMA INEN 1323.....	88
105	Tipos de asientos.....	89
106	Asientos abatibles.....	89
107	Vehículo de arrastre.....	90
108	Resistencia al rodamiento.....	91
109	Fuerza de resistencia aerodinámica.....	93
110	Fuerza por pendiente.....	94
111	Ingreso de datos en el SOFTWARE.....	95
112	Ingreso de datos del vehículo seleccionado.....	96
113	Sobre chasis.....	97
114	Estructura de la carcasa con apariencia de locomotora a vapor.....	97
115	Cabina de la locomotora.....	98
116	Larguero inferior.....	98
117	Tool o cubierta de la carcasa.....	99
118	Puertas.....	99
119	Asientos.....	99
120	Accesorios.....	100
121	Barra de tiro.....	100
122	Sistema de alumbrado para el vagón.....	101
123	Circuito del neblinero.....	101
124	Circuito de audio.....	102
125	Egresos.....	107
126	Esquema de la representación de las tareas y sucesos en un gráfico Pert.....	109
127	Actividades para la construcción del vagón.....	110
128	Resultados obtenidos.....	111
129	Resultados obtenidos en el diagrama de Pert.....	111
130	Porcentaje de avance del proyecto.....	112
131	Proceso de construcción de la carcasa.....	113
132	Resultados obtenidos.....	113
133	Resultados obtenidos en el diagrama Pert.....	114
134	Porcentaje de avance del proyecto.....	114

LISTA DE ABREVIACIONES

a	Aceleración
Ab	Carga de aceleración brusca
A_f	Área frontal
A_t	Área de esfuerzo de tensión
A_r	Área del diámetro menor
AC	Corriente alterna
AISC	Instituto Americano de Aceros de Construcción
ASD	Diseño por Esfuerzo Permisible(Allowable Stress Desing)
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas a Materiales
APU	Análisis de Precios Unitarios
C	Coefficiente de resistencia aerodinámica
Cd	Carga de diseño
Cv	Carga de viento
Cx	Coefficiente de resistencia frontal del aire
DOT	Departamento de Transporte de Estados Unidos (Department of Transport)
e	Espesor
E	Módulo de elasticidad
ELP	Esfuerzo en el límite proporcional
f	Coefficiente de resistencia al rodamiento
F	Fuerza
Fa	Fuerza de tiro
F_c	Fuerza centrífuga
F_{MB}	Resistencia nominal del metal base
Fr	Carga de frenado
F_R	Fuerza resultante
F_S	Resistencia nominal del metal de aporte
Ft	Fuerza de tiro máxima
Fy	Límite de fluencia
Fu	Límite de rotura
g	Aceleración de la gravedad
HP	Caballos de fuerza(HorsePower)
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normas

IRAM	Industrias y Reparticiones Públicas de Asociaciones Profesionales Académicos
k	Resistencia al aire
K_c	Factor de confiabilidad
K_f	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga
Kgf	Kilogramos fuerza
m	Masa
M	Carga muerta
mm ²	Milímetros al cuadrado
MOE	Módulo de elasticidad
MOR	Módulo de ruptura
η	Régimen de giro
n	Factor de seguridad
N	Newton
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
P	Peso
P_M	Par motor
r_c	Radio de giro
Ra	Fuerza de resistencia aerodinámica
Raf	Carga por resistencia al aire frontal
R_c	Resistencia a la rodadura
Rp	Fuerza por pendiente
Rr	Fuerza de resistencia al rodamiento
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
s	Segundos
SAP 2000	Software de elementos finitos aplicados a estructuras
SMAW	Soldadura por Arco con Electrodo Revestido
Sp	Resistencia de prueba límite
SOLIDWORKS	Software aplicado a modelaciones
Sse	Esfuerzo de fluencia
S'se	Esfuerzo a fatiga
Su	Resistencia mínima a la tensión
Sy	Resistencia mínima a la fluencia
t	Tiempo
TIR	Tasa Interna de Retorno

T_{\max}	Esfuerzo máximo
V	Carga viva
ν	Velocidad
VAN	Valor Actual Neto
W	Potencia
WPS	Sociedad Americana de Soldadura (WeldingProcedureSpecification)
δ	Densidad
α	Ángulo

LISTA DE ANEXOS

A	Perfiles estructurales
B	Selección de pernos
C	Especificaciones del índice de carga de los neumáticos
D	Acero estructural según NORMA SAE-IRA
E	Catálogo de amortiguadores
F	Accesorios
G	Reglamento a la ley de tránsito y transporte terrestre que hace referencia a la transportación de remolques
H	Procedimiento de Soldadura WPS
I	Selección de Vidrios - NTE INEN 1669
J	Encuesta realizada
K	Modelos de asientos

RESUMEN

Se ha diseñado un tren de dos vagones arrastrado por medio de un vehículo de combustión interna a diesel con fines turísticos para la laguna del cantón Colta, realizado mediante la utilización de software de elementos finitos para el diseño y SAP2000 para el análisis estructural.

Los vagones estarán diseñados cumpliendo con la NORMA NTE INEN 1323 2009, VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERÍAS DE BUSES. REQUISITOS. La estructura será de Eucalipto-madera seca al ambiente empernada para el soporte del piso, los laterales y acero estructural A36 en el techo, para dar la apariencia de un vagón clásico el cual transportará 16 personas en su interior. Cada vagón será montado sobre el bastidor de un vehículo Ford 350, el cuál fue rediseñado de acuerdo a las dimensiones del vagón, contará con un mini chasis en el eje delantero, que facilitará el radio de giro en curvas. Para el arrastre se utilizará un vehículo de combustión interna a diesel.

El vehículo de combustión interna a diesel fue seleccionado mediante el SOFTWARE de ANÁLISIS DE FUERZAS DEL TREN MOTRIZ EN VEHÍCULOS PESADOS, realizado como proyecto de tesis por los estudiantes de Ingeniería Mecánica, Rosa Samaniego y Ángel Silva. La carcasa con la apariencia de una locomotora a vapor con cámara de humo, campana, silbato y recubrimiento con la apariencia de calderas; estará montada en el vehículo de arrastre, diseñada con acero estructural y recubierto con plancha de tool.

Los resultados son satisfactorios en la simulación y análisis de los esfuerzos que soporta la estructura, ya que para el diseño del proyecto se tomó en cuenta la especificación AISC-ASD01 (Diseño por Esfuerzos Permisibles).

Además se ha realizado la planificación del proyecto y su respectivo estudio económico que serán de utilidad para el municipio al poner en práctica el proyecto.

ABSTRACT

A train of two wagons has been designed, pulled by a vehicle of internal combustion with diesel for finite tourism to the lake in Colta, performed by the use of finite elements software for the designing and Sap 2000 for the structural analysis.

The wagons are designed with the NTE INEN standard 1323 2009, vehicles, automotors, carcass of buses requisites. The structure will be eucalyptus dry wood bolted to the support of the floor and the sides and structural steel A36 in the roof to give the appearance of a classic wagon to transport 16 people inside. Each wagon will be mounted on the chassis of a Ford 350, and it will be redesigned according to the dimensions of the wagon, it will count with a mini- chassis in the front shaft that will benefit the turning radius in curves. The traction will be made by diesel intern combustion engine vehicle.

The diesel intern combustion engine vehicle was selected by means of the software of analysis of forces of the motor train I heavy vehicles, performed as a project thesis by the students of Mechanical Engineering Rosa Samaniego and Angel Silva. The carcass with the appearance of a steam locomotive with smoke chamber, bell, whistle and covering with appearance of boilers, it will be mounted on the vehicles of pull designed with structural steel and covered with tool.

The results are satisfactory in the simulation and analysis of the efforts to be supported by the structure, reason by for this project to be designed the AISC-ASD01 (Design for permissible efforts) specifications were reviewed.

Besides, it has done the programming of the project and its respective study will be useful for the major house to implement the project.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El tema nace de la necesidad de fortalecer el turismo en la provincia de Chimborazo y el cantón Colta, la Laguna se encuentra ubicada a 19 Km al suroeste de Riobamba, su forma es alargada, mide 2500 metros de longitud y unos 1100 de ancho; una de las maravillas que brinda la laguna es el espejo que forma, donde se ve reflejado el grandioso Chimborazo.

En ella se puede observar diversas especies de aves y un sin número de peces de colores. A su alrededor podemos encontrar casas y chozas propias del lugar. Cabe destacar que a orillas de la laguna pasa la línea del ferrocarril que se encuentra en reconstrucción. La Laguna ofrece a sus visitantes varias actividades como: caminatas, cabalgatas, camping, fotografías, observación de la flora y fauna.

La construcción del ferrocarril del Ecuador sin duda alguna constituyó un símbolo de unidad nacional que ayudó al progreso del país, cuyo precursor fue el presidente Gabriel García Moreno, quien inició este proyecto una vez aprobada la contratación de empresas nacionales y extranjeras por parte de la Asamblea Constituyente en 1861. La trayectoria fue de 91 Km. de vía en la costa ecuatoriana que comprendían los tramos desde Yaguachi hasta Milagro.

La obra fue retomada por el Gral. Eloy Alfaro, para esto se realizó un análisis y estudio del nuevo trazado que permitiese continuar con la construcción del ferrocarril. Se destacó al proyecto como "el ferrocarril más difícil del mundo" debido a los obstáculos geográficos que debía enfrentar.

Luego de nuevos estudios se resolvió construir la línea férrea que uniría la costa con la sierra ecuatoriana, siendo su constructor el norteamericano Archer Harman, la construcción del tramo atraviesa la provincia de Chimborazo, esto debido a que el río Chanchán causaba dificultades en la construcción, pues arrasaba continuamente las bases y el pavimento cimentado.

El tren arribó a la estación de Chimbacalle de Quito el 25 de junio de 1908, inaugurándose oficialmente con una gran fiesta cívica nacional. Actualmente, el ferrocarril sirve como atractivo turístico utilizando varias rutas: en el trayecto Riobamba - Nariz del Diablo el tren desciende 800 metros en el zigzag de la formación rocosa, que por su dificultad y forma, fue denominada con esta alusión al demonio. Este descenso permite sentir el cambio de climas desde el altiplano hasta el litoral.

1.2 Justificación

Para la ejecución del proyecto en primera instancia se puede buscar entidades públicas o privadas que financien el proyecto.

Con esta propuesta se está buscando potenciar el desarrollo turístico del cantón Colta ya que no solo se explotaría el sector de la laguna del mismo nombre sino varios atractivos que contiene dicho cantón, puesto que cuando hay este tipo de proyectos se produce un proceso económico en cadena, donde los mayores beneficiarios son los mismos habitantes y por ende mejorarían sus expectativas socio-económicas.

Con estas especificaciones se prevee recuperar el capital invertido en un tiempo no mayor a cinco años, pero por ser un proyecto innovador, puede ser en menor tiempo, en donde se alcance el punto de equilibrio entre oferta y demanda, a partir de eso se logrará arrancar un superávit en todos los estados financieros del proyecto.

El estudio técnico se realizará en el diseño de los vagones (tipo de suspensión, barra de tiro, neumáticos, sistema de frenado, estructura, recubrimiento, estabilidad, ergonomía y seguridad). Llegando así a dar la apariencia de los primeros vagones que llegaron al país a principios de siglo el cual se desplazará alrededor de la laguna, con la variante que ya no va desplazarse sobre rieles sino sobre neumáticos, por las prestaciones del terreno y el número de pasajeros a llevar.

También estudiaremos las prestaciones del vehículo requerido para el arrastre de los vagones, luego de la selección del vehículo se tomará muy en cuenta sus dimensiones y especificaciones técnicas, el diseño de la carcasa a escala de una locomotora.

En el ámbito social se sabe que el número de visitantes anuales es de 30000 personas y su incremento es de (5 – 10) %.

En el ámbito ecológico se va a utilizar madera de “EUCALIPTO” porque en el país existen plantaciones destinadas a la obtención de este árbol con fines industriales. Entonces así no se afectará a la deforestación de bosques y vida silvestre.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Estudiar y diseñar un tren de dos vagones arrastrado por medio de un vehículo de combustión interna a diesel con fines turísticos para la Laguna de Colta.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Recopilar información referente a la locomotora e investigar las normas de calidad utilizadas para la construcción de carrocerías destinadas a llevar más de 16 personas.

Diseñar el bastidor, barra de tiro de los vagones clásicos, realizando el análisis estructural de cargas estáticas y dinámicas presentes.

Diseñar la carcasa para recubrir el vehículo que de la apariencia de una locomotora y la estructura de los vagones de madera con techo de acero, teniendo el aspecto de los vagones antiguos.

Calcular y seleccionar el vehículo que reúna las características técnicas para el arrastre del peso total de los dos vagones.

Realizar la demostración del proyecto vía uso del software de simulación y elementos finitos.

Realizar el estudio económico del proyecto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la locomotora en el Ecuador [1]

Figura 1.Tour a bordo de la locomotora a vapor



Fuente:www.quito.gov.ec

La construcción del ferrocarril del Ecuador constituye un símbolo de unidad nacional que ayudó al progreso del país. El precursor de la obra fue el presidente Gabriel García Moreno, quien inició este proyecto una vez que la Asamblea Constituyente de 1861, autorizó la contratación de empresas nacionales y extranjeras para su construcción.

En 1873 se pone al servicio 91 Km. de vía en la costa ecuatoriana desde Yaguachi hasta Milagro. Tras el fallecimiento de Gabriel García Moreno en 1895, la obra fue retomada por el Gral. Eloy Alfaro Delgado.

Después del fallecimiento del Gral. Eloy Alfaro, el Gobierno Liberal retomó la obra y delegó el análisis y estudio de un nuevo trazado que permitiese continuar con la construcción del ferrocarril al Ing. Sighald Muller. Después de dos años de investigación, Muller llamó al proyecto "el ferrocarril más difícil del mundo" debido a los obstáculos geográficos que debía enfrentar.

Luego de nuevos estudios se resolvió construir la línea férrea que uniría la costa con la sierra ecuatoriana, siendo su constructor Archer Harman, quien inició la obra empleando trabajadores indígenas y negros, los cuales recibieron apoyo de cuatro mil jamaquinos

contratados para reforzar la construcción del tramo que atraviesa la provincia de Chimborazo, pues el río Chanchán arrasaba continuamente las base y el pavimento cimentado.

Como hecho histórico se menciona la colocación de un clavo de oro por la hija del Gral. Alfaro en el último riel de la estación de Chimbacalle dando por terminado la obra de infraestructura más grande del Ecuador.

El tren arribó a la estación de Chimbacalle de Quito el 25 de junio de 1908, inaugurándose oficialmente con una gran fiesta cívica nacional. Esta gran obra se complementó el 26 de agosto de 1957 con el tramo Quito - San Lorenzo (373.4 Km).

El ferrocarril sirve como atractivo turístico utilizando varias rutas como:

- **Riobamba - Nariz del Diablo:** el tren desciende 800 m. en el zigzag de la formación rocosa que por su dificultad y forma, fue denominada con esta alusión al demonio. Esta bajada permite sentir el cambio de climas desde el altiplano hasta el litoral.
- **Quito – Riobamba:** atraviesa la "Avenida de los Volcanes" a lo largo de la travesía se presenta varias montañas de la serranía y se observa el coloso Chimborazo.
- **Quito-Cotopaxi-Quito:** conduce a una de las reservas más importantes del país, el Parque Nacional Cotopaxi, ubicado a las faldas del volcán (Cotopaxi).
- **Ibarra – Primer Paso (45 Km):** conduce al auto ferro hasta la cuenca del río Mira a través de túneles construidos solamente con pico y pala.

2.2 Locomotora a vapor[2]

Una locomotora de vapor es un tipo de vehículo para el transporte de personas y mercancía, impulsada por la acción del vapor de agua. Las locomotoras de vapor fueron la forma dominante de tracción en los ferrocarriles hasta que a mediados del siglo XX, fueron remplazadas por las locomotoras diesel y eléctricas.

Figura 2.Locomotoras a vapor



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=tipos+de+locomotoras+de+vapor>

2.2.1 Clasificación

- **Locomotora compound.** En esta el vapor obra a plena presión en un primer cilindro y se distiende en seguida en un segundo cilindro. Con su empleo no es necesario el acoplamiento de ejes pues cada cilindro puede accionar directamente uno de ellos.

Figura 3.Locomotora compound



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=locomotora+compound>

- **Locomotora ténder.** La que lleva consigo el carbón. Solo se emplea en trechos pequeños o para las maniobras de las estaciones.

Figura 4.Locomotora ténder



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=locomotora+tender>

- **Locomotora de vía estrecha.** Se llaman así las máquinas que circulan por este tipo de vías. Se considera vía estrecha a aquella que tiene menos de 1.435 mm. La mayoría de las vías estrechas existentes tienen 1.067 mm o menos.

Figura 5.Locomotora de vía estrecha



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=locomotora+de+via+estrecha>

- **Locomotora de mercancías.** La más larga y pesada. Posee varios ejes acoplados con ruedas de alrededor de 1,3 m y se utiliza para baja velocidad y gran fuerza de tracción.

Figura 6.Locomotora de mercancías



Fuente: <http://www.flickr.com/photos/40904609@N04/6636890955/>

- **Locomotora de viajeros.** Se caracteriza por el empleo de grandes ruedas de casi dos metros de diámetro con dos ejes acoplados. Un tercer eje libre lleva dos ruedas pequeñas o un boje con cuatro ruedas móviles alrededor de un tornillo maestro.

Figura 7.Locomotora de viajeros



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=locomotora+de+pasajeros>

- **Locomotora mixta.** Destinada a remolcar trenes mixtos, posee generalmente tres ejes acoplados con ruedas de 1,50 m. Pesa unas 40 toneladas y también lleva freno instantáneo.

Figura 8.Locomotora mixta



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=locomotora+mixta>

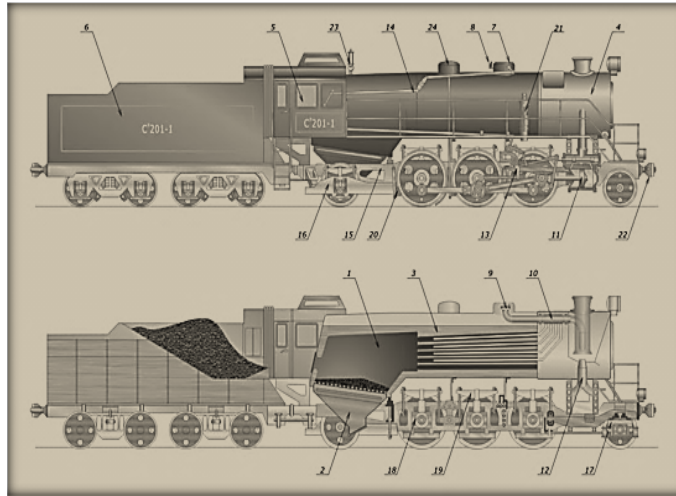
2.2.2 Partes[3]

Tabla 1.Partes de la locomotora

1. Hogar	13. Mecanismo de accionamiento de la distribución
2. Cenicero	14. Palanca de accionamiento del regulador
3. Agua (interior de la caldera)	15. Bastidor
4. Caja de humos	16. Bisel posterior
5. Cabina	17. Bisel anterior
6. Ténder	18. Cojinete y eje de rueda motriz
7. Domo del vapor	19. Ballesta
8. Válvula de seguridad	20. Zapata de freno
9. Regulador	21. Bomba para el freno de aire
10. Cabecera del recalentador en el conducto principal del vapor	22. Enganche
11. Pistón	23. Silbato
12. Tobera de salida del vapor	24. Domo arenero

Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Gyermek_vasut

Figura 9. Partes de la locomotora a vapor

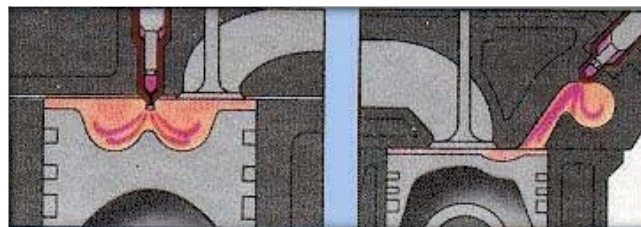


Fuente:http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Locomotora_Prairie&action=edit&redlink

2.3. Vehículos para arrastre

2.3.1 *Funcionamiento de un motor de combustión interna a diesel [4].* El motor de combustión interna a diesel es un transformador de energía química almacenado en el combustible y este lo transforma en energía mecánica, el encendido se produce por una alta temperatura que posibilita la compresión del aire al interior del cilindro.

Figura 10.Funcionamiento del motor diesel



Fuente:Manual de Mecánica de Coches

Estos vehículos son propulsados por medio de un motor de combustión interna. La única característica a tomar en cuenta es la curva torque-potencia, principalmente por el trabajo que realizan.

2.3.2 *Clasificación del motor diesel*

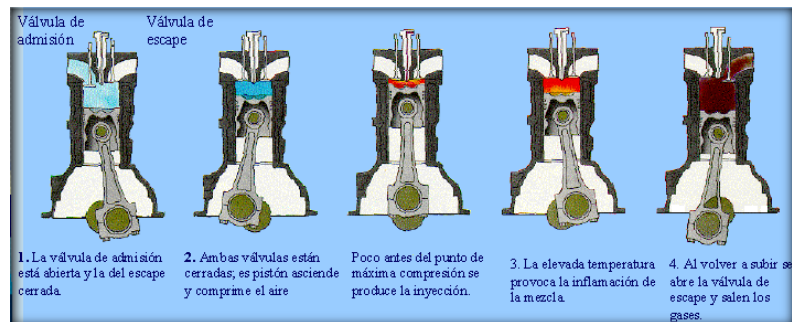
- **El tipo de mezcla:** Aire pre calentado y diesel “gasoil”
- **Por el encendido:** Autoencendido

- **Por el modo de trabajo:** 2 vueltas del cigüeñal y 4 carreras del pistón= 1 Ciclo.
- **Por el tipo de refrigeración:** Agua y Aire
- **Por la disposición de los cilindros:** línea, V, pero estos motores son de 6 a 12 cilindros

2.3.3 Ciclos de trabajo

- ✓ **Tiempo (aspiración):** Aire puro entra en el cilindro por el movimiento descendente del pistón.
- ✓ **Tiempo (compresión):** El pistón comprime el aire muy fuerte y éste alcanza una temperatura muy elevada.
- ✓ **Tiempo (carrera de trabajo):** Se inyecta el gasoil, y éste se enciende inmediatamente por causa de la alta temperatura
- ✓ **Tiempo (carrera de escape):** El pistón empuja los gases de combustión hacia el tubo de escape.

Figura 11. Tiempos del motor diesel



Fuente:Manual de Mecánica de Coches

2.3.4 Sistemas que constituyen un motor diesel

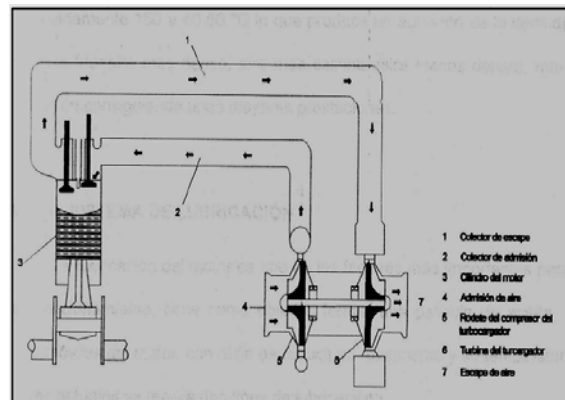
2.3.4.1 Sistema de admisión y escape[5]

La admisión es el proceso que sigue el aire en su circulación por el interior de un motor proporcionado aire limpio a los cilindros, el escape permite la salida de los gases de la combustión. Este sistema debe cumplir las siguientes condiciones:

- Aspira aire desde el exterior a través de los filtros e impulsa aire limpio por el múltiple de admisión hacia los cilindros.

- Por medio del turbo cargador comprime el aire aspirado, disponiendo de mayor cantidad de aire para la mezcla.
- Los gases de escape canalizados para el múltiple de escape chocan con las paletas de la turbina del turbo cargador donde son acelerados por la forma de esta y así aprovechar su energía para hacerle girar cediendo su temperatura y presión, para finalmente ser expulsados al exterior a través del tubo de escape (Ver Figura 12).

Figura 12. Sistema de admisión y escape



Fuente: Manual de Mecánica de coches

Los elementos que forman parte del sistema de admisión y escape son:

- Pre filtro de aire.
- Filtro primario de aire (elemento exterior).
- Filtro secundario de aire.
- Múltiple de admisión.
- Válvulas de admisión.
- Turbo cargador.
- Válvulas de escape.
- Múltiple de escape.
- Tubo de escape.

En los motores diesel se recurre a una distribución con válvulas en la culata, accionadas generalmente por balancines con el árbol de levas en el bloque para que los empujadores no sean tan largos; el árbol de levas lleva varios apoyos y es accionado por engranajes, correa dentada o cadena.

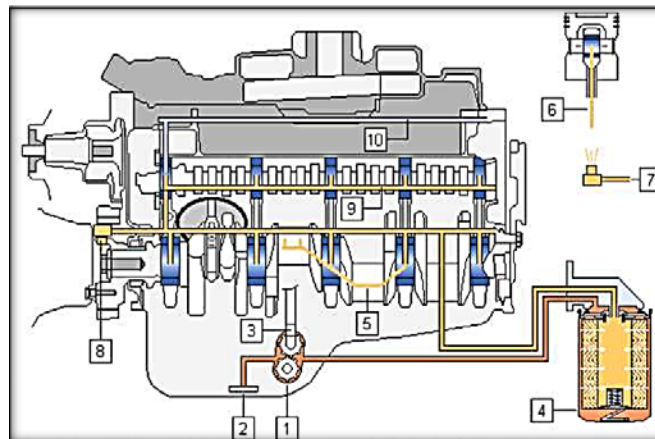
Las válvulas son similares a las de los motores de explosión, aunque requieren mayor refrigeración, por lo que las válvulas de escape son huecas y se rellenan con sodio (con grandes coeficientes de transmisión del calor).

En algunos casos, las válvulas de admisión llevan un deflector en la parte interna de la cabeza, con la misión de imprimir al aire de admisión un movimiento giratorio, que durante la compresión se convierte en torbellino, pulverizándose y distribuyéndose de mejor manera el gasoil.

2.3.4.2 Sistema de lubricación [6]. En el motor la lubricación es uno de los factores más importantes para lograr el buen funcionamiento, tiene como objetivo formar una película de aceite entre las piezas móviles del motor, con el fin de reducir su rozamiento y temperatura.

El sistema de lubricación se compone de diversas piezas que controlan el flujo y la limpieza del aceite, en la figura 13 se esquematiza las partes del sistema de lubricación de un motor diesel.

Figura 13. Sistema de lubricación



Fuente: Manual de Mecánica de coches

➤ **Componentes:**

1. Bomba de aceite
2. Filtro de bomba
3. Varilla de empuje
4. Filtro de aceite
5. Orificio de engrase en el cigüeñal

6. Orificio de engrase en la biela
7. Surtidores de aceite - fondo cabeza de émbolo
8. Surtidores de aceite - engranajes de distribución
9. Pasos de aceite - árbol de levas y cojinetes
10. Pasos de aceite (balancines).

Los elementos que componen los sistemas de lubricación son similares a los de un motor de explosión, con la misma disposición y funcionamiento.

2.3.4.3 Sistema de alimentación [7]. El sistema de combustible de un motor diesel tiene como misión, entregar la cantidad correcta de combustible limpio a su debido tiempo en la cámara de combustión del motor.

Elementos generales del sistema.

Suelen ser parecidos en todos los fabricantes de motores diesel, sin embargo puede ser que en algún caso no estén todos sus elementos, o que se disponga de algún otro componente.

