



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BASTIDOR PARA UN  
MÓDULO DIDÁCTICO DE CHASIS DE AUTO LIVIANO PARA LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

**CASTILLO CÁRDENAS EDISON MARCELO**

**COLCHA GUASHPA FREDDY ORLANDO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2012**

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

---

Marzo, 05 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**FREDDY ORLANDO COLCHA GUASHPA**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BASTIDOR PARA UN MÓDULO  
DIDÁCTICO DE CHASIS DE AUTO LIVIANO PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

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. Carlos Santillán  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** FREDDY ORLANDO COLCHA GUASHPA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BASTIDOR PARA UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CHASIS DE AUTO LIVIANO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

**Fecha de Exanimación:** MARZO 5 DE 2012.

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Marco Santillán (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Carlos Santillán (Director de Tesis)			
ING. Geovany Novillo (Asesor)			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

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

\_\_\_\_\_  
f) Presidente del Tribunal

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

---

Marzo, 05 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**EDISON MARCELO CASTILLO CÁRDENAS**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BASTIDOR PARA UN MÓDULO  
DIDÁCTICO DE CHASIS DE AUTO LIVIANO PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

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. Carlos Santillán  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** EDISON MARCELO CASTILLO CÁRDENAS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BASTIDOR PARA UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CHASIS DE AUTO LIVIANO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

**Fecha de Exanimación:** MARZO 5 DE 2012.

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Marco Santillán (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Carlos Santillán (Director de Tesis)			
ING. Geovany Novillo (Asesor)			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

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

\_\_\_\_\_  
f) Presidente del Tribunal

## DERECHOS DE AUTORÍA

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 del trabajo de investigación le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Edison Marcelo Castillo Cárdenas

---

f) Freddy Orlando Colcha Guashpa

## **AGRADECIMIENTO**

Hago público mi agradecimiento a todas aquellas personas que en este viaje me han apoyado, así mi reconocimiento a mi alma mater la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los señores profesores que nos han guiado en este trabajo de investigación: Ing. Geovanny Novillo e Ing. Carlos Santillán, como también al Ing. Galecio Salinas.

A mis padres, a mi hermana Lorena, a mis tíos y primos en especial a: Yolanda, Antonio, y Clemencia. A mi enamorada María José y su madre la Señorita Eldy Oviedo. Y a mis amigos, de escuela, colegios, teatro, de la Legión, barrio y politécnica.

**Marcelo Castillo Cárdenas**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión. A nuestros profesores que nos han encaminado en la consecución de este trabajo: Ing. Geovanny Novillo e Ing. Carlos Santillán.

A mis padres quienes han apoyado y motivado mi formación académica; su ejemplo de superación y empuje, que me hizo triunfar durante todos estos años de estudio.

**Freddy Colcha Guashpa**

## **DEDICATORIA**

Al poder creador del Cosmos que me dio la oportunidad de desarrollar el intelecto, a la memoria de mis ancestros: los indómitos europeos y los sensibles americanos, al intelectual Joaquín y a la fuerte Vilma quienes me dieron la vida y la libertad de ser. A mi hermanita Lorena.

A mis profesores y amigos: Cecilia Torres, Fabián Bonilla, Eduardo Vásquez, Numa Reinoso, Urs Steiger, Hans Schumann, Dietrich Lutz y a Giuseppe Mori. A mi enamorada María José y a su madre Srta. Eldy Oviedo. A mis entrañables amigos: Marco, Marta, Günther, Laila, Clemens, Diego, Kori, Miguel M, Telmo, Pablo, Leonel, Freddy, Natalie, Miguel O, Diana y Andrea.

**Marcelo Castillo Cárdenas**

A mis padres, ya que con su sacrificio, sus virtudes, valores y apoyo incondicional pude culminar este proyecto. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar.

A mis hermanos, tíos, primos, amigos; por su apoyo durante mi carrera universitaria.

**Freddy Colcha Guashpa**



## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>		<u>PÁGINA</u>
<b>1.</b>	<b>GENERALIDADES</b>	
1.1	Introducción.....	1
1.2	Antecedentes.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	
2.1	El chasis.....	4
2.1.1	El bastidor.....	4
2.1.2	Formas del bastidor.....	5
2.1.3	El motor.....	6
2.1.4	El embrague.....	6
2.1.4.1	Embrague de fricción.....	7
2.1.4.2	Embrague de diafragma.....	7
2.1.5	Caja de velocidades.....	8
2.1.6	Diferencial.....	9
2.1.7	Árbol de transmisión.....	9
2.1.7.1	Junta universal.....	9
2.1.8	Suspensión.....	10
2.1.8.1	Suspensión de eje rígido.....	11
2.1.8.2	Suspensión independiente.....	11
2.1.9	Sistema de dirección.....	11
2.1.10	Sistema de frenos.....	13
2.1.10.1	Frenos de disco.....	14
2.1.10.2	Frenos de tambor.....	14
2.1.11	Ruedas y neumáticos.....	15

2.1.11.1	Ruedas.....	15
2.1.11.2	Neumáticos.....	15
2.2	Cargas aplicadas al bastidor.....	17
2.2.1	Carga muerta.....	17
2.2.2	Carga viva.....	17
2.3	Acero utilizado en la construcción del bastidor.....	17
2.3.1	Ventajas del acero estructural.....	19
2.3.2	Desventajas del acero estructural.....	20
2.3.3	Perfiles estructurales utilizados en la construcción del bastidor.....	21
2.3.4	Perfil estructural en C.....	21
2.3.5	Tubo rectangular y cuadrado.....	22
2.4	Soldabilidad de los perfiles estructurales.....	23
2.5	Juntas mecánicas en el bastidor.....	24
2.5.1	Juntas empernadas.....	24
2.5.1.1	Esfuerzos a tracción y cortante en pernos.....	24
2.5.2	Juntas soldadas.....	25
2.6	Software de elementos finitos.....	25
2.6.1	SAP2000 V10.....	26
2.6.2	ANSYS 12.1.....	26

### **3. DISEÑO DEL BASTIDOR**

3.1	Criterios sobre diseño.....	28
3.1.1	Criterio sobre rigidez.....	28
3.1.2	Criterio sobre peso de la estructura.....	29
3.1.3	Criterio sobre seguridad.....	29
3.2	Análisis de alternativas.....	30
3.2.1	Definición del problema.....	30
3.2.2	Generación de alternativas.....	32
3.2.2.1	Matriz morfológica.....	32
3.2.3	Selección de alternativa.....	33
3.2.3.1	Clasificación de vehículos.....	33
3.2.3.2	Bosquejo y descripción de propuestas.....	34
3.2.4	Evaluación de alternativas.....	37
3.2.5	Selección de la mejor alternativa.....	39
3.3	Diseño del bastidor.....	39
33.1	Flujograma del diseño del bastidor.....	43

3.3.2	Diseño del bastidor en SAP2000 V10.....	44
3.3.2.1	Definición de los estados de carga y sus combinaciones.....	44
3.3.2.2	Determinación de cargas.....	46
3.3.2.3	Definición de los materiales y propiedades de sección.....	48
3.3.2.4	Definición de cargas.....	50
3.3.2.5	Asignación de restricciones.....	51
3.3.2.6	Asignación del material.....	51
3.3.2.7	Asignación de perfiles.....	52
3.3.2.8	Asignación de cargas.....	53
3.3.2.9	Comprobación de la relación de esfuerzos.....	55
3.3.2.10	Análisis del estado de deformación o rigidez.....	57
3.3.2.11	Resultados obtenidos.....	59
3.3.3	Diseño del bastidor en ANSYS 12.1.....	62
3.3.3.1	Workbench de ANSYS 12.1.....	63
3.3.3.2	Definición del sistema de unidades.....	63
3.3.3.3	Definición del tipo de estudio.....	64
3.3.3.4	Definición del material.....	65
3.3.3.5	Importación de la estructura desde SolidWorks.....	65
3.3.3.6	Especificación de restricciones y cargas.....	66
3.3.3.7	Mallado y ejecución del estudio.....	68
3.3.3.8	Resultados obtenidos del estudio.....	69

#### **4. DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS Y EMPERNADAS**

4.1	Juntas soldadas.....	72
4.1.1	Selección del electrodo y condiciones de soldado.....	73
4.1.2	Selección de las uniones soldadas empleadas en la construcción...	74
4.1.3	Análisis de tensión en las juntas soldadas.....	75
4.2	Juntas empernadas.....	78
4.2.1	Selección de pernos.....	78
4.2.2	Análisis de tensión en las juntas empernadas.....	79

#### **5. CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS**

5.1	Construcción del bastidor.....	81
5.1.1	Operaciones tecnológicas.....	81

5.1.2	Conformado.....	81
5.1.3	Medición y marcado.....	82
5.1.4	Corte.....	83
5.1.5	Doblado.....	83
5.1.6	Nivelado y encuadrado.....	84
5.1.7	Soldado.....	84
5.1.8	Esmerilado y pulido.....	86
5.1.9	Flujograma de construcción.....	87
5.1.10	Tiempos de construcción.....	88
5.2	Ensamblaje del chasis.....	88
5.2.1	Montaje del motor.....	88
5.2.2	Montaje de la caja de velocidades.....	89
5.2.3	Montaje del tren motriz.....	89
5.2.4	Montaje del diferencial.....	90
5.2.5	Montaje del sistema de suspensión al bastidor.....	90
5.2.5.1	Montaje del sistema de suspensión delantero.....	90
5.2.5.2	Montaje del sistema de suspensión trasera.....	91
5.2.6	Montaje del sistema de dirección al bastidor.....	92
5.2.7	Montaje del sistema de frenos.....	93
5.2.8	Diagrama de flujo de los montajes en el chasis.....	95
5.3	Análisis de costos.....	96
5.3.1	Análisis de precios unitarios.....	96

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	100
6.2	Recomendaciones.....	101

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

### LINKOGRAFÍA

### ANEXOS

### PLANOS

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÀGINA</u>
2.1	Propiedades del acero estructural ASTM A36.....	19
2.2	Tensión (en Klb) requerida en los pernos.....	24
2.3	Resistencia nominal por cortante, en KSI.....	25
3.1	Características de entrada.....	30
3.2	Características de salida.....	31
3.3	Variable de solución.....	31
3.4	Restricciones.....	31
3.5	Criterios.....	32
3.6	Matriz morfológica.....	33
3.7	Clasificación y características de los vehículos.....	34
3.8	Características de la alternativa 1.....	35
3.9	Características de la alternativa 2.....	36
3.10	Características de la alternativa 3.....	37
3.11	Evaluación económica.....	38
3.12	Evaluación técnica.....	38
3.13	Especificaciones técnicas de vehículo liviano.....	40
3.14	Carga de la carrocería y otros accesorios.....	47
3.15	Cargas muertas en el bastidor.....	47
3.16	Cargas vivas en el bastidor .....	48
3.17	Material y sección.....	48
3.18	Perfiles del bastidor.....	52
3.19	Cargas y su distribución en el bastidor (SAP2000).....	53
3.20	Límite de deformación por las cargas.....	58
3.21	Cargas y su distribución en el bastidor (ANSYS).....	67
4.1	Características técnicas de la máquina de soldar.....	72
4.2	Características de electrodos.....	73
4.3	Características de pernos utilizados.....	79
5.1	Tiempos de construcción.....	88
5.2	Costos directos de elementos mecánicos.....	96
5.3	Detalle de costos directos de materiales.....	97
5.4	Costos directos de equipos y herramientas.....	98
5.5	Costos directos de mano de obra.....	98
5.6	Costos directos de transporte.....	99
5.7	Costos indirectos.....	99
5.8	Costo total.....	99

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>		<b><u>PÁGINA</u></b>
2.1	Componentes principales de un chasis.....	4
2.2	Bastidor de vehículo liviano.....	5
2.3	Bastidor en escalera o h.....	5
2.4	Bastidor de columna o en x.....	6
2.5	Constitución de un motor de cuatro tiempos.....	6
2.6	El embrague de fricción.....	7
2.7	Embrague de diafragma.....	8
2.8	Constitución de una caja de velocidades.....	8
2.9	Mecanismo diferencial con ruedas cónicas.....	9
2.10	Árbol de transmisión articulado.....	9
2.11	Junta universal.....	10
2.12	Suspensión delantera.....	10
2.13	Suspensión trasera.....	11
2.14	Tipo tirante McPherson.....	11
2.15	Constitución de la dirección.....	12
2.16	Mecanismos de bolas circulantes.....	12
2.17	Mecanismo por cremallera.....	13
2.18	Sistema de frenos hidráulicos.....	13
2.19	Frenos de disco de soporte fijo y dos cilindros.....	14
2.20	Componentes del freno de tambor.....	15
2.21	Rueda simétrica de fondo profundo.....	15
2.22	Sección transversal de un neumático sin cámara.....	16
2.23	Constitución de una cubierta de tipo radial.....	16
2.24	Probeta de acero para ensayo.....	18
2.25	Curva del ensayo de tracción.....	18
2.26	Perfil c o canal u.....	21
2.27	Especificaciones generales del perfil c.....	22
2.28	Especificaciones generales tubo rectangular.....	22
2.29	Dimensiones tubo cuadrado.....	23
3.1	Modelo de la caja negra.....	30
3.2	Alternativa 1.....	35
3.3	Alternativa 2.....	36
3.4	Alternativa 3.....	37
3.5	Gráfico de dispersión técnico vs económico.....	39
3.6	Mejor alternativa.....	40

3.7	Bastidor dibujado en AUTOCAD.....	42
3.8	Estructura del bastidor a SAP2000.....	44
3.9	Ingreso de la combinación de cargas.....	46
3.10	Activación de las combinaciones de cargas.....	46
3.11	Ingreso de medidas del perfil.....	49
3.12	Diseño de un nuevo perfil.....	50
3.13	Definición de cargas.....	50
3.14	Restricciones de los apoyos.....	51
3.15	Secciones extruidas.....	52
3.16	Asignación de cargas puntuales.....	54
3.17	Asignación de cargas distribuidas.....	54
3.18	Análisis del bastidor por la relación de esfuerzos.....	55
3.19	Análisis de relación de esfuerzos, implementado cambios.....	56
3.20	Relación de esfuerzos.....	56
3.21	Datos numéricos sobre la relación de esfuerzos.....	57
3.22	Deformación causada por las cargas.....	59
3.23	Selección de gráfica de resultado.....	59
3.24	Fuerza axial.....	60
3.25	Torsión.....	61
3.26	Momento 2-2.....	61
3.27	Cortante 2-2.....	62
3.28	Estructura del bastidor dibujado en SolidWorks.....	63
3.29	Ventana de trabajo Workbench de ANSYS 12.1.....	63
3.30	Selección de sistema de unidades.....	64
3.31	Selección de estudio: Static Structural (ANSYS).....	65
3.32	Selección del material.....	65
3.33	Estructura del bastidor importado a ANSYS.....	66
3.34	Asignación de restricciones.....	66
3.35	Asignación de cargas.....	68
3.36	Bastidor mallado.....	68
3.37	Visualización de resultados.....	69
3.38	Tensiones de Von-Mises.....	69
3.39	Desplazamientos.....	70
3.40	Factor de seguridad.....	71
4.1	Máquina de soldadura GMAW utilizada.....	72
4.2	Unión a tope sencilla en v.....	74
4.3	Unión en t doble chaflán.....	75
4.4	Tensión en la soldadura larguero/travesaño.....	76
4.5	Tensión en la soldadura larguero/apoyo de suspensión trasera...	76

4.6	Tensión en la soldadura larguero-apoyo caja de velocidades.....	77
4.7	Tensión en la soldadura larguero-travesaño de tren delantero....	77
4.8	Tensión en la soldadura larguero-apoyo tanque de combustible...	78
4.9	Tensión en la junta larguero-travesaño de caja de velocidades....	79
4.10	Tensión en la junta larguero-apoyo de la suspensión trasera.....	80
4.11	Tensión en la junta pasador-base de suspensión trasera.....	80
5.1	Traslape del perfil en c.....	82
5.2	Fijación del perfil para el traslape.....	82
5.3	Medición y marcado del elemento estructural.....	83
5.4	Cortado del elemento estructural.....	83
5.5	Corte a inglete y doblado del elemento estructural.....	84
5.6	Encuadrado y nivelación del bastidor.....	84
5.7	Soldadura de travesaños.....	86
5.8	Esmerilado de aristas vivas del bastidor.....	86
5.9	Montaje del motor.....	89
5.10	Travesaño de la caja de velocidades.....	89
5.11	Montaje del árbol de transmisión al travesaño.....	90
5.12	Montaje del sistema de suspensión delantero.....	91
5.13	Soporte de la base de la suspensión.....	91
5.14	Soportes y apoyos de la suspensión posterior.....	92
5.15	Unión del mecanismo diferencial y la suspensión posterior.....	92
5.16	Barra de la dirección y sus terminales.....	93
5.17	Disposición de la columna de la dirección.....	93
5.18	Componentes del sistema de frenos.....	94
5.19	Cañerías posteriores de frenos y los tambores.....	94



## LISTA DE ABREVIACIONES

$\Delta$	Representa la deformación
A	Área de la sección
ANSYS	Software de elementos finitos aplicados a simulación
$A_0$	Área inicial de la probeta de ensayo
AISC	Instituto Americano de Aceros de Construcción
ASD	Diseño por esfuerzos permisibles
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas a Materiales
AUTOCAD	Software aplicado a dibujo técnico
AWS	Sociedad Americana para la Soldadura
C	Perfil metálico de sección transversal en C
C.e	Cargas externas
C.i.	Cargas internas
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CEV	Valor equivalente de carbono
Cmax	Composición máxima
CuZn	Aleación de Zn y Cobre
Cw	Constante del alabeo de la sección
D ó M	Carga muerta, del inglés “dead” que significa muerto
d	Peralte de la sección
$D_n$	Diámetro del neumático
E	Módulo de elasticidad
EIA	Escuela de Ingeniería Automotriz
FEA	Simulación por programa de elementos finitos
$f_p$	Constante de proporcionalidad
$f_u$	Límite de ruptura
$f_y$	Límite de proporcionalidad
G	Módulo elasticidad transversal
G	Perfil metálico de sección transversal en C con alas
H.G.	Hierro galvanizado
H.N.	Laminado en caliente
J	Constante de la torsión de la sección

k	Rigidez
L ó V	Carga viva, del inglés "live" que significa vivo
L	Perfil metálico de sección transversal en Angulo
$L_0$	Longitud inicial de la probeta
$I_y$	Momento de inercia de la sección con respecto al eje y
MAG	Soldadura por gas activo de protección
Mc Phearson	Sistema de suspensión delantero
MIG	Soldadura por gas inerte de protección
MMA	Soldadura Manual de Arco Metálico equivalente de GMAW
n	Secciones transversales que resisten el cortante conjuntamente
$N_0$	Esfuerzo axial de pretensado
$n^\circ$	Número de elementos
P	Representa la carga aplicada
$r_x$	Radio de giro de la sección con respecto al eje x
$r_y$	Radio de giro de la sección con respecto al eje y
SAE	Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices
Sap 2000	Software de Elementos Finitos aplicados a estructuras
sn	Resistencia del acero
SOLIDWORKS	Software aplicado a modelaciones
$S_x$	Módulo elástico de la sección con respecto al eje x
t	Espesor de los perfiles
T	Tornillos ordinarios
TC	Tornillos calibrados
TR	Tornillos de alta resistencia
U	Perfil metálico en forma de u
$\alpha$	Coefficiente de dilatación térmica lineal
$\epsilon$	Variación de la longitud, deformación
$\epsilon_{m\acute{a}x.}$	Deformación máxima
$\epsilon_u$	Deformación correspondiente a la tensión última
$\epsilon_y$	Deformación elástica
$\nu$	Módulo de Poisson
$\rho$	Densidad
$\sigma$	Tensión

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Modelación del bastidor en SAP2000 v10
- B** Modelación del bastidor en ANSYS V12.12
- C** Módulo didáctico del chasis de auto liviano

## RESUMEN

En el presente trabajo se da a conocer los procedimientos para realizar el diseño del bastidor por medio de software y la construcción del chasis, como también dotar a la Escuela de Ingeniería Automotriz de un material didáctico.

Como punto de partida se modela la geometría del bastidor, las cargas que se consideran son los elementos mecánicos del tren motriz, se realiza la simulación y análisis de resultados mediante software de elementos finitos como SAP 2000 y ANSYS 12.1.

La configuración de los elementos estructurales para el bastidor se ha realizado con canal en "U" traslapados para los largueros para los travesaños se emplearon tubos cuadrados y rectangulares. Para la fabricación se ha empleado técnicas tradicionales aplicadas en la construcción de estructuras metálicas; la parte concluyente del chasis consiste en ensamblar al bastidor los elementos mecánicos como motor, caja de velocidades, árbol de transmisión, diferencial y los sistemas de frenos y dirección.

Los resultados son satisfactorios en cuanto a simulación y análisis de los esfuerzos que soporta la estructura, finalmente al tener el chasis fines didácticos sus elementos de poder y sistemas han sido pintados para diferenciarlos de mejor manera.

Los elementos acoplados al bastidor fueron modificados la adaptación al bastidor, se recomienda realizar un estudio dinámico del chasis, en caso de realizar pruebas de campo tomar en cuenta la seguridad personal.

## ABSTRACT

This research "Desiging and Construction of a frame for a light automobile chassis training module for the Automotive Engineering School of ESPOCH" indicates that Automotive Engineering School does not have training workbenches to practice in its workshops.

This research brought knowledge for the desing and the construction of structures, and it donates training material for that School. This knowledge involves knowing the traditional procedures to conceive a frame from software and the chassis construction.

The objetives are: to design the frame, to build the frame, to assembly the power elements and automotive systems and finally to make the chassis the most didactic posible. The research starts studying the frame geometry. The elements to consider in this study are the mechanical components as the height of: engine, gearbox, driveshaft, differential element and other mechanical systems.

After that, the research analyses and simulates the efforts and results by finite element software like SAP 2000 and ANSYS 12.1.

A U-groove was used to overlap the spars. The research used squared and rectangular pipes for the crossbar. This is the way the researchers made the configuration of the structural elements for the frame. The researchers used traditional techniques applied on the constructions of the metal structures. The chassis concluding part consists of assenbling frame, engine, gear, box, driveshaft, differential element and the systems of brake, steer and suspension.

Results are satisfactory. Effort's simulation and analysis support the structure. Because of the training purposes of this chassis, the power and the systems were painted to clearly differentiate them.

The elements to be connected to the frame were modified to adapt to it. There be done a chassis dynamic study. There be assured a complete safety system.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Introducción

El chasis es considerado como el componente más significativo de un automóvil. Es el elemento más fundamental que da fortaleza y estabilidad al vehículo en diferentes condiciones de rodaje, el elemento principal es el bastidor que sostiene las partes mecánicas del vehículo como el motor, la suspensión, el sistema de escape y el sistema de dirección, sistema de frenos a demás sostiene a la carrocería.

En la actualidad no se realizan estudios de diseño del bastidor para autos livianos en Ecuador, siendo este un país que importa los elementos mecánicos ya diseñados y construidos para su posterior ensamblaje. Por lo cual en el presente trabajo el diseño del bastidor se realiza mediante software computacional como son el SAP2000 y ANSYS 12, que permiten dar un criterio de diseño basado en el análisis de esfuerzos.

La gran demanda de vehículos livianos en el país, ha traído consigo la instalación de varias ensambladoras de marcas reconocidas, tomando en cuenta varios parámetros como la línea de construcción del chasis y de seguridad requerida que utilizan estas ensambladoras, se aplicarán en la construcción de este proyecto.

#### **Antecedentes**

El diseño y construcción de un chasis de auto liviano y sus aplicaciones en las prácticas de laboratorio, son de gran importancia para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz, la misma que en estos momentos no cuenta con el suficiente material didáctico como complemento a la formación teórica de las cátedras: Partes y Piezas Automotrices, Motores y Talleres, esto no permite a los estudiantes obtener de

mejor forma el conocimiento de los elementos del motor, la transmisión, los sistemas de suspensión, dirección y de frenos.

En segunda instancia se considerará los materiales más comunes en la construcción de bastidores y sus propiedades; también los conceptos generales de los software más usados en diseño y simulación de estructuras como son: SAP 2000 V10, y ANSYS 12.1, cuidando de la selección de perfiles y la aplicación concienzuda de cargas.

El montaje de los distintos elementos y sistemas automotrices que se realiza sobre el bastidor ya terminado, se ha iniciado con el motor y simultáneamente con una parte del sistema de suspensión delantero, luego con la caja de velocidades, el árbol de transmisión y el diferencial con el sistema de suspensión posterior en conjunto, a continuación el sistema de dirección, y frenos respectivamente para finalizar con los accesorios como son los asientos, escape, tanque de combustible, y otros, los mismos que han sido pintados como se indicó anteriormente para dar facilidad de visión y comprensión a aquellas personas interesadas en conocer, estudiar y practicar en los elementos mecánicos que conforman tanto el tren motriz como los distintos sistemas mecánicos de un automóvil.

## **Justificación**

Con el diseño del proyecto se espera principalmente: verificar la confiabilidad de los resultados obtenidos por medio del software SAP2000 V10 y ANSYS 12.1, demostrar la importancia y facilidad de la aplicación de herramientas computacionales en la escuela de Ingeniería Automotriz, y presentar estos software como herramienta confiable de diseño de elementos estructurales.

La construcción de un chasis de auto liviano, permitirá a la Escuela de Ingeniería Automotriz contar con el material didáctico para las cátedras de: Partes y Piezas Automotrices, Motores y Talleres, lográndose que los estudiantes obtengan de mejor forma el conocimiento de los elementos del motor, la transmisión, los sistemas de suspensión, dirección y de frenos aspectos que son de vital importancia en la formación de un ingeniero automotriz.

En la realización del presente proyecto de tesis se aplicarán los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera en el diseño y construcción de un bastidor, el montaje y acople de los sistemas de dirección, suspensión y frenos para el correcto funcionamiento del chasis.

## **Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo general*

Diseñar y construir un bastidor para un módulo didáctico de chasis de auto liviano.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- Diseñar el bastidor del chasis mediante software.
- Construir el bastidor de acuerdo a normas de construcción.
- Acoplar el Sistema de Frenos al Bastidor.
- Montar el Sistema de Suspensión al Bastidor.
- Instalar el Sistema de Dirección al Bastidor.
- Acoplar el motor y la transmisión al Bastidor.



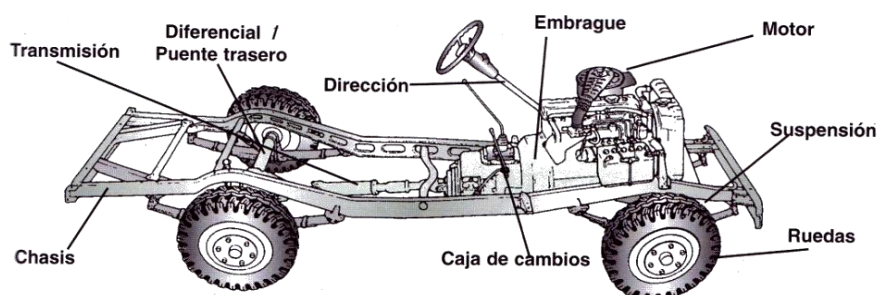
## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 El chasis

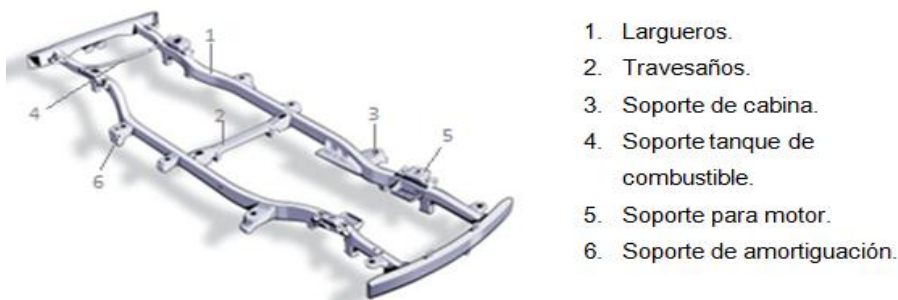
El chasis o chasis del automóvil consta de un bastidor que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos, como el grupo moto-propulsor y la suspensión de las ruedas, incluyendo la carrocería de un vehículo.

El chasis sostiene varias partes mecánicas como el motor, la suspensión, el sistema de escape y el sistema de dirección (figura 2.1). El chasis es considerado como el componente más significativo de un automóvil. Es el elemento más fundamental que da fortaleza y estabilidad al vehículo en diferentes condiciones de rodaje[1].



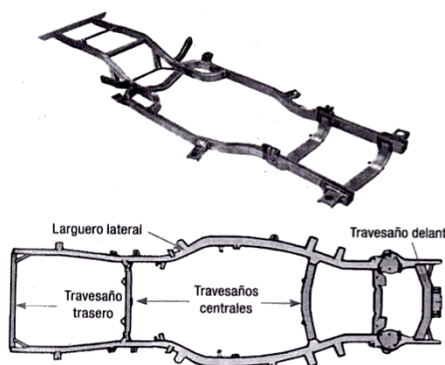
**Figura 2.1.** Componentes principales de un chasis

2.1.1 *El bastidor* [2]. El bastidor constituye para el automóvil un armazón de vigas o largueros de acero a lo largo del vehículo, unidas mediante travesaños soldados, atornillados o remachados, dispuestos transversal o diagonalmente. Tiene que ser ligero, poseer buena resistencia y estabilidad de forma. Fabricado generalmente de acero bonificado (figura 2.2).



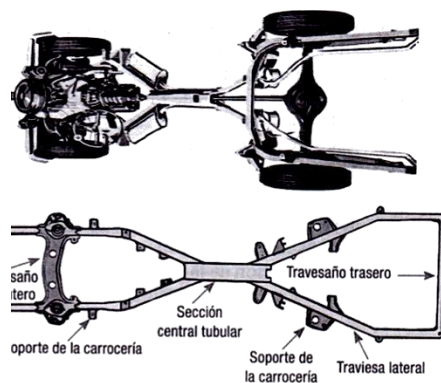
**Figura 2.2.** Bastidor de vehículo liviano

2.1.2 *Formas del bastidor [3].* El bastidor en escalera consiste en dos vigas en sección tubular laterales, unidas por refuerzos transversales, diagonales o los dos. Estos refuerzos entregan rigidez en torsión y permite fijar los componentes mecánicos. El material más común para este tipo de chasis es tubería o perfil estructural. La estructura es soldada con electrodo revestido (figura 2.3).



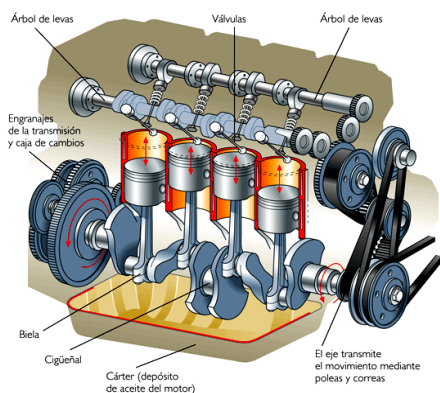
**Figura 2.3.** Bastidor en escalera o H

El bastidor de columna (en X) se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de rotación elevada. El travesaño delantero es muy robusto para el anclaje de la suspensión delantera, cuenta con una viga gruesa longitudinal en la sección central con perfil cuadrado o redondo, y tiene en sus extremos sendos entramados para alojar a los elementos mecánicos del vehículo (figura 2.4).



**Figura 2.4.** Bastidor de columna o en X

2.1.3 *El motor [4]*. Es un conjunto de piezas que están preparadas para transformar la energía química del combustible empleado, mediante un ciclo térmico de trabajo, en energía mecánica que proporciona movimiento rotativo a su eje y que a través de los elementos de la transmisión es llevado a las ruedas. Está dotado de un sistema de lubricación que proporciona lubricación a las piezas en continuo roce, de un sistema de refrigeración que rebaja las altas temperaturas que se producen, y de un sistema de alimentación que proporciona el combustible en condiciones ideales (figura 2.5).