Podemos citar, dos tipos de circuitos en los sistemas diesel:

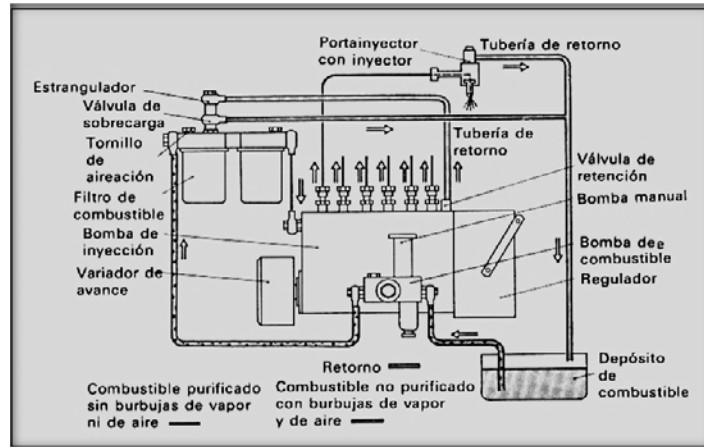
- a). Circuito de alta presión, encargado de impulsar el combustible a una presión determinada para ser introducido en las cámaras de combustión.
- b). Circuito de baja presión, encargado de enviar el combustible desde el depósito en que se encuentra almacenado a la bomba de inyección.

El circuito de alimentación se compone de:

- Depósito de combustible.
- Líneas de combustible.
- Filtro primario.
- Bomba de alimentación.
- Bomba de cebado.
- Filtro secundario.
- Válvula de purga.
- Válvula de derivación.
- Bomba de inyección.

- Colector de la bomba de inyección.
- Inyectores.

Figura 14. Sistema de alimentación



Fuente:Inecap. Capacitación de Mecánica Automotriz

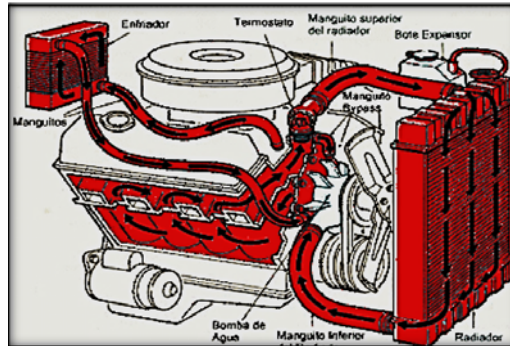
2.3.4.4 Sistema de refrigeración. El sistema de refrigeración del motor es el encargado de recoger el calor de las partes críticas y mantenerlo dentro de los rangos de temperatura preestablecidos para su óptimo funcionamiento.

El motor de combustión interna es un motor térmico que para funcionar usa el poder calorífico de los combustibles. Este funcionamiento requiere de una temperatura general del motor regulada, por lo tanto será el sistema de refrigeración quien se encargue de enfriar los puntos más calientes constantemente tales como: la cámara de combustión, la parte más alta del cilindro, la cabeza del pistón, las válvulas de admisión y escape.

Al circular el líquido refrigerante por el interior del motor absorbe el calor. Este líquido debe ser a su vez enfriado a fin de evitar que alcance su punto de ebullición, para que pueda seguir evacuando el calor del motor.

El refrigerante calentado en el motor es conducido a través de conductos (mangueras) a un intercambiador de calor (radiador), para transferir por radiación su calor a la atmósfera.

Figura 15. Sistema de refrigeración



Fuente: Inecap. Capacitación de Mecánica Automotriz

➤ **Componentes:**

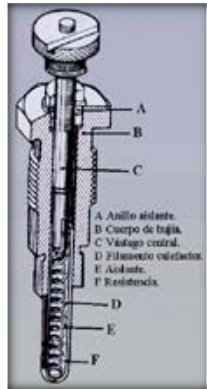
- ❖ Bomba de agua.
- ❖ Radiador.
- ❖ Refrigerante.
- ❖ Termostato.
- ❖ Indicador de la temperatura del agua.
- ❖ Ventilador.
- ❖ Cámaras de refrigeración.
- ❖ Sellos de agua.
- ❖ Correa.
- ❖ Sensor de temperatura.
- ❖ Termoswitch.
- ❖ Depósito de expansión.
- ❖ Tapa de radiador.

2.3.4.5 Sistema de arranque en frío [8]. El motor diesel no necesita sistema de encendido, ya que la inflamación de la mezcla no se produce por chispa, sino por autoencendido del combustible debido a la alta compresión del aire y a una posterior inyección de combustible.

De lo que dispone el motor diesel es de un sistema de precalentamiento, para que el aire aspirado tome una temperatura inicial que facilite el arranque del motor.

Los procedimientos que se utilizan para conseguir ese precalentamiento del aire son: bujías de incandescencia, calefacción en el colector de admisión o introduciendo una pequeña cantidad de un líquido muy inflamable.

Figura 16. Bujía de incandescencia



Fuente:Manual de Mecánica de coches

Bujías de incandescencia.- Son resistencias eléctricas que calientan el aire de las cámaras para facilitar la inflamación del gasóleo al arrancar en frío.

Lleva un sistema electrónico que determina el tiempo necesario de precalentamiento según la temperatura del motor.

Se hallan situadas en el centro de las cámaras, más o menos, en el eje de los inyectores.

Se pueden conectar en serie o en paralelo, aunque por razones de seguridad, están conectadas de dos en dos.

✓ **Calefacción en la galería de admisión.**

La bujía de incandescencia tiene el inconveniente de estar sometida, constantemente, al calor, turbulencias y presiones de la combustión, por lo que su resistencia falla con cierta frecuencia.

Para ello se recurre a calentar el aire antes de entrar en el cilindro. Se utilizan unas resistencias eléctricas, instaladas en la galería de admisión, que se ponen incandescentes al hacer pasar por ellas una corriente eléctrica procedente de la batería.

✓ **Líquido inflamable.**

Generalmente se utiliza éter, y consiste en depositar una pequeña cantidad de este líquido en la entrada del colector de admisión. De esta forma el aire aspirado, se carga de vapores de dicho líquido, inflamándose con facilidad, aún con poco calor que se produce en el primer tiempo de compresión.

2.3.5 *Tipos de vehículos de arrastre*

Dentro de los vehículos utilizados para arrastre podemos citar los siguientes:

- **Maquinaria agrícola automotriz [9].**-Vehículo autopulsado de dos o más ejes especialmente construido para efectuar trabajos agrícolas como arados, cosechas y además como vehículo remolcador para llevar consigo los productos del campo. Para ello se puede acoplar elementos y componentes que faciliten el trabajo.

Figura 17.Tractor agrícola



Fuente:Maquinaria agrícola

- **Motocultores.**-Son vehículos autopulsados, de un eje, conducido por un conductor que marcha a pie. Algunos pueden ser dirigidos desde un asiento incorporado a un remolque, maquinaria agrícola o a un bastidor auxiliar con ruedas.

Figura 18.Motocultor



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=motocultores>

- **Vehículos 4x4.-** Estos vehículos tienen mayor torque, principalmente por el trabajo que van a realizar y las aplicaciones para las que fueron diseñados, si va a ser utilizado como vehículo remolcador se instala una barra de tiro en su parte posterior.

Figura 19.Camioneta 4x4



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=camioneta+toyota+hilux+4x4>

- **Vehículo de carga y remolque.-** Diseñado y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina no está integrada en el resto de la carrocería. También es utilizado para el trabajo de arrastre.

Figura 20.Camión de carga



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=camion+nh>

2.3.6 Características técnicas

Para ello se acudió a manuales y fichas técnicas de cada vehículo. En la siguiente tabla se detalla las características de potencia y torque:

Tabla 2.Ficha técnica de los vehículos de arrastre

Características	Tractor	Motocultor	4x4	V.C.R.
Potencia	106 HP @ 2100	15 Kw (20 CV)	130 HP @ 3800	91 HP @ 3400
Torque	359 @ 2100	-----	28.5 @ 2000	196 Nm @ 2000

Fuente: Autores

2.3.7 Sistema de propulsión. Para ello se investigó el sistema que posee cada vehículo de arrastre.

Tractor agrícola:

Para el caso del tractor agrícola podemos citar tres tipos:

- Tracción posterior 2WD
- Tracción delantera asistida FWA
- Tracción en las cuatro ruedas FWD

Tabla 3.Ficha técnica-sistema de propulsión del tractor agrícola JHON DEERE 6403

Transmisión(estándar)	Sincronizada
Velocidades	9 avance/3 reversa
Toma de fuerza	
Potencia máxima a la TDF-HP	95.7
Tipo	Independiente
Velocidad-rpm	540/1000

Fuente: JHON DEERE

Motocultor:

Tabla 4.Ficha técnica-sistema de propulsión del motocultor 7714 C

Caja de velocidades		5 velocidades adelante y 2 atrás	
Diferencial		Con bloqueo y frenos independientes a las Ruedas	
Velocidad adelante		Velocidad atrás	
1 ^{era}	1,20	1 ^{era}	1,50
2 ^{da}	2,50		
3 ^{ra}	3,15	2 ^{da}	3,80
4 ^{ta}	6,35		
5 ^{ta}	16,35		

Fuente: Autores

Toma de fuerza:

Velocidad de 818 r.p.m. independiente de la caja de cambios. Sistema de conexión interno y con dispositivo de seguridad que impide conectarlo en marcha atrás y viceversa.

Vehículo 4X4:

Tabla 5.Ficha técnica- sistema de propulsión ISUZU D-MAX 3.5 V6

Caja de velocidades	Mecánica
Numero de velocidades	5 más reversa
Relación diferencial delantera/posterior	4.100-1

Fuente: Manual ISUZU D-MAX

Vehículo de carga y remolque:

Tabla 6.Ficha técnica- sistema de propulsión de camión ISUZU NLR

Caja de velocidades	Manual
Numero de velocidades	5 más reversa
Relaciones	
1 ^{era}	5,594
2 ^{da}	2,814
3 ^{era}	1,660
4 ^{ta}	1,000
5 ^{ta}	0,794
Reversa	5,334
Relación final del eje	5857
Tracción	4x2

Fuente: Manual ISUZU NHR

2.3.8 Sistema de suspensión. El tipo de suspensión dependerá del trabajo que realice el vehículo.

- Los tractores agrícolas no poseen sistema de suspensión ya que la estructura va montada en el chasis.
- En el caso de motocultores no poseen sistema de suspensión.

Tabla 7.Sistema de suspensión camioneta ISUZU D-MAX 4x4

DELANTERA	Sistema independiente de doble brazo más resortes helicoidales y barra de torsión
POSTERIOR	Sistema de eje rígido con ballestas

Fuente: Autores

Tabla 8.Sistema de suspensión del camión ISUZU NLR

DELANTERA	Tipo	Ballesta en eje rígido
	Eje	ELLIOT INVERSA, I-BEAM
	Resorte	Semi-elíptico
	Barra estabilizadora	Si
POSTERIOR	Eje	Banjo, tipo flotante
	Resorte	Semi-elíptico
AMORTIGUADOR	Hidráulicos, telescópicos de doble acción	

Fuente: Autores

2.3.9 Chasis

Tractor agrícola. El chasis del tractor puede servir como soporte de máquinas que van montadas al tractor; ya sea en su parte trasera por medio del enganche en tres puntos; en su parte delantera, como la cargadora frontal; o en su parte central, como la barra de corte.

Motocultor.No posee chasis, por lo cual no es útil para el proyecto.

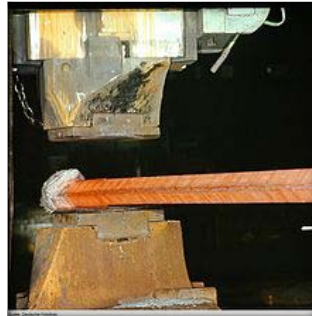
Vehículos 4x4. Esto dependerá del tipo de vehículo y de la marca. Por lo general vienen con 2 largueros y 3 travesaños.

Vehículo de carga y remolque. Como este vehículo es parte de nuestro estudio, consta de 2 largueros y 4 travesaños.

2.4. Aceros y maderas [10]

2.4.1 Acero. Es una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,1% y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% y el 0,3%. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que en oposición al acero, son quebradizas y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas.

Figura 21.Proceso de obtención del acero



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Fotothek_df_n-08_0000590.jpg

El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas.

2.4.1.1 Clasificación del acero. Se clasifican en cinco grupos principales:

- **Aceros al carbono:** El 90% de los aceros son aceros al carbono. Contienen una cantidad diversa de carbono, menos de un 1,65% de manganeso, un 0,6% de silicio y un 0,6% de cobre.
- **Aceros aleados:** Están compuestos por una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos; además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono.
- **Aceros inoxidables:** Estos aceros contienen cromo, níquel, y otros elementos de aleación que los mantiene brillantes y resistentes a la oxidación. Algunos aceros inoxidables son muy duros y otros muy resistentes, manteniendo esa resistencia durante mucho tiempo a temperaturas extremas.
- **Aceros de herramientas:** Contiene wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación que le proporcionan una alta resistencia, dureza y durabilidad.

2.4.1.2 Características mecánicas y tecnológicas del acero. Se pueden citar algunas propiedades genéricas:

- Su densidad media es de 7850 kg/m³.
- En función de la temperatura el acero se puede contraer, dilatar o fundir.
- El punto de fusión del acero depende del tipo de aleación y los porcentajes de elementos aleantes. Su componente principal, el hierro es de alrededor de 1.510 °C en estado puro (sin alear), sin embargo el acero presenta frecuentemente temperaturas de fusión de alrededor de 1.375 °C, y en general la temperatura necesaria para la fusión aumenta a medida que se aumenta el porcentaje de carbono y de otros aleantes. (excepto las aleaciones eutécticas que se funden rápidamente).
- Su punto de ebullición es de alrededor de 3.000 °C.
- Es un material muy tenaz, especialmente en alguna de las aleaciones usadas para fabricar herramientas.
- Relativamente dúctil. Con él se obtienen hilos delgados llamados alambres.
- Es maleable. Se pueden obtener láminas delgadas llamadas hojalata. De entre 0,5 y 0,12 mm de espesor, recubierta, generalmente de forma electrolítica por estaño.
- Permite una buena mecanización en máquinas herramientas antes de recibir un tratamiento térmico.
- La dureza de los aceros varía entre la del hierro y la que se puede lograr mediante aleaciones u otros procedimientos térmicos o químicos entre los cuales el más conocido es el templado del acero, aplicable en aceros con alto contenido en carbono, que permite, cuando es superficial, conservar un núcleo tenaz en la pieza que evite fracturas frágiles. Los ensayos tecnológicos para medir la dureza son Brinell, Vickers y Rockwell, entre otros.
- Se puede soldar con facilidad.
- La corrosión es la mayor desventaja de los aceros, ya que el hierro se oxida con suma facilidad, incrementando su volumen y provocando grietas superficiales que posibilitan el progreso de la oxidación. Últimamente los aceros son protegidos mediante tratamientos superficiales.
- Posee una alta conductividad eléctrica.
- Se utiliza para la fabricación de imanes permanentes artificiales, ya que una pieza de acero imantada no pierde su imantación, mientras no sea calentada hasta cierta

temperatura. La magnetización artificial se hace por contacto, inducción o mediante procedimientos eléctricos.

- Un aumento de la temperatura en un elemento de acero provoca un aumento en la longitud del mismo. Este aumento en la longitud puede determinarse por la expresión:

$$\delta L = \alpha \delta t^{\circ} L$$

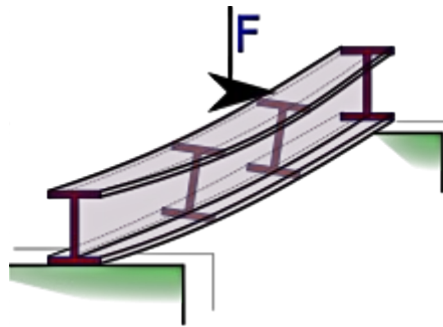
Siendo α el coeficiente de dilatación, para el acero vale aproximadamente $1,2 \cdot 10^{-5}$ (es decir $\alpha = 0,000012$). El acero se dilata y se contrae según un coeficiente de dilatación similar al coeficiente de dilatación del hormigón, por lo que resulta muy útil su uso simultáneo en la construcción, formando un material compuesto que se denomina hormigón armado.

- ✓ **Alta resistencia.**- La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.
- ✓ **Uniformidad.**- Las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo.
- ✓ **Elasticidad.**- El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastante altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse exactamente.
- ✓ **Durabilidad.**- Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente. Investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura.
- ✓ **Tenacidad.**- Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aún capaz de resistir grandes fuerzas. Esta es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su formación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente.

Otras propiedades importantes del acero estructural son:

- Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conexión como son la soldadura, los tornillos y los remaches.
- Posibilidad de prefabricar los miembros.
- Rapidez de montaje.
- Posibilidad de venderlo como chatarra, aunque no pueda utilizarse en su forma existente. El acero es el material utilizable por excelencia.
- Sumódulodeelasticidadessuperioraldemuchosotrosmateriales,comopor ejemploeltitanioyelaluminio.

Figura 22. Deformación de una viga de acero



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:StabilityKip.svg>

2.4.1.3 Aplicaciones

- ✓ **Aceros al carbono:** Utilizado para fabricar máquinas, carrocerías de automóvil, estructuras de construcción, etc.
- ✓ **Aceros aleados:** Se emplean para fabricar engranajes, ejes, cuchillos, etc.
- ✓ **Aceros de baja aleación ultra resistentes:** Estos aceros se emplea para la fabricación de vagones porque al ser más resistente, sus paredes son más delgadas, con lo que la capacidad de carga es mayor. Además, al pesar menos, también se pueden cargar con un mayor peso. Además se emplea para la fabricación de estructuras de edificios.
- ✓ **Aceros inoxidables:** Se lo emplea con fines decorativos. En su gran mayoría para tuberías, depósitos de petróleo y productos químicos por su resistencia a la

oxidación y para la fabricación de instrumentos quirúrgicos. Además se usa para la fabricación de utensilios de cocina.

- ✓ **Aceros de herramientas:** Son empleados para fabricar herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas.

2.4.2 Madera. La madera es un material ortótropo encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina.

Figura 23. Fibras de la madera



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Kiefer_Holz.JPG

2.4.2.1 *Tipos y características de las maderas en la región Sierra*

➤ **EUCALIPTO:**

- ✓ **Color:** La albura es blanca, con transición gradual a duramen amarillo pálido, aumentando su intensidad a marrón muy pálido.
- ✓ **Veteado:** Es suave con líneas longitudinales.
- ✓ **Grano:** Recta
- ✓ **Textura:** Fina
- ✓ **Durabilidad natural:** No es resistente al ataque de hongos e insectos. Posee una duración exterior de un año.
- ✓ **Trabajo:** Es fácil, sin embargo suele presentar defectos muy leves en el cepillado y moldurado.
- ✓ **Secado:** Es fácil, sin embargo presenta deformaciones leves.
- ✓ **Preservación:** Fácil

Tabla 9.Propiedades físicas del eucalipto

Densidad (g/cm³)	Verde	Seco al aire	Básica
	1.04	0.48	0.39
Contracción normal %	Tangencial	Radial	Volumétrica
	5.2	3.0	1.73

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Kiefer_Holz.Pdf

Tabla 10.Propiedades mecánicas del eucalipto

Flexión Estática	ELP	555	Kg/cm ²
	MOR	793	Kg/cm ²
	MOE	110,2	Ton/cm ²
Compresión Paralela	ELP	299	Kg/cm ²
	MOR	434	Kg/cm ²
	MOE	107,8	Ton/cm ²
Compresión-Perpendicular	ELP	74	Kg/cm ²
	MOR	136	Kg/cm ²
Dureza Janka	Lados	348	Kg
	Extremos	472	Kg

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Kiefer_Holz.Pdf

ELP: Esfuerzo en el límite proporcional

MOR: Modulo de ruptura

MOE: Modulo de elasticidad

Figura 24.Madera de eucalipto



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/eucaliptus_Holz.JPG

➤ **CIPRÉS:**

- ✓ **Tipo:** Madera blanda.
- ✓ **Origen:** Estados Unidos.
- ✓ **Aspecto:** Generalmente recto con una textura gruesa y una sensación a veces grasienta.
- ✓ **Características físicas:** Típicamente ligero, con resistencia y elasticidad moderada, buena estabilidad dimensional y resistencia excepcional al decaimiento (especialmente el material envejecido).
- ✓ **Características para el trabajo:** No hay dificultad al trabajar con herramientas manuales y eléctricas. Se atornilla y clava bien. Con la pintura y otros aditivos se consigue acabados de alta calidad.

Figura 25.Madera de ciprés



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/cipres_Holz.JPG

➤ **PINO:**

Al ser una madera blanda, el mobiliario o suelos de este material se consideran poco resistentes.

Tienen mayor sensibilidad a los hongos y a otros insectos xilófagos. Para solucionar este problema se requieren tratamientos que resultan efectivos y permiten su uso en ambientes de exterior.

Figura 26. Madera de pino



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/pino78_Holz.JPG

2.4.2.2 Aplicaciones

- **Eucalipto.-** Es utilizado para fabricar muebles, pulpa y papel, envases, tableros aglomerados, tableros contrachapados y de fibras, ebanistería, tapicería entre otros.
- **Ciprés.-** Utilizado principalmente para los exteriores de edificios debido a su alta resistencia a las inclemencias del tiempo, ataúdes, puertas, tanques, tinas, envases para los productos químicos corrosivos, náutica, asientos de estadios, cajas.
- **Pino.-** Se suele empelar para fabricar muebles, estructuras para interior o exterior, tablones y chapa decorativa.

2.4.2.3 Tratamientos de la madera para exteriores[11]

1. La superficie de la madera deberá estar lijada, limpia y seca con un contenido de humedad inferior al 18%.
2. Impregnar aceite LinazoledeSoquina, o con Madestain, también se puede aplicar como impregnación el barniz marino diluido con 1/2 litro de aguarrás mineral por galón. Para que la proteja contra el ataque de insectos destructores de la madera
3. En maderas exteriores es necesario aplicar de tres a cuatro aplicaciones, dependiendo de los materiales ya mencionados. El natural, tiene una menor resistencia a la radiación solar, respecto a los de color.

Se recomienda que al menos cada dos años se aplique una capa de barniz (sobre todo si hay gran exposición al sol), para ello, se removerá el barniz que se halla descascarado, con una o dos aplicaciones será suficiente.

Nota: Los componentes de este producto son inflamables. Su inhalación prolongada produce daños irreparables a la salud. Se recomienda utilizar mascarillas y guantes adecuados, en ambientes ventilados y fuera del alcance de los niños.

2.5 Barra de tiro

Desarrolla fuerza de tiro o tracción para las operaciones de preparación de tierras (labranza primaria y secundaria), para arrastrar sembradoras, remolques y cosechadoras.

2.5.1 Tipos. Cada empresa dispone de su propio diseño.

Se realizó una visita técnica a la empresa "PONCE YEPES" (JHON DEERE), se solicitó información sobre las barras de tiro que están acopladas a los tractores.

Especificaciones del tractor:

MODELO: 6403

SERIE DE MÁQUINA: 1P06403XVBT020854

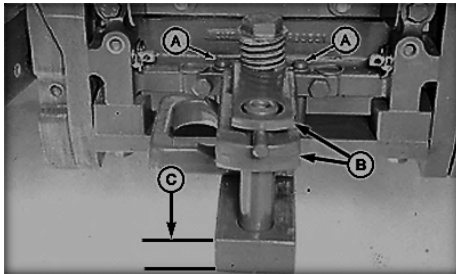
Este tractor opera con una **BARRA DE TIRO CON HORQUILLA.**

2.5.2 Aplicaciones. Principalmente se utiliza en el campo agrícola acoplados a tractores que realizan trabajos de labranza y arrastre de remolques.

2.5.3 Partes y componentes:

Dependerá del modelo y trabajo para el que fue diseñado.

Figura 27. Componentes de la barra de tiro



Fuente:JHON DEERE

- A** - Pasadores de bloqueo
- B** - Conjunto de la horquilla
- C** - Espesor de barra de tiro

2.6 Neumáticos [12]

Es una cubierta con banda de rodadura (con o sin cámara de aire), que se acopla en una rueda de acero para proporcionar contacto amortiguado, la adherencia sobre la calzada para la tracción y para el frenado.

2.6.1 Tipos

- CON CÁMARA
- SIN CÁMARA

Prácticamente todos los vehículos de turismo y todoterreno vienen equipados con neumáticos sin cámara (tubeless).

Los neumáticos con cámara se utilizan para la práctica del todo terreno, ya que soportan bajas presiones, necesarias para circular por distintos tipos de terrenos.

Según su construcción:

Su estructura viene determinada por el ángulo formado por el eje longitudinal del neumático y la orientación de las lonas de los tejidos internos.

Podemos distinguir entre:

Diagonales.- En estos neumáticos las lonas de los tejidos internos forman un ángulo de 40 grados con respecto al eje.

Tabla 11. Ventajas y desventajas de los neumáticos de estructura diagonal

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Este esquema de construcción proporciona una mayor capacidad de deformación, lo que es una mayor flexibilidad y amortiguación y en un aumento de la motricidad en terrenos blandos: barro, arena, piedra suelta etc.	Tiene una mayor temperatura de funcionamiento, lo que acorta su duración. La elasticidad de los flancos permite valores de deriva superiores a los neumáticos de estructura radial.

Fuente: Técnica de neumáticos

Precaución: No son adecuados para circular con presiones bajas.

Figura 28. Neumático diagonal



Fuente:Técnica de neumáticos. CONAE

Radiales.- En los neumáticos de estructura radial el ángulo que forman las lonas de tejidos internos en relación con el eje es de 90°, producen mayor rigidez en los flancos.Comparándolo con los diagonales presentan mayor precisión y estabilidad en las curvas, confort de marcha superior y mayor duración del neumático al trabajar a menor temperatura.

Figura 29. Neumáticos radiales



Fuente: Técnica de neumáticos. CONAE

Mixtas.- Se realiza una colocación intercambiada de capas radiales y diagonales.

2.6.2 Partes

1.- Banda de rodamiento.- Generalmente están fabricados de hule, su función principal es proporcionar tracción y frenado.

2.- Cinturón (Estabilizador).- Las capas del cinturón especialmente de acero proporcionan resistencia alneumático y estabiliza la banda de rodamiento.

3.- Capa radial.- La capa radial junto con los cinturones contienen la presión de aire,esta capa transmitetodas las fuerzas originadas por la carga, el frenado, el cambio de dirección entre la rueda yla banda de rodamiento.

4.- Costado (Pared).- El hule del costado está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.

5.- Sellante.- Una o dos capas de hule especial preparado para resistir la difusión del aire; el sellante en estos neumáticos reemplaza la función de las cámaras.

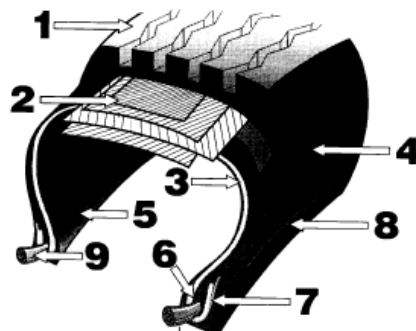
6.- Relleno.- Fabricadas de hule con características seleccionadas se usan para llenar el área de la ceja (talón) y la parte inferior del costado (pared) para proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja, al área flexible del costado.

7.- Refuerzo de la ceja (talón).- Colocada sobre el exterior de la capa radial, en el área de la ceja, que refuerza y estabiliza la zona de transición de la ceja al costado.

8.- Ribete.- Elemento usado como referencia para el asentamiento adecuado del área de la ceja sobre el rin.

9.- Talón.- Es un cuerpo de alambres de acero de alta resistencia utilizado para formar una unidad de gran robustez.