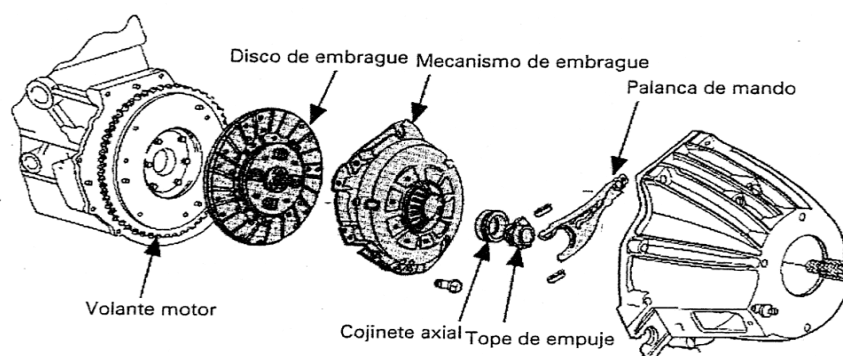


**Figura 2.5.** Constitución de un motor de cuatro tiempos

2.1.4 *El embrague [5]*. Es el sistema encargado de transmitir o interrumpir el movimiento del motor través del cigüeñal a la caja de velocidades y de allí a las ruedas. Está situado entre el motor y la caja de velocidades.

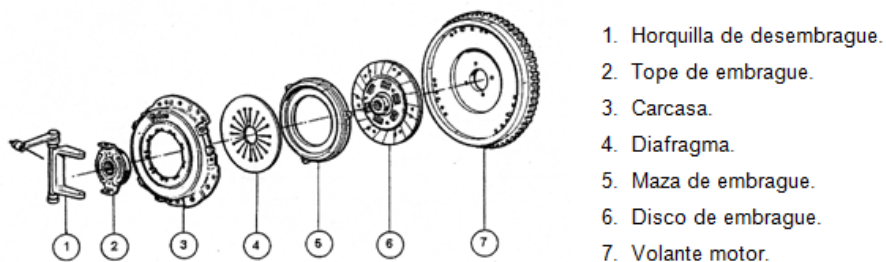
El Embrague unido al volante del motor, por una lado, y a la caja de velocidades por otro, tiene la misión de **permitir o no permitir** que el movimiento del motor pase hacia las ruedas. Es accionado con el pedal izquierdo de los mandos que utiliza el conductor para llevar el vehículo; si se "pisa" el pedal, el motor queda desconectado y el movimiento no pasa hacia la ruedas, girando motor y embrague en vacío, se dice que hemos "desembragado". Si el pedal de embrague está "suelto" el movimiento del motor pasa a las ruedas a través del embrague. El automóvil está "embragado."

2.1.4.1 *Embrague de fricción*. Está constituido por una parte motriz, que transmite el giro a la parte conducida, utilizando la adherencia entre estos dos elementos, a los cuales esta aplicada una determinado presión. Tiene 3 partes principales, cárter, disco de embrague y mecanismo de desembrague (figura 2.6).



**Figura 2.6.** El embrague de fricción

2.1.4.2 *Embrague de diafragma*. Reúne las funciones de la palanca de desembrague y del resorte de presión. El diafragma es un resorte en forma de plato provisto de ranuras radiales, tiene la ventaja de ser más suave (figura 2.7) respecto al embrague de muelles helicoidales.

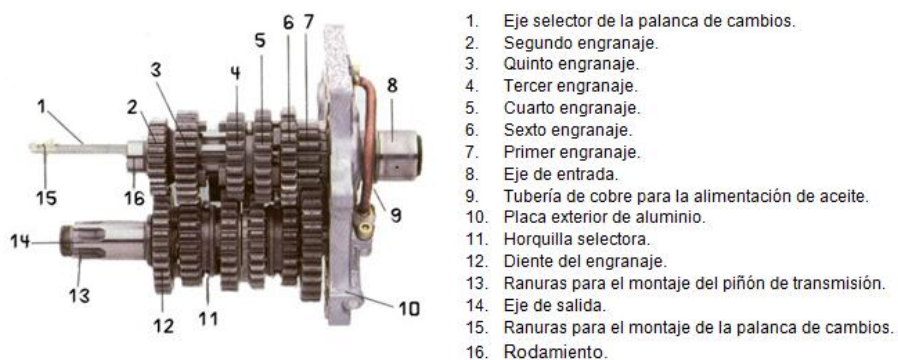


**Figura 2.7.** Embrague de diafragma

2.1.5 *Caja de velocidades [6].* Este mecanismo permite la selección de distintas relaciones de marcha de una manera fácil y simple, resulta silenciosa, fiable, soporta el par y la potencia que debe transmitir del motor a las ruedas. La caja de cambios está emplazada entre el embrague y el puente trasero.

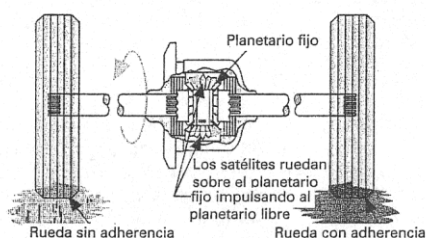
### Constitución y funcionamiento

El par motor es transmitido al eje primario de la caja, constituido por el tren de engranajes intermedio, y es cedido mediante el correspondiente engranaje acoplado, al eje de salida del par, llamado secundario (figura 2.8).



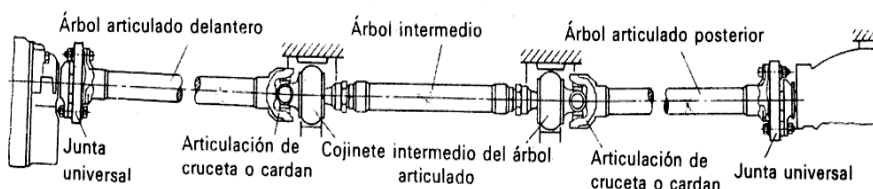
**Figura 2.8.** Constitución de una caja de velocidades

2.1.6 *Diferencial [7]*. Este mecanismo permite el giro de las dos ruedas motrices a distintas velocidades, transmitiendo el mismo esfuerzo motriz. Está formado por dos sistemas; un grupo cónico encargado de reducir, transmitir y convertir el movimiento de la caja de cambios, y una caja diferencial cuya misión es adoptar un giro independiente a las ruedas (figura 2.9).



**Figura 2.9** Mecanismo diferencial con ruedas cónicas

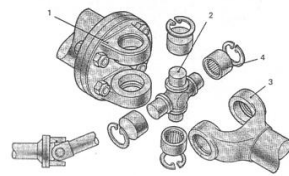
2.1.7 *Árbol de transmisión [8]*. Transmite el momento de giro de la caja de cambios al diferencial. Los árboles articulados son de acero bonificado de alta calidad, de sección tubular hueca, para las articulaciones se emplean crucetas o juntas universales (figura 2.10).



**Figura 2.10.** Árbol de transmisión articulado

La articulación cruceta es de acero bonificado, permiten desplazamientos angulares de  $15^\circ$ , transmite elevados esfuerzos de rotación, no necesitan mantenimiento.

2.1.7.1 *Junta universal*. No necesitan lubricación, admite variaciones angulares de  $10^\circ$ , para transmisión de esfuerzos pequeños (figura 2.11).

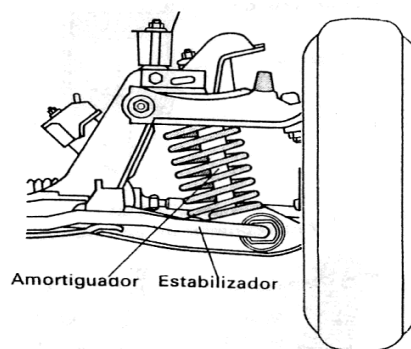


1. Horquilla.
2. Cruceta.
3. Horquilla.
4. Cojinetes de aguja.

**Figura 2.11.** Junta universal

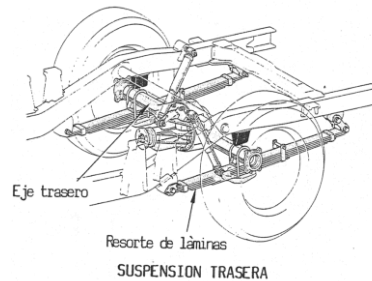
2.1.8 *Suspensión [9]*. Conecta la carrocería del vehículo con las ruedas, tiene la función de absorber y amortiguar las vibraciones, oscilaciones y sacudidas que recibe el vehículo, mantiene la relación geométrica entre la carrocería y las ruedas.

Los resortes en general son metálicos como por ejemplo los resortes de láminas, de espirales, de barras de torsión y de tipo no metálicos como los resortes de goma y resortes neumáticos; éstos se encargan de neutralizar los sobresaltos de la superficie del camino. Los amortiguadores limitan la libre oscilación de los resortes, ayudan a que los neumáticos se adhieran mejor a la carretera y mejorar la estabilidad de la dirección (figura 2.12). Los estabilizadores previenen la oscilación del vehículo. La barra de torsión es una barra redonda de acero, el montaje es fácil y no necesita mantenimiento no se debe someter a flexión.



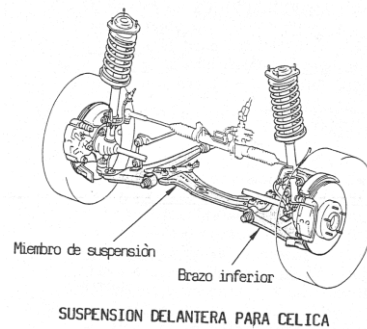
**Figura 2.12.** Suspensión delantera

2.1.8.1 *Suspensión de eje rígido*. Número de piezas reducido, construcción simple, para vehículos de gran rendimiento los neumáticos se desgastan menos, poco cambio en la alineación (figura 2.13).



**Figura 2.13.** Suspensión trasera

2.1.8.2 *Suspensión independiente*. Los resortes solo soportan el peso de la carrocería, puede emplearse resortes más blandos, el centro de gravedad del vehículo es más bajo, la construcción es algo compleja (figura 2.14).

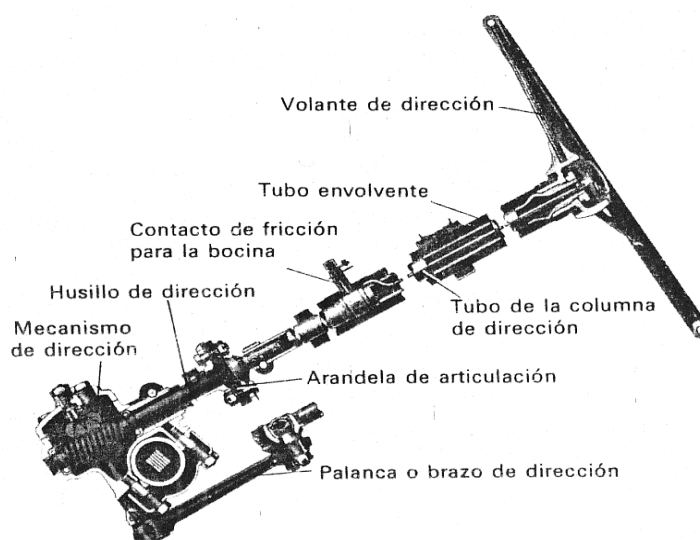


**Figura 2.14.** Tipo tirante McPherson

2.1.9 *Sistema de dirección [10]*. Es el sistema encargado de orientar las ruedas delanteras del automóvil para hacer seguir la trayectoria deseada por el conductor (figura 2.15). La dirección debe reunir las cualidades de ser preciso, de fácil manejo, suavidad, estabilidad y contar con dispositivos de seguridad pasiva.

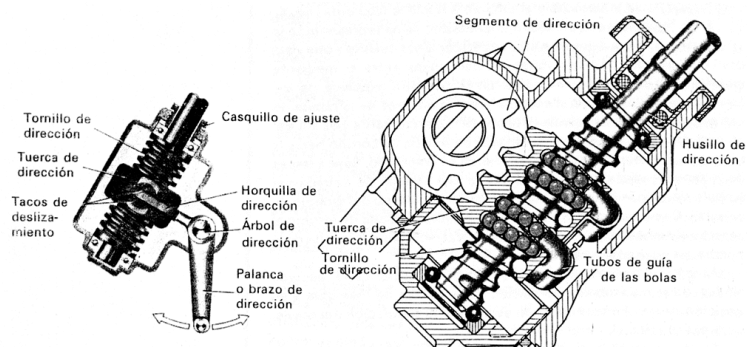


El movimiento del volante se transmite a las ruedas delanteras mediante el volante, el eje de la columna de la dirección, el mecanismo de la dirección y los brazos de la dirección (figura 2.15).



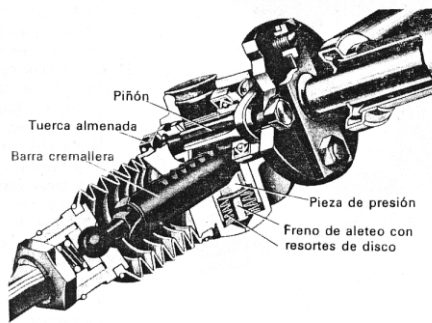
**Figura 2.15.** Constitución de la dirección

El mecanismo de la dirección se encarga de transformar el movimiento giratorio del volante en un movimiento basculante de la biela de mando de la dirección (figura 2.16) o en movimiento de vaivén de la cremallera, reduce la aplicación de la fuerza necesaria para girar las ruedas, e impide la transmisión al volante de efectos perturbadores procedentes de las ruedas rígidas.



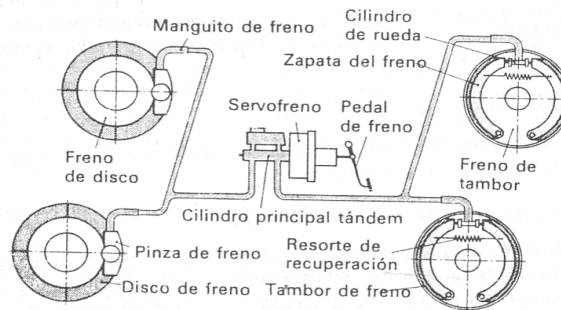
**Figura 2.16.** Mecanismos de bolas circulantes

El mecanismo por cremallera se caracteriza por la sencillez de su mecanismo desmultiplicador y su simplicidad de montaje, al eliminar gran parte de los eslabones de la dirección (figura 2.17).



**Figura 2.17.** Mecanismo por cremallera

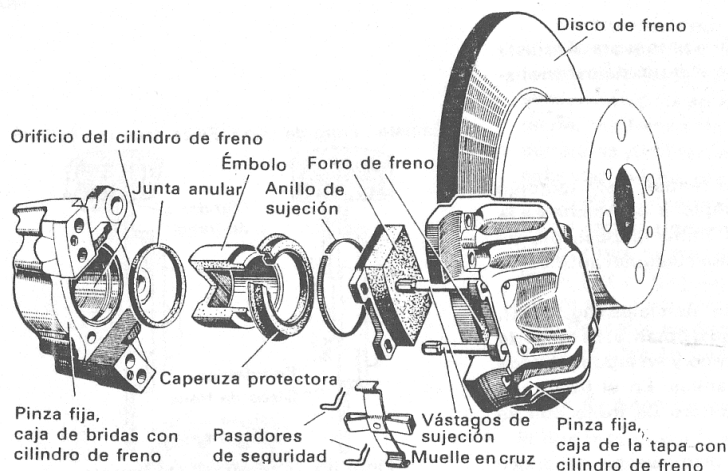
2.1.10 *Sistema de frenos [11]*. Es el conjunto de dispositivos destinados a disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo (freno de pie) o mantenerlo inmobilizado cuando está detenido (freno de estacionamiento). El sistema se muestra en la figura 2.18.



**Figura 2.18.** Sistema de frenos hidráulicos

Los mecanismos se distinguen entre frenos de disco y frenos de tambor, los frenos deben satisfacer características: materiales de fricción que mantengan sus propiedades en condiciones de presión, temperatura, velocidad, y evitar el fading a consecuencia de frenadas muy rápidas y consecutivas provocando una pérdida de eficacia de los forros.

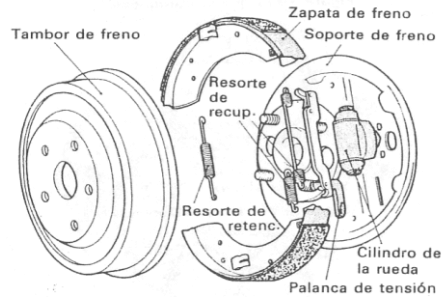
2.1.10.1 *Frenos de disco.* Los más utilizados son los de frenos de discos parciales, presentan menor fading, desgaste uniforme, el ajuste automático, la instalación del freno de estacionamiento es costosa, fácil mantenimiento. El disco es de fundición de hierro, fundición con grafito esferoidal o acero colado, los cilindros son de mayor diámetro que los cilindros de frenos de tambor. Suelen utilizarse forros con aglomerante orgánico y forros sinterizados, su coeficiente de rozamiento es de 0,25 a 0,50 (figura 2.19).