Figura 30.Partes del neumático

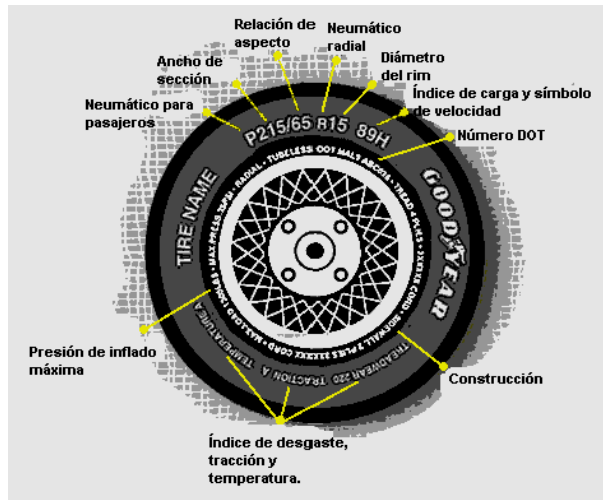


Fuente:Técnica de neumáticos. CONAE

2.6.3 Nomenclatura de los neumáticos. Las letras y símbolos que se observa en el costado del neumático proporcionan información muy útil que se debe conocer.

Estos códigos proporcionan información del tamaño y dimensión del neumático, como es el ancho de sección, relación de aspecto, tipo de construcción, diámetro del rin, presión máxima de inflado, avisos importantes de seguridad e información adicional.

Figura 31. Nomenclatura de los neumáticos



Fuente: Técnica de neumáticos. CONAE

P.- Indica el uso para automóviles de pasajeros.

215.- Representa la anchura máxima entre costados de la llanta en milímetros.

65.- Es la relación entre la altura y la anchura de la llanta y se le llama relación de aspecto.

R.- Significa la construcción radial del neumático.

15.- Es el diámetro del rin en pulgadas.

89.- Especifica el índice de carga.

H.- Símbolo de velocidad.

Los neumáticos también muestran la máxima presión de inflado en psi.

El número **DOT** Departamento de Transporte de Estados Unidos (Department of Transport), muestra los factores de desempeño del neumático en cuanto al índice de desgaste, tracción y resistencia a la temperatura.

Índice de desgaste.- Es una clasificación comparativa con base en el valor de desgaste del neumático comprobada bajo condiciones controladas sobre una vía especificada de prueba del gobierno en Estados Unidos.

La tracción.-La clasificación de los grados de tracción va de la mayor a la menor y son A, B y C. Estas representan la capacidad de las llantas para frenar sobre pavimento mojado, medida bajo condiciones controladas sobre superficies de prueba de asfalto y concreto, especificadas por el gobierno.

La temperatura.-La clasificación de los grados de temperatura va de la mayor a la menor y son A, B y C. Estas representan la resistencia de los neumáticos a la generación de calor por fricción al ser probadas en el laboratorio bajo condiciones controladas

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DE LOS VAGONES

Como punto principal se investigó los requisitos necesarios que deben cumplir los vehículos turísticos para su circulación y quienes están capacitados para su conducción. VER ANEXO G.

3.1 Normas de calidad utilizadas en la construcción de carrocerías [13]

Para el diseño de la carrocería del vagón se cumplirá las siguientes normas:

3.1.1 NTE INEN 1323.-VEHÍCULOS AUTOMOTORES.CARROCERÍAS DE BUSES.REQUISITOS.Esta norma establece los requisitos generales para el diseño de la carrocería del vagón en la cual se determina las cargas de diseño que afectan a una carrocería, la cual deberá ser analizada para su posterior aprobación, esta será similar a la de un bus de transporte escolar.

3.1.2 NTE INEN 1669.-VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES.REQUISITOS.Esta norma establece el tipo de vidrio que se instalan en los vehículos.

3.1.3 RTE INEN 034.-ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES.Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los elementos de seguridad que son implementados en los buses de transporte público, además del tipo de asiento que deben ser colocados en el mismo, tomando en cuenta las condiciones ergonómicas.

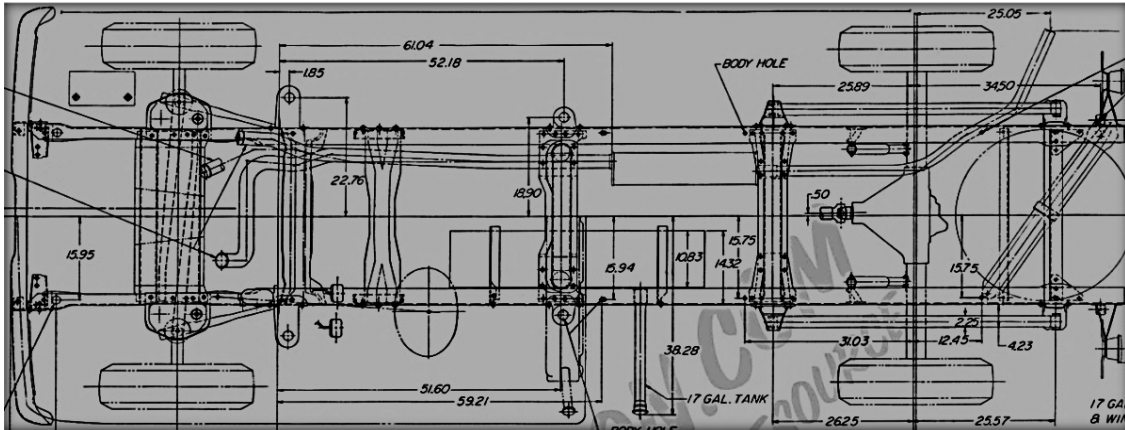
3.1.4 RTE INEN 041.-VEHÍCULOS DE TRANSPORTE ESCOLAR.Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir los vehículos para el transporte escolar de pasajeros, con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas, el ambiente y la propiedad, y prevenir prácticas engañosas que puedan inducir a error a los fabricantes o usuarios.

3.2 Rediseño del bastidor

Se realizó modificaciones en el bastidor elegido. A continuación se detalla las dimensiones reales del chasis Ford-350:

- **Ancho:** 864 mm
- **Largo:** 5182 mm

Figura 32. Planos del chasis Ford 350

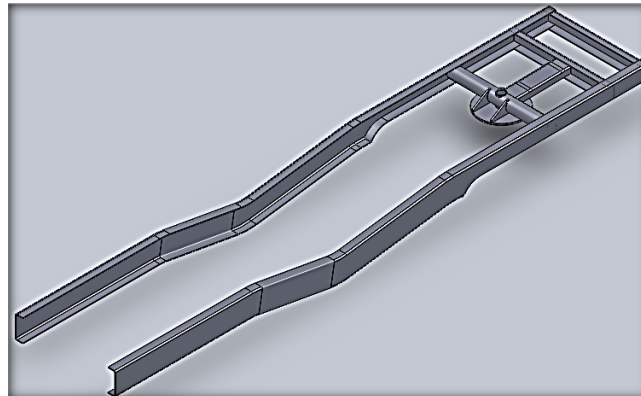


Fuente: Manual de taller Ford 350

Para el montaje del mini chasis se realizó un corte en la parte delantera del bastidor como se muestra a continuación, teniendo las siguientes dimensiones:

- **Ancho:** 800 mm
- **Largo:** 4256 mm

Figura 33. Chasis modificado



Fuente: Autores

Para constatar la modificación que se realiza en el chasis, se visitó talleres donde se fabrican remolques; como se observa en la imagen para su construcción se utiliza el chasis del camión HINO FG.

Figura 34.Modificación de chasis HINO FG

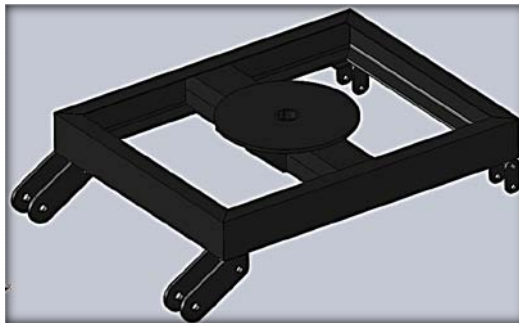


Fuente:Autores

El mini chasis será construido de perfil canal en C de 120x50x5, teniendo las siguientes dimensiones:

- **Ancho:** 800 mm
- **Largo:** 1000 mm

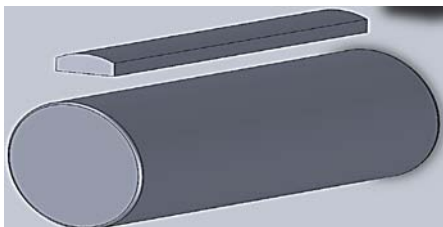
Figura 35.Diseño del mini chasis



Fuente: Autores

El sistema de giro será por medio de un plato metálico, el cual estará sujeto por medio de un pin y chaveta.

Figura 36.Diseño del pin y chaveta



Fuente:Autores

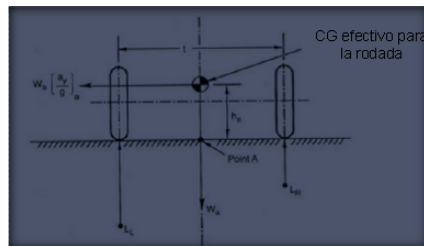
3.2.1 Análisis de esfuerzos estructurales

3.2.1.1 Criterios sobre peso y su distribución

En el diseño de un chasis, en cuanto al peso y su distribución se deberá tomaren cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Cuanto menos peso tenga el chasis, respetando la rigidez, mejor se aprovechará la potencia del motor.
- ✓ Respecto a los estudios realizados, para la suspensión es necesario que el centro de gravedad esté lo más bajo posible para disminuir el balanceo.

Figura 37. Criterios sobre peso y distribución



Fuente:<http://www.google.com.ec/=criterios+sobre+peso+y+distribución>

- ✓ En los estudios que hacen referencia a la aerodinámica conviene que el centro de gravedad esté por delante del centro de presiones lateral para evitar inestabilidades en la conducción debido a cambios súbitos del viento lateral, por ejemplo, al adelantar a un camión el centro de presiones laterales está más hacia atrás si la superficie lateral es mayor en la parte posterior que en la parte delantera.

Figura 38. Aerodinámica del vehículo



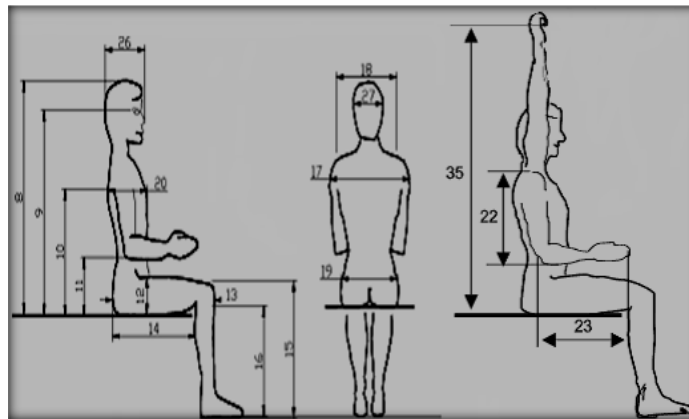
Fuente:Manual del carrocerero NISSAN

3.2.1.2 Criterios sobre el espacio y la ergonomía

En el diseño de un chasis, en cuanto a las necesidades de espacio se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Debe considerarse la facilidad de acceso para el mantenimiento de los elementos de propulsión.
- ❖ El hombre de percentil 95% debe ingresar con comodidad en el vehículo. Percentil 95% quiere decir que el 95% de los hombres es de tamaño menor que este modelo y que sólo el 5% es mayor.
- ❖ La estructura no debe interferir con el conductor en los movimientos que éste realice para la conducción. Un problema particular en este aspecto son los brazos del conductor.

Figura 39. Ergonomía



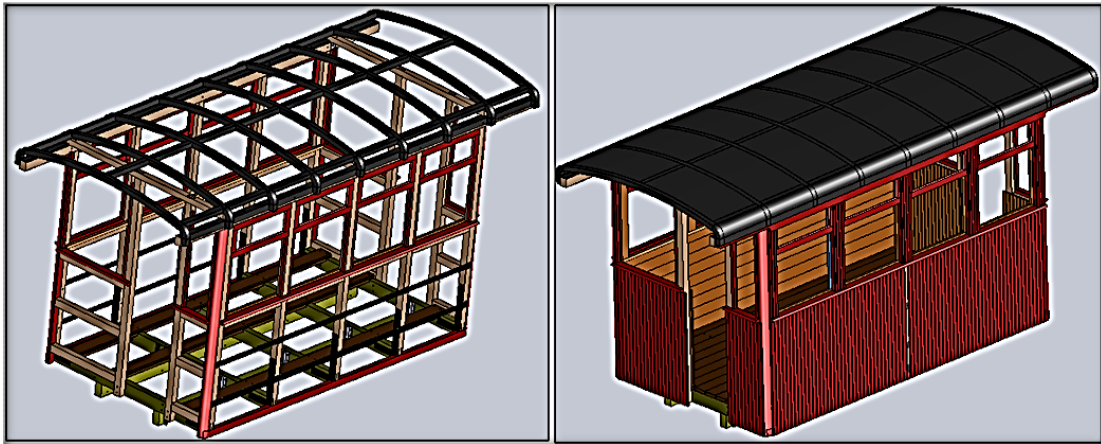
Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=hombre+percentil>

3.3 Cálculos del valor de las cargas

3.3.1 Carga muerta (M)

La carga muerta es el peso total de la estructura, especificando los elementos que ayudan a su movimiento, la estructura del vagón es de madera de eucalipto, el techo estará construido de tubo cuadrado y recubierto con plancha de tool.

Figura 40. Estructura del vagón



Fuente: Autores

Se tomaron cinco muestras de madera de Eucalipto seca al ambiente con las siguientes dimensiones:

60x19, 5x129 [cm]

Figura 41. Muestra de madera de eucalipto



Fuente: Autores

En la siguiente tabla se muestra el peso promedio de las probetas de madera de eucalipto:

Tabla 12. Peso de la muestra de madera de eucalipto

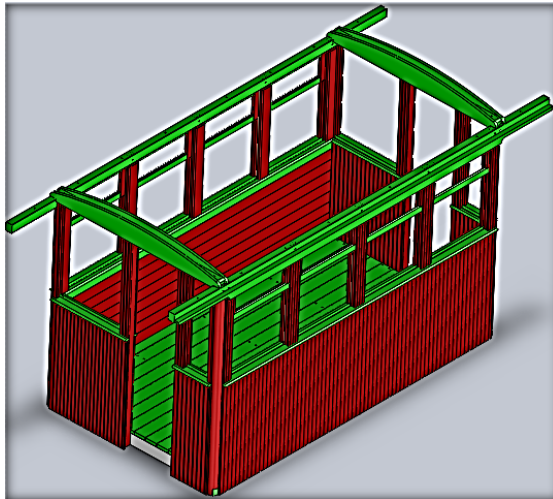
Muestras	Peso de las muestras
Madera 1	113,3 g
Madera 2	113,2 g
Madera 3	113,2 g
Madera 4	113,7 g
Madera 5	113,6 g
Peso Promedio	113,4 g

Fuente:Autores

3.3.1.1 *Cálculo del peso de la estructura en madera*

Con la ayuda del software de elementos finitos, determinamos el peso de la estructura del vagón en madera, teniendo como resultado 651,85 Kg.

Figura 42. Peso de la estructura en madera



Fuente:Autores

3.3.1.2 *Peso de los asientos*

Se tomó en cuenta los modelos de asientos que usan las empresas constructoras de carrocerías para autobuses, determinando un peso de 12Kg (c/u).

Como son 16 asientos el peso total será de 192Kg.

3.3.1.3 Cálculo del peso para la estructura de acero

A continuación tenemos el peso de cada perfil estructural, tomado del catalogo de DIPAC.
Ver Anexo A.

Tabla 13. Peso de perfiles estructurales

Denominación	Dimensiones(mm)	DIPAC	Peso m(Kg)	Peso T(Kg)
Ángulo	60x6x16930	AL 60x6	5,37	91,82
Angulo	40x3x2200	AL 40x3	1,81	4,03
Angulo	30x3x1556	AL 30x3	1,36	2,11
Platinas	50x3x12440	PLT 50x3	1,18	14,68
Tubo cuadrado	50x3x32446,5	50x3	4,48	145,36
Tubo cuadrado	20x2x27655	20x2	1,15	31,8
Canal en C	40x25x9211,6	40x25x2	1,31	12,07
Tubo cuadrado	40x2x38950,6	40x2	2,41	93,87
Plancha de tool	2976800 mm ²	Tool 1,1	25,65	252,17
Peso total				647,91

Fuente: Autores

3.3.1.4 Cálculo del peso de los vidrios

Tipo: Vidrio Templado (4 mm)

$$P = \delta \times e \times m^2(1)$$

Dónde:

E = Espesor, en m

δ = Densidad del vidrio, en Kg/m³

$$P = \delta \times e \times m^2$$

$$P = 2457,6 \text{ Kg/m}^3 \times 0,004 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}^2$$

$$P = 1,18 \text{ Kg}$$

Tabla 14. Peso total de los vidrios

Dimensiones (mm)	Peso unitario(Kg)	Peso total(Kg)
602,5x200	1,18	9,44
700x500	2,95	23,60
700x1338	9,24	18,48
350x950	3,24	6,48
725x950	6,78	13,56
850x340	2,85	5,70
Peso total de vidrios		80,26

Fuente: Autores

A continuación detallamos el peso total de la carga muerta:

Tabla 15. Carga muerta

Peso (Kg)	
Peso de la estructura en madera(2)	1303,7
Peso de la perfilaría	647,91
Peso de asientos(2)	408
Peso de vidrios(2 y L)	196,11
Peso de chasis(2)	928
Peso de mini chasis(2)	506,72
Peso de accesorios	140,63
Peso del vehículo en vacío	1760
Peso total	5891,07

Fuente: Autores

El peso total de la carga muerta es de $M= 5891,07$ Kg

3.3.2 Carga viva(V)

Es la carga externa variable sobre la estructura del bastidor que incluye el peso de los ocupantes y el combustible, actúa verticalmente por tanto no incluye la carga eólica; para ello recurrimos a la Norma INEN 1323, que establece la masa del ocupante de 70 Kg. Ver Tabla 16.

M. unitaria = 70 Kg (ocupante)

En cada vagón viajarán 16 personas, tenemos:

M. total pasajeros = 70 Kg * 16

M. total pasajeros = 1120 Kg_m

$$P = m * g \quad (2)$$

Dónde:

m = Masa del pasajero, en Kg_m

g = Aceleración de la gravedad, en $\frac{m}{s^2}$

$$P = 1120 \text{Kg}_m * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 10976 \text{ N (1120 Kg}_f)$$

Para el ingreso de la carga en el software de cálculo estructural (SAP2000), se aplica la siguiente fórmula:

$$V = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Donde:

F = Peso total de pasajeros, en Kg_f

A = Área del piso, en mm²

$$V = \frac{1120 \text{ Kg}_f}{5193700 \text{ mm}^2}$$

$$V = 0,000215646 \frac{\text{Kg}_f}{\text{mm}^2}$$

A continuación detallamos el peso total de la carga viva, son 34 ocupantes:

$$M = 70 \text{ Kg} * 34$$

$$M = 2380 \text{ Kg}_m$$

$$P = 2380 \text{Kg}_m * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 23324 \text{ N (2379,05 Kg}_f)$$

Tabla 16.Masa de pasajeros

Tipo de servicio	Masa de un ocupante (Kg)
Urbano	70
Urbano(Escolar e Institucional)	70
Inter Urbano (Intraprovincial)	70
Larga distancia (Interprovincial y Turismo)	70

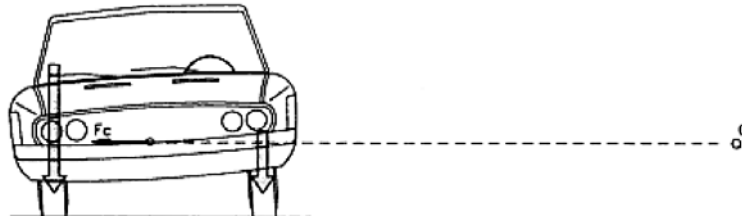
Fuente: NORMA INEN 1323

3.3.3 Carga de giro(G)[14]

Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera cuando el vehículo ingresa en una curva, de determinado radio de giro y a cierta velocidad.

La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 Km/h según la norma INEN 1323, y el radio de giro se establece en función de la tabla 17.

Figura 43. Efectos de la fuerza centrífuga



Fuente:Limitaciones del conductor y del vehículo

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{M * v^2}{r_c} (4)$$

Dónde:

M= Masa total de la carrocería terminada sin chasis, en Kg

v= Velocidad del vehículo, en m/s²

r_c = radio de curvatura, en m

Tabla 17. Valor del radio de curvatura

Velocidad del vehículo (Km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)
80	250
85	300
90	350
95	400
100	450
105	500
110	550
115	600
120	700
125	800
130	900
135	1050
140	1250
145	1475
150	1725

Fuente: NORMA INEN 1323

Cálculos:

$$F_c = \frac{M * v^2}{r_c}$$

$$v = 90 \frac{Km}{h} = 25 \frac{m}{s}$$

$$r = 350 \text{ m}$$

$$M = 2523,23 \text{ Kg}$$

$$F_c = \frac{2523,23 \text{ Kg} * (25 \frac{m}{s})^2}{350 \text{ m}}$$

$$F_c = 4505,77 \text{ N} \text{ (459,59 Kg}_f\text{)}$$

Este valor es el máximo que puede tomar la fuerza centrífuga, según NTE INEN 1323.

$$G = \frac{459,59 \text{ Kg}_f}{634}$$

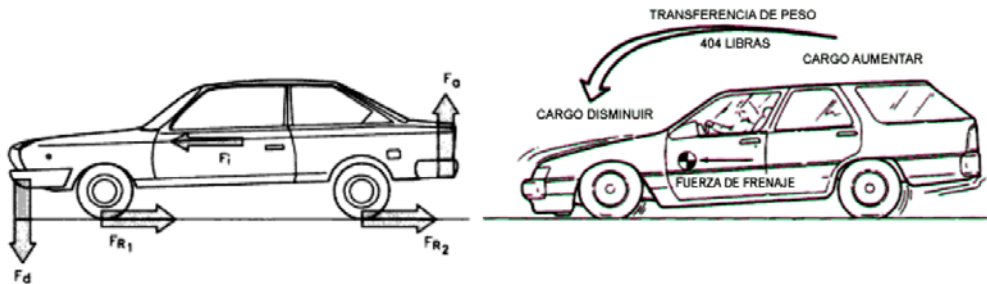
$$G = 0,724905363 \text{ Kg}_f$$

Este valor se ingresa en el software de cálculo estructural.

3.3.4 Carga de frenado(Fr)

Cuando actúan los frenos de un vehículo, las fuerzas de inercia que lo impulsan a seguir moviendo están aplicadas al centro de gravedad del vehículo; como el centro de gravedad está situado a una cierta altura del suelo, crea un par de fuerzas que tiende a hacer girar a todo el vehículo sobre el eje delantero. Este efecto dinámico se denomina transferencia de carga.

Figura 44. La fuerza de inercia aplicada en el centro de gravedad en el instante del frenado



Fuente: Limitaciones del conductor y del vehículo

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Fr = m \cdot a \quad (5)$$

Dónde:

m = masa de la carrocería terminada sin chasis, en Kg

a = desaceleración del vehículo, en m/s^2

Cálculos:

$$Fr = m \cdot a$$

$$M = 2523,23 \text{Kg}$$

$$a = 6 \text{ m/s}^2 \text{ [La norma INEN 1323, recomienda un valor de } 4 \text{ m/s}^2\text{]}$$

$$Fr = 2523,23 \text{Kg} \cdot 6 \text{ m/s}^2$$

$$Fr = 15139,38 \text{N} \text{ (1544,22 Kg}_f\text{)}$$

$$Fr = \frac{1544,22 \text{ Kg}_f}{634}$$

$$Fr = 2,435678Kg_f$$

Este valor se ingresa en el software de cálculo estructural.

3.3.5 Carga de aceleración brusca (Ab)

Esta carga se considera mucho menor si la comparamos con la carga de frenado, por ejemplo, si queremos acelerar de 0 a 90 Km/h conlleva un largo tiempo para un autobús. Pero si lleva una velocidad de 90 Km/h y por alguna emergencia se necesita frenar se tiene pocos segundos para hacerlo, lo que implicaría tener mayores cargas en esta instancia.

La norma NTE INEN 1323 establece que se calcule con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

$$Ab = m \cdot a \quad (6)$$

Dónde:

m = masa de la carrocería terminada, en Kg

a = aceleración del vehículo, en m/s^2

Cálculos:

$$Ab = m \cdot a$$

$$a = 4 \frac{m}{s^2}$$

$$m = 2523,23 \text{ Kg}$$

$$Ab = 2523,23 \text{ Kg} \cdot 4 \frac{m}{s^2}$$

$$Ab = -10092,92 \text{ N} (-1029,48Kg_f)$$

$$Ab = \frac{-1029,48 \text{ Kg}_f}{634}$$

$$Ab = -1,623785Kg_f$$

Este valor se ingresa en el software de cálculo estructural.

3.3.6 Carga por resistencia del aire frontal (R_{af}) [15]

Son las fuerzas que ejerce el viento sobre la estructura del vehículo durante su desplazamiento.

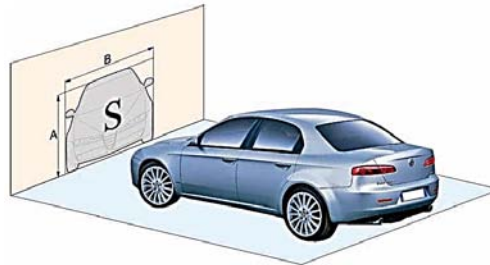
Figura 45: Vehículos sometidos a la carga de viento



Fuente: Importancia de la aerodinámica en el diseño de carrocerías

Se aplica sobre el área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

Figura 46. Proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal



Fuente: Importancia de la aerodinámica en el diseño de carrocerías

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_{af} = \frac{1}{2} * C_x * \delta * A_f * v^2 (7)$$

Dónde:

δ = Densidad del aire, en Kg/m³

v = Velocidad del aire, en m/s, como mínimo (25 m/s)

A_f = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular en su eje longitudinal, en m²

C_x = Coeficiente de resistencia frontal del aire (Como mínimo 0.7)

Cálculos:

$$A_f = 5,64 \text{ m}^2$$

$$\delta = 1,24 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = 110 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 30,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R_{af} = \frac{1}{2} * C_x * \delta * A_f * V^2$$

$$R_{af} = \frac{1}{2} * 0,8 * 1,24 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 5,64 \text{ m}^2 * (30,56 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2$$

$$R_{af} = 2612,57 \text{ N}$$

$$R_{af} = 266,48 \text{ Kg}_f$$

Para el ingreso de la carga aerodinámica en el software de cálculo estructural, se aplica la siguiente fórmula:

$$R_{af} = \frac{F}{A}$$

$$R_{af} = \frac{266,48 \text{ Kg}_f}{8219640 \text{ mm}^2}$$

$$R_{af} = 0,000032420 \frac{\text{Kg}_f}{\text{mm}^2}$$

3.3.7 Combinaciones básicas de carga [15]

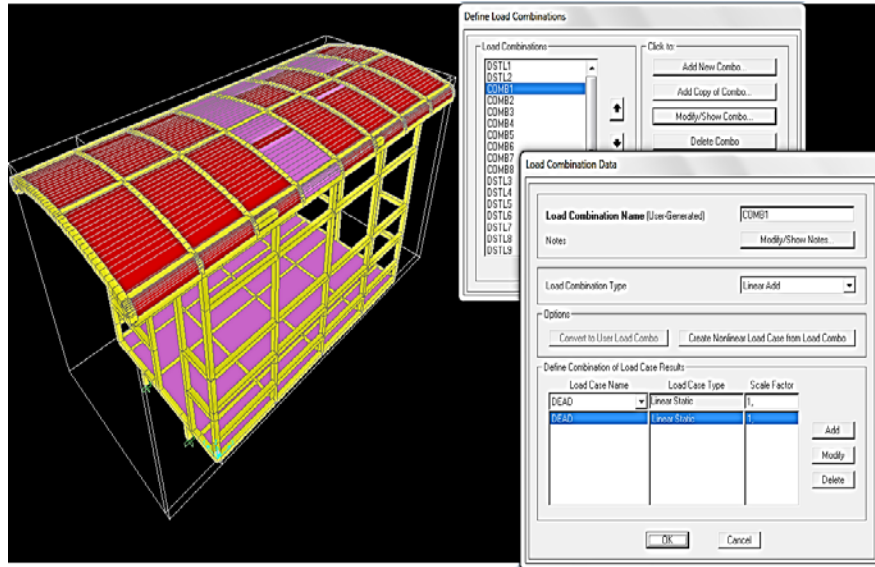
Para determinar la combinación de cargas se utilizó el método ASD; conocido como Diseño por Esfuerzo Permisible. Este método utiliza las cargas de trabajo o servicio que debe soportar la estructura, tomando en cuenta el esfuerzo permisible de los miembros estructurales.

A continuación se detalla la combinación de cargas, según el método ASD:

1. M
2. M+V
3. M+V+G
4. M+V+Fr
5. M+V+Fr+R_{af}

6. $M+V+R_{af}$
7. $M+V+A_b$
8. $M+V+A_b+R_{af}$

Figura 47. Ingreso de combinación de cargas en SAP2000

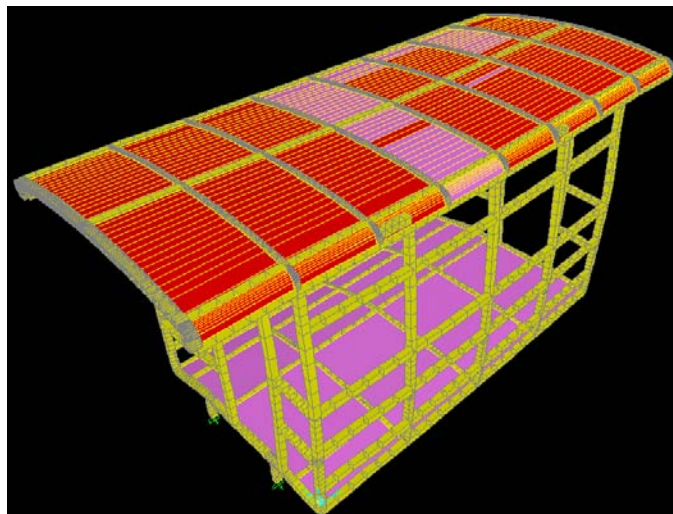


Fuente: Autores

3.3.8 *Análisis de resultados*

Una vez ingresado los valores de cargas en el software de cálculo estructural (SAP2000), se realizó la simulación y se observa deformación en la estructura.

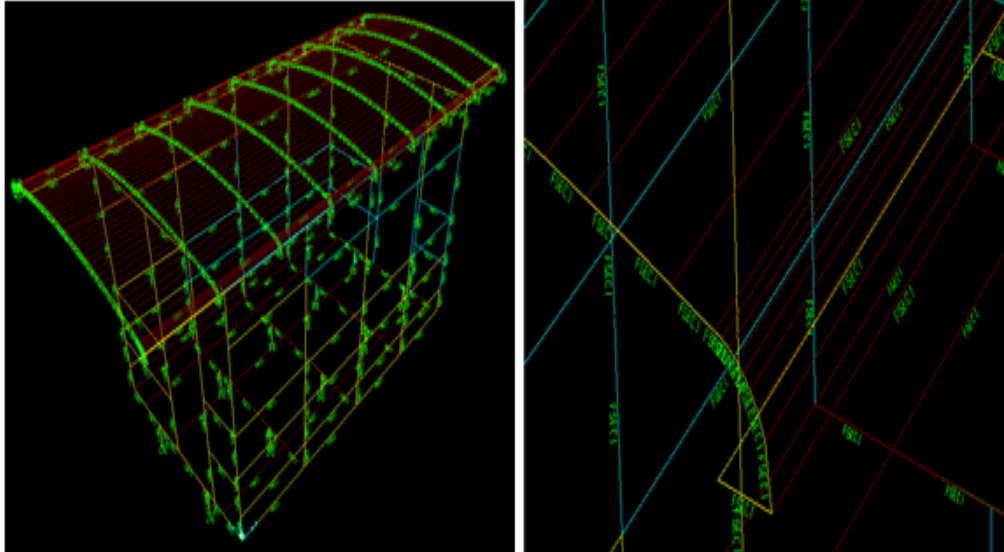
Figura 48. Análisis de la estructura



Fuente: Autores

Se observan los elementos donde sufre mayor deformación, que se ven en los parantes y techo del vagón, en color rojo (punto crítico).

Figura 49. Análisis de los puntos críticos



Fuente: Autores

Se realizó el chequeo de la estructura, arrojando valores los cuales indican que la soporta las cargas aplicadas.

Figura 50. Valores arrojados

Frame ID	246	Analysis Section	FSEC1
Design Code	AISC-LRFD93	Design Section	FSEC1

COMBO ID	STATION LOC	MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK =	AXL + B-MAJ + B-MIN	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
DSTL1	0,00	0,003 (C)	=	0,001 + 0,000 + 0,001	0,000	0,000
DSTL1	265,00	0,002 (C)	=	0,001 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
DSTL1	530,00	0,007 (C)	=	0,001 + 0,004 + 0,002	0,000	0,000
DSTL2	0,00	0,003 (C)	=	0,000 + 0,000 + 0,001	0,000	0,000
DSTL2	265,00	0,002 (C)	=	0,000 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
DSTL2	530,00	0,006 (C)	=	0,000 + 0,003 + 0,002	0,000	0,000
DSTL3	0,00	0,003 (C)	=	0,001 + 0,000 + 0,001	0,000	0,000

Modify/Show Overwrites	Display Details for Selected Item	Display Complete Details
Overwrites	Details	Tabular Data

Strength Deflection

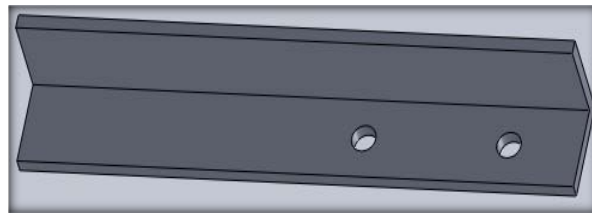
Stylesheet: Default

Fuente: Autores

3.4 Elementos de sujeción

La sujeción entre el chasis y la estructura del vagón, será por medio de platinas que estarán soldadas y sujetas por pernos; las mismas que serán seleccionadas previo análisis con la ayuda de software de simulación.

Figura 51.Ángulo de sujeción entre chasis y vagón

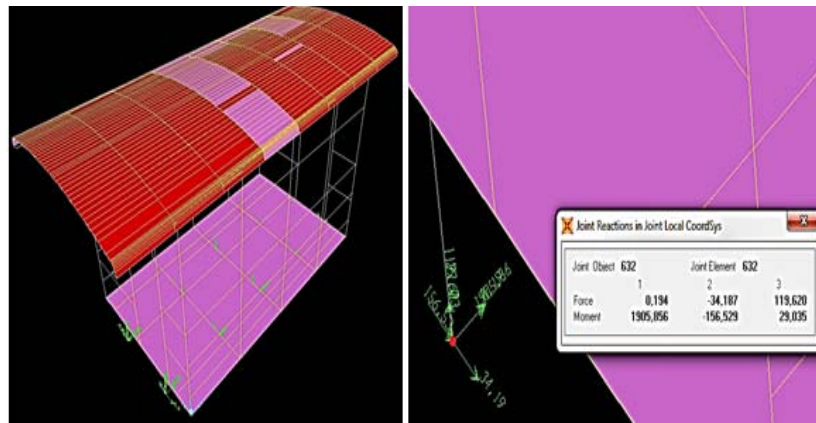


Fuente:Autores

3.4.1 Diseño y selección de pernos

Para este análisis se determina las reacciones que se producen en las platinas, con la ayuda del software SAP2000.

Figura 52.Reacciones en los puntos de sujeción



Fuente: Autores

$$F_R = \sqrt{(R_x)^2 + (R_y)^2 + (R_z)^2} \quad (8)$$

Dónde:

F_R = Fuerza resultante, en Kg_f

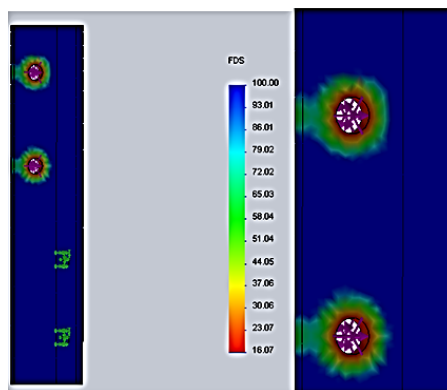
R_x = Reacciones en los ejes coordenados, en Kg_f

$$F_R = \sqrt{(0,194)^2 + (-34,187)^2 + (119,620)^2}$$

$$F_R = 124,41 \text{ Kg}_f$$

Una vez que se obtuvo la fuerza resultante, se ingresan los valores en el software de simulación para determinar si sufre deformación.

Figura 53. Análisis de las platinas

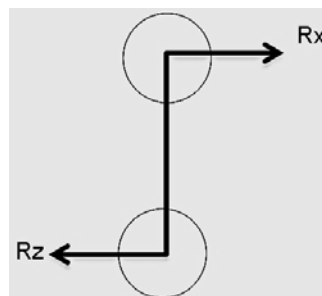


Fuente: Autores

El factor de seguridad es de 8, teniendo como base un valor de 4 lo que indica que resistirá las cargas aplicadas.

Para la selección de los pernos se realizó el siguiente análisis, las reacciones donde se producirá corte:

Figura 54. Reacciones en la platina



Fuente:Autores

Fuerza resultante:

$$F_R = \sqrt{(R_x)^2 + (R_z)^2}$$

$$F_R = \sqrt{(0,194)^2 + (119,620)^2}$$

$$F_R = 119,62 \text{kg}_f$$

$$T_{\max} = \frac{F}{A_c} \quad (9)$$

Dónde:

F = Fuerza, en N

A_c = Área de corte, en Kg

$$T_{\max} = \frac{1172,28 \text{ N}}{A_c (\text{mm}^2)}$$

$$T_{\max} = \frac{1172,28 \text{ N}}{2ac} = \frac{586,14}{A_c} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}} \right]$$

$$S_{se} = K_c * \frac{1}{k_f} * S'_{se} \quad (10)$$

Dónde:

K_c = Factor de confiabilidad

K_f = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga

S'_{se} = Esfuerzo a fatiga, en $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$S'_{se} = 0,29 * S_u \quad (11)$$

Dónde:

S_u = Resistencia mínima a la tensión, en $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$S'_{se} = 0,29 * 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S'_{se} = 116 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

K_c = 0,897 (Confiabilidad del 90%) – Ver Anexo B

$K_f = 2,2$ (Para pernos laminados)

$$Sse = 0,897 * \frac{1}{2,2} * 116 \frac{N}{mm^2}$$

$$Sse = 47,30 \frac{N}{mm^2}$$

Para pernos M14:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{586,14 N}{104 mm^2} = 5,64 \frac{N}{mm^2}$$

$$n = \frac{Sse}{T_{m\acute{a}x}} \quad (12)$$

Dónde:

Sse = Esfuerzo de fluencia, en $\frac{N}{mm^2}$

$T_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo máximo, en $\frac{N}{mm^2}$

$$n = \frac{47,30 \frac{N}{mm^2}}{5,64 \frac{N}{mm^2}} = 8,39$$

Tenemos un factor de seguridad de 8.39.

Para pernos M12:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{586,14 N}{76,3 mm^2} = 7,68 \frac{N}{mm^2}$$

$$n = \frac{Sse}{T_{m\acute{a}x}} = \frac{47,30 \frac{N}{mm^2}}{7,68 \frac{N}{mm^2}} = 6,16$$

Se obtuvo un factor de seguridad de 6.16, teniendo como base un valor de 4, por lo tanto se puede hacer uso de estas dos denominaciones de pernos.

Nota: Estos pernos son de roscas métricas de paso grueso y fino.

3.4.2 Resistencia de diseño de las soldaduras

Las soldaduras utilizadas en estructuras metálicas deberán resistir un gran número de repeticiones de cargas durante su vida útil, y se diseñarán tomando en cuenta la posibilidad de falla por fatiga.

$$R_S = n * F_{MB} \quad (13)$$

$$R_s = n \cdot F_s (14)$$

Dónde:

F_{MB} = Resistencia nominal del metal base, en Kpsi

F_s = Resistencia nominal del metal aporte (electrodo), en Kpsi

El American Institute of Steel Construction (AISC), en sus manuales establece las resistencias mínimas a cumplir por los materiales en una junta soldada, en la tabla 18 se muestra los valores de esfuerzos permisibles de la soldadura para diferentes tipos de carga con respecto al material base.

Tabla 18. Esfuerzos permitidos para metal de soldadura

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	$0,60S_Y$	1,67
Aplastamiento	A tope	$0,90S_Y$	1,11
Flexión	A tope	$0,60-0,66S_Y$	1,52-1,67
Compresión simple	A tope	$0,60S_Y$	1,67
Constante	A tope o de filete	$0,40S_Y$	1,44

Fuente: Reglamento AISC

La American Welding Society (AWS) norma las propiedades mínimas que deben cumplir los materiales de aporte (electrodos), la tabla 19 muestra la resistencia de diferentes tipos de electrodos para el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).

Tabla 19. Propiedades mínimas del metal de aporte

AWS numero de electrodo	Resistencia a la tensión, Kpsi	Resistencia de fluencia, Kpsi	Porcentaje de alargamiento
E60xx	62	50	17-25
E70xx	70	57	22
E80xx	80	67	19
E90xx	90	77	14-17
E100xx	100	87	13-16
E7120xx	120	107	14

Fuente: Catálogo AGA

3.4.3 Diseño de la soldadura para las platinas

Para el diseño de las juntas soldadas establecemos los elementos que intervienen en el proceso de construcción.

Material base, corresponde a los elementos estructurales que deben ser soldados.

Barra de tiro, platinas son los elementos que están compuestos por acero estructural ASTM A-36, de acuerdo a las características de este material se puede evaluar los parámetros de resistencia en la unión.

Los electrodos a utilizar son E6011, con una resistencia última (S_u) y un límite de fluencia (S_y) similares al acero ASTM A-36.

A continuación se detalla las especificaciones del material base y de aporte:

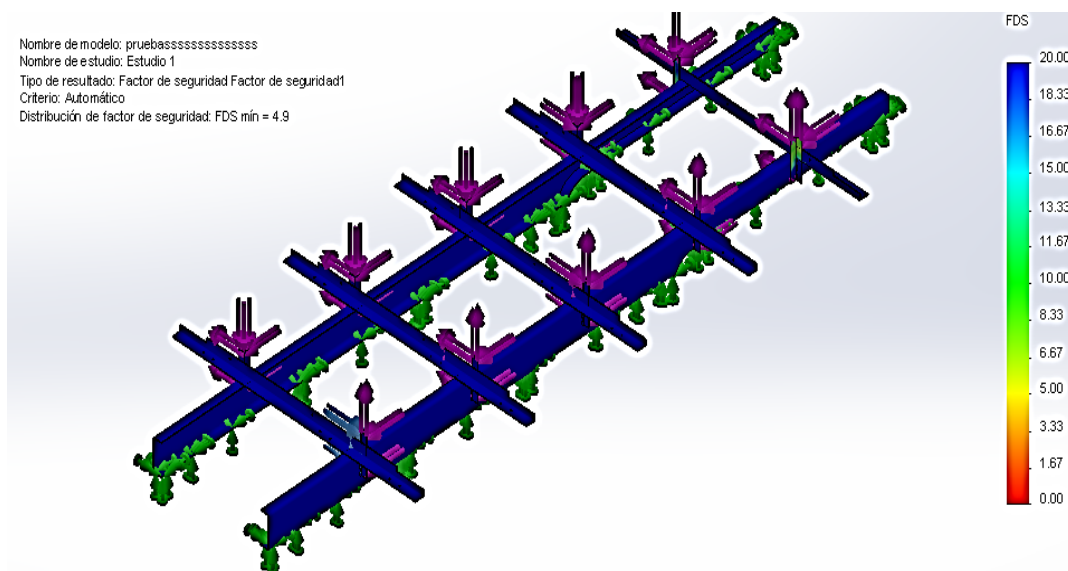
Material base: Acero A-36

Material de aporte: E6011

- Límite de elasticidad $S_y = 345$ MPa
- Tensión máx. de tracción $S_u = 425$ MPa
- Factor de seguridad $n = 4.9$

Tipo de junta, a tope.

Figura 55. Análisis de la soldadura en las platinas



Fuente: Autores

De acuerdo al gráfico establecemos que el metal base y metal de aporte seleccionados son correctos.

3.4.4 *Especificaciones del procedimiento de soldadura*[17]

Es un documento que provee las directrices para realizar la soldadura con base en los requerimientos del código (AWS), proporciona igualmente la información necesaria para orientar al soldador u operador de soldadura y asegurar el cumplimiento de los requerimientos del código (AWS). Ver Anexo F.

3.5 Sistema de suspensión [18]

3.5.1 *Definición*

Es un conjunto de elementos mecánicos que unen de forma elástica las ruedas a la carrocería del vehículo, manteniéndolas siempre en contacto con el suelo y evitando de forma simultánea que las irregularidades del terreno se transmitan a los ocupantes, brindando confort y seguridad durante la conducción.

La suspensión está formada por tres conjuntos mecánicos básicos:

- Rueda
- Muelle
- Amortiguador.

Figura 56. Sistema de suspensión delantera



Fuente: Electromecánica de vehículos. Sistema de suspensión

En el análisis de fuerzas que intervienen en la suspensión influirá la carga que soportará el chasis, de acuerdo a esto, se seleccionará el tipo de suspensión.

3.5.2 *Sistema de suspensión Ford 350*

SUSPENSIÓN DELANTERA: Tipo independiente ejes gemelos, resortes helicoidales, más amortiguador. Como el mini chasis se colocará en la parte delantera, la suspensión se modificará. Entonces la suspensión se acoplará al mini chasis, teniendo una suspensión de tipo muelles con amortiguadores los cuales serán seleccionados de catálogo. Ver ANEXO E.

Capacidad de carga: 1,588 kg. (3,500 lb.).

SUSPENSIÓN POSTERIOR: Tipo muelles de 11 hojas con amortiguadores

Capacidad de carga: 4,423 kg. (9,750 lb.).

Figura 57. Sistema de suspensión posterior



Fuente: Manual de taller Ford 350

3.6 **Diseño de la barra de tiro**

3.6.1 *Análisis estructural*

También se conoce como sistema de enganche y es la parte principal de la sujeción del remolque al vehículo, para el estudio de las fuerzas que actúan se observó y analizó un vehículo con remolque, el cuál permitió establecer las fuerzas estáticas y dinámicas.

Para que el remolque tenga un mejor desplazamiento lineal y giratorio, se deberá tener un sistema de articulación proporcionando suficientes grados de libertad generando esfuerzos mínimos al vehículo y al diseño de la estructura.

Se tiene dos tipos de enganche, fijos y extraíbles, para la selección se tomará en cuenta el tipo de vehículo.

Figura 58. Barra de tiro utilizada por tractores agrícolas



Fuente:Enganches agrícolas

En el mercado nacional existen varios modelos de enganches para remolques, por ejemplo:

Figura 59. Barra de tiro utilizada por vehículos 4x4



Fuente:Catálogo general de enganches HALTECH

Este enganche será empernado y soldado al vehículo.

El sistema de barra de tiro más utilizado por remolques, se muestra a continuación.

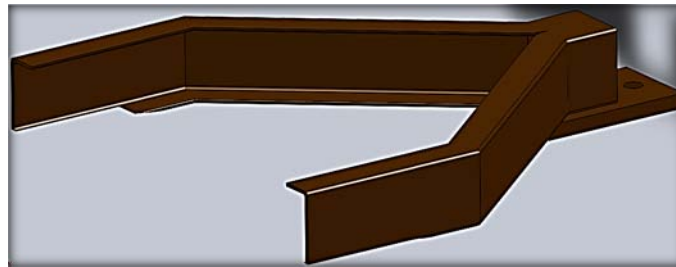
Figura 60: Remolque agrícola



Fuente:Autores

La barra de tiro será construida con perfil estructural C, se acoplará al chasis del vehículo de arrastre,soldada y empernada, el diseño se los realizóen el software de simulación.

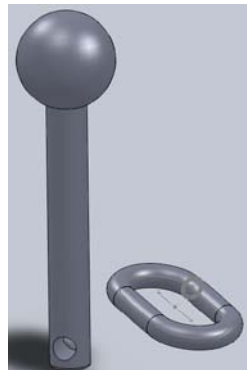
Figura 61. Diseño de la barra de tiro



Fuente: Autores

Para el sistema de enganche, de las barras de tiro se utilizaráun pasador y seguro.

Figura 62.Pasador



Fuente:Autores

3.6.1.1 *Cálculo de la fuerza de arrastre*

Para el cálculo de la fuerza de arrastre (F_a) previamente se determina la aceleración máxima (a) con la que el vehículo se encuentra tirando el vagón, con la capacidad máxima de carga. Se asume un valor de 50 Km/h (13,89 m/s) como velocidad máxima (V) alcanzada en un periodo de 0 a 15 segundos teniendo:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{V}{t} \quad (15)$$

Dónde:

V =Velocidad del vehículo, en m/s

t = Tiempo transcurrido, en s

$$a = \frac{13,89 \text{ m/s}}{15 \text{ s}}$$

$$a = 0,93 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Se determina la masa (m), y se la calcula de la siguiente manera:

$$C_d = m \cdot g \quad (16)$$

Dónde:

m =Masa total de arrastre, en Kg

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2

$$m = \frac{C_d}{g}$$

$$m = \frac{7964,12 \text{ Kgf}}{9,8 \text{ m/s}^2}$$

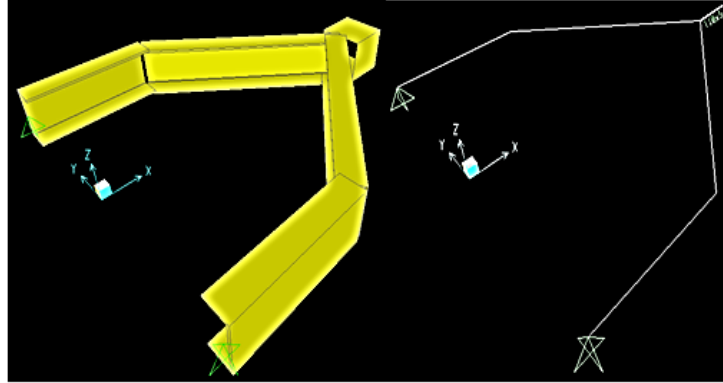
$$m = 812, 67 \text{ Kgf-s}^2/\text{m}$$

$$F_a = 812, 67 \text{ Kgf-s}^2/\text{m} \cdot 0, 93 \text{ m/s}^2$$

$$F_a = 755, 78 \text{ Kgf}$$

Para comprobar si la barra de tiro soporta la fuerza de arrastre se realizó un análisis en el software SAP 2000, obteniendo los siguientes resultados.

Figura 63.Análisis de la barra de tiro



Fuente: Autores

Los resultados obtenidos son satisfactorios, lo que indica que el material soporta la carga aplicada.

Figura 64. Valores arrojados

Steel Stress Check Information (AISC-LRFD93)

Frame ID: 5 Analysis Section: 110x5
 Design Code: AISC-LRFD93 Design Section: 110x5

COMBO ID	STATION / LOC	MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK =	AXL + B-MAJ + B-MIN	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
DSTL1	0,00	0,003 (T)	=	0,000 + 0,003 + 0,000	0,003	0,000
DSTL1	110,10	0,006 (T)	=	0,000 + 0,006 + 0,000	0,003	0,000
DSTL2	0,00	0,003 (T)	=	0,000 + 0,003 + 0,000	0,003	0,000
DSTL2	110,10	0,005 (T)	=	0,000 + 0,005 + 0,000	0,002	0,000

Modify/Show Overwrites: Overwrites Display Details for Selected Item: Details Display Complete Details: Tabular Data

Strength Deflection OK Cancel Stylesheet: Default Table Format File

Fuente: Autores

3.6.1.2 Cálculo de la fuerza de arrastre máxima

Para determinar la fuerza máxima de arrastre (Ft) se toma en cuenta que el vagón se encuentra subiendo una pendiente de 30°, este es un valor promedio de las pendientes existentes en el Ecuador.

Para el análisis se incluye además la carga de diseño y la resistencia a la rodadura.

$$R_c \text{ total} = 94,8 Kgf$$

$$F_t = C_d * \text{sen}(\alpha) + R_c \text{ total} \quad (17)$$

Dónde:

C_d = Carga de diseño $[\Sigma (M-V)]$, en Kg

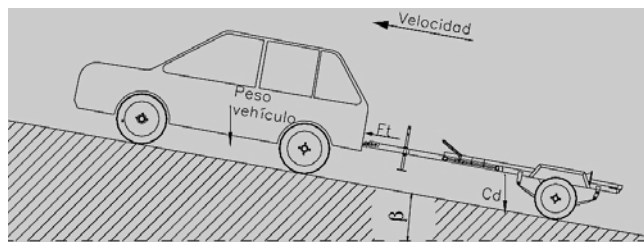
α = Angulo de inclinación de la carretera, en ($^\circ$)

R_c = Resistencia a la rodadura, en Kg

$$F_t = 7964,12 \text{ Kg}_f * \text{sen}(30^\circ) + 94,8 \text{ Kg}_f$$

$$F_t = 4076,86 \text{ Kg}_f$$

Figura 65. Fuerza de tiro máxima



Fuente: Autores

3.7 Neumáticos

3.7.1 *Uso de catálogos*

Para la selección de los neumáticos se utilizó catálogos de las distintas casas fabricantes.

Tomando en cuenta los requisitos establecidos en la norma INEN 011 que especifica lo siguiente:

Categoría 2: Camionetas, micro ómnibus y sus remolques:

a) Tipo de construcción

- 1) Diagonal
- 2) Radial
- 3) Diagonal con cinturón (Bias-Belted)

b) Índice de carga (montaje simple)

- 1) Menor o igual a 93
- 2) 94 a 104
- 3) 105 a 113
- 4) Mayor o igual a 114

c) Neumáticos con y sin cámara de aire

3.7.2 Selección

La selección del neumático se lo realizó tomando en cuenta el peso total que soportará el neumático y el tipo de carreta, llegando a la conclusión que se puede utilizar el neumático rin 7.0R15.

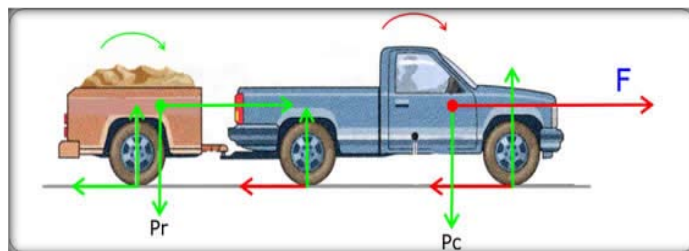
3.8 Sistema de frenos

3.8.1 Sistema de frenos en remolques

Son importantes los frenos en remolques, ya que si el vehículo tractor frena utilizando solamente su freno de servicio y su remolque no tiene sistema de frenos propio, éste con su propia inercia, empujaría al vehículo tractor debido a que ambos estarían circulando a la misma velocidad y la distancia de frenado sería mucho mayor.