**Figura 2.19.** Frenos de disco de soporte fijo y dos cilindros

2.1.10.2 *Frenos de tambor.* El más empleado es de zapatas interiores (figura 2.20). El tambor es de fundición con grafito esferoidal o fundición maleable blanca resistente al desgaste por abrasión, temperaturas elevadas, gran rigidez y resistencia a la deformación. El porta-frenos sirve como soporte de las levas de frenos, las zapatas y los cilindros de rueda. Las zapatas son de fundición de aluminio o chapa de acero.

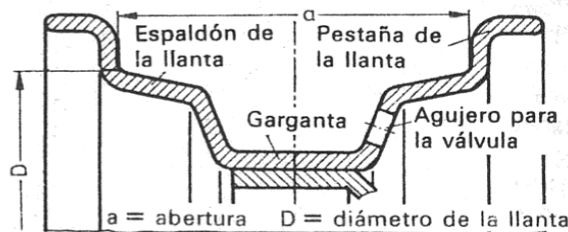
Los forros son tejidos de amianto o tejidos metálicos (zinc o aleaciones de CuZn) el coeficiente de rozamiento está entre 0,3 y 0,50. Las fuerzas de apriete son mayores, están protegidos contra la suciedad en el interior de la llanta, fácil instalación del freno de estacionamiento, mayor tendencia a fading, regulación es costosa, mayor tiempo en mantenimiento.



**Figura 2.20.** Componentes del freno de tambor

### 2.1.11 Ruedas y Neumáticos [12]

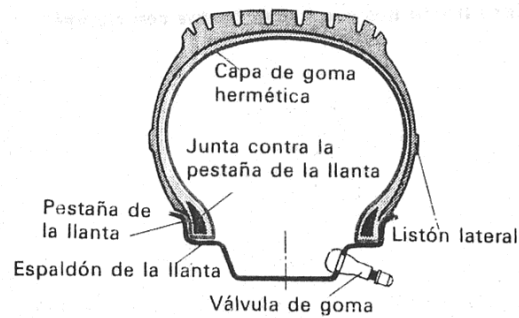
2.1.11.1 *Ruedas.* Constituye el punto de apoyo de un automóvil sobre el suelo, realizando la misión de propulsarlo y frenarlo, cumpliendo condiciones de poca masa, diámetro pequeño, alta resistencia de forma y elasticidad, buena descarga de calor y fácil reposición. Las ruedas por construcción se clasifican en ruedas de disco y ruedas de radio, según el material en ruedas de acero y ruedas de aleaciones de materiales ligeros (figura 2.21).



**Figura 2.21.** Rueda simétrica de fondo profundo

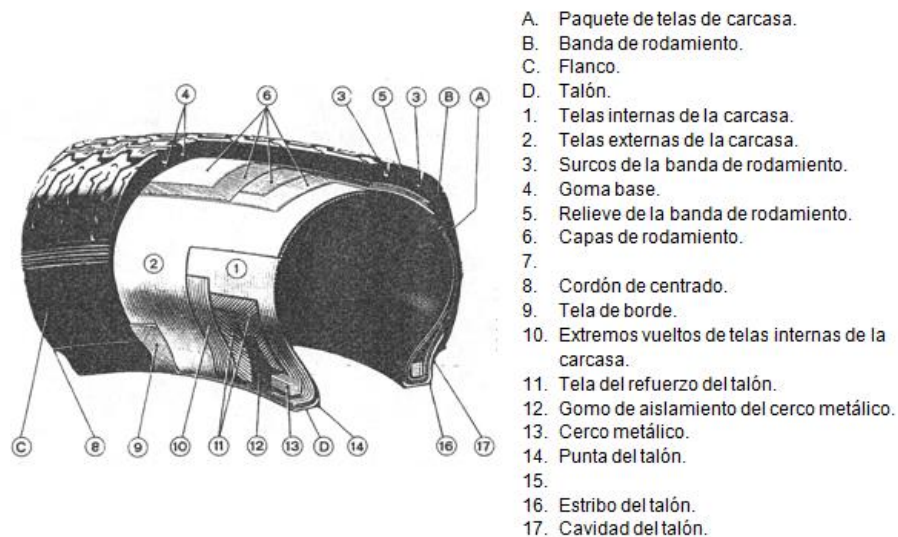
2.1.11.2 *Neumáticos.* Son unos anillos hinchables que se colocan alrededor de la rueda. Su misión es proporcionar una buena superficie de contacto con el suelo y un elevado coeficiente de adherencia y absorber las desigualdades del terreno.

Las funciones que realiza en el vehículo es soportar la carga, guiar la trayectoria del vehículo, transmitir la potencia motriz y la potencia del freno. Los neumáticos se fabrican de caucho sintético, caucho natural obtenido de látex. La cámara es un anillo de caucho vulcanizado blando. Las válvulas son de metal o de caucho (figura 2.22).



**Figura 2.22.** Sección transversal de un neumático sin cámara

Según la estructura de la cubierta los neumáticos pueden ser diagonales, radiales o mixtos. En la figura 2.23 se muestra la constitución de una cubierta de tipo radial



**Figura 2.23.** Constitución de una cubierta de tipo radial

## 2.2 Cargas aplicadas al bastidor [13]

2.2.1 *Carga muerta*. Es la carga vertical aplicada sobre una estructura que incluye el peso de la misma estructura (largueros y travesaños), más la carga de los elementos permanentes en la estructura como radiador, motor, caja de velocidades, árbol de transmisión, diferencial y asientos. Su símbolo convencionalmente se lo ha adoptado como: “D” del inglés dead o muerto. Sus valores se obtienen considerando el peso específico del material de la estructura y el volumen de la estructura. Para efecto de cálculo las unidades serán:  $\text{kN/m}^2$ .

2.2.2 *Carga viva*. Es la carga externa movable sobre la estructura del bastidor que incluye el peso de los ocupantes y el combustible, que actúan verticalmente, por tanto no incluye la carga eólica también llamada carga variable.

Generalmente actúan durante períodos cortos de la vida de la estructura. Su símbolo corresponde a la inicial de Live (vivo). También se denominan cargas de “ocupación”. Para efecto de cálculo las unidades serán:  $\text{kN/m}^2$ .

## 2.3 Acero utilizado en la construcción del bastidor [14]

El acero estructural conformado en frío. Pueden ser perfiles huecos cerrados entre ellos; redondos cuadrados y rectangulares. También pueden ser abiertos, perfiles conformados en forma de L, U, C,  $\Omega$ , y Z.

Es fundamental un ensayo de tracción para tener el conocimiento de las propiedades del material.

**Ensayo de tracción:** EN 10002-1:1990 (UNE 7474-92), la cual se realiza en una probeta mostrada en la figura 2.24.

Donde:

$A_0$  = Area inicial

$l_0$  = Base de medida

$\sigma = F/A_0$

$\epsilon = \Delta/l_0$

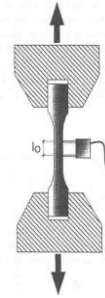


Figura 2.24. Probeta de acero para ensayo

El resultado del ensayo de tracción, del acero estructural se obtiene la curva mostrada en la siguiente gráfica:

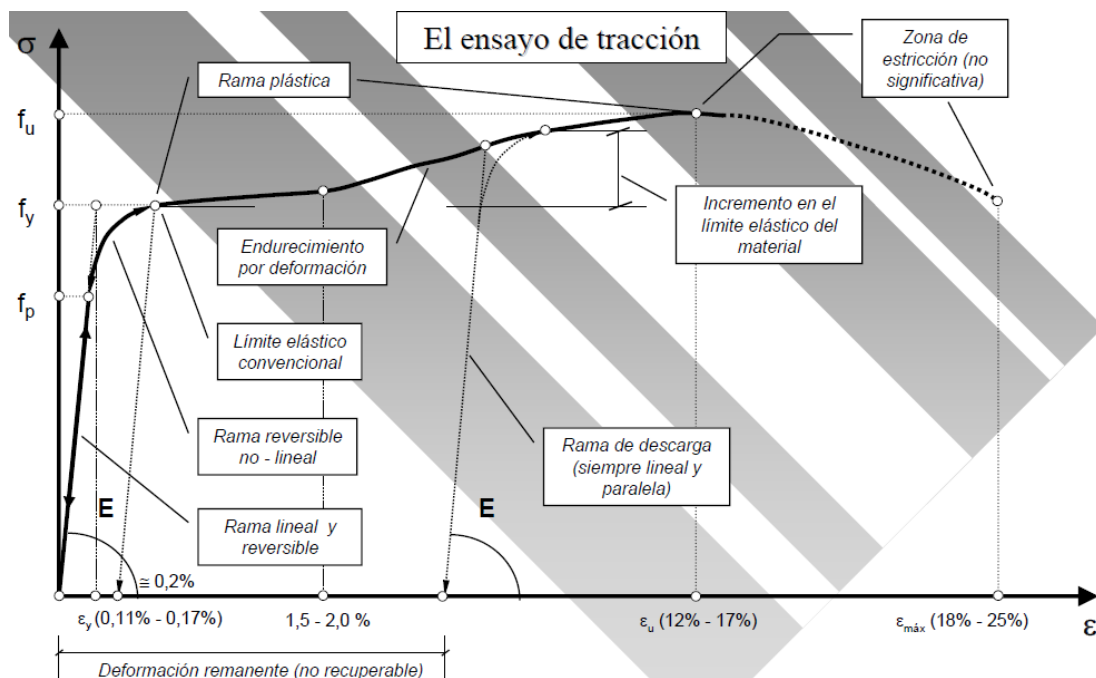


Figura 2.25. Curva del ensayo de tracción

**Parámetros:**

- **fp** Límite de proporcionalidad.
- **fy** Límite elástico.- en teoría es el punto a partir del cual la curva deja de ser reversible.
- **E** Módulo de elasticidad.
- **fu** Tensión última de rotura (resistencia del material).-
- **εy** Deformación elástica
- **εu** Deformación correspondiente a la tensión última.
- **εmáx.** Deformación máxima.

**Tabla 2. 1.** Propiedades del acero estructural ASTM A36

Módulo de elasticidad	$E = 207.000 \text{ N/mm}^2$
Coeficiente de Poisson	$\nu = 0,30$
Módulo elasticidad transversal	$G = E/2 \cdot (1 + \nu)$
Coeficiente de dilatación térmica lineal	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densidad	$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$
Limite de fluencia mínimo	$F_y = 248,2 \text{ N/mm}^2$
Limite de tracción mínima	$F_u = 400 \text{ N/mm}^2$

Fuente: Autores de la tesis

2.3.1 *Ventajas del acero estructural [15]*

- **Alta resistencia:** la alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en cualquier tipo de construcción.
- **Homogeneidad:** las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.



- **Elasticidad:** el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.
- **Ductilidad:** el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.
- **Tenacidad:** el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).
- **Facilidad de unión con otros miembros:** el acero en perfiles se puede conectar FÁCILMENTE a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.
- **Rapidez de montaje:** la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.
- **Disponibilidad de secciones y tamaños:** el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

Se pueden prefabricar estructuras: el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

### 2.3.2 *Desventajas del acero estructural*

- **Corrosión:** el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidáticos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.
- **Pandeo elástico:** debido a su alta resistencia vs peso el empleo de perfiles lisos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico.

- **Fatiga:** la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

2.3.3 *Perfiles estructurales utilizados en la construcción del bastidor.* Los perfiles metálicos son aquellos productos laminados en frío, fabricados usualmente para su empleo en estructuras de edificación, o de obra civil. Se distinguen:

- Perfil en C.
- Perfil de sección cuadrada.
- Perfil de sección rectangular.

Designados mediante dimensiones de lados y espesores en mm.

2.3.4 *Perfil estructural en C. Elemento* estructural en acero calidad ASTM A-36; se forma en frío. Es un material ideal para estructuras livianas y en general para todo tipo de estructura donde se requiera la menor relación peso resistencia.



**Figura 2.26.** Perfil C o canal U

En la siguiente tabla se presenta las especificaciones técnicas, dimensiones y pesos del perfil en C también llamado canal U [16].

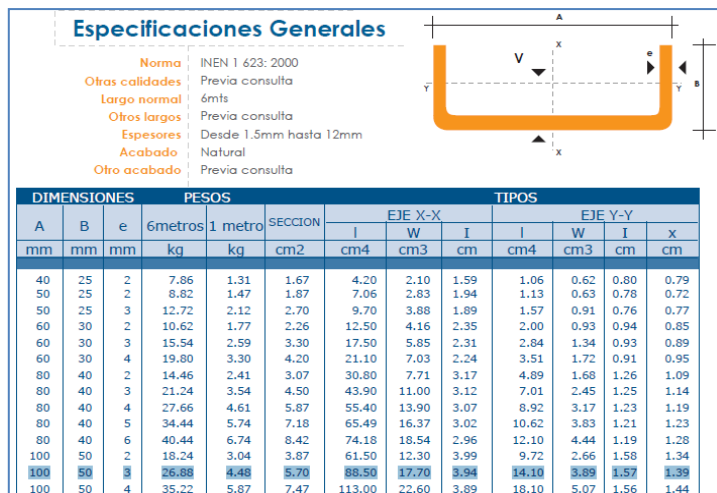


Figura 2.27. Especificaciones generales del perfil C


2.3.5 *Tubo rectangular y cuadrado* [17]. Los tubos estructurales rectangulares de acero dulce y acero galvanizado presentan mejoras significativas, tales como el ahorro de soldaduras para hacer cajas, facilidad de instalación y ahorros significativos en tiempo.



Figura 2.28. Especificaciones generales tubo rectangular

En la siguiente tabla se presenta las especificaciones técnicas, dimensiones y pesos del tubo de sección cuadrada.

Especificaciones Generales						
Norma	ASTM A-500					
Recubrimiento	Negro o galvanizado					
Largo normal	6 mts.					
Otros largos	Previa Consulta					
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm					
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm					



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm2	cm4	cm3	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39

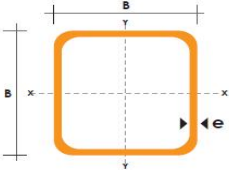


Figura 2.29. Dimensiones tubo cuadrado

## 2.4 Soldabilidad de los perfiles estructurales [18]

La composición interna del acero es decir su composición química es la que nos da idea de su soldabilidad, cuando se trata de un acero sin alear (acero utilizado en la fabricación de bastidores) es decisivo el contenido de carbono que debe ser necesariamente menor o igual que el 0,22% y el contenido de azufre que debe estar en un valor inferior a 0,045% y el fósforo en la misma proporción, hay que considerar al nitrógeno ya que su valor no debe superar el 0,009%.

La composición química, la cual influye sobre la susceptibilidad a la rotura en frío de la zona afectada por el calor durante la operación de soldadura, se mide por el Valor del Carbono Equivalente CEV como se indica en la ecuación:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (1)$$

Se considera para espesores de pared inferiores a 16mm, se acepta que si el valor de CEV < 0,40 entonces no aparecen grietas. Para  $0,40 < \text{CEV} < 0,45$  se deberá tomar algunas precauciones dependiendo del proceso de soldadura. De ser mayor que 0,45 CEV entonces necesariamente se necesita precalentamiento.

## 2.5 Juntas mecánicas en el bastidor [19]

2.5.1 *Juntas empernadas.* Para esta aplicación la junta del travesaño de la caja de velocidades al larguero, y el apoyo de la suspensión trasera al larguero se empleara juntas empernadas, para esto se empleara pernos de grado maquinaria tipo SAE 5”.

2.5.1.1 *Esfuerzos a tracción y cortante en pernos.* En la tabla 2.2 presenta las tensiones necesarias para pernos en juntas tipo fricción y en juntas sujetas a tensión directa; para estar completamente tensados los pernos A325 o A490 deben apretarse por lo menos al 70% de la resistencia a la tensión mínima especificada.