Los remolques de más de 750 kg deben contar con frenos inerciales.

Figura 66. Análisis de fuerzas en el frenado



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

3.8.2 Tipos de frenos para remolques

- **Auto frenado:**

El sistema de auto frenado en los remolques (pequeños) es independiente, en la acción del freno del remolque no interviene el conductor sino la barra de tracción del remolque; si se frena el vehículo tractor al circular, el remolque tiende a conservar la misma velocidad aproximándose al tractor momento en que la barra de tracción actúa.

Cuando el tractor vuelve a tirar de él, la barra de tracción deja de actuar sobre la acción del freno quedando libres las ruedas.

- **De aire comprimido:**

Este sistema de frenado se emplea en remolques grandes tirados por vehículos tractores que utilizan este mismo sistema de frenado. De los depósitos de aire comprimido del vehículo tractor; se deriva una conducción con válvula a otro depósito del remolque, donde se almacena el aire a presión y se distribuye a los cilindros de los frenos de sus ruedas al accionar el pedal del freno del tractor.

3.9 Carrocería del vagón

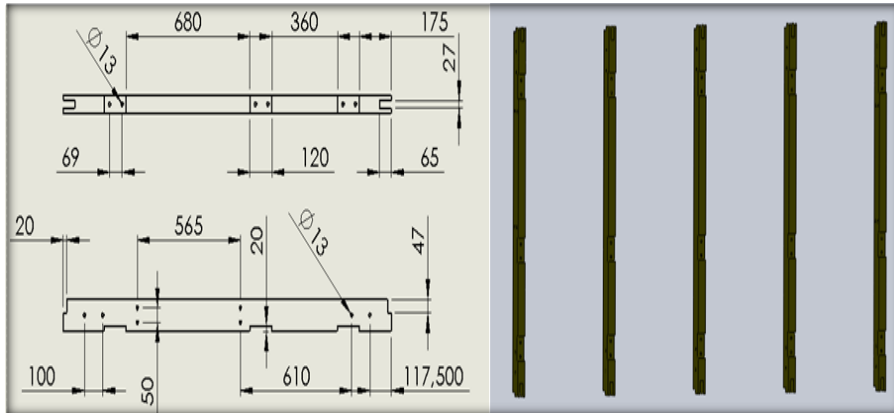
3.9.1 *Manual de construcción*

Para el proceso de construcción se va a seguir las siguientes instrucciones especificando en cada ítem los diferentes tipos de materiales a utilizar para dar la apariencia de vagones clásicos:

3.9.1.1 *Travesaños (eucalipto-madera)*

Los travesaños que conforman el soporte del piso, están expuestos a la mayor carga por lo tanto se necesita que tengan las siguientes dimensiones:

Figura 67.Travesaños

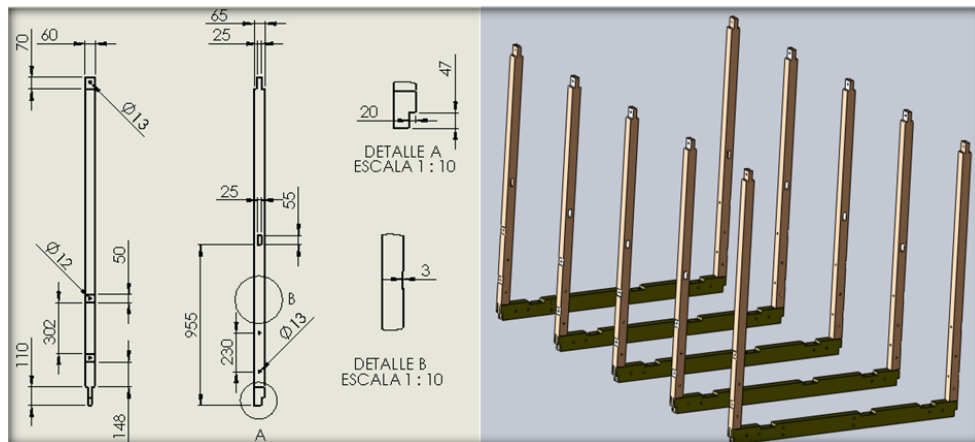


Fuente: Autores

3.9.1.2 Parantes laterales (eucalipto-madera)

Estos parantes conforman el soporte lateral y alojan a las ventanas, están anclados en los extremos de los travesaños, con las siguientes dimensiones:

Figura 68. Parantes laterales



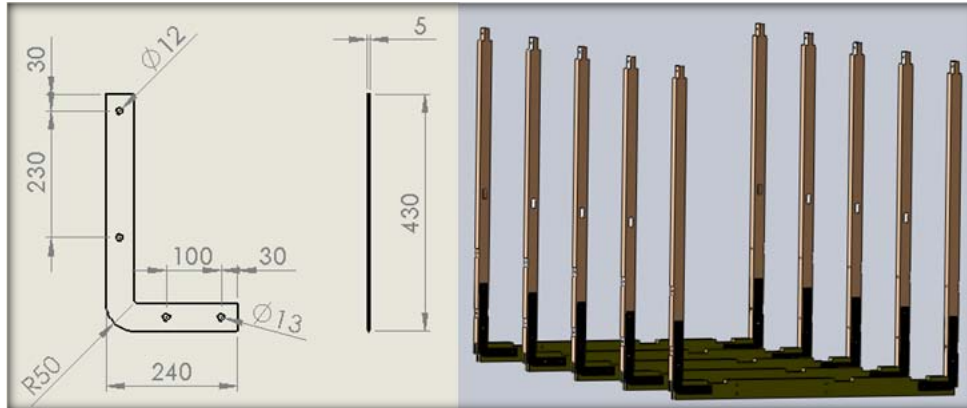
Fuente: Autores

En el detalle A se indica el corte donde se va acoplar el larguero inferior, en el detalle B se indica el corte donde se va acoplar la placa de acero fundido.

3.9.1.3 Pieza de acero fundido "L"

La pieza de acero esta emperrado para la sujeción de los parantes con los travesaños, se ubican en ambos lados, con las siguientes dimensiones:

Figura 69. Pieza de acero fundido

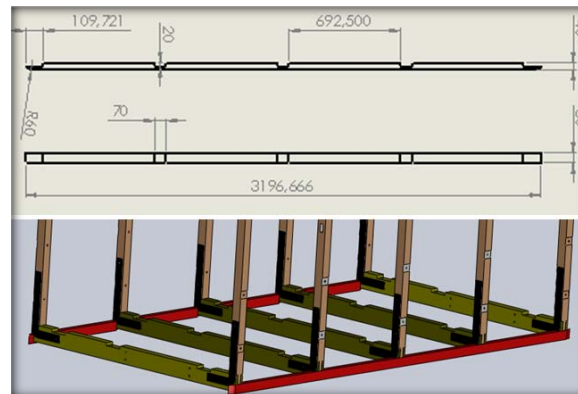


Fuente: Autores

3.9.1.4 Larguero inferior (eucalipto-madera)

En el larguero inferior se clavarán las duelas laterales exteriores, estará anclada y clavada en el corte que comparte el parante lateral y el travesaño, con las siguientes dimensiones:

Figura 70. Larguero inferior



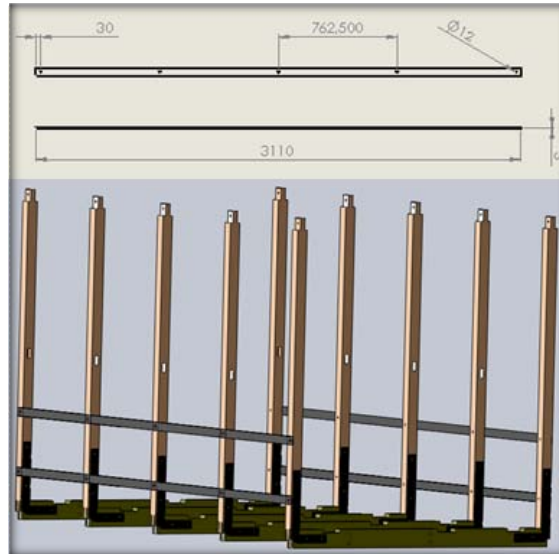
Fuente: Autores

3.9.1.5 Placas de acero fundido

La placa de acero fundido estará emperrado en los parantes laterales, ubicados estratégicamente de tal manera que contribuyan con la seguridad de los ocupantes del

vagón, entonces si se produce algún choque o volcamiento lateral estas cumplirán la función de resistir el impacto, con las siguientes dimensiones:

Figura 71.Placa de acero fundido

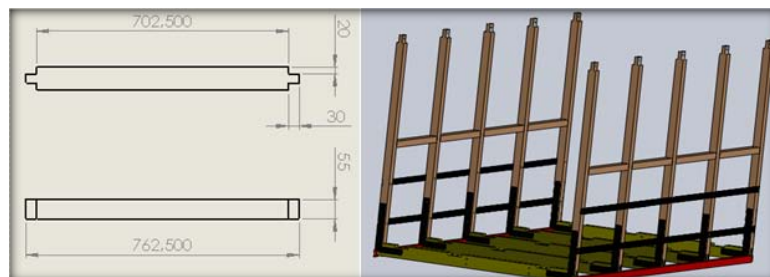


Fuente:Autores

3.9.1.6 Travesaños laterales (eucalipto-madera)

El travesaño lateral se alojará en el corte del parante lateral, en estos se clavarán las duelas laterales tanto interiores como exteriores, también servirá como soporte para las ventanas, con las siguientes dimensiones:

Figura 72. Travesaño lateral

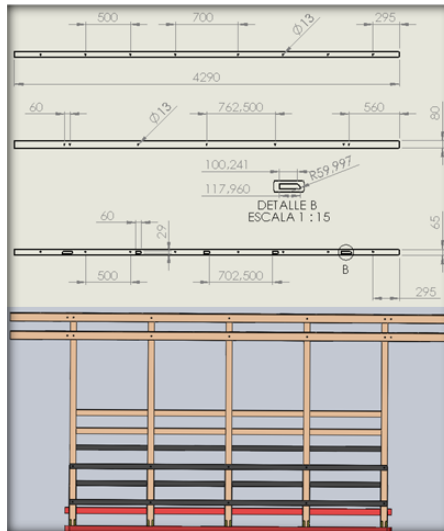


Fuente:Autores

3.9.1.7 Largueros superiores (eucalipto-madera)

El larguero superior servirá como soporte para el techo,se montará y empinará en el corte superior de los parantes laterales, con las siguientes dimensiones:

Figura 73. Larguero superior



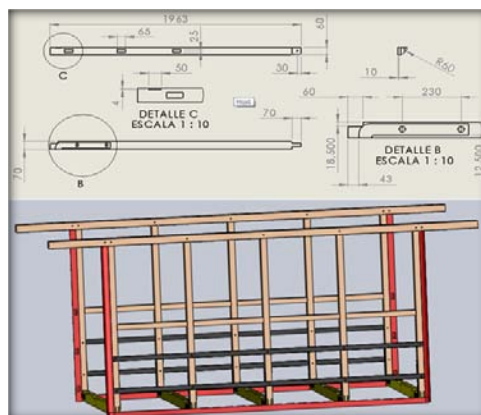
Fuente: Autores

En el detalle B se indica el corte donde se va a anclar el esquinero y el parante lateral de la esquina.

3.9.1.8 Esquineros (eucalipto-madera)

El esquinero se empernará junto al parante lateral ubicado en la esquina, de esta manera se logrará recubrir las piezas de acero fundido de esta parte del vagón, contribuyendo así con la estética, con las siguientes dimensiones:

Figura 74. Esquinero



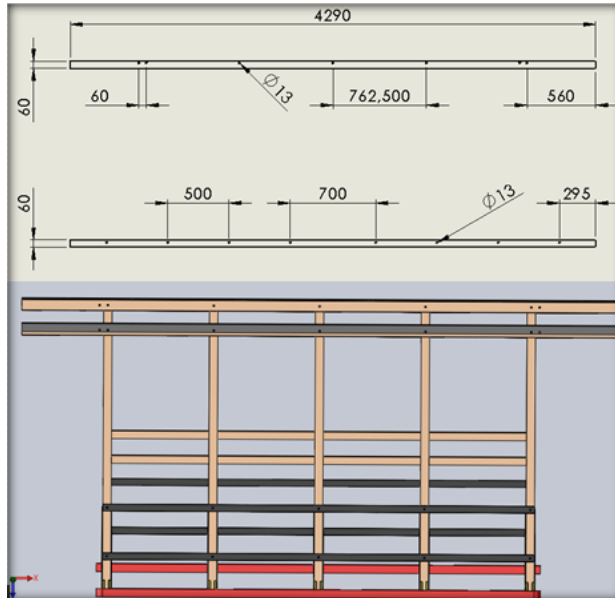
Fuente: Autores

Los detalles C y B indican el corte donde se va a alojar la pieza de acero fundido en forma de L.

3.9.1.9 Soporte del techo (acero)

Este ángulo servirá como soporte del techo, se empinará al larguero superior y en su cara externa se soldará la sercha del techo, con las siguientes dimensiones:

Figura 75. Soporte del techo

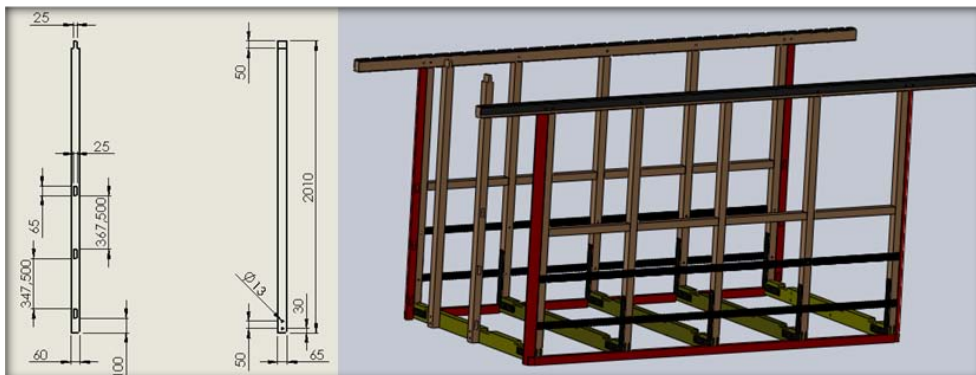


Fuente: Autores

3.9.1.10 Parante delanteros y posteriores (eucalipto-madera)

Estos parantes conforman el soporte tanto en la parte delantera como en la posterior, se empinará a los travesaños del piso; también servirá de apoyo para las puertas del vagón, con las siguientes dimensiones:

Figura 76. Parantes delanteros y posteriores

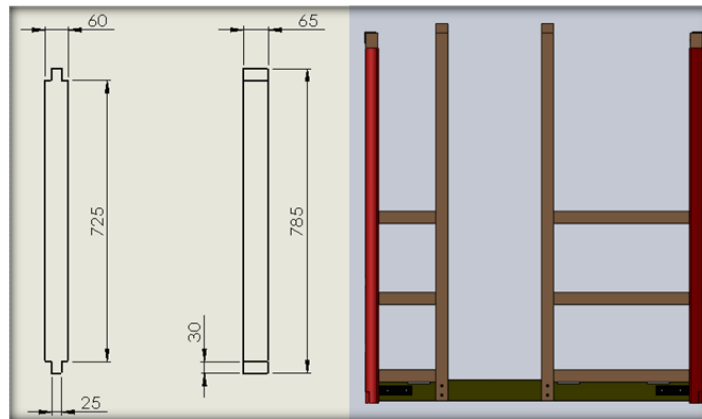


Fuente: Autores

3.9.1.11 Travesaños delanteros y posteriores (eucalipto-madera)

Estos travesaños se acoplarán en los cortes de los parantes y esquineros, servirán de soporte para las ventanas delanteras y posteriores; donde se clavará las duelas tanto internas como exteriores, con las siguientes dimensiones:

Figura 77. Travesaños delanteros y posteriores

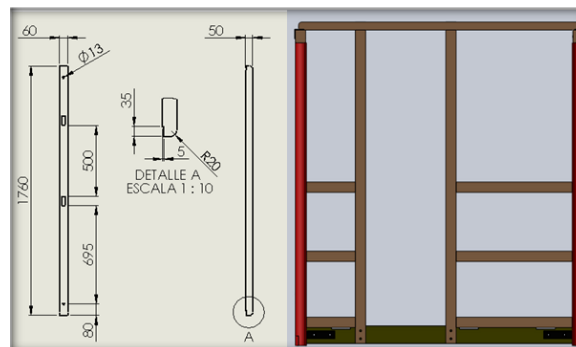


Fuente:Autores

3.9.1.12 Travesaños superiores delanteros y posteriores (eucalipto-madera)

Estos travesaños se alojarán en el corte superior de los parantes delanteros y posteriores, ayudarán en el soporte de las puertas y estarán empernados a los largueros superiores, con las siguientes dimensiones:

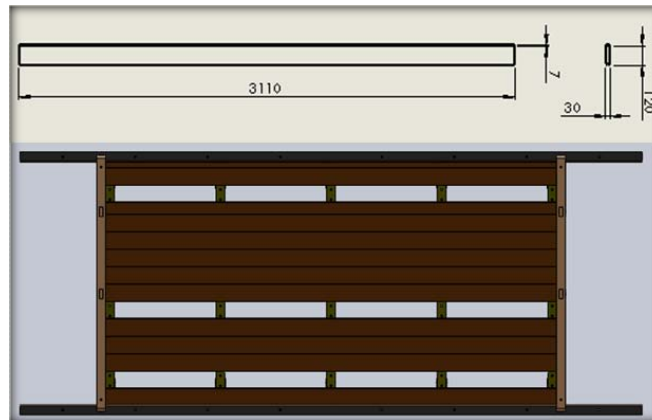
Figura 78. Travesaños superiores delanteros y posteriores



3.9.1.15 *Duela del piso (eucalipto-madera)*

Estas duelas junto con los soportes de los asientos ocupan todo el espacio interno del vagón, las mismas que no permitan el paso del viento hacia el interior y se clavarán a los travesaños, con las siguientes dimensiones:

Figura 81.Duelas del piso

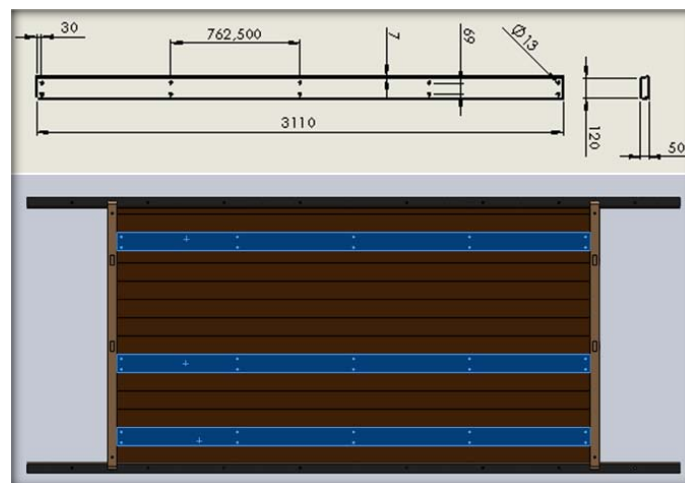


Fuente:Autores

3.9.1.16 *Soporte para los asientos (eucalipto-madera)*

Estos soportes aseguran a los asientos, se emperrarán a los travesaños y junto con las duelas coparán todo el espacio interno del piso del vagón, con las siguientes dimensiones:

Figura 82.Soportes del piso

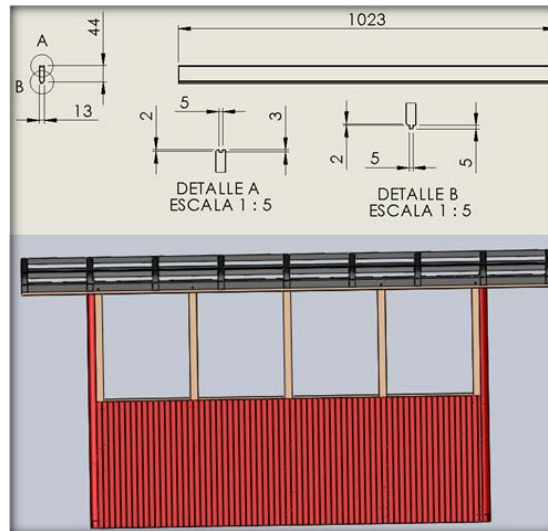


Fuente:Autores

3.9.1.17 *Duelas exteriores (eucalipto-madera)*

Las duelas laterales exteriores se clavarán en el larguero inferior y en los travesaños tanto laterales como delanteros y posteriores, con las siguientes dimensiones:

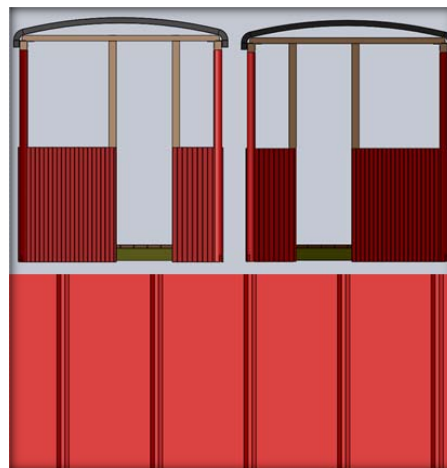
Figura 83.Duelas laterales exteriores A



Fuente:Autores

En el detalle A se indica la hendidura en la que se alojará la siguiente duela y el chaflán; en el detalle B se indica la saliente que se alojará en la hendidura de la duela anterior y el chaflán, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 84.Duelas laterales exteriores B

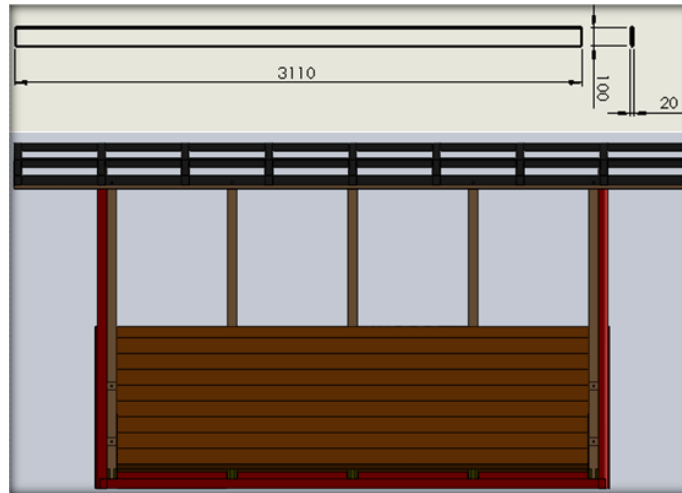


Fuente:Autores

3.9.1.18 *Duelas laterales internas (eucalipto-madera)*

Estas duelas se clavarán en los parantes laterales internamente y contribuirán con la protección de lo pasajeros, con las siguientes dimensiones:

Figura 85. Duelas laterales internas

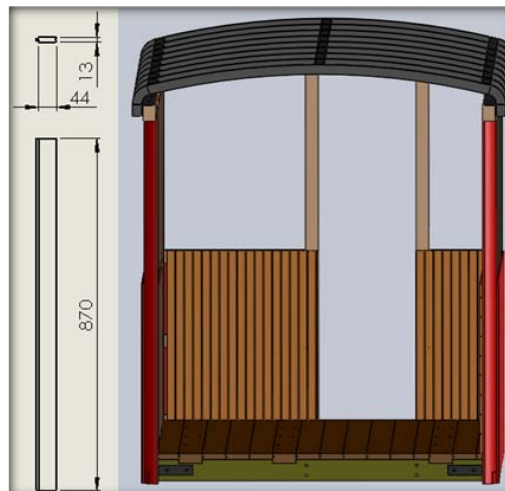


Fuente: Autores

3.9.2 *Duelas delanteras y posteriores internas (eucalipto-madera)*

Estas duelas se clavarán en los travesaños delanteros y posteriores internamente y ayudarán a la protección de los pasajeros, con las siguientes dimensiones:

Figura 86. Duelas delanteras y posteriores internas

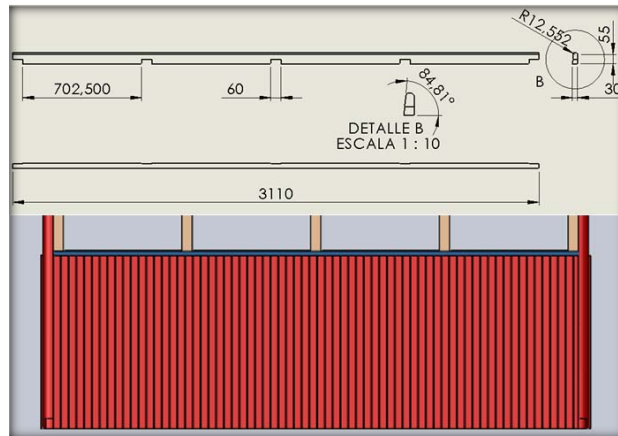


Fuente: Autores

3.9.2.1 Larguero exterior para las ventanas (eucalipto-madera)

El larguero se acoplará en los parantes laterales sobre las duelas laterales exteriores, con las siguientes dimensiones:

Figura 87. Larguero exterior para las ventanas laterales



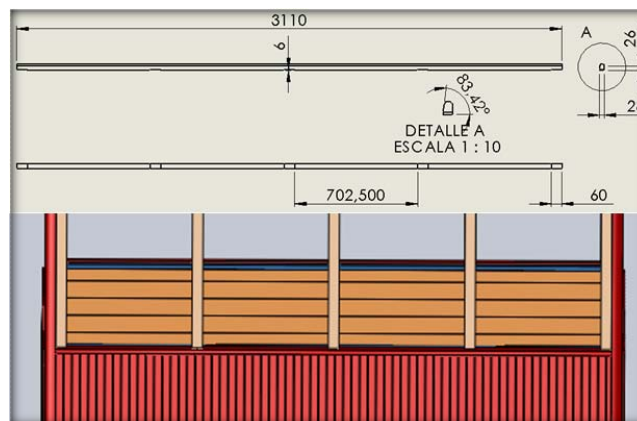
Fuente:Autores

En el detalle B se indica en ángulo de caída que tiene el larguero.

3.9.2.2 Larguero interior para las ventanas (eucalipto-madera)

El larguero se acoplará en los parantes laterales sobre las duelas laterales internas, con las siguientes dimensiones:

Figura 88. Larguero interior para las ventanas laterales



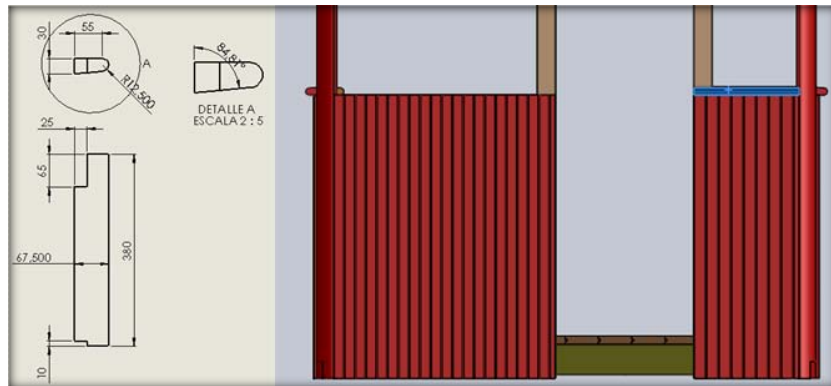
Fuente:Autores

En el detalle A se indica el ángulo de caída que tiene el larguero.

3.9.2.3 Larguero exterior cortopara las ventanas delanteras y posteriores (eucalipto-madera)

Estos largueros exteriores se acoplarán en los travesaños delanteros y posteriores, sobre las duelas exteriores, con las siguientes dimensiones:

Figura 89. Larguero exteriorcorto para las ventanas delanteras y posteriores



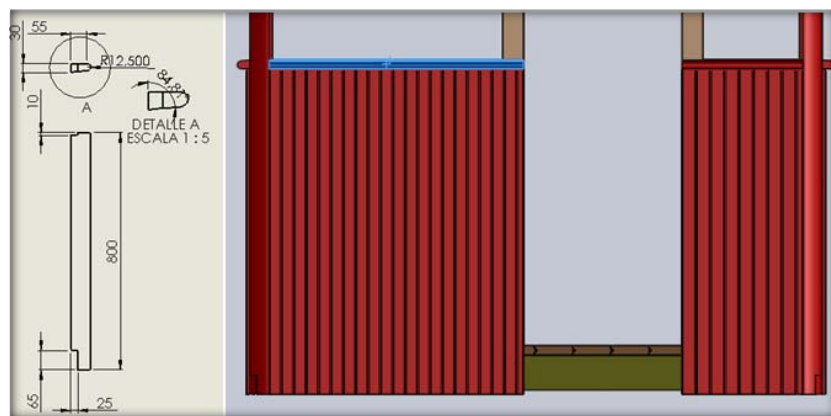
Fuente:Autores

En el detalle A se indica el ángulo de caída que tiene el larguero.

3.9.2.4 Larguero exterior largo para las ventanas delanteras y posteriores (eucalipto-madera)

Estos largueros se acoplarán en los travesaños delanteros y posteriores, sobre las duelas exteriores, con las siguientes dimensiones:

Figura 90. Larguero exterior largo para las ventanas delanteras y posteriores



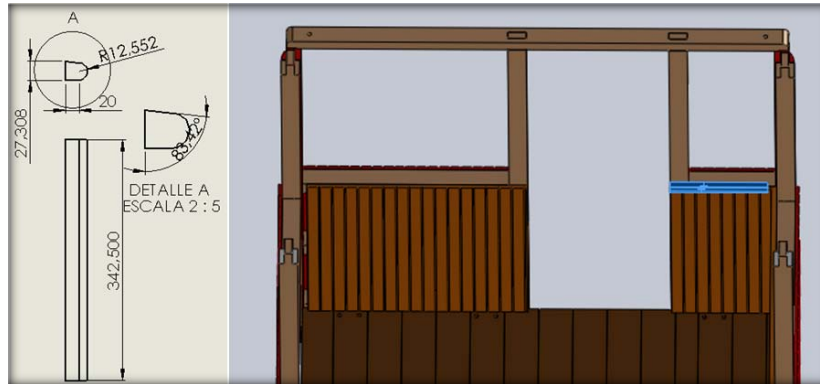
Fuente:Autores

En el detalle A se indica el ángulo de caída que tiene el larguero.

3.9.2.5 Largueros interior corto para las ventanas delanteras y posteriores (eucalipto-madera)

Estos largueros se acoplarán internamente en los travesaños delanteros y posteriores, sobre las duelas internas, con las siguientes dimensiones:

Figura 91. Larguero interior corto para las ventanas delanteras y posteriores



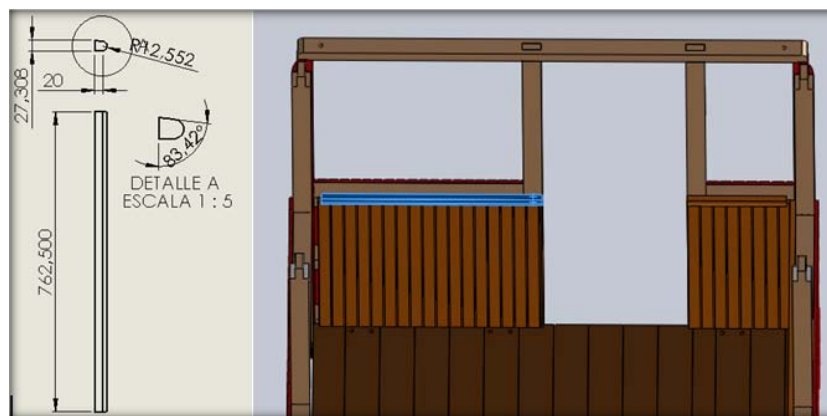
Fuente:Autores

En el detalle A se indica el ángulo de caída que tiene el larguero.

3.9.2.6 Largueros interior largo para las ventanas delanteras y posteriores (eucalipto-madera)

Estos largueros se acoplarán internamente en los travesaños delanteros y posteriores, sobre las duelas internas, con las siguientes dimensiones:

Figura 92. Larguero interior largo para las ventanas delanteras y posteriores



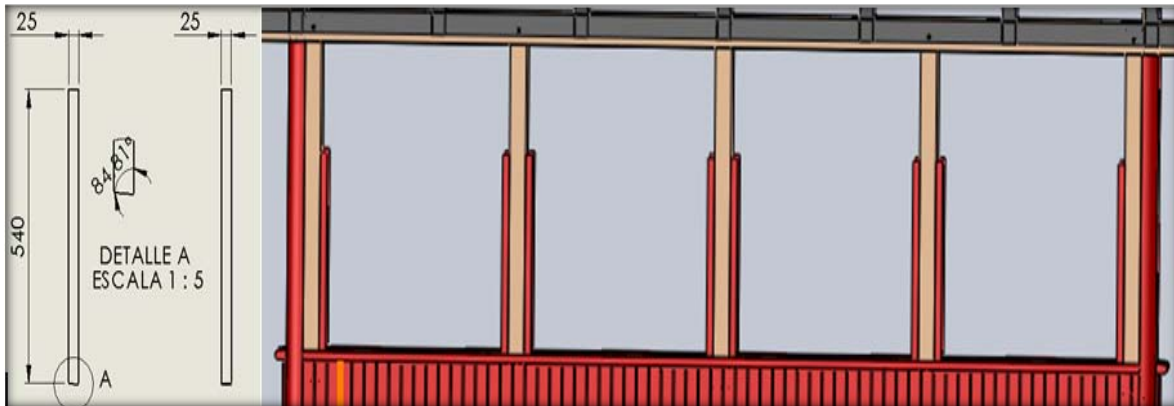
Fuente:Autores

En el detalle A se indica el ángulo de caída que tiene el larguero.

3.9.2.7 Rieles para las ventanas laterales (eucalipto-madera)

Los rieles se clavarán en los parantes laterales sobre los largueros exteriores, donde van a deslizarse las ventanas inferiores, con las siguientes dimensiones:

Figura 93.Rieles para las ventanas laterales



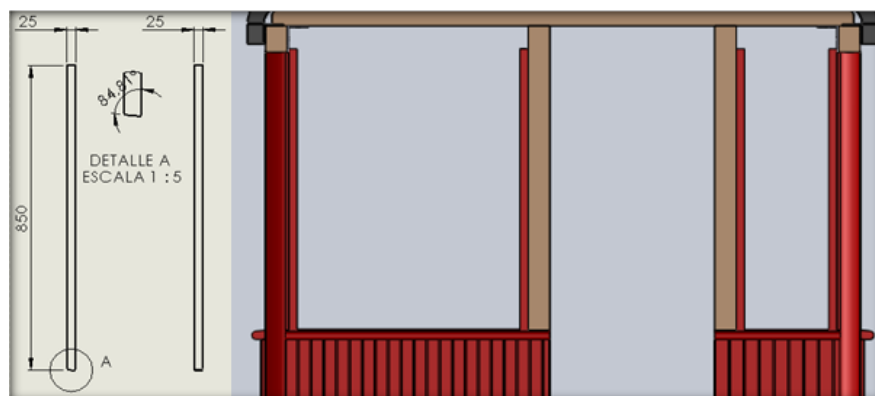
Fuente:Autores

En el detalle A se observa el corte a realizarse para ubicarse sobre el larguero.

3.9.2.8 Rieles para las ventanas delanteras y posteriores (eucalipto-madera)

Los rieles se clavarán en los parantes delanteros y posteriores, ubicados sobre los largueros exteriores de las ventanas, con las siguientes dimensiones:

Figura 94. Rieles para las ventanas delanteras y posteriores



Fuente:Autores

En el detalle A se observa el corte a realizarse para ubicarse sobre el larguero.

3.9.2.9 Ventanas laterales superiores (eucalipto-madera)

Las ventanas superiores se acoplarán en los parantes laterales y el larguero superior, sobre los rieles, con las siguientes dimensiones:

Figura 95. Ventanas superiores

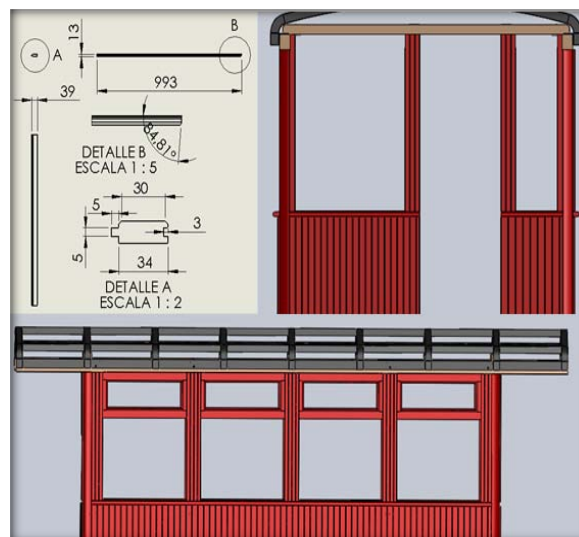


Fuente: Autores

3.9.3 Duelas exteriores de las ventanas (eucalipto-madera)

Estas duelas se clavarán en los parantes y sobre los largueros exteriores de las ventanas, con las siguientes dimensiones:

Figura 96. Duelas exteriores de las ventanas



Fuente: Autores

3.9.3.1 Ventanas laterales inferiores (eucalipto-madera)

Las ventanas inferiores se deslizarán de abajo hacia arriba y viceversa, en los rieles y parantes, con las siguientes dimensiones:

Figura 97. Ventanas laterales inferiores

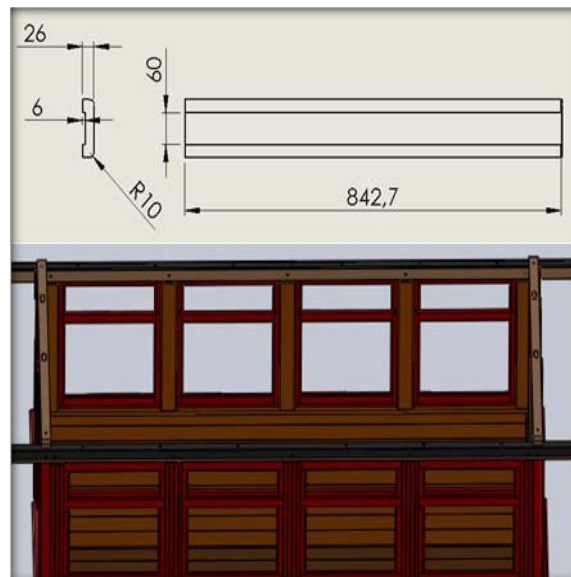


Fuente: Autores

3.9.3.2 Duelas internas de las ventanas laterales (eucalipto-madera)

Estas duelas se clavarán en los parantes laterales internamente, sobre los largueros de las ventanas y servirán como rieles para el deslizamiento de las ventanas inferiores, con las siguientes dimensiones:

Figura 98. Duelas internas de las ventanas laterales

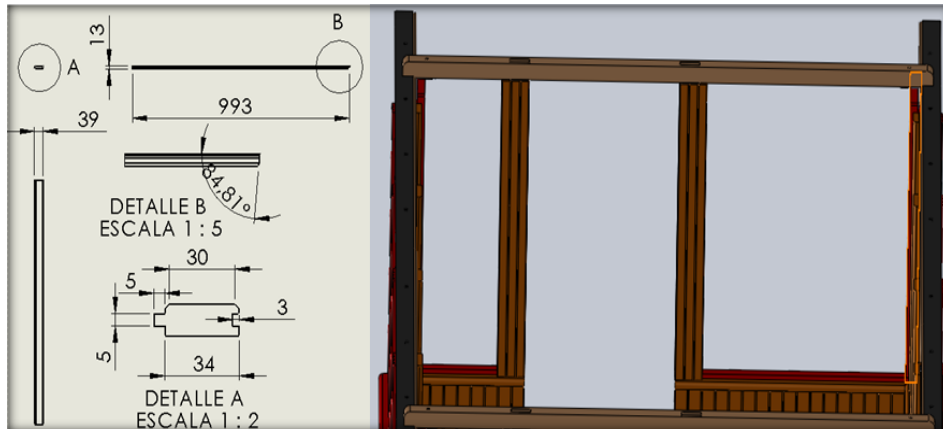


Fuente:Autores

3.9.3.3 *Duelas internas de las ventanas delanteras y posteriores (eucalipto-madera)*

Estas duelas se clavarán internamente en los parantes delanteros y traseros, sobre los largueros de las ventanas, con las siguientes dimensiones:

Figura 99. Duelas internas de las ventanas delanteras y posteriores

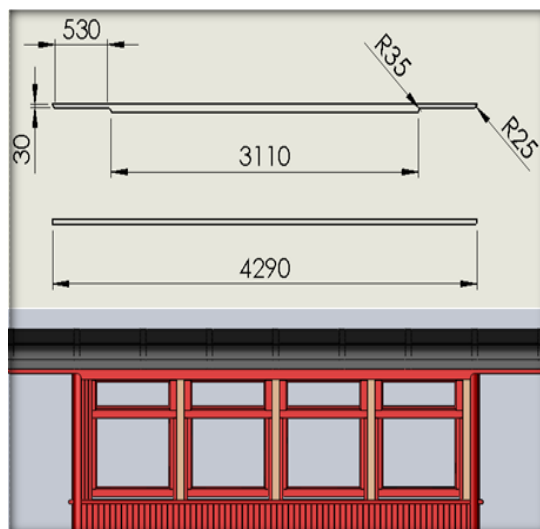


Fuente: Autores

3.9.3.4 *Letrero (eucalipto-madera)*

El letrero se ubicará sobre las duelas exteriores de las ventanas laterales, llevará impreso "FERROCARRILES DEL ECUADOR", con las siguientes dimensiones:

Figura 100.Letrero

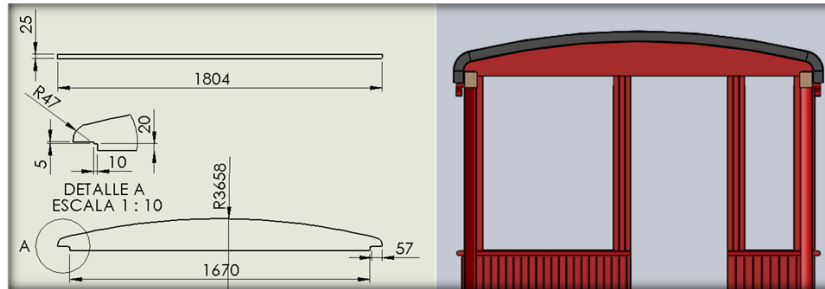


Fuente:Autores

3.9.3.5 Sobre puerta (eucalipto-madera)

El sobre puerta se clavará externamente en los travesaños delantero y posterior, con las siguientes dimensiones:

Figura 101.Sobre puerta



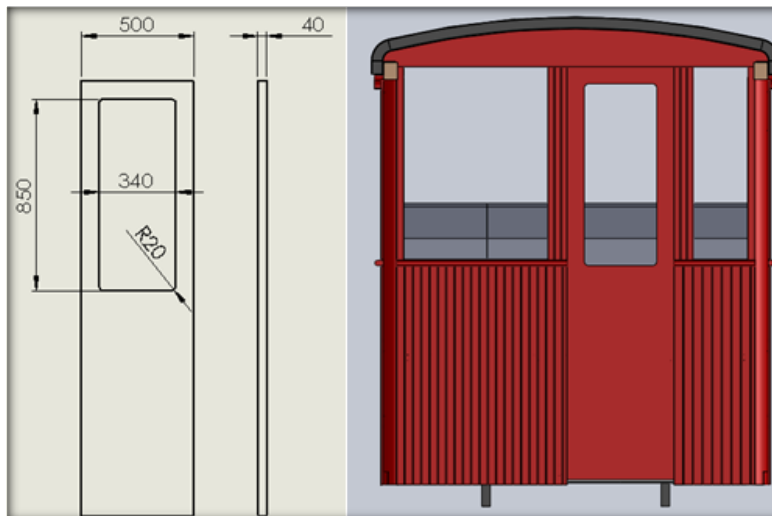
Fuente: Autores

En el detalle A se indica el corte de las esquinas inferiores, donde se alojarán los soportes del techo.

3.9.3.6 Puerta (eucalipto-madera)

Las puertas se ubicarán en uno de los parantes delanteros y posteriores, por medio de bisagras de tal manera que permita la entrada y salida de los pasajeros, con las siguientes dimensiones:

Figura 102.Puerta



Fuente:Autores

3.9.4 *Diseño estructural*

Para ello se utiliza el software SAP 2000 en el que se ingresa los valores de las propiedades de los materiales, cargas que intervienen, restricciones y finalmente la simulación que permitirá establecer si los materiales resisten o no.

3.9.4.1 *Cálculo de cargas estáticas y dinámicas*

Se realizó el cálculo respetando lo establecido en la norma INEN 1323.

3.9.5 *Selección de la madera*

La madera seleccionada es el eucalipto, ya que presenta mayor resistencia y durabilidad a efectos climáticos.

3.9.5.1 *Propiedades del eucalipto*

Los datos fueron proporcionados por el Docente de la Facultad de Mecánica, Ing. José Paredes. Aquí detallamos las propiedades físicas y mecánicas de la madera de EUCALIPTO.

Tabla 20. Propiedades físicas y mecánicas del eucalipto

Propiedades Físicas (Kg/cm³)		Propiedades Mecánicas (Kg/cm²)	
Densidad	0,00075	Compresión paralelo al grano	
Peso específico	7357,5	Esfuerzo fibras al límite proporcional	317,627
		Modulo elasticidad	138522,21
		Modulo ruptura	439,818
		Compresión perpendicular al grano	
		Esfuerzo fibras al límite proporcional	85,618
		Cizallamiento paralelo al grano	43548,7366
		Módulo de ruptura	114,693

Fuente: Ing. José Paredes

3.9.5.2 Selección de aceros

Para la selección de los perfiles estructurales recurrimos al catálogo DIPAC. Ver Anexo A.

3.10 Selección de vidrios

3.10.1 Uso de NTE INEN 1669

Seleccionamos el tipo de vidrio, cumpliendo los requisitos establecidos en la norma INEN 1669. Ver Anexo I.

3.10.2 Vidrio templado [19]

Es un vidrio de seguridad que mediante tratamiento térmico se ha incrementado la resistencia estructural del mismo sin alterar sus propiedades.

El vidrio seleccionado tiene un espesor de 4 mm, es el más empleado por la mayoría de vehículos y autobuses en el Ecuador.

Figura 103. Espesores de los vidrios

Grosor	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm
Peso	 7,5 Kg/m ²	 10 Kg/m ²	 12,5 Kg/m ²	 15 Kg/m ²	 20 Kg/m ²	 25 Kg/m ²

Fórmulas de peso del vidrio
Peso (kg) = densidad x grosor x m² Densidad = 2,5 Kg/m² Peso (kg) = 2,5 x grosor x m²

Fuente: <http://www.econvidrio.net/usosglass/48-vidrio-automotriz.html>

3.11 Asientos

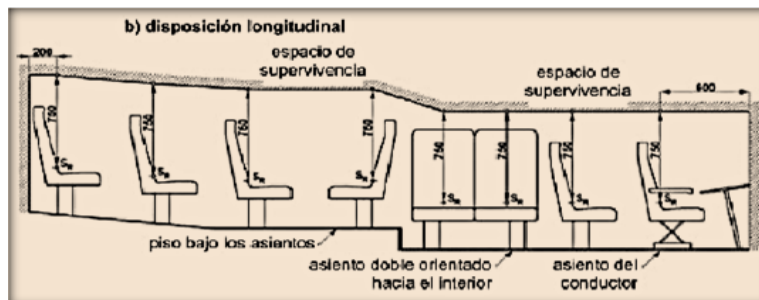
3.11.1 Uso de RTE 041

La norma RTE 041, que especifica los requisitos que deben tener los buses escolares.

Dimensiones de los asientos para pasajeros:

- Ancho mínimo del asiento: 300mm
- Ancho del asiento doble: entre 850 y 900mm
- Profundidad mínima: 300 mm
- Altura desde el piso: 350mm
- Ancho mínimo del espaldar: 400mm
- Espacio espaldar y asidero sujeción: 100mm
- Altura total del asiento: 750mm
- Angulo entre el espaldar y la base del asiento: 100-105°
- Angulo de inclinación de la base del asiento: 2-6°

Figura 104. Dimensiones de asientos



Fuente: NTEINEN 1323

Además se debe tomar en cuenta las condiciones ergonómicas que establece la norma:

- **Asientos y sus anclajes:**

Los asientos de los vehículos automotores deben tener apoyacabezas. Se exceptúan de esta obligación las motocicletas, los asientos de pasajeros de autobuses de transporte

urbano, los asientos plegables, los puestos intermedios de bancas, los asientos ubicados en sentido paralelo al eje longitudinal del vehículo y los asientos posteriores de furgonetas destinadas al transporte escolar.

3.11.2 Selección

En empresas carroceras se observó los modelos de asientos que se utilizan en los buses, acolchonados y cómodos para que el viaje de los pasajeros sea placentero, a continuación se observa varios modelos:

Figura 105.Tipos de asientos



Fuente:Asientos de transporte público

Se tiene cuatro modelos de asientos, para la selección se tomará en cuenta la ergonomía y comodidad que brindarán a los pasajeros. El modelo seleccionado es Js-008. Ver Anexo K.

Se implementará asientos abatibles como en las busetas escolares.

Figura 106.Asientos abatibles



Fuente: RTE INEN 034

CAPÍTULO IV

4. VEHÍCULO DE ARRASTRE Y CARCASA

4.1 Vehículo de arrastre

El vehículo de arrastre será un Chevrolet ISUZU NHR 2005:

Figura 107.Vehículo de arrastre



Fuente:Ficha técnica ISUZU NHR

4.1.1 Cálculo de la potencia y torque[20]

Partiendo de la definición de potencia que es el producto de dos magnitudes, el par (P_M) y el régimen de giro (n).

$$W = P_M * \eta(18)$$

Dónde:

P_M =Par motor, en N

η = Régimen de giro, en rpm

La potencia que desarrolla el camión esta descrita en la ficha técnica, será un vehículo de turismo la velocidad a la que circulará esta entre 40 y 50 Km/h.

Se analizó la ficha técnica del vehículo.

Tabla 21.Ficha técnica ISUZU NHR

Modelo	ISUZU 4JB1-TC
Tipo	Turbo, Intercooler

Ubicación		Delantero/Longitudinalmente
Desplazamiento (cc)		2771
Nro. De cilindros		4 en línea
Potencia (HP@RPM)		91 @ 3400
Torque	(Kg.m) @ rpm	20 @ 2000
	(N.m) @ RPM)	196 @ 2000
Relación de Compresión		18.1:1
Alimentación		Inyección Directa
Combustible		Diesel

Fuente: Autores

4.1.2 Selección del vehículo

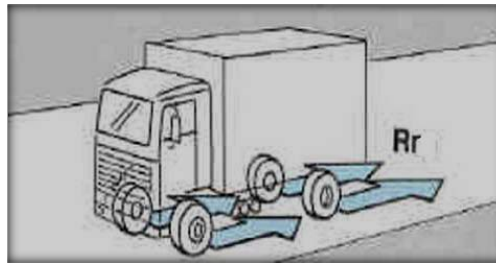
Se analizó la potencia generada por el vehículo, para esto se determina el peso total de arrastre.

4.1.3 Análisis de fuerzas para la selección del tren motriz

4.1.3.1 Fuerza de resistencia al rodamiento[21]

Los neumáticos al rodar sobre el piso producen un efecto conocido como fricción, el cual produce resistencia al rodamiento; esta fuerza depende del peso total del vehículo y de la presión de inflado de los neumáticos, así como de su coeficiente de deformación.

Figura 108. Resistencia al rodamiento



Fuente: www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/seleccion.pdf

$$R_r = f \cdot p \text{ (Kg)} \quad (19)$$

Dónde:

f = Coeficiente de resistencia al rodamiento, en kg/Tn

P = Peso del vehículo, en Tn

El valor de *f* no es constante ni independiente de la velocidad, pues influyela temperatura, estado del suelo, tipo de neumáticos (radial, etc.), radio del mismo y presión de inflado. Estos valores de coeficiente aparecen en la tabla 22.

Tabla 22.Valores del coeficiente de rodadura

Tipo de suelo	Coeficiente de rodadura Kg/Tn
Asfalto	12
Hormigón	15
Adoquinado	55
Tierra compacta	50
Tierra suelta	100

Fuente: Ingeniería de Vehículos de Sistemas y Cálculos de Manuel Cascajosa. Pag.20.

$$P = 7965,07 \text{ Kg} = 7,9 \text{ Tn}$$

$$f = 12 \frac{\text{Kg}}{\text{Tn}}$$

$$Rr = 12 \frac{\text{Kg}}{\text{Tn}} * 7,9 \text{Tn}.$$

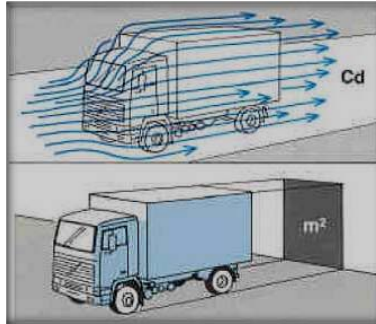
$$Rr = 94,8 \text{ Kg}$$

4.1.3.2 Fuerza de resistencia aerodinámica (*R_a*)

Esta fuerza podría ser la más influyente en los vehículos y ser la más estudiada, no solo por su importancia en cuanto al consumo, sino por lo relacionada que está con la estética del mismo; los vehículos han ido evolucionando, buscando la disminución de la resistencia *R_a*.

Las formas prismáticas de las carrocerías que dan confort, fueron sustituyéndose por otras.

Figura 109. Fuerza de resistencia aerodinámica



Fuente: www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/seleccion.pdf

La fuerza de aerodinámica se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ra = k \cdot A \cdot V^2 \text{ (Kg)} \quad (20)$$

Dónde:

K = Resistencia al aire

$$K = \frac{\rho \cdot C}{2g}$$

ρ = densidad del aire = 1.24 (kg/m³).

C = Coeficiente de resistencia aerodinámica.

Af = Área frontal, en m²

V = Velocidad, en m/s.

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

El coeficiente de resistencia C es definido por la forma del vehículo y cómo se mueve a través del aire este valor varía desde 0.15 en vehículos para turismo hasta 1.5 en camiones, se recomienda tomar el valor de C = 1. [22]

Cálculos:

$$k = \frac{1,24 \frac{Kg}{m^3} * 1}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$k = 0,06$$

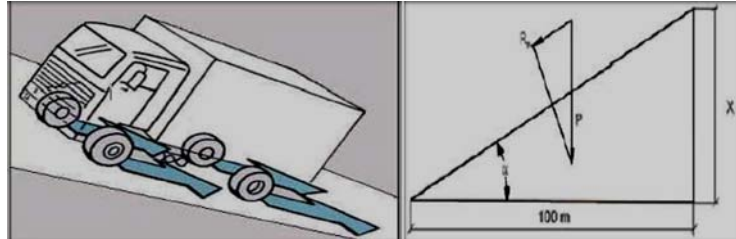
$$Ra = 0,06 * 5,64 \text{ m}^2 * (13,89 \frac{m}{s})^2$$

$$Ra = 65,29 \text{ Kg}$$

4.1.3.3 Fuerza por pendiente (Rp)

La resistencia por pendiente es la fuerza de oposición que se ejerce sobre el vehículo por el efecto de la atracción terrestre. Esta fuerza es proporcional al Seno (α) formado entre la carretera y una línea horizontal y al peso total del vehículo.