**Tabla 2.2.** Tensión (en Klb) requerida en los pernos

Tamaño de perno (pulg)	Perno A325	Perno A490
5/8	19	24
¾	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 ¼	71	102
1 ½	103	148

Fuente: Especificaciones del código ASTM para pernos

Si la fuerza cortante que actúa en la junta es menor a la resistencia permisible por fricción, la conexión se denomina tipo fricción; si la carga excede la resistencia por

fricción, habrá un posible deslizamiento entre los miembros, aplastamiento en los vástagos, quedando los tornillos sometidos a corte y aplastamiento, la que establece que la resistencia no se centra en la capacidad que posean los pernos. Se establecen a continuación en la tabla 2.3 la resistencia nominal por cortante.

**Tabla 2. 3.** Resistencia nominal por cortante, en KSI

Tipo de tornillo	Agujeros de tamaño estándar	Agujeros agrandados y de ranura corta	Agujeros de ranura larga
A325	17	15	12
A490	21	18	15

Fuente: Specification for structural steel buildings, AISC 2005, tabla J3-6

**2.5.2 Juntas soldadas.** Una de las características fundamentales en la estructura soldada es su rigidez, porque por lo general sus miembros están conectados directamente unos con otros, esto permite tener resistencia a cargas de momento.

Las juntas soldadas permiten en la estructura eliminar en un gran porcentaje las placas de unión y de empalme, tan necesarias en las estructuras remachadas o atornilladas, además es posible reducir en aproximadamente un 15 % el peso en acero utilizado para la construcción de la estructura del bastidor.

## **2.6 Software de elementos finitos [20].**

El análisis por elementos finitos (F.E.A. del inglés: finite element analysis) es o son técnicas por medio de computador para simulación de problemas aplicados a ingeniería, en donde se basa en una técnica numérica de elementos finitos. En estas aplicaciones, el objeto o sistema se representa por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas.

La técnica empleada es crear ecuaciones de equilibrio, que se aplican a cada elemento de la estructura, y se construye un sistema de varias ecuaciones. El sistema de ecuaciones se resuelve para los valores desconocidos usando técnicas de álgebra lineal o

esquemas no lineales, dependiendo del problema. Siendo un método aproximado, la precisión de los métodos FEA puede ser mejorada refinando la discretización en el modelo, usando más elementos y nodos.

Comúnmente se usa FEA para determinar los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos. Es además usado de manera rutinaria en el análisis de muchos otros tipos de problemas, entre los principales diseño de estructuras, transferencia de calor.

Con el análisis de elementos finitos se pueden manejar sistemas complejos cuyas soluciones analíticas son difícilmente encontradas. Entre los principales software utilizados en ingeniería mecánica automotriz están: Sap, Ansys, Inventor, Solidworks, Cosmos y Nastran. Para el diseño del bastidor se utilizara Sap2000 V10 y Ansys V12.1 por las prestaciones que presentan.

2.6.1 *SAP 2000 V10*. Es el software más utilizado para análisis estructural. Ha sido empleado para calcular la mayoría de estructuras famosas y de gran envergadura en la actualidad. Es frecuentemente usado por ingenieros civiles y mecánicos para el diseño y análisis de proyectos. Para realizar el análisis y diseño de la estructura en SAP2000 10.1 necesitamos seguir los siguientes pasos:

1. Dibujar el modelo en AUTOCAD, e importarlo hacia SAP2000.
2. Definir estados de carga y sus combinaciones.
3. Establecer materiales, secciones y perfiles.
4. Asignar las secciones a los diferentes elementos estructurales.
5. Determinar cargas con los valores respectivos.
6. Verificar condiciones de apoyo en puntos y nodos.
7. Analizar en "Run Now".
8. Seleccionar el código de diseño a aplicar.
9. Ejecutar la opción "Diseño".

2.6.2 *ANSYS 12.1*. Ofrece soluciones rápidas y precisas para la comunidad del automóvil con el conjunto más completo de herramientas de generación automática de

mallado de CAD-asociativa. Estos están totalmente integrados con el modelado de física avanzada, capacidades en todas las disciplinas más importantes, incluyendo el análisis estructural, electromagnetismos térmicos y fluidos. Desde la aerodinámica y la administración térmica para el diseño del motor, durabilidad y NVH, productos y conocimiento de las aplicaciones de ANSYS están ayudando a las empresas a entender y optimizar el rendimiento del producto diseños mucho antes de que un prototipo se haya construido.

### **Modelado integral multiphysics.**

La industria automotriz fue uno de los primeros en adoptar la tecnología de simulación, y ahora la mayoría de las empresas innovadoras en la industria de seguir buscando los medios para lograr la simulación a la realidad. Para evaluar con precisión el rendimiento del producto, el diseño debe ser analizado en su entorno de trabajo y al mismo tiempo cuenta para la física múltiple.



## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DEL BASTIDOR

#### 3.1 Criterios sobre diseño [21]

##### 3.1.1 Criterio sobre rigidez

**Rigidez:** En ingeniería, es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

Se la puede generalizar por medio de la siguiente relación:

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (2)$$

Donde:

k factor de rigidez

P representa la carga aplicada.

$\Delta$  Representa la deformación.

Es necesario considerar en la rigidez de un bastidor dos conceptos fundamentales: la rigidez a la flexión y la rigidez torsional.

**Rigidez a la flexión:** es el valor de la flexión del bastidor producida por la carga de los distintos elementos que conforman el vehículo, es decir los esfuerzos producidos por las cargas muertas presentes.

**Rigidez a torsión:** es el valor producido por la deformación del bastidor en un esfuerzo de torsión, éste fenómeno puede aparecer cuando un auto pasa sobre un camino lleno de baches (no todas sus ruedas están a un mismo nivel) lo que es transmitido a su estructura, en este caso el bastidor.

- Se tendrá en cuenta que hay elementos que aportarán rigidez y nada despreciable a la estructura con su sola presencia, tal es el caso del motor y en menor medida el tren de potencia.
- Otro aspecto es el módulo elástico o de Young, esto ya en la elección del material, así al elegir un material distinto del acero estructural como aleación de aluminio o platino, para que no baje el valor de rigidez del bastidor será necesario incrementar o disminuir el diámetro de los tubos o correas o en su lugar aumentar o aminorar el momento de inercia según sea el caso, sin dejar de lado el importante factor costo.

3.1.2 *Criterio sobre peso de la estructura.* En el diseño de un bastidor se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

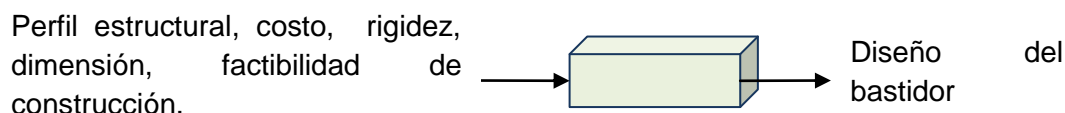
- El peso del bastidor debe ser lo menor posible, pero considerando la rigidez que debe tener la estructura.
- Es fundamental también tratar del centro de gravedad, el mismo que debe estar lo más bajo posible, esto tiene la función de dar estabilidad al vehículo en cualquier condición, esto también influye en el ítem correspondiente a seguridad.

3.1.3 *Criterio sobre seguridad.* Es de importancia fundamental que el lugar habitual del conductor o su habitáculo sea protegido de una manera especial, considerando que en caso de colisión su daño personal sea mínimo, hay que considerar que no se está diseñando una carrocería y más bien es nuestro campo diseñar una protección específicamente para los pies y piernas del conductor y acompañante.

El anclaje correcto de los componentes motrices al bastidor hará que se alargue su vida útil.

## Análisis de alternativas

3.1.4 *Definición del problema.* Para resolver el problema se utilizara la técnica de la caja negra, representada en la figura 3.1. Con sus correspondientes cuadros de entradas, salidas, variables de solución, restricciones y criterios para diseñar y construir un bastidor que permita obtener la mayor rigidez, estabilidad y fácil acople de los elementos del chasis.



**Figura 3.1.** Modelo de la caja negra

En la siguiente tabla se describe las características de entrada, consideradas para el proyecto.

**Tabla 3.1.** Características de entrada

I	VARIABLES DE ENTRADA	LIMITACIONES DE ENTRADA	CONDICIÓN
I1	Perfil C.	Tendencia al pandeo lateral.	Menor resistencia
I2	Perfil C traslapado.	Mayor peso estructural.	Mayor resistencia
I3	Tubo Cuadrado.	Espesor elevado	Menor resistencia

Fuente: Autores de la tesis

En la siguiente tabla se describe las características de las variables de salida, resultantes del proyecto.

**Tabla 3.2.** Características de salida

<b>F</b>	VARIABLE DE SALIDA	LIMITACIONES DE SALIDA	CONDICIÓN
<b>F1</b>	Diseño con perfil C.	Falla por pandeo.	Espesor > 8 mm
<b>F2</b>	Diseño con perfil C traslapado.	Diseño complejo.	Espesor = 3 mm
<b>F3</b>	Diseño con Tubo cuadrado.	Geometría sobredimensionada.	Espesor $\geq$ 10 mm

Fuente: Autores de la tesis

En la siguiente tabla se describe las características de las variables de solución, consideradas para el proyecto.

**Tabla 3.3.** Variable de solución

<b>S1</b>	Fácil montaje de elementos mecánicos al bastidor.
<b>S2</b>	Juntas soldadas factibles.
<b>S3</b>	Estabilidad y rigidez.
<b>S4</b>	Diseño estético.
<b>S5</b>	Materiales a Usar.
<b>S6</b>	Costos.

Fuente: Autores de la tesis

En la siguiente tabla se describe las características de las restricciones de solución, que se consideran en el proyecto.

**Tabla 3. 4.** Restricciones

<b>R1</b>	Perfil estructural de espesor no mayor a (3 -4) mm. y 10 mm de ancho.
<b>R2</b>	Los travesaños deben tener una forma que permita un fácil montaje.
<b>R3</b>	Los travesaños tendrán geometría diferentes a la de los largueros
<b>R4</b>	Costo no Mayor de 200 dólares.

Fuente: Autores de la tesis

En la siguiente tabla se describe las características de los criterios, que se consideran para el proyecto.

**Tabla 3. 5.** Criterios

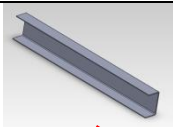
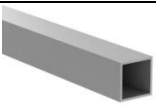
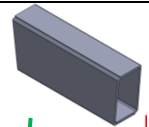
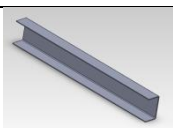
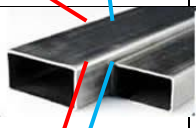
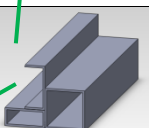
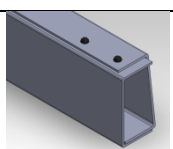
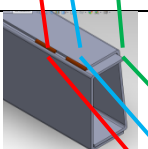
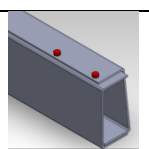
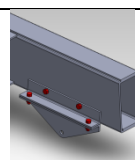
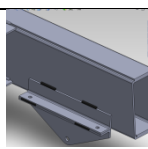
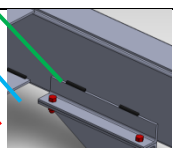
<b>C1</b>	Costo de fabricación.	Mínimo
<b>C2</b>	Factibilidad de construcción	Máxima
<b>C3</b>	Facilidad de montaje.	Máximo
<b>C4</b>	Fácil soldabilidad	Máximo
<b>C5</b>	Rigidez	Máximo

Fuente: Autores de la tesis

3.1.5 *Generación de alternativa.* La generación de soluciones es, por supuesto, el aspecto esencial y central del diseño, es por ello que para agrupar y esquematizar este conjunto de ideas se recurre al análisis morfológico de una matriz de soluciones que sistematiza la forma que puede tomar un producto o máquina.

3.1.5.1 *Matriz morfológica.* Es un método analítico-combinatorio, su objetivo es resolver problemas mediante el análisis de las partes que lo componen. Parte de una lista de atributos para generar nuevas posibilidades. Por tanto consiste en analizar combinaciones y ver sus posibilidades creativas, se la puede realizar al azar o por enumeración ordenada.

**Tabla 3.6.** Matriz morfológica

FUNCIONES		SOLUCIONES		
1	Tipo de perfil para largueros.	Forma de C	Cuadrado	Traslape de C
				
2	Tipo de perfil para travesaños.	Forma de C	Rectangular	Tipo C, rectangular cuadrado.
				
3	Material de construcción.	Hierro Fundido	Acero	Acero de Construcción
4	Tipo de junta del bastidor.	Remachado	Soldado	Empernado
				
5	Montaje de elementos mecánicos al bastidor.	Empernado	Soldado	Empernado y soldado
				

Fuente: Autores de la tesis



Alternativa 1



Alternativa 2



Alternativa 3

### 3.1.6 Selección de alternativa

3.1.6.1 *Clasificación de vehículos.* Para desarrollar el diseño del vehículo liviano se consideró necesario diferenciar las características del vehículo liviano y pesado.

**Tabla 3.7.** Clasificación y características de los vehículos

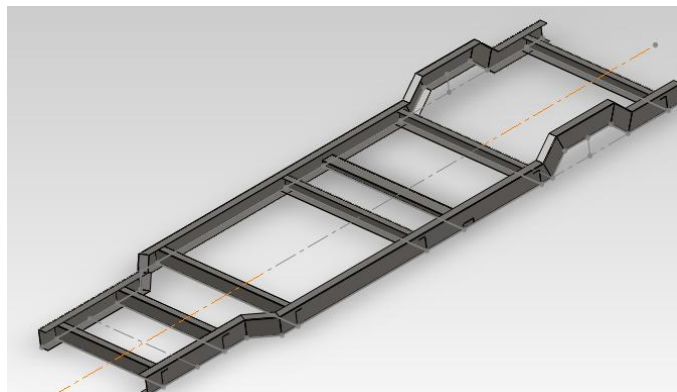
TIPO DE VEHÍCULO		CARACTERÍSTICAS			
		LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	PESO (KG)
<b>Liviano</b>	Automóvil	3.49 - 5.28	1.48 - 2.06	1.46 - 2.01	760 - 2.905
	Station Wagon	4.23 - 4.93	1.96 - 1.86	1.43 - 1.76	1.170 - 1.800
	Camioneta Pick Up	3.64 - 5.78	1.49 - 2.03	1.61 - 2.09	820 - 2.266
	Camioneta Panel	4.69 - 5.04	1.69 - 1.82	1.97 - 1.99	1.700 - 1.800
<b>Pesado</b>	Ómnibus de 2, 3 y 4 Ejes	Más de 33 asientos, de 6 - 10 neumáticos.		23000 - 30000	
	Camión de 2, 3 y 4 Ejes	6 - 10 neumáticos		17000 - 30000	
	Tracto-camión de 2, 3 y 4 Ejes	Arrastra semi-remolque, de 6 - 10 neumáticos			

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/35019115/Peso-de-Vehiculos>

3.1.6.2 *Bosquejo y descripción de propuestas.* Hecha la abstracción con los supuestos, se elaboran los bosquejos de las propuestas dadas en SolidWork, para así conseguir hacer una evaluación precisa sobre el alcance de cada una de estas opciones y ponderar en base a la evaluación de las mismas.

### ALTERNATIVA 1

La primera alternativa que se presenta es un modelo sencillo inspirado en los modelos actuales de bastidor de camioneta, hay que recalcar que no se fabricará con la curva característica ya que no se dispone de la tecnología necesaria en el medio y en su lugar se realizará dicho detalle de manera poligonal por medio corte y suelda en el perfil.



**Figura 3.2.** Alternativa 1

**Tabla 3.8.** Características de la alternativa 1

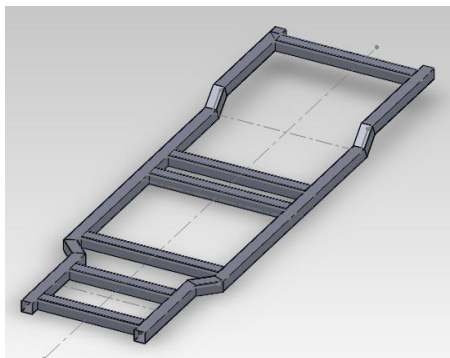
Longitud del bastidor	3450 mm
Ancho del bastidor	1030 mm
Material	Perfil Estructural en "C" 100x50x3
Peso aproximado estructura	80.64 Kg
Costo	356.83 USD

Fuente: Autores de la tesis

## ALTERNATIVA 2

Esta alternativa presenta una configuración que ayudara al acople de la suspensión, se realizará con tubo cuadrado, lo que presenta una mejor rigidez del modelo, en cuanto que, con perfil en C se presenta pandeo lateral. Los detalles de curvatura posterior serán realizados por corte y soldadura.