Figura 110. Fuerza por pendiente



Fuente: www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/seleccion.pdf

Esta fuerza se calcula con la ecuación:

$$R_p = 10 \cdot P \cdot x \text{ (Tn)} \quad (21)$$

Dónde:

P = Peso del vehículo, en Tn

x = distancia

El valor de x varía entre 0.5 y 1.6, es decir 0.5, cuando el vehículo no supere las 4 toneladas, y se tomará un valor $x=1.6$ para vehículos de transporte pesado. [23]

$$R_p = 10 \cdot 7,9 \text{ Tn} \cdot 1,6$$

$$R_p = 126,4 \text{ Kg}$$

Se calcula la potencia requerida por el vehículo, considerando un 15 % más de potencia debido a los accesorios y a las pérdidas por fricción.

$$W = \Sigma R \cdot v + 0,15 P_{ot} \quad [22] \quad (22)$$

Dónde:

ΣR = Sumatoria de las resistencias, Kg

v = Velocidad del vehículo, m/s

$0,15 W$ = 15 % de la potencia por pérdidas

$$\Sigma R = 94,8 \text{ Kg} + 65,29 \text{ Kg} + 126,4 \text{ Kg}$$

$$\Sigma R = 286,49 \text{ Kg}$$

$$W = 286,49 \text{ Kg} * 12,5 \frac{m}{s}$$

$$W = 3581,13 \text{ Kg} * \frac{m}{s}$$

$$W = 3581,13 \text{ Kg} * \frac{m}{s} + 0,15P$$

$$W = 4118,29 \text{ Kg} * \frac{m}{s}$$

$$W = 54,16 \text{ HP}$$

La potencia necesaria para el arrastre es de 54 HP.

4.2 Uso de programa para el cálculo de la potencia del vehículo

En el programase introdujo los datos que detallamos a continuación:

Figura 111. Ingreso de datos en el SOFTWARE

J&E-SELECCION

SELECCION DE VEHICULOS DE TRANSPORTE PESADO

DATOS OPERATIVOS

CARGA BRUTA A TRANSPORTAR: 7965,07 kg FACTOR DE SOBRECARGA: 1,35 > 1
VELOCIDAD DE CRUCERO: 50 km/h
TIPO DE CARRETERA: asfalto frio

DATOS PREVIOS DEL CAMION REQUERIDO

TIPO DE VEHICULO: CAR HAULER(FULL)
ACCESORIO: SIN DEFLECTOR DE AIRE
RPM: 2800 a 2999
TIPO NEUMATICO: Convencional (de capa diagon)

DIMENSIONES DEL CAMION
ALTO: 2,684 m ANCHO: 2,100 m

CALCULAR POTENCIA

POTENCIA REQUERIDA: 53 HP

SELECCIONE Y COMPRUEBE

Fuente: Autores

Calculada la potencia, ingresamos los datos del vehículo que seleccionamos, para comparar el valor de potencia requerida para el arrastre.

Figura 112. Ingreso de datos del vehículo seleccionado

Fuente: Autores

Se compara la potencia obtenida anteriormente con la potencia corregida por altitud, se observa poca variación, entonces el vehículo seleccionado es correcto.

4.3 Diseño de la carcasa a montarse en el vehículo

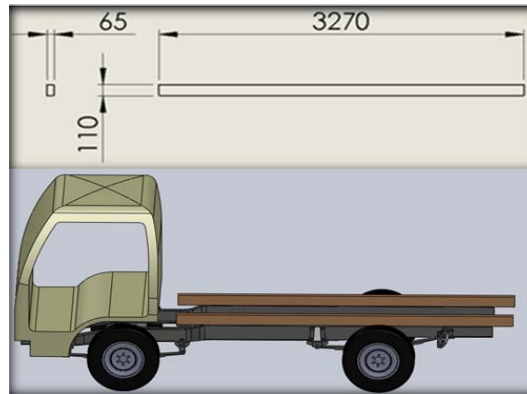
4.3.1 Manual de construcción de la carcasa con apariencia de una locomotora a vapor

Para el proceso de construcción se va a seguir los siguientes procedimientos, especificando en cada ítem los diferentes tipos de materiales que se van a utilizar, para dicha construcción de la carcasa que va a montarse en un camión NHR de la marca Isuzu Chevrolet.

4.3.1.1 Sobre chasis (eucalipto-madera)

Se empernará al chasis del camión y servirá de soporte para toda la estructura, con las siguientes dimensiones:

Figura 113. Sobre chasis

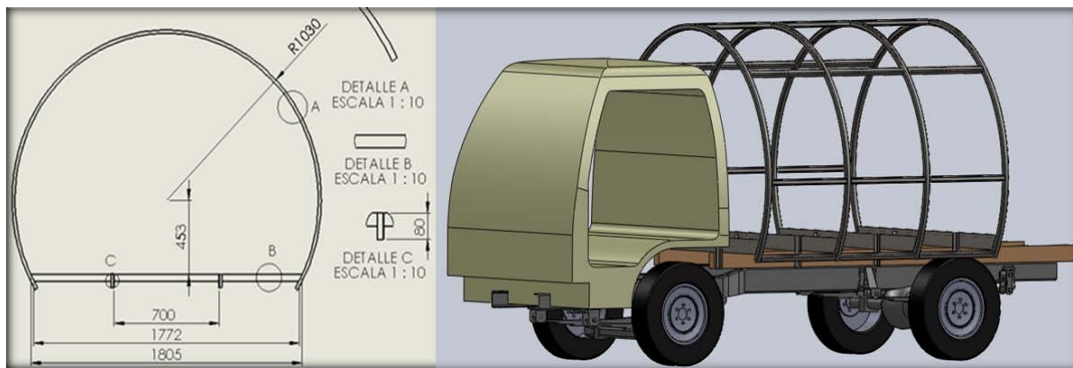


Fuente:Autores

4.3.1.2 Estructura de la locomotora

Para lograr la carcasa con la apariencia de una locomotora a vapor, se doblará diferentes tipos de perfiles estructurales previamente seleccionados; también se realizó la selección del proceso de soldadura adecuado para la estructura cumpliendo con las Normas AWS. Por lo tanto se necesita que tenga las siguientes dimensiones:

Figura 114. Estructura de la carcasa con apariencia de locomotora a vapor



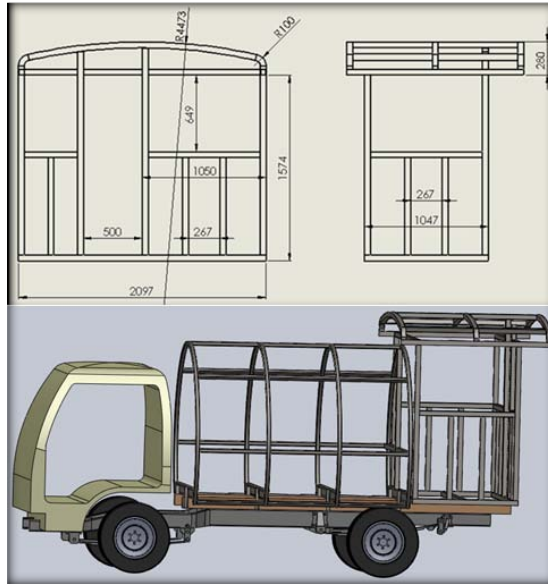
Fuente: Autores

En el detalle A se indica el perfil estructural cuadrado de (20 x 2), en el detalle B se indica el canal C de (40 x 25 x 2) y en el detalle C se indica el ángulo de (20 x 2).

4.3.1.3 Cabina de la locomotora

Para la cabina se doblará y soldará perfil cuadrado de 40x4, con las siguientes dimensiones:

Figura 115. Cabina de la locomotora

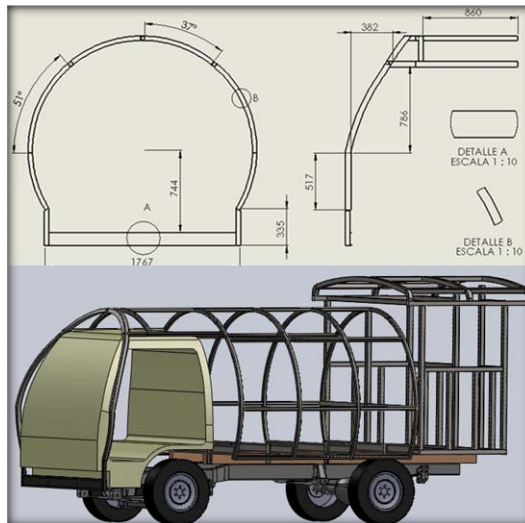


Fuente:Autores

4.3.1.4 Recubrimiento de la cabina

Para el recubrimiento se doblará y soldará perfil cuadrado de 20x2, con las siguientes dimensiones:

Figura 116. Larguero inferior



Fuente:Autores

4.3.1.5 Tool o cubierta de la carcasa

La plancha de tool se soldará y remachará a la estructura:

Figura 117.Tool o cubierta de la carcasa



Fuente: Autores

4.3.1.6 Puertas

Las puertas servirán para la entrada y salida de los ocupantes de la cabina.

Figura 118. Puertas



Fuente:Autores

4.3.1.7 Asientos

En la cabina de la carcasa se colocará asientos, para dos personas. Estos son similares a los del vagón, respetando la NTE INEN 1323. El modelo de asiento seleccionado es Js-008.

Figura 119.Asientos



Fuente:Autores

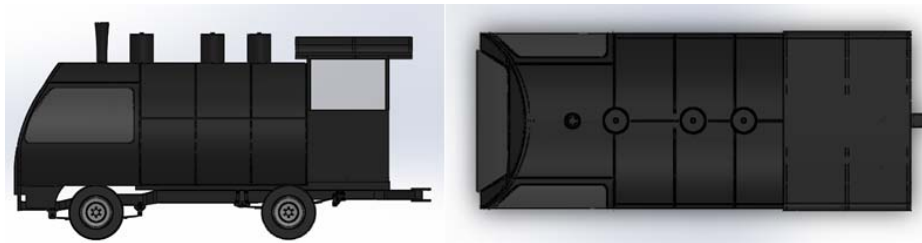
4.3.1.8 Accesorios

Los accesorios que se instalarán en la carcasa son: campana, recubrimiento con apariencia de caldera, neblinero, parlantes.

Se utilizará un generador de corriente que fue seleccionado tomando en cuenta las características como; el consumo de combustible (4 gl.), dimensiones [(44.5x44.5x59) mm], potencia generada (6.5HP) y el tiempo de operación (3 hrs). Concluyendo que el modelo seleccionado cumple con los requerimientos establecidos. Ver Anexo F.

La cámara de humo que se instalará sobre el techo del vehículo de arrastre se seleccionó tomando en cuenta; alimentación (220-240V), las dimensiones [(500x225x110) mm] y la proyección de humo (10 m aprox.) que puede realizar. Concluyendo que el modelo seleccionado cumple con los requerimientos establecidos. Ver Anexo F.

Figura 120.Accesorios

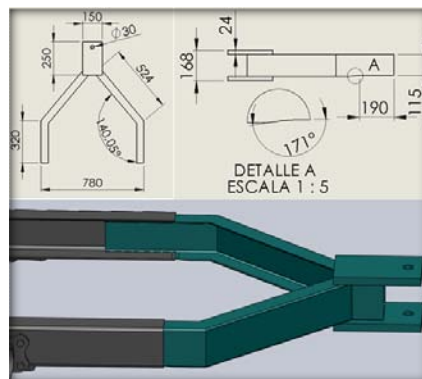


Fuente: Autores

4.3.1.9 Barra de tiro

La barra de tiro se construirá de canal C de 120x50x5, se soldará en la parte posterior del chasis del vehículo de arrastre, con las siguientes dimensiones:

Figura 121.Barra de tiro



Fuente: Autores

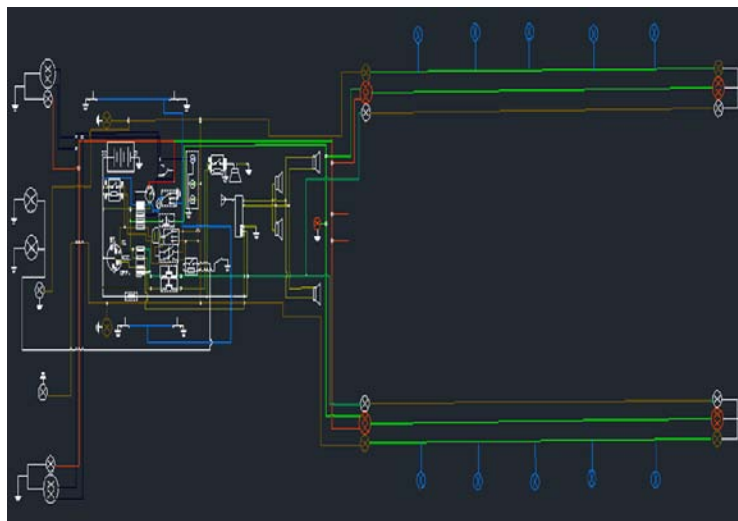
En el detalle A se indica el ángulo del corte necesario para que la barra de tiro se acople al chasis.

4.4 Sistema eléctrico

4.4.1 Circuito de luces de frenos y estacionamiento

Para la instalación de las luces de freno y estacionamiento, se utilizará un generador de corriente AC, permitiendo que realice tours nocturnos.

Figura 122. Sistema de alumbrado para el vagón

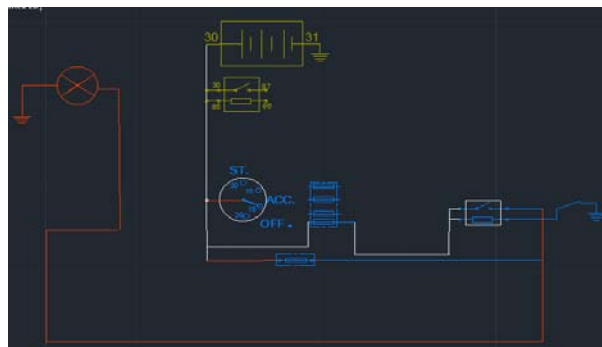


Fuente: Autores

4.4.2 Circuito de neblinero

Se realizará una conexión para el neblinero (reflector), que estará acoplado a la carcasa del vehículo de arrastre. Ubicado en la parte delantera superior de la carcasa.

Figura 123. Circuito del neblinero

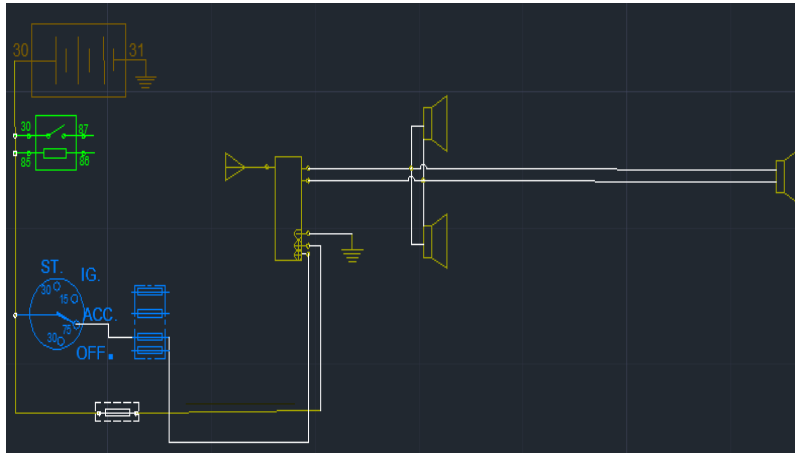


Fuente: Autores

4.4.3 Circuito de audio

Se realizará una conexión paralela al sistema de audio en el vehículo de arrastre, permitiendo que un guía indique los atractivos turísticos que se observa al contorno de la laguna.

Figura 124. Circuito de audio



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. COSTOS

Un factor importante en la elaboración del proyecto constituye el análisis de costos, para determinar si la construcción del proyecto es factible. Además del tiempo que tomará la recuperación, de la inversión.

5.1 Costos directos

Son los costos que se han considerado como materiales, maquinaria, mano de obra, herramientas, transportes. Para el análisis de los costos de construcción se utilizó el software APU (Análisis de costos unitarios).

COSTOS DIRECTOS DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	PRECIO UNIT	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
ALAMBRE ELECTRICO	M	0.60	4.00	2.40
ANGULO 60X6	6M	48.30	6.00	289.80
ANGULO DE 40X3	6M	13.58	1.05	14.26
BANDA DE ACERO FUNDIDO	U	8.82	4.00	35.28
CABLE ELECTRICO	M	13.00	2.00	26.00
CAMARA DE HUMO	U	80.00	1.00	80.00
CAMION NLR MARCA CHEVROLET	U	29,000.00	1.00	29,000.00
CAMPANA	U	50.00	1.00	50.00
CANAL C 120X65X5	6M	58.93	1.00	58.93
CANAL C 40X25X2	6M	10.52	2.00	21.04
CHAPA	U	5.00	8.00	40.00
CHASIS FORD 350	U	600.00	2.00	1,200.00
CLAVOS DE 2in	LB	1.50	30.00	45.00
DUELA DEL PISO	U	2.80	28.00	78.40
DUELAS EXTERIORES	U	1.10	176.00	193.60
DUELAS INTERNAS DEL Y POS	U	1.10	40.00	44.00
DUELAS LATERALES INTERNAS	U	2.40	44.00	105.60
EJE PIN	U	5.00	2.00	10.00
ELECTRODO E6011 DE 1/8in	Kg	3.00	20.00	60.00
ESQUINEROS	U	3.50	8.00	28.00
FOCO	U	0.55	41.00	22.55
GENERADOR DE C/A	U	120.00	1.00	120.00
LACA DE PISO	GL	45.00	2.00	90.00
LARGUERO EXTERIOR DE VENTANAS	U	2.40	7.00	16.80
LARGUERO INFERIOR	U	5.00	4.00	20.00
LARGUERO INTERIOR DE VENTANAS	U	2.40	7.00	16.80
LARGUERO SUPERIOR	U	8.00	4.00	32.00
LETRERO	U	3.30	4.00	13.20
LUNA	U	12.00	33.00	396.00
NEBLINERO	U	16.00	1.00	16.00
NEUMATICOS R15 CON AROS	U	100.00	8.00	800.00
PARANTES DELANT. Y POSTERIOR	U	3.00	8.00	24.00
PARANTES LATERALES	U	3.00	20.00	60.00
PARLANTE	U	30.00	5.00	150.00
PERNOS	U	0.65	272.00	176.80
PIEZA DE ACERO FUNDIDO	U	2.50	20.00	50.00
PINTURA	GL	25.00	0.50	12.50
PLATOS DE GIRO	U	13.00	4.00	52.00
PUERTA	U	60.00	4.00	240.00
REMACHES	U	0.05	36.00	1.80
RIELES DE VENTANAS	U	1.00	12.00	12.00
RIELES INTERNAS DE LAS VENTANA	U	1.00	6.00	6.00
SELLADOR	GL	18.00	2.00	36.00
SIKAFLEX	GL	9.45	0.50	4.73
SOBREPUERTA	U	4.50	8.00	36.00
SOPORTE DE LOS ASIENTOS	U	10.00	6.00	60.00
TINER	GL	7.00	3.50	24.50
TINTE PARA MADERA	GL	26.50	1.00	26.50
TOOL DE 1.1 (1220X2440)	MM^2	34.37	10.00	343.70
TRAVESANO SUPERIOR DEL. Y POS.	U	3.50	4.00	14.00

TRAVESANOS	U	4.00	10.00	40.00
TRAVESANOS LATERALES	U	8.00	6.00	48.00
TUBO CAUADRADO DE 50X3	6M	34.37	10.00	343.70
TUBO CUADRADO DE 20X2	6M	9.86	5.00	49.30
TUBO CUADRADO DE 40X2	6M	20.21	6.00	121.26
TUBO DE PRESION DE 3.5in	6m	120.00	2.00	240.00
VENTANAS LATERALES INFERIORES	U	13.00	16.00	208.00
VENTANAS LATERALES SUPERIORES	U	7.00	16.00	112.00
VIDRIO TEMPLADO ESPESOR 4MM	M^2	27.30	13.20	360.36
TOTAL =				35,778.80₺

COSTOS DIRECTOS DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	COSTO x HORA	HORAS-EQUIPO	TOTAL
CEPILLADORA DE MADERA	2.66	80.00	212.80
COMPRESOR 2HP	2.71	22.00	59.62
CORTADORA DE MADERA	2.71	80.00	216.80
DOBLADORA DE PERFILES	2.71	7.00	18.97
ENTENALLA	2.66	18.00	47.88
JUEGO DE COPAS Y LLAVES	2.66	1.00	2.66
LIJADORA	2.66	12.00	31.92
MARTILLO	2.66	13.00	34.58
MOLADORA	2.66	10.00	26.60
PISTOLA DE PINTAR	2.66	22.00	58.52
PUNZON	2.66	3.00	7.98
SOLDADORA ELECTRICA 250 AMP	2.71	43.00	116.53
TALADRO	2.66	5.00	13.30
TALADRO DE PEDESPAL	2.66	1.00	2.66
TOTAL =			850.82₺

COSTOS DIRECTOS DE MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CAT.	SAL. REALxHORA	HOR-HOMBRE	TOTAL
MAESTRO SOLDADOR ESPECIALIZADO	C1	2.58	81.00	208.98
FIERRERO	D2	2.58	12.00	30.96
CARPINTERO	D2	2.58	120.00	309.60
PINTOR	D2	2.58	80.00	206.40
AYUDANTE DE CARPINTERO	E2	2.56	60.00	153.60
AYUDANTE SOLDADOR	E2	2.56	41.00	104.96
TOTAL =				1,014.50₺

COSTOS DIRECTOS DE TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNID.	PRECIO TRANSP	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
ALAMBRE ELECTRICO	M	0.30	4.00	1.20
ANGULO 60X6	6M	0.12	6.00	0.72
ANGULO DE 40X3	6M	0.11	1.05	0.12
BANDA DE ACERO FUNDIDO	U	0.07	4.00	0.28
CABLE ELECTRICO	M	0.08	2.00	0.16
CAMARA DE HUMO	U	0.50	1.00	0.50
CAMION NLR MARCA CHEVROLET	U	0.00	1.00	0.00
CAMPANA	U	0.80	1.00	0.80
CANAL C 120X65X5	6M	0.10	1.00	0.10
CANAL C 40X25X2	6M	0.10	2.00	0.20
CHAPA	U	1.14	8.00	9.12
CHASIS FORD 350	U	120.00	2.00	240.00
CLAVOS DE 2in	LB	0.04	30.00	1.20
DUELA DEL PISO	U	0.06	28.00	1.68
DUELAS EXTERIORES	U	0.06	176.00	10.56
DUELAS INTERNAS DEL Y POS	U	0.06	40.00	2.40
DUELAS LATERALES INTERNAS	U	0.06	44.00	2.64
EJE PIN	U	0.05	2.00	0.10
ELECTRODO E6011 DE 1/8in	Kg	0.15	20.00	3.00
ESQUINEROS	U	0.07	8.00	0.56
FOCO	U	0.10	41.00	4.10
GENERADOR DE C/A	U	1.00	1.00	1.00
LACA DE PISO	GL	0.15	2.00	0.30
LARGUERO EXTERIOR DE VENTANAS	U	0.07	7.00	0.49
LARGUERO INFERIOR	U	0.07	4.00	0.28
LARGUERO INTERIOR DE VENTANAS	U	0.07	7.00	0.49
LARGUERO SUPERIOR	U	0.07	4.00	0.28
LETRERO	U	0.08	4.00	0.32
LUNA	U	0.05	33.00	1.65
NEBLINERO	U	0.10	1.00	0.10
NEUMATICOS R15 CON AROS	U	1.00	8.00	8.00
PARANTES DELANT. Y POSTERIOR	U	0.07	8.00	0.56
PARANTES LATERALES	U	0.07	20.00	1.40
PARLANTE	U	0.07	5.00	0.35
PERNOS	U	0.05	272.00	13.60
PIEZA DE ACERO FUNDIDO	U	0.04	20.00	0.80
PINTURA	GL	0.10	0.50	0.05
PLATOS DE GIRO	U	0.06	4.00	0.24
PUERTA	U	0.10	4.00	0.40
REMACHES	U	0.05	36.00	1.80
RIELES DE VENTANAS	U	0.06	12.00	0.72
RIELES INTERNAS DE LAS VENTANA	U	0.10	6.00	0.60
SELLADOR	GL	0.10	2.00	0.20
SIKAFLEX	GL	0.15	0.50	0.08
SOBREPUERTA	U	0.07	8.00	0.56
SOPORTE DE LOS ASIENTOS	U	0.10	6.00	0.60
TINER	GL	0.10	3.50	0.35
TINTE PARA MADERA	GL	0.10	1.00	0.10
TOOL DE 1.1 (1220X2440)	MM^2	0.15	10.00	1.50
TRAVESANO SUPERIOR DEL. Y POS.	U	0.07	4.00	0.28
TRAVESANOS	U	0.08	10.00	0.80
TRAVESANOS LATERALES	U	0.07	6.00	0.42
TUBO CAUDRADO DE 50X3	6M	0.10	10.00	1.00
TUBO CUADRADO DE 20X2	6M	0.10	5.00	0.50
TUBO CUADRADO DE 40X2	6M	0.10	6.00	0.60
TUBO DE PRESION DE 3.5in	6m	0.25	2.00	0.50
VENTANAS LATERALES INFERIORES	U	0.08	16.00	1.28
VENTANAS LATERALES SUPERIORES	U	0.10	16.00	1.60
VIDRIO TEMPLADO ESPESOR 4MM	MM^2	1.14	13.20	15.05
TOTAL =				338.28\$

5.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son todos aquellos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen y forman parte de los costos de producción: mano de obra

indirecta y materiales indirectos, servicios básicos, arrendamiento de la infraestructura, depreciación del edificio y de equipo de fábrica. El proyecto se realizó con el 15% del presupuesto total, como gastos indirectos.

5.3 Costo total

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOT
01	01	CHASIS DE VAGON	U	2.00	1569.84	3,139.68
02	02	MINICHASIS	U	2.00	132.38	264.76
03	03	VAGON	U	2.00	1422.59	2,845.18
04	04	VAGONN	U	2.00	1416.91	2,833.82
05	05	CARCASA DE LOCOMOTORA	U	1.00	34596.31	34,596.31
TOTAL =						43,679.75

5.4 Determinación del VAN Y TIR

Para determinar el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto, realizamos el cálculo del VAN y TIR.

Determinamos los ingresos del proyecto, se realizó una encuesta en la Laguna de Colta, obteniendo como resultado un 86% de aceptación. Ver Anexo J.

Tabla 23. Ingresos

	1	2	3	4	5
N° turistas (año)	30000	32250	34669	37269	40064
Demanda Potencial (Acep. 86%)	25800	27735	29815	32051	34455
Precio por viaje	\$ 0,75	\$ 0,75	\$ 0,75	\$ 0,75	\$ 0,75
Ingresos	\$ 19.350,00	\$ 20.801,25	\$ 22.361,25	\$ 24.038,25	\$ 25.841,25
Demanda mensual	2150	2311	2485	2671	2871
Demanda semanal	538	578	621	668	718
Demanda diaria	108	116	124	134	144
Demanda promedio por viaje	22	23	25	27	29

Fuente: Autores

Se realizó el cálculo para un tiempo de 5 años.