**Figura 3.3.** Alternativa 2

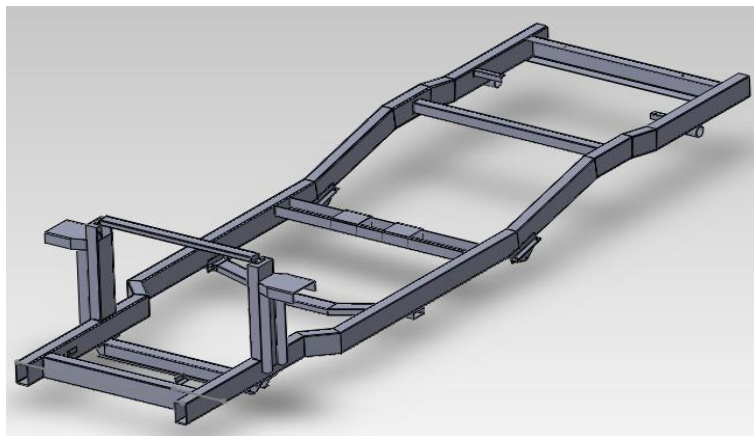
**Tabla 3.9.** Características de la alternativa 2

Longitud del bastidor	3400 mm
Ancho del bastidor	1030 mm
Materiales	Tubo Cuadrado 100x100x3
Peso aproximado estructura	106.68 Kg
Costo	379,23 USD

Fuente: Autores de la tesis.

### ALTERNATIVA 3

- La tercera alternativa de diseño presenta todos los travesaños distintos; de tal forma que favorezca al acople de los elementos al bastidor.
- La configuración de acortamiento en la parte delantera y el travesaño (para el motor) se debe a que con una menor distancia entre los largueros y travesaños logrando una mayor rigidez en esta parte crítica del bastidor.
- Se usa como material estructural perfil C en traslape para los largueros, con lo que se logrará mayor rigidez en la estructura.
- Los detalles de curvatura serán realizados por corte y soldadura.



**Figura 3. 4.** Alternativa 3

**Tabla 3.10.** Características de la alternativa 3

Longitud del bastidor	3480 mm
Ancho del bastidor	1057 mm
Material	Perfil "C" en traslape 100x50x3
Peso aproximado estructura	108.17 Kg
Costo	463.18 USD

Fuente: Autores de la tesis

3.1.7 *Evaluación de alternativas.* Se indicaran diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor de (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención, siendo 1 malo y 5 excelente. A los puntos de comparación también se les asignara un peso de (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de importancia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

Teniendo claras las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista Técnico y Económico.

**Tabla 3.11.** Evaluación económica

PUNTOS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE IMPORTANCIA (FI)	PUNTAJE (PI)			
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	PUNTAJE IDEAL
1 Materiales	3	5	3	5	5
2 Costo de Fabricación.	3	5	3	4	5
3 Equipos y Herramientas.	2	4	4	4	5
4 Asesoría Técnica	2	3	3	3	5
Total = $\sum(fi \times pi)$		44	32	41	50
Coeficiente Económico = P total/P ideal		88%	64%	82%	100%

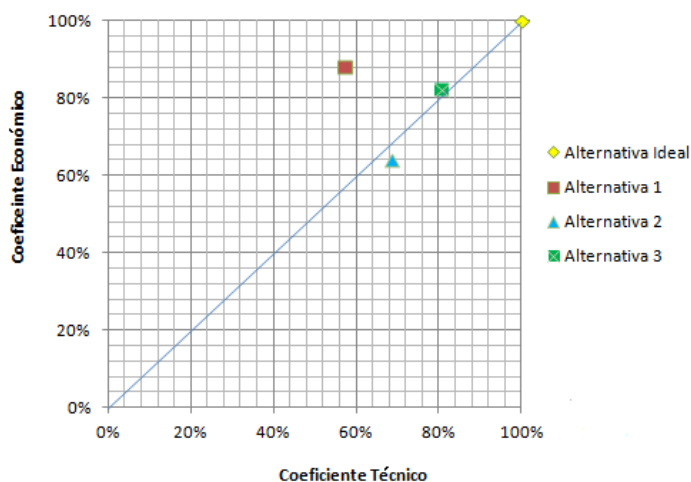
Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 3. 12.** Evaluación técnica

PUNTOS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)			
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	Puntaje Ideal
1 Diseño.	3	3	5	5	5
2 Facilidad de construcción.	3	3	3	4	5
3 Facilidad de montaje de elementos al bastidor.	2	2	3	4	5
4 Mantenimiento y reparación.	2	2	2	4	5
5 Resistencia al Pandeo.	3	2	3	5	5
6 Estabilidad.	3	3	3	4	5
7 Rigidez	3	3	4	4	5
8 Peso	2	5	4	3	5
Total = $\sum(fi \times pi)$		60	72	85	105
Coeficiente Económico = P total/P ideal		57%	69%	89%	100%

Fuente: Autores de la tesis

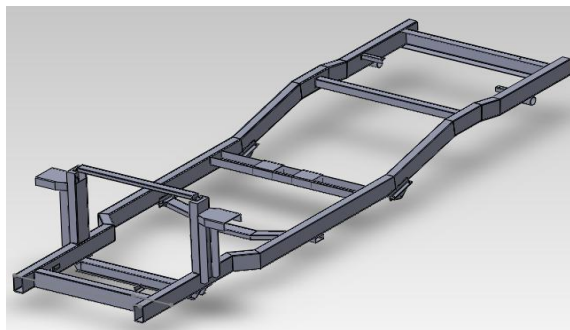
Mediante una comparación gráfica del coeficiente económico vs coeficiente técnico y de su respectiva ponderación, se analiza la alternativa que más se aproxime a la ideal, tal como se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3. 5.** Gráfico de dispersión técnico vs económicos

3.1.8 *Selección de la mejor alternativa.* La selección más adecuada será la opción que además de tener los coeficientes Técnicos y Económicos apropiados, mantenga un equilibrio entre estos.

Analizando los resultados de la evaluación económica se obtuvo que la alternativa 1 tenga un coeficiente económico de 78%, mientras que la alternativa 2 tiene el 82%, y la alternativa 3 tiene 74%. En cuanto a la evaluación técnica la opción 1 tiene el 57%, la alternativa 2 tiene el 63% con respecto a la alternativa 3 que es del 89%. Por esto el diseño indicado a desarrollar será basado en la ALTERNATIVA 3.



**Figura 3.6.** Mejor alternativa

### Diseño del bastidor

El dibujo se realizará en AUTOCAD, por cuanto durante el proceso de diseño del bastidor se necesitara cambiar repetidas veces la geometría de la estructura, hasta que satisfaga todos los objetivos.

Aplicando la Decisión 491 (09.FEB.2001) y la Resolución 720 (26.ABR.2003) de las normas dispuestas por la CAN “Comunidad Andina”, las cuales se basan en un reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos, se diseñara el bastidor de un vehículo automotor liviano, destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no exceda los 1000 Kg, y las siguientes especificaciones.

**Tabla 3.13.** Especificaciones técnicas de vehículo liviano

ESPECIFICACIONES		MÍNIMO	MÁXIMO
CILINDROS		4	8
VÁLVULAS		8	24
CILINDRADA (CC)		970	5883
DIMENSIONES (M)	LARGO	3.64	5.78
	ANCHO	1.49	2.03
	ALTO	1.61	2.09
PESO (KG)		820	1.380

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/35019115/Peso-de-Vehiculos>

Tomando en cuenta las especificaciones de la tabla anterior, las dimensiones del bastidor serán consideradas las siguientes:

### **Largueros**

Los largueros “Perfil C en traslape” forman una geometría que se extiende para la parte trasera y al final tiene una configuración de curva que facilita el montaje de la suspensión trasera.

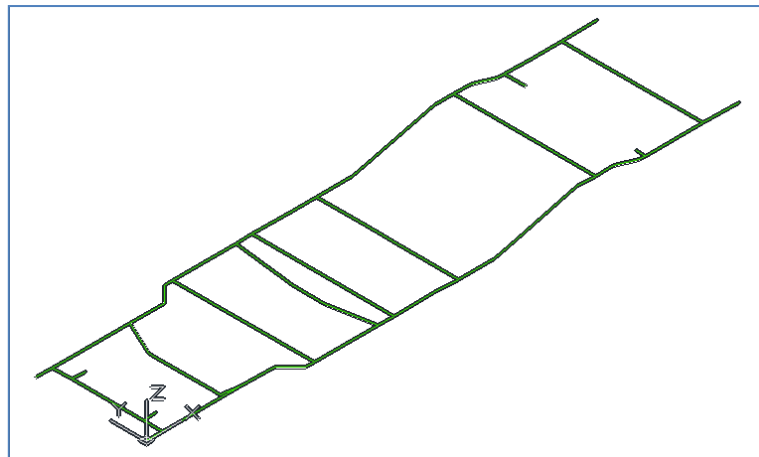
### **Travesaños**

- Dos travesaños “Perfil C”, uno al frente del bastidor que será de menor longitud que el posterior.
- Un travesaño en perfil omega, donde se asienta el motor, y que esta conjuntamente ensamblado con el tren delantero.
- Un travesaño en tubo rectangular, destinado al soporte de la caja de velocidades, tiene una configuración que facilite el montaje de la misma.
- Un travesaño en perfil C, donde se ubicara los asientos y soportara el árbol de transmisión en su junta y a demás debido a su diseño tendrá refuerzos estructurales.
- Un travesaño en tubo cuadrado brindara rigidez, y estará ubicado en el centro de la curva donde se alojara la suspensión trasera.

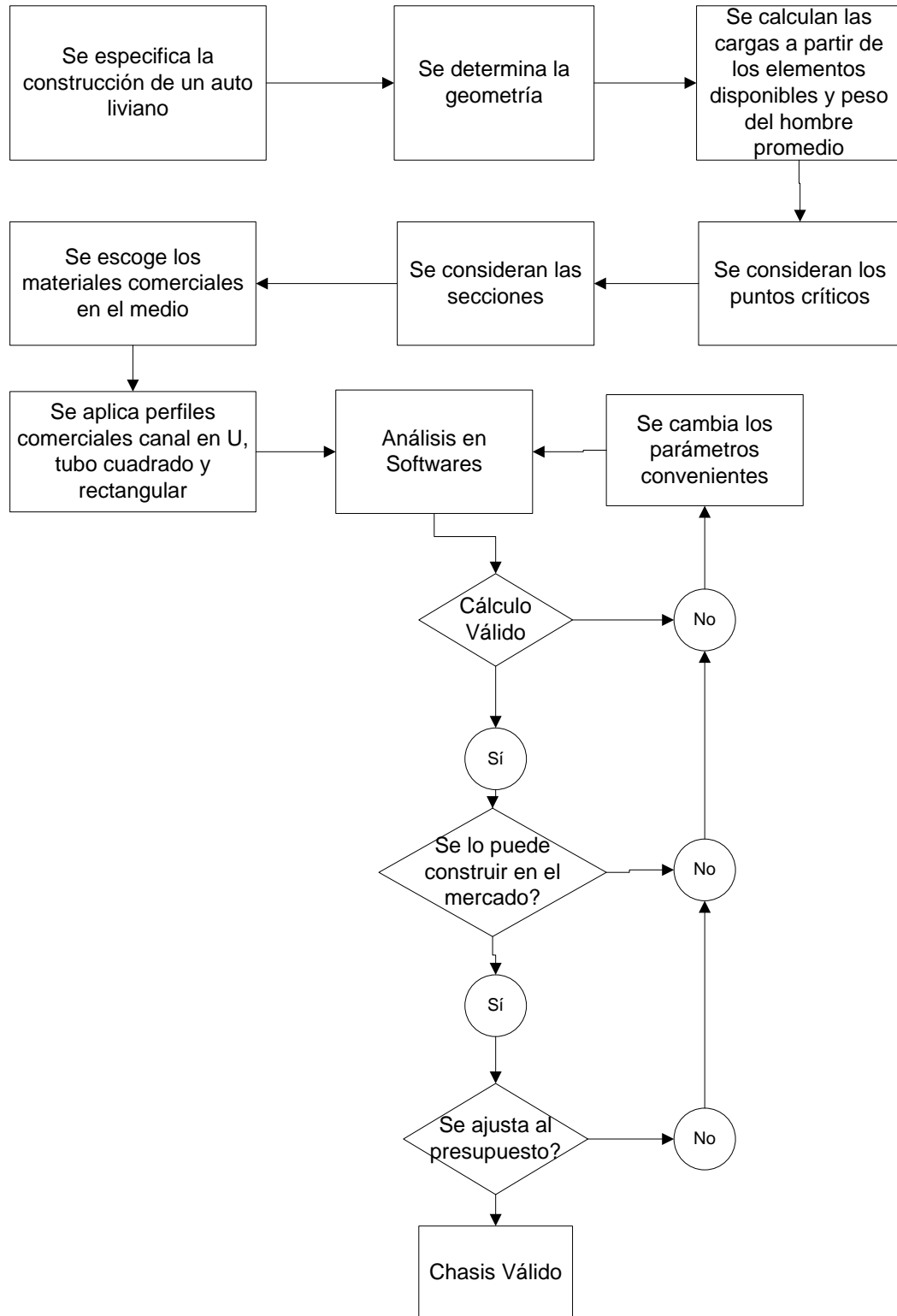
### **Apoyos**

Los puntos de apoyo en ángulo se ubicaran de tal manera que faciliten el montaje de los elementos mecánicos al bastidor, así se tiene para el radiador, suspensión delantera, caja de velocidades, suspensión trasera y tanque de combustible.

Para ejecutar el cálculo se empleará SAP2000 V10, de igual manera se analizará en ANSYS 12.1, para lo cual el dibujo se realizó en SOLIDWORK 2011.



**Figura 3.7.** Bastidor dibujado en AUTOCAD

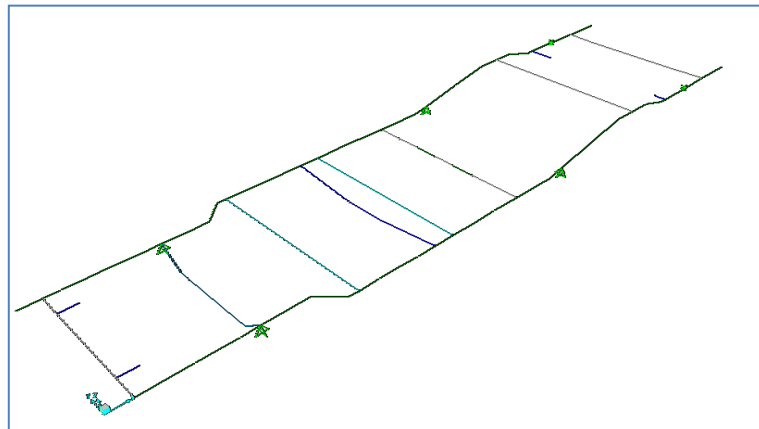
3.1.9 *Flujograma del diseño del bastidor*



3.1.10 *Diseño del bastidor en SAP 2000 V10.* El estudio realizado en SAP se basa en tres aspectos básicos; definir, asignar y el análisis de resultados. Para realizar el análisis y el diseño se seguirá los siguientes pasos:

- a) Importar la geometría del bastidor dibujado en AUTOCAD.
- b) Definir las cargas, las combinaciones son generadas automáticamente.
- c) Designar materiales, secciones y perfiles con las modificaciones correspondientes.
- d) Asignar las secciones a los elementos estructurales.
- e) Asignar cargas y restricciones.
- f) Ejecutar el análisis.

Una vez dibujado el bastidor en AUTOCAD se importa desde SAP para su análisis. Los procedimientos se muestran en el Anexo 1.



**Figura 3.8.** Estructura del bastidor a SAP2000

3.1.10.1 *Definición de los estados de carga y sus combinaciones.* Se toma en cuenta para el diseño del proyecto la Especificación AISC-ASD01 (Diseño por Esfuerzos Permisibles), los resultados se basa en los esfuerzos permisibles de la estructura debido a la acción de la combinación de cargas [22].