Figura 125.Egresos

COSTOS DE MANTENIMIENTO															
DESCRIPCION	AÑO 1			AÑO 2			AÑO 3			AÑO 4			AÑO 5		
	Cantidad anual	Valor unitari	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total
Mantenimiento Vagones	1	100,00	100,00	1	100,00	100,00	1	100,00	100,00	1	100,00	100,00	1	100,00	100,00
Mantenimiento Carcasa	1	89,50	89,50	1	89,50	89,50	1	89,50	89,50	1	89,50	89,50	1	89,50	89,50
Mantenimiento Vehículo 5000 Km	2	55,00	110,00	2	55,00	110,00	2	55,00	110,00	2	55,00	110,00	2	55,00	110,00
Mantenimiento Vehículo 10000 Km	1	40,00	40,00	1	40,00	40,00	1	40,00	40,00	1	40,00	40,00	1	40,00	40,00
Neumáticos			0,00	1	1.200,00	1.200,00			0,00	1	1.200,00	1.200,00	0,5	1.200,00	600,00
TOTAL			339,50			1.539,50			339,50			1.539,50			939,50
Nota: el recorrido diario es de 6 Km. Se prevé 5 recorridos al día. Se trabajará 5 días a la semana.															
COSTO DE COMBUSTIBLES															
DESCRIPCION	AÑO 1			AÑO 2			AÑO 3			AÑO 4			AÑO 5		
	Cantidad anual	Valor unitari	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total
Diesel (número de tanqueadas)	27	35,00	945,00	27	35,00	945,00	27	35,00	945,00	27	35,00	945,00	27	35,00	945,00
Gasolina (número de tanqueadas)	12	10,00	120,00	12	10,00	120,00	12	10,00	120,00	12	10,00	120,00	12	10,00	120,00
TOTAL			1.065,00			1.065,00			1.065,00			1.065,00			1.065,00
SUMINISTROS Y MATERIALES															
DESCRIPCION	AÑO 1			AÑO 2			AÑO 3			AÑO 4			AÑO 5		
	Cantidad anual	Valor unitari	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total	Cantidad anual	Valor unitario	Total
Tickets (talonarios de 1000	26	20,00	520,00	28	20,00	560,00	30	20,00	600,00	32	20,00	640,00	34	20,00	680,00
TOTAL			520,00			560,00			600,00			640,00			680,00

Fuente: Autores

Una vez que se detalló los ingresos, se realizó el flujo de caja financiero del proyecto.

Tabla 24. Flujo de caja

RUBROS	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
INGRESOS						
Venta del servicio		19.350,00	20.801,25	22.361,25	24.038,25	25.841,25
TOTAL INGRESOS		19.350,00	20.801,25	22.361,25	24.038,25	25.841,25
EGRESOS o COSTOS						
Inversión	43.679,75					
Costos de O/M		1.924,50	3.164,50	2.004,50	3.244,50	2.684,50
TOTAL EGRESOS	43.679,75	1.924,50	3.164,50	2.004,50	3.244,50	2.684,50
F.N.C (I - C)	-43.679,75	17.425,50	17.636,75	20.356,75	20.793,75	23.156,75

Fuente: Autores

Para determinar el VAN se utilizó la tasa de descuento que es del 12%, tal como indica la CEMPLADES para presentar un proyecto.

$$VAN = \frac{-I_0 + \sum VF}{(1+i)^n}$$

Tabla 25. Cálculo del VAN

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
VF/(1+i) ⁿ	-43.679,75	15.558,48	14.059,91	14.489,53	13.214,80	13.139,76
VAN =	26.782,74	dólares				

Fuente: Autores

Se obtiene un valor del VAN de 26782,74 dólares y se determina el tiempo de recuperación de la inversión.

Si sumamos los valores de ingresos a partir del año 1, tenemos que la inversión se recupera en 3 años aproximadamente.

$$R = (15558,48 + 14059,91 + 14489,53) - 43679,75$$

$$R = 44107,92 - 43679,75$$

$$R = \$428,17$$

Desde el cuarto año se comenzará a tener ganancias, teniendo:

$$G = 428,17 + 13214,80 + 13139,76$$

$$G = \$26782,73$$

Una vez que se determinó el VAN, se calculó la TIR, teniendo:

$$TIR_f = 33,40\%$$

Tabla 26. Indicadores financieros del proyecto

DESCRIPCIÓN	VALOR
Valor Actual Neto	26.782,74
Tasa Interna de Retorno	33,30%
Coficiente Beneficio-Costo	1,51
Período de Recuperación de la Inversión	3 años

Fuente: Autores

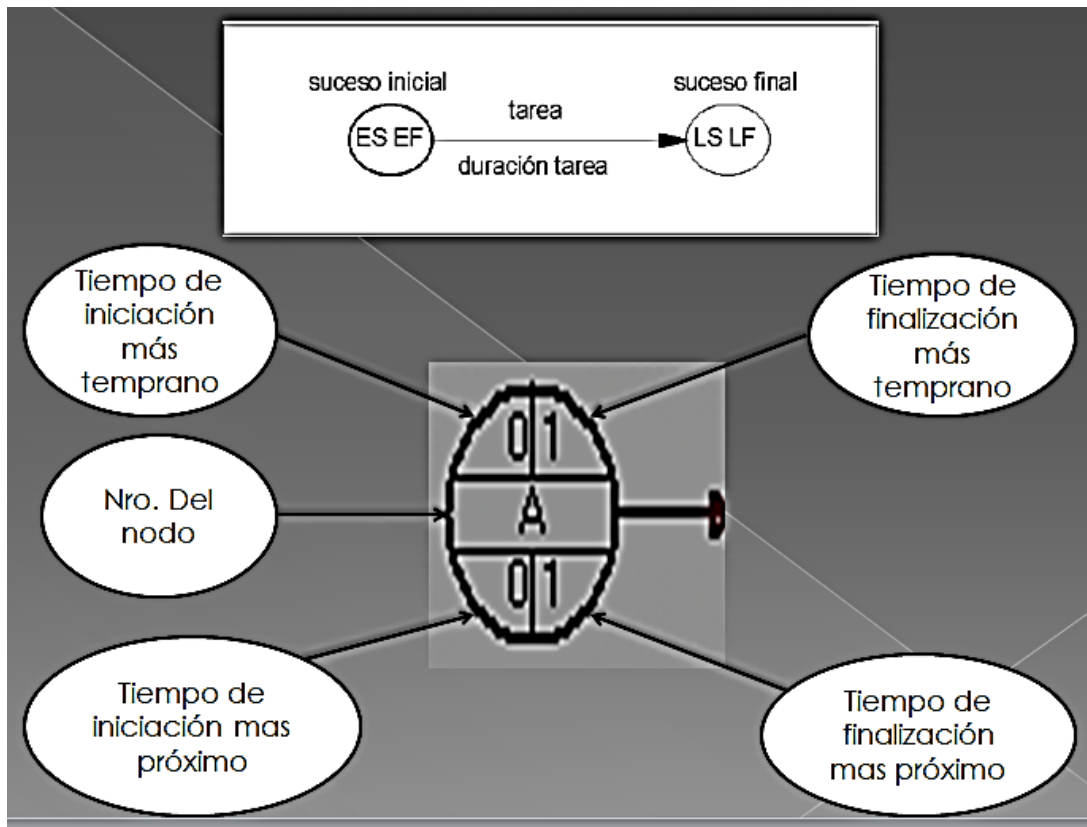
5.5 Planificación del proyecto

Para el proceso de construcción recurrimos al software CMP Pert, el cual permitirá determinar y controlar el diagrama Pert/CMP del proyecto.

PERT/CPM.-Este software resuelve los problemas de planeación de proyectos permitiendo calcular la ruta crítica y la técnica de evaluación y revisión. Así mismo realiza análisis de choque, análisis de costos, análisis de probabilidad y simulación.

Las tareas y los sucesos así como la relación entre ellos, se representan tal y como observamos en la Figura 128, teniendo en cuenta que cada tarea esta compuesta por un suceso final y un suceso inicial.

Figura 126.Esquema de la representación de las tareas y sucesos en un gráfico Pert



Fuente: Revista-Método del camino crítico

Proceso de construcción del vagón:

Los datos a ingresar en el software CPM-PERT, de acuerdo con lo programado son 24 actividades:

Figura 127. Actividades para la construcción del vagón

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		0,33
2	B		5
3	C		0,50
4	D		2
5	E		2
6	F		0,50
7	G		0,04
8	H		0,50
9	I	A	2
10	J	I	0,50
11	K	J	0,08
12	L	C,K	0,50
13	M	H,L	0,08
14	N	B,H,M	1
15	O	C,N	1
16	P	O	0,50
17	Q	C,P	0,21
18	R	H,Q	0,13
19	S	H,R	0,50
20	T	G,H,S	2
21	U	D,T	0,13
22	V	E,U	0,17
23	W	F,V	0,50
24	X	W	0,50

CONSTRUCCION DEL VAGÓN			
Nro.	Actividad	Predecesor	Duración(días)
1	Compra de chasis		0,33
2	Compra y preparación de Madera		5
3	Compra de perfiles y plancha de tool		0,5
4	Pedido de vidrios		2
5	Pedido de asientos		2
6	Compra de accesorios eléctricos		0,5
7	Compra de lacas y tintes		0,04
8	Compra de pemos, arandelas , tuercas y remaches		0,5
9	Rediseño del chasis	1	2
10	Ensamble de la suspensión al chasis	9	0,5
11	Acople de ejes y ruedas	10	0,08
12	Ensamble del mini chasis al chasis	3,9,10,11	0,5
13	Acople de la barra de tiro al mini chasis	8,12	0,08
14	Preparación de la estructura en madera	2,8,13	1
15	Preparación de la estructura del techo	3,14	1
16	Acople del techo al Vagón	8,15	0,5
17	Soldado y remachado de la Plancha de tool	3,8,16	0,21
18	Ensamble del Vagón al chasis	8,17	0,13
19	Acople del pasamanos y gradas al chasis	8,18	0,5
20	Pintado y acabado del Vagón	7,19	2
21	Instalación de vidrios	4,20	0,13
22	Instalación de asientos	5,21	0,17
23	Instalación de accesorios eléctricos	6,22	0,5
24	Control de calidad al vagón	23	0,5

Fuente: Autores

Para el ingreso de los tiempos se hizo la siguiente relación.

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ día} \longrightarrow 24\text{h} \\
 x \quad \quad \quad \longrightarrow 8\text{h}
 \end{array}$$

$$x = \frac{1 \text{ día} * 8\text{h}}{24\text{h}}$$

x= 0,33 día

Este cálculo se realizó para todos los tiempos.

Observamos los resultados que nos arroja el software:

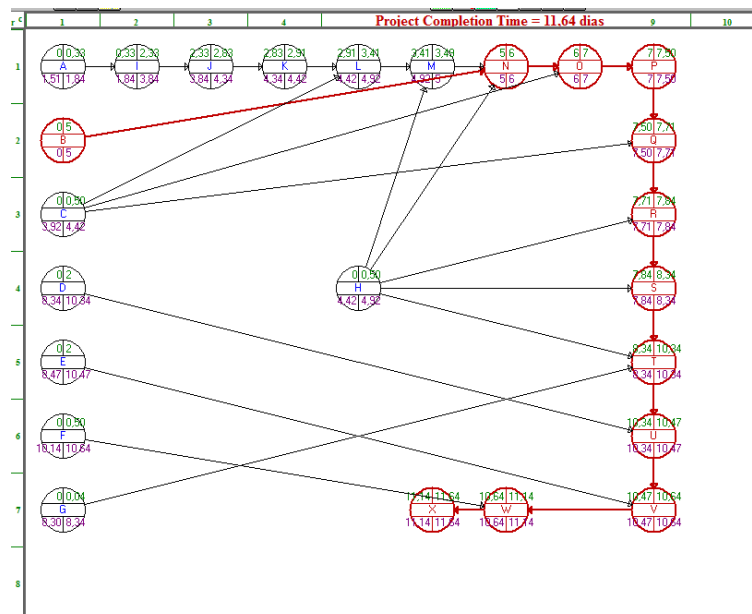
Figura 128.Resultados obtenidos

11-01-2012 20:55:19	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	no	0,33	0	0,33	1,51	1,84	1,51
2	B	Yes	5	0	5	0	5	0
3	C	no	0,5	0	0,5	3,92	4,42	3,92
4	D	no	2	0	2	8,34	10,34	8,34
5	E	no	2	0	2	8,47	10,47	8,47
6	F	no	0,5	0	0,5	10,14	10,64	10,14
7	G	no	0,04	0	0,04	8,3	8,34	8,3
8	H	no	0,5	0	0,5	4,42	4,92	4,42
9	I	no	2	0,33	2,33	1,84	3,84	1,51
10	J	no	0,5	2,33	2,83	3,84	4,34	1,51
11	K	no	0,08	2,83	2,91	4,34	4,42	1,51
12	L	no	0,5	2,91	3,41	4,42	4,92	1,51
13	M	no	0,08	3,41	3,49	4,92	5	1,51
14	N	Yes	1	5	6	5	6	0
15	O	Yes	1	6	7	6	7	0
16	P	Yes	0,5	7	7,5	7	7,5	0
17	Q	Yes	0,21	7,5	7,71	7,5	7,71	0
18	R	Yes	0,13	7,71	7,84	7,71	7,84	0
19	S	Yes	0,5	7,84	8,34	7,84	8,34	0
20	T	Yes	2	8,34	10,34	8,34	10,34	0
21	U	Yes	0,13	10,34	10,47	10,34	10,47	0
22	V	Yes	0,17	10,47	10,64	10,47	10,64	0
23	W	Yes	0,5	10,64	11,14	10,64	11,14	0
24	X	Yes	0,5	11,14	11,64	11,14	11,64	0
	Project Completion Time	=	11,64	dias				
	Number of Critical Path(s)	=	1					

Fuente:Autores

La construcción de la carcasa tendrá duración de 11,64días, y se tiene 1 ruta crítica, para ello analizamos el diagrama de PERT.

Figura 129.Resultados obtenidos en el diagrama de Pert



Fuente:Autores

Se puede saber el porcentaje de avance en 10 días, lo que será útil para llevar un control del avance del proyecto.

Figura 130. Porcentaje de avance del proyecto

11-01-2012 20:57:58	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Latest Start	Latest Finish	Planned % Completion
1	A	no	0,33	1,51	1,84	100
2	B	Yes	5	0	5	100
3	C	no	0,5	3,92	4,42	100
4	D	no	2	8,34	10,34	83
5	E	no	2	8,47	10,47	76,5000
6	F	no	0,5	10,14	10,64	0
7	G	no	0,04	8,3	8,34	100
8	H	no	0,5	4,42	4,92	100
9	I	no	2	1,84	3,84	100
10	J	no	0,5	3,84	4,34	100
11	K	no	0,08	4,34	4,42	100
12	L	no	0,5	4,42	4,92	100
13	M	no	0,08	4,92	5	100
14	N	Yes	1	5	6	100
15	O	Yes	1	6	7	100
16	P	Yes	0,5	7	7,5	100
17	Q	Yes	0,21	7,5	7,71	100
18	R	Yes	0,13	7,71	7,84	100
19	S	Yes	0,5	7,84	8,34	100
20	T	Yes	2	8,34	10,34	83
21	U	Yes	0,13	10,34	10,47	0
22	V	Yes	0,17	10,47	10,64	0
23	W	Yes	0,5	10,64	11,14	0
24	X	Yes	0,5	11,14	11,64	0
	Overall	Project:		0	11,64	85,9107

Fuente: Autores

Teniendo como resultado que el avance en la construcción de la carcasa debe estar en un 86% del total.

Proceso de construcción de la Carcasa:

Los datos a ingresar en el software PERT CPM, de acuerdo con lo programado son 17 actividades.

Figura 131.Proceso de construcción de la carcasa

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		1
2	B		0.5
3	C		2
4	D		2
5	E		0.5
6	F		0.5
7	G		0.08
8	H	A	1
9	I	E,H	0.5
10	J	B,I	0.13
11	K	B,J	0.13
12	L	E,K	0.08
13	M	G,L	3
14	N	C,M	0.13
15	O	D,N	0.21
16	P	F,O	0.5
17	Q	P	0.08

CONSTRUCCION DE LA CARCASA			
Nro.	Actividad	Predecesor	Duración(días)
1	Compra del vehiculo de arrastre		1
2	Compra de perfiles y plancha de tool		0.5
3	Pedido de vidrios		2
4	Pedido de asientos		2
5	Compra de pernos, arandelas, tuercas, remaches y pasador		0.5
6	Compra de accesorios varios y eléctricos		0.5
7	Compra de pintura		0.08
8	Preparación del vehiculo de arrastre	1	1
9	Acople y sujeción de la estructura en el vehiculo	5,8	0.5
10	Acople de la plancha de tool	2,9	0.13
11	Soldadura en la plancha de tool	2,10	0.13
12	Acople de la barra de tiro al vehiculo	5,11	0.08
13	Pintado y acabado de la carcasa	7,12	3
14	Instalación de vidrios	3,13	0.13
15	Instalación de asientos	4,14	0.21
16	Instalación de accesorios varios y eléctricos	6,15	0.5
17	Control de calidad a la carcasa	16	0.08

Fuente: Autores

Observamos los resultados que nos arroja el software:

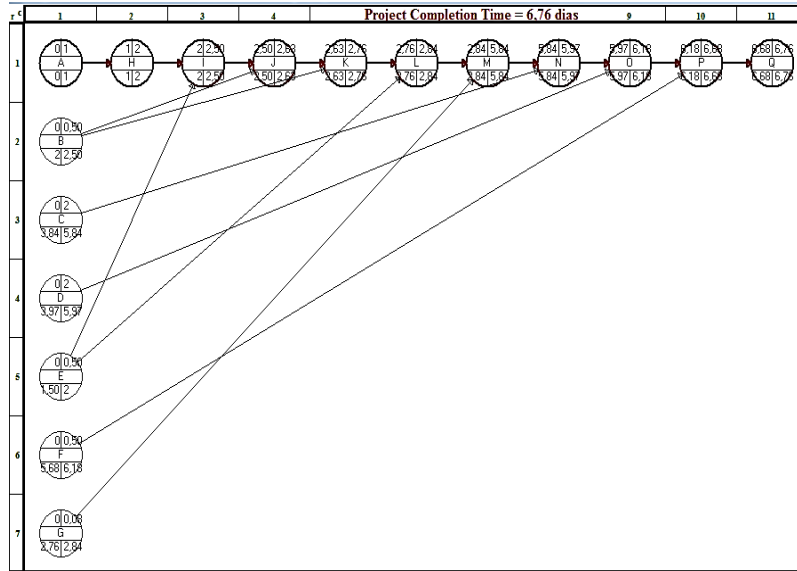
Figura 132.Resultados obtenidos

11-01-2012 20:35:42	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	
	1	A	Yes	1	0	1	0	1	0
	2	B	no	0,5	0	0,5	2	2,5	2
	3	C	no	2	0	2	3,84	5,84	3,84
	4	D	no	2	0	2	3,97	5,97	3,97
	5	E	no	0,5	0	0,5	1,5	2	1,5
	6	F	no	0,5	0	0,5	5,68	6,18	5,68
	7	G	no	0,08	0	0,08	2,76	2,84	2,76
	8	H	Yes	1	1	2	1	2	0
	9	I	Yes	0,5	2	2,5	2	2,5	0
	10	J	Yes	0,13	2,5	2,63	2,5	2,63	0
	11	K	Yes	0,13	2,63	2,76	2,63	2,76	0
	12	L	Yes	0,08	2,76	2,84	2,76	2,84	0
	13	M	Yes	3	2,84	5,84	2,84	5,84	0
	14	N	Yes	0,13	5,84	5,97	5,84	5,97	0
	15	O	Yes	0,21	5,97	6,18	5,97	6,18	0
	16	P	Yes	0,5	6,18	6,68	6,18	6,68	0
	17	Q	Yes	0,08	6,68	6,76	6,68	6,76	0
	Project	Completion	Time	=	6,76	dias			
	Number of	Critical	Path(s)	=	1				

Fuente: Autores

Como se observa la construcción del vagón tendrá una duración de 6,76 días, y se tiene 1 ruta crítica, analizamos el diagrama de PERT.

Figura 133.Resultados obtenidos en el diagrama Pert



Fuente:Autores

Se desea saber cual es el porcentaje de avance en 5 días.

Figura 134.Porcentaje de avance del proyecto

11-01-2012 20:37:04	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Latest Start	Latest Finish	Planned % Completion
1	A	Yes	1	0	1	100
2	B	no	0,5	2	2,5	100
3	C	no	2	3,84	5,84	58
4	D	no	2	3,97	5,97	51,5000
5	E	no	0,5	1,5	2	100
6	F	no	0,5	5,68	6,18	0
7	G	no	0,08	2,76	2,84	100
8	H	Yes	1	1	2	100
9	I	Yes	0,5	2	2,5	100
10	J	Yes	0,13	2,5	2,63	100
11	K	Yes	0,13	2,63	2,76	100
12	L	Yes	0,08	2,76	2,84	100
13	M	Yes	3	2,84	5,84	72
14	N	Yes	0,13	5,84	5,97	0
15	O	Yes	0,21	5,97	6,18	0
16	P	Yes	0,5	6,18	6,68	0
17	Q	Yes	0,08	6,68	6,76	0
	Overall Project:			0	6,76	73,9645

Fuente:Autores

Se tiene como resultado que el avance esta en un 74%.

Entonces el tiempo de construcción del proyecto duraría 18.4 días.

Nota: La construcción del proyecto no tendría inconveniente, si se comienza por la carcasa o los vagones. Pero sería factible que se comience ambos a la vez.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La implementación de este tren de dos vagones fomentará el turismo en la laguna de Colta que es un paraíso natural.

Los resultados obtenidos en la estructura del vagón son satisfactorios, los mismos que fueron comprobados en el software de análisis estructural SAP2000.

La carcasa y los vagones cumplen con la apariencia de la locomotora a vapor los cuales fueron diseñados en el software de elementos finitos.

Se calculó la potencia requerida por el vehículo que es de 54,1HP, utilizada para el arrastre de los vagones.

Se realizó el estudio económico en el software APU, determinando el presupuesto de \$43679,75 requerido para ejecutar este proyecto; la recuperación del proyecto será en 3 años.

Se realizó la planificación del proyecto mediante el software PERT CMP.

6.2 Recomendaciones

Respetar las especificaciones descritas en los planos, con el fin de garantizar la construcción óptima de los vagones para su buen desempeño.

Respetar las características específicas del diseño en cada uno de sus procesos de construcción, garantizando así el proyecto.

Se recomienda que en el pensum de estudio de la carrera de Ingeniería Automotriz se imparta normas de calidad referente al diseño de carrocerías de vehículos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.quito.gov.ec>
- [2] http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Gyermek_vasut
- [3] http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Locomotora_Prairie&action=edit&redlink=1
- [4] Manual de Mecánica de Coches-Pág.89
- [5] CEPEDA. E, Ney. Sistematización del mantenimiento del equipo caminero del H. Consejo Provincial de Napo. Ecuador: ESPOCH. (Tesis). Pág.18-19
- [6] Tesis-Software de control y registro de asistencia técnica automotriz para vehículos y maquinaria pesada. Ecuador: ESPOCH. (Tesis), 2009. Pág. 57-58
- [7] ROJAS. M, Leonardo. Inepac Capacitación Mecánica Automotriz. Pág.102.
- [8] Manual de Mecánica de Coches-Pág. 119
- [9] Maquinaria Agrícola. Ing. Francisco Javier Ortiz Arévalo.
- [10] MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico. Pág. 572
- [11] www.bricomarkt.com/madera/tratamiento-exterior/tratamientos-extteriores
- [12] Manual de información. Técnica de neumáticos. Dirección de transporte CONAE. México D.F.
- [13] Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN
- [14] MARTI PARERA Albert: Limitaciones del conductor y del vehículo; Boixareu Editores: Primera Edición; 1992.
- [15] PEÑA FRANCISCO J. Alfonso: Importancia de la aerodinámica en el diseño de carrocerías; Marzo; 2007. Albert: Limitaciones del conductor y del vehículo; Boixareu Editores: Primera Edición; 1992.

- [16] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323. Vehículos Automotores. Carrocerías de Buses. Requisitos.
- [17] <http://controlsoldaduramargot.blogspot.com/2007/10/establecimiento-de-los-procedimientos.html>
- [18] EFA MORATALAZ. 1° Electromecánica de vehículos. Circuitos de fluidos, suspensión y dirección
- [19] <http://www.econvidrio.net/usosglass/48-vidrio-automotriz.html>
- [20] www.gassattack.com
- [21] Análisis de fuerzas del tren motriz en vehículos pesados. Ecuador: ESPOCH. (Tesis), 2009. Pág. 54-59
- [22] Ingeniería de vehículos. Sistemas y Cálculos. Casajosa. Manuel.
- [23] www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/2626/1/images/seleccion_vehicular.pdf

BIBLIOGRAFÍA

BEER F, Y JHONSTON, Jr. Mecánica de Materiales. McGraw Hill 2004.

BOHMAN, Iván. Catálogo de Aceros, Herramientas de Corte y Soldadura, Aceros de Transmisión SAE 1018. (Catálogo).

CASCAJOSA, M. Ingeniería de Vehículos. Sistemas y Cálculos. 2da.ed. México: Alfaomega. S.A. 2005.

CATÁLOGO DE AMORTIGUADORES (MONROE). Quito. 2012.

CATÁLOGO DE NEUMÁTICOS (GENERAL TIRE). Tipos de neumáticos. Quito. 2012

CATÁLOGO VANDERVILT. Hojas de ballestas y bujes. Quito. 2012

FICHA TÉCNICA DE CAMIÓN. Concesionario del Ecuador. Riobamba. 2012.

FICHA TÉCNICA DE TRACTOR. JHON DEERE. Riobamba. 2012.

SHIGLEY Y JOSEPH, E. Diseño en Ingeniería Mecánica. McGraw Hill. Quinta Edición 1990.

SZCZEPANIAK, C. Fundamentos de Diseño del Automóvil. 1era.ed. México: Continental S.A. 1982.

LINKOGRAFÍA

ATRATIVOS TURÍSTICOS EN EL ECUADOR

http://www.visitaecuador.com/index.php?hasta=240&codi_seccion=0&cod_seccion=5&codigo=3R94rLtY

2012-20-04

CATÁLOGO DIPAC 2011 DE PERFILES ESTRUCTURALES

www.es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC

2012-26-05

NEUMÁTICOS

http://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf

www.continentaltires.com

www.gooyerar.com

2012-15-06

SISTEMA DE SUSPENSIÓN

<http://www.mecanicavirtual.com>

2012-26-06

BARRA DE TIRO

<http://wikiutil.com/2-8353-Veh%C3%ADculo-de-remolque-Barra-de-remolque-de-Infomaci%C3%B3n>

2012-15-07

LEY DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE DEL ECUADOR

www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=4039&Itemid=418

2012-20-07

PENDIENTES

[www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG2001/volumen1/cap4/seccion403.htm#tabla403_01.](http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG2001/volumen1/cap4/seccion403.htm#tabla403_01)

2012-01-08

CAPACIDAD DE CARGA

www.google.com.ec/search?hl=es&q=capacidad+de+carga+del+vehiculo&start=10&sa=N

www.google.com.ec/search?hl=es&q=REGLAMENTACI%C3%93N+DE+VEHICULOS+PESADOS&btnG=Buscar+con+Google&meta=&aq=f&oq=

2008-12-08

FUERZAS QUE SE OPONEN AL MOVIMIENTO

www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4405/1/seleccion.pdf

2012-21-08

COEFICIENTE DE ARRASTRE

www.articles-41184_unitecanexoCoeficientedeaarastre

2012-30-08