El método ASD puede ser representado por la igualdad:

$$\sum Q_i \leq R_n / F.S. \quad (3)$$

El lado izquierdo es la suma de los efectos de la carga  $Q_i$  (por ejemplo fuerzas y momentos). El lado derecho es el esfuerzo nominal o resistencia  $R_n$  dividida por un factor de seguridad.

- $1.0D + 1.0L$
- $0.75D + 0.75L + 0.75W$
- $0.75D + 0.75L + 0.75E$

$D$  = Carga muerta

$L$  = carga viva

$W$  = carga de viento

$E$  = carga sísmica

Cabe indicar que las combinaciones dadas por el código ASD01 son modificadas y adaptadas a los requerimientos del proyecto. Las combinaciones son establecidas de la siguiente manera:

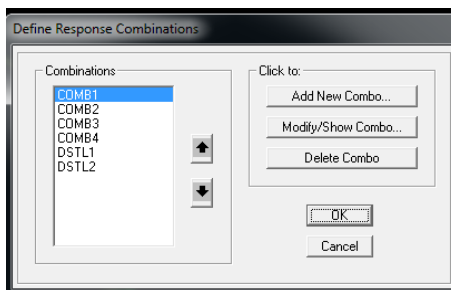
COMB1 = P-PROPIO

COMB2 = P-PROPIO + C-VIVA

COMB3 = P-PROPIO + C-MUERTA

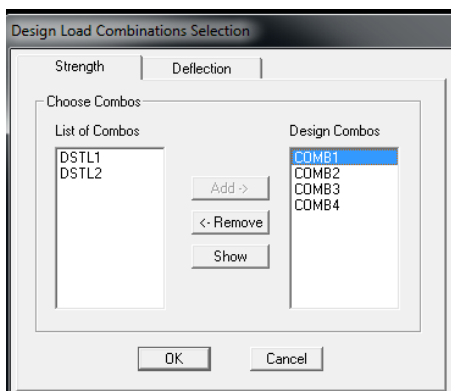
COMB4 = P-PROPIO + C-VIVA + C-MUERTA

Una vez ya creada las combinaciones de cargas, se ingresan al programa (ver el anexo 1). Dando como resultado la siguiente pantalla.



**Figura 3.9.** Ingreso de la combinación de cargas

**Nota:** Las combinaciones de carga corren automáticamente en el programa, por lo tanto se deben activar, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3.10.** Activación de las combinaciones de cargas

### 3.1.10.2 Determinación de cargas

#### Carga muerta (D)

Para el peso de la carrocería; se considera el peso de la ficha técnica del vehículo liviano que es 1000 Kg menos el total de la carga muerta considerada en la tabla 3.14 que es de 445,40 Kg, este valor será el peso asignado para la carrocería y otros accesorios.

$$\text{Peso de la carrocería} = 1000 - 445,40 = 554,60 \text{ Kg.} \rightarrow 5435,08 \text{ N}$$

**Tabla 3. 14.** Carga de la carrocería y otros accesorios

CARGAS	PESO (KG)	PESO (N)	TIPO DE CARGA	DISTRIBUCIÓN
Carrocería y otros accesorios	554,60	5435,08	Muerta	Puntual

El peso de los elementos mecánicos se ha obtenido directamente en Kg por medio de una balanza. Las cargas consideradas muertas para el proyecto se muestran en la siguiente tabla.

**Nota:** El peso de la estructura es calcula por el programa automáticamente.

**Tabla 3. 15.** Cargas muertas en el bastidor

CARGAS		PESO (Kg)	PESO (N)	TIPO DE CARGA	DISTRIBUCIÓN
1	Asientos	90	882	Muerta	Distribuida
2	Caja de cambios	36,8	361	Muerta	Distribuida
3	Árbol de transmisión	11,8	116	Muerta	Distribuida
6	Diferencial	61,8	606	Muerta	Puntual
7	Motor	120	1176	Muerta	Puntual
9	Radiador	8,2	80	Muerta	Puntual
10	Tren delantero	71,8	704	Muerta	Distribuida
Total de carga (sin carrocería)		445,40	4365		

Fuente: Autores de la tesis

### Carga viva (L)

Para el proyecto se considera como carga viva a los ocupantes y el combustible. Para el peso de los ocupantes se considera la persona promedio (percentil 95%), cuyo peso es de 75Kg.

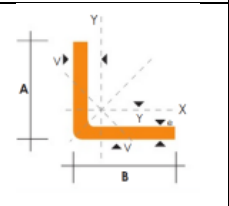
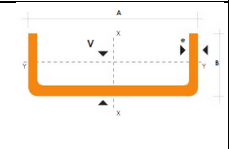
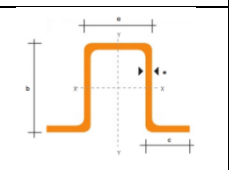
**Tabla 3.16.** Cargas vivas en el bastidor

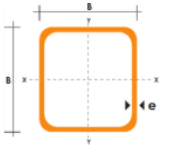
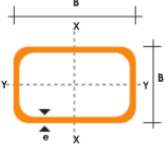
CARGAS		PESO (Kg)	PESO (N)	TIPO DE CARGA	DISTRIBUCIÓN
1	Combustible	45	441	Viva	Puntual
2	Ocupantes (8)	600	4410	Viva	Distribuida

Fuente: Autores de la tesis

3.1.10.3 *Definición de los materiales y propiedades de sección.* El material a ser utilizado es el acero estructural ASTM A36, con las dimensiones, denominación del perfil y las secciones del material necesario para el diseño del bastidor.

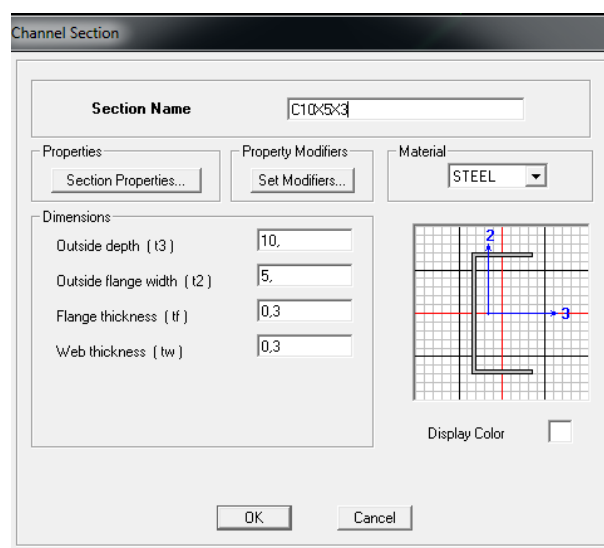
**Tabla 3.17.** Material y sección

MATERIAL		DIMENSIONES (mm)			PESO (Kg/m)
		LARGO	ANCHO	ESPESOR	
Ángulo (L2.5X3)		25	25	3	0,73
Perfil C (C10X5X3) (DC10X5X3)		100	50	3	4,48
Perfil omega (PO10X8X3)		4	80	3	2,50

Tubo cuadrado (TC5X5X3)		40	40	3	4,48
Tubo rectangular (TR7X3X3)		70	30	3	4,48

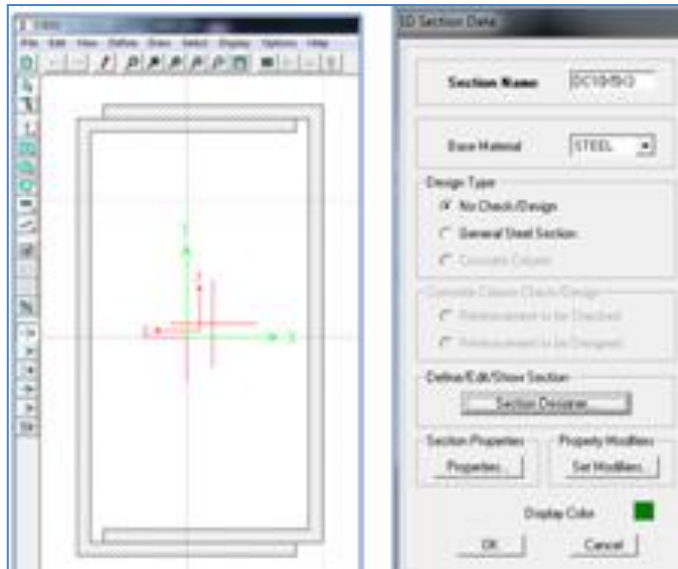
Fuente: Autores de la tesis.

Cada material tiene su denominación y sección, se definirá en SAP de acuerdo a los siguientes ejemplos.



**Figura 3.11.** Ingreso de medidas del perfil

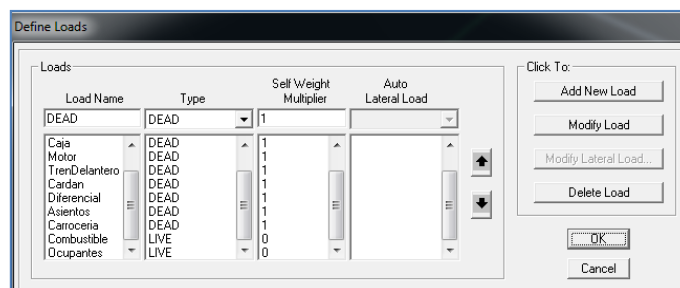
En el caso del perfil C en traslape se debe crear una nueva sección, ya que en la base de datos del SAP este perfil no se encuentra.



**Figura 3.12.** Diseño de un nuevo perfil

La definición de los materiales y propiedades de sección se detallan en el manual de procedimientos para el diseño del bastidor en el Anexo 1.

3.1.10.4 *Definición de cargas.* Una vez que se determino las cargas se ingresa al programa (Anexo 1). Dando como resultado la siguiente ventana.



**Figura 3.13.** Definición de cargas

3.1.10.5 *Asignación de restricciones.* Los puntos para las restricciones son en los apoyos para la suspensión, el movimiento de traslación en los ejes 1,2,3 y el movimiento de rotación en los ejes 1 y 3 obteniendo solo movimiento producido por la suspensión que corresponde al eje 2. El procedimiento para restringir los nodos se muestra en el diseño del bastidor (Anexo 1).



**Figura 3.14.** Restricciones de los apoyos

### Interpretación

U1 – Restricción en el movimiento Eje X

U2 – Restricción en el movimiento Eje Y

U3 – Restricción en el movimiento Eje Z

R1 – Restricción en el giro –momento- Eje X. No gira en el plano YZ

R2 – Restricción en el giro –momento- Eje Y. No gira en el plano XZ

R3 – Restricción en el giro –momento- Eje Z. No gira en el plano YX

3.1.10.6 *Asignación del material.* El material con el cual se trabajara se modificara de acuerdo al acero ASTM A36, que tiene las siguientes propiedades.

$$F_y = 248,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_u = 400 \frac{N}{mm^2}$$

$$E = 207000 \frac{N}{mm^2}$$



Los demás valores se mantienen como: Tipo de material isotrópico. Los procedimientos para realizar estas modificaciones se muestran en el anexo 1.

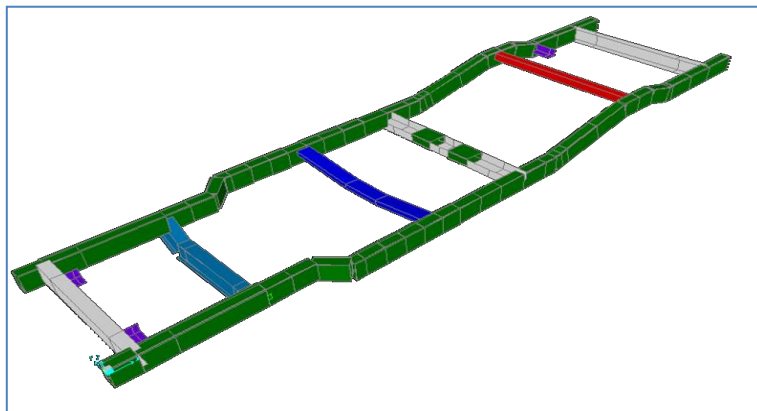
3.1.10.7 *Asignación de perfiles*. Se asigna los perfiles al bastidor; los largueros, travesaños y apoyos con las siguientes características.

**Tabla 3.18.** Perfiles del bastidor

PARTE DEL BASTIDOR	ASIGNACIÓN	MATERIAL	COLOR
Ángulo (L2.5X3)	Apoyos	Steel	Lila
Perfil C (C10X5X3)	Travesaños	Steel	Blanco
Perfil (DC10X5X3)	Largueros	Steel	Verde
Perfil omega (PO10X8X3)	Travesaño para el motor	Steel	Celeste
Tubo cuadrado (TC5X5X3)	Travesaño	Steel	Rojo
Tubo rectangular (TR7X3X3)	Travesaño caja	Steel	Azul

Fuente: Autores de la tesis

Para determinar si los elementos están correctamente asignados se activa la opción *Extruir Section*, en la siguiente grafica se muestra la estructura del bastidor con los perfiles asignados.



**Figura 3.15.** Secciones extruidas

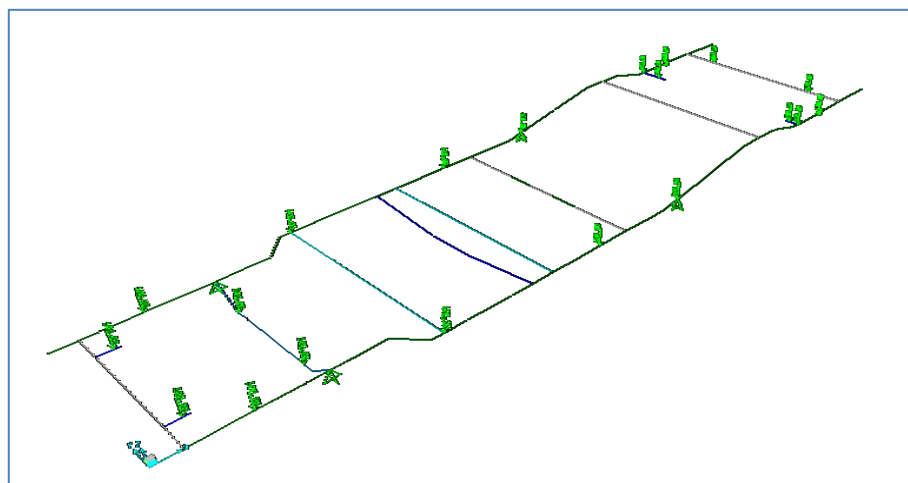
3.1.10.8 *Asignación de cargas.* Las cargas que fueron determinadas en la Tabla 3.3.1.1, se ingresan al programa, se selecciona los nodos y elementos donde van a ser aplicadas con su respectivo valor y dirección.

**Tabla 3.19.** Cargas y su distribución en el bastidor (SAP2000)

CARGA	VALOR (N)	DISTRIBUCIÓN	DETALLES DE CARGA			DIRECCIÓN
			#	LONGITU D (MM)	CARGA (N)	
Asientos	882	Distribuida	2	12.5	67,23	-z
			4	15	80,67	
			2	13	69,91	
			4	12	64,54	
			2	7.5	40,34	
Caja de cambios	361	Distribuida	1	20	361	-z
Cardan	116	Distribuida	2	6	58	-z
Carrocería y otros accesorios	5435,08	Puntual	8		679,38	-z
Combustible	392	Puntual	4		98	-z
Diferencial	606	Puntual	4		151.5	-z
Motor	1176	Puntual	2		588	-z
Ocupantes (8)	5880	Distribuida	2	12.5	448,17	-z
			4	15	537,80	
			2	13	466,10	
			4	12	430,24	
			2	7.5	268,90	
Radiador	80	Puntual	2		40	-z
Tren Delantero	704	Distribuida	2	15.5	144,53	-z
			2	5	46,62	
			1	34.5	321,70	

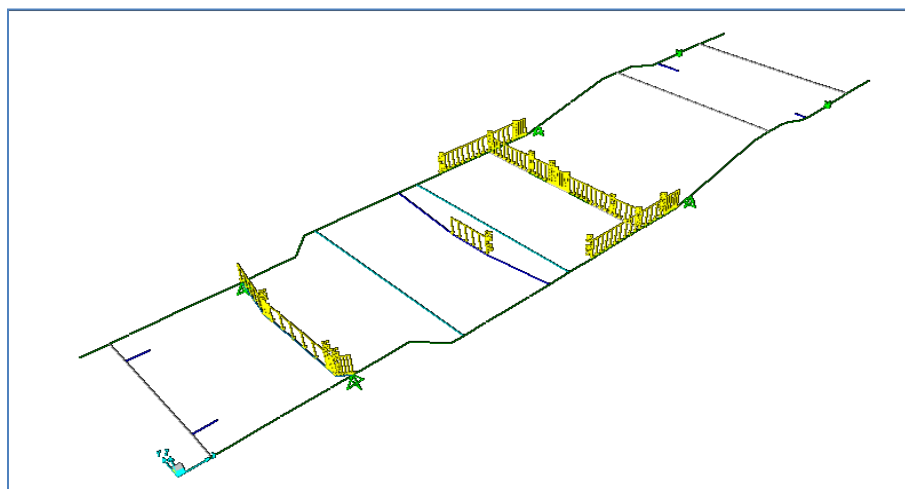
Fuente: Autores de la tesis.

Una vez determinado los valores de la carga y su distribución se ingresan al programa, en la siguiente figura se muestra las cargas puntuales que se consideran para este proyecto. La identificación de cada carga se indica en el anexo 1.



**Figura 3.16.** Asignación de cargas puntuales



Las cargas distribuidas que se consideran para el proyecto se muestran en la siguiente gráfica. La identificación de cada carga se indica en el anexo 1.

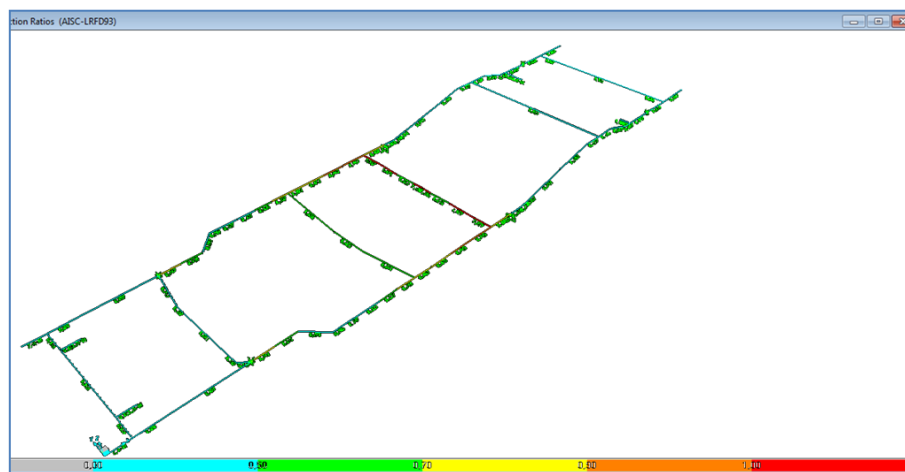


**Figura 3.17.** Asignación de cargas distribuidas

3.1.10.9 *Comprobación de la relación de esfuerzos.* El programa SAP 2000 V10 permite visualizar que elemento está en modo de falla por medio de una barra de colores que va desde el valor desde el valor de 0 (gris) a 1(rojo). La misma indica la relación de esfuerzos del elemento, de esta manera se determina que elemento soporta los esfuerzos y cual no, está relación no debe ser mayor o igual a 1, el valor máximo aceptable es de 0,95.

Siendo la convención de colores de la siguiente manera: de estar un elemento bien diseñado o con buena tolerancia al esfuerzo mostrara el color gris y celeste, si esta en un parámetro considerado bueno entonces será verde y amarillo, el siguiente color representa un valor critico como es el naranja, y el rojo se considera como inaceptable debido a un inminente colapso de la estructura analizada.

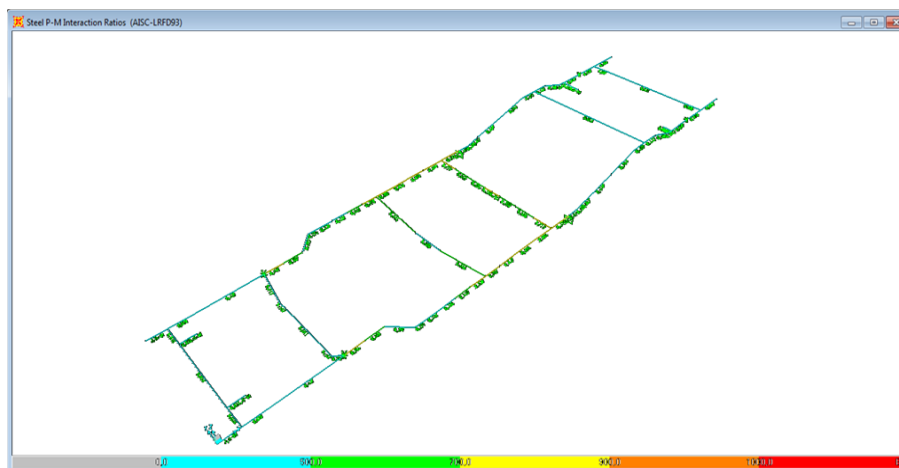
Una vez ingresado todos los parámetros antes mencionados se ejecuta el programa dando clic en el botón  Run Analysis, luego dar clic en el botón  Start Design/Check of Structure. Los procedimientos se muestran en el Anexo 3.



**Figura 3.18.** Análisis del bastidor por la relación de esfuerzos

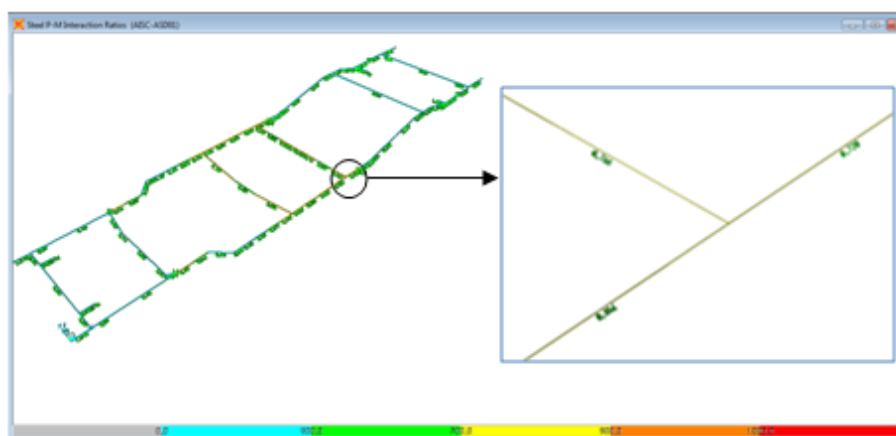
Analizando la gráfica se observa que 6 elementos presentan fallas en el diseño del bastidor. Refiriéndose al algoritmo de diseño se realizará los cambios necesarios para obtener el bastidor que soporte los esfuerzos en condiciones admisibles.

Entre los cambios que se realizaron fue el reforzamiento del travesaño donde se ubicará los asientos (de perfil C por perfil C en traslape), dando como resultado:



**Figura 3.19.** Análisis de relación de esfuerzos una vez implementado los cambios

Una vez realizado los cambios, se obtiene resultados favorables en cuanto a la relación de esfuerzos proporcionados por el programa SAP2000 V10, en la siguiente gráfica se muestra los elementos que presentan una relación de esfuerzos, siendo el valor más crítico de la relación de esfuerzos de 0,856, en la parte central del larguero.



**Figura 3.20.** Relación de esfuerzos

Con el botón derecho sobre cada barra, accedemos a los **datos numéricos** sobre la relación, donde se puede observar **detalladamente** los resultados.

COMBO ID	STATION LOC	----MOMENT RATIO	INTERACTION =	CHECK-----//	-MAJ-SHR--	-MIN-SHR-/
DSTL1	0,00	0,248 (C)	=	0,011 + 0,162 + 0,074	0,150	0,023
DSTL1	15,00	0,428 (C)	=	0,011 + 0,409 + 0,008	0,174	0,023
DSTL2	0,00	0,724 (C)	=	0,011 + 0,644 + 0,070	0,605	0,022
DSTL2	15,00	0,431 (C)	=	0,011 + 0,413 + 0,008	0,786	0,022

**Figura 3.21.** Datos numéricos sobre la relación de esfuerzos

Los detalles de cálculo (los esfuerzos reales –STRESS- y los permitidos - ALLOWABLE -), y la relación entre estos marca el color de la barra.

La relación se determina por el **esfuerzo real/esfuerzo tolerable**. De la suma de la (Relación Axial +Relación Momento Flector eje Principal +Relación Momento Flector eje Secundario).

3.1.10.10 *Análisis del estado de deformación o rigidez.* Por efectos de las cargas aplicadas en todos los nodos y elementos, estos presentan deformaciones, estas no deben sobrepasar el valor límite dado por la relación;  $\frac{L}{1000}$

Esta relación se aplicara tanto para carga viva como para la muerte, ésta relación se emplea para puentes grúa y se aproxima para éste diseño.

Para determinar la máxima deformación que entrega el programa se debe seguir los siguientes pasos.

Seleccionar del menú principal la opción Display, dar clic en Show Tables, en la opción Analysis Results marcar Joint Output y dar clic en el botón OK, de la tabla seleccionar Joint Displacements. Esta tabla indica los desplazamientos producidos por las cargas.

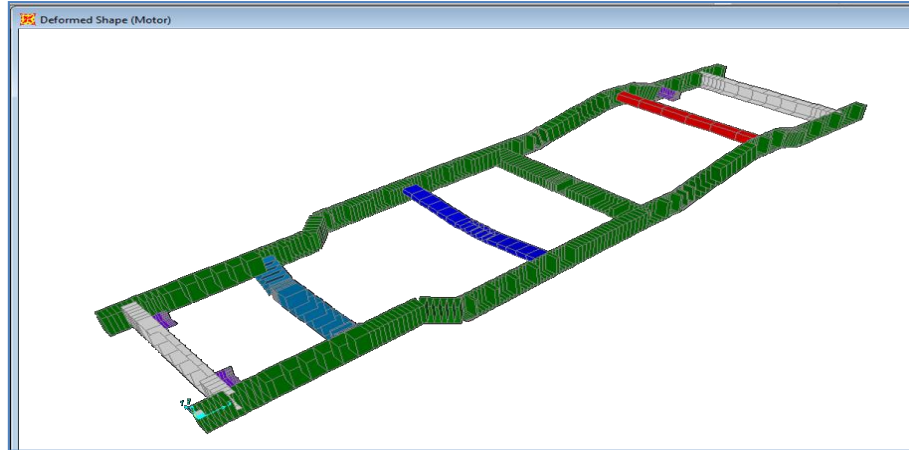
En la siguiente tabla es una comparación entre las deformaciones que entrega el programa y el valor calculado mediante la ecuación teórica (4) y (5).

**Tabla 3.20.** Límite de deformación por las cargas

CARGA	JOINT	LONGITUD (mm)	U3	LÍMITE DE DEFORMACIÓN	EVALUACIÓN
Radiador	238	11	0.149	0,110	OK
Caja	216	12	0,0116	0,012	OK
Motor	226	345	0,0044	0,345	OK
Tren delantero	228	755	0,0563	0,755	OK
Cardan	26	12	0,0381	0,012	OK
Diferencial	85	104	0,8374	0,085	OK
Asientos	245	50	0,0103	0,050	OK
Carrocería	50	3540	2,5880	3,540	OK
Combustible	70	550	0,7334	0,550	OK
Ocupantes	242	3540	2,7803	3,540	OK

Fuente: Autores de la tesis

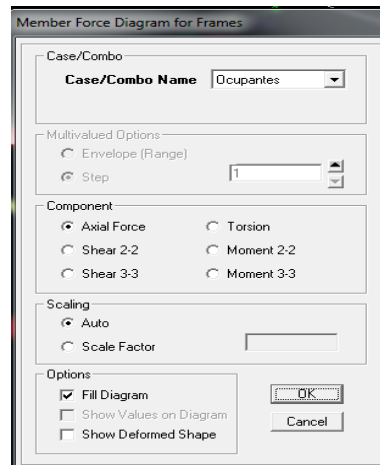
La deformación máxima calculada por SAP 2000 es de 2,7803 mm. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de dicho valor. Es decir que el bastidor designado con la combinación de perfiles necesarios de acuerdo a su necesidad funciona correctamente.



**Figura 3.22.** Deformación causada por las cargas

Analizando las cargas asignadas al bastidor, se observa que no producen daños simulados en la estructura, de tal manera que el bastidor trabaja en condiciones admisibles.

3.1.10.11 *Resultados obtenidos.* Para conocer los esfuerzos y momentos de las barras se dirige a otro submenú, Display / Show elementforces/stresses /Frames. En este submenú hay diversas posibilidades para mostrar los siguientes gráficos:



**Figura 3.23.** Selección de gráfica de resultado



Dónde:

**Axial Force** – Esfuerzos axiales (eje1 ó X)

**Shear 2-2** – Esfuerzo Cortante (ejeY ó 2)

**Shear 3-3** –Esfuerzo Cortante (eje Zó 3)

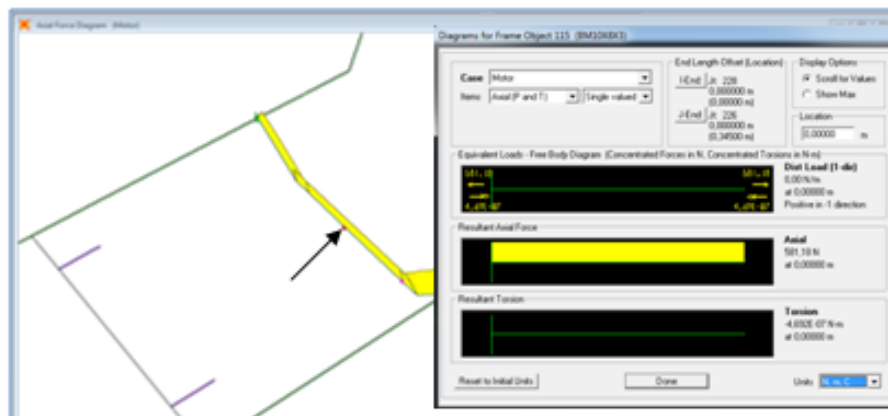
**Torsión** – Momento torsor (eje 1 óX)

**Moment 2-2** – Momento flector (ejeY ó 2)

**Moment 3-3** –Momento flector (ejeZ ó 3)

Los resultados se enfocan a las cargas más representativas es decir a los de mayor valor.

**Fuerza axial.** La carga que se considero es la del motor, la zona en rojo indica que está sometida a tracción y la zona amarilla sometida a compresión, teniendo como resultante de la fuerza axial de 581,18 N



**Figura 3.24.** Fuerza axial

**Torsión.** La carga a considerar es la de los ocupantes, la zona en rojo está sometida a tracción y la zona amarilla está sometida a compresión, la torsión resultante es de 63,67 N-m.

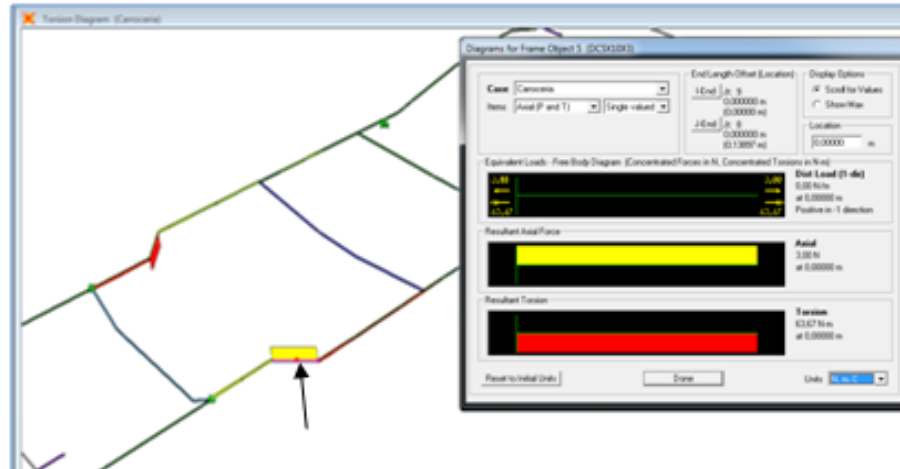


Figura 3.25. Torsión

**Momentos.** Considerando el COMB 4, para el **momento 2-2** es decir en torno al eje Y (Moment 2-2), los resultados fueron estos (amarillo +, rojo -), en la siguiente ventana muestra el momento máximo que es de 1861 N-m.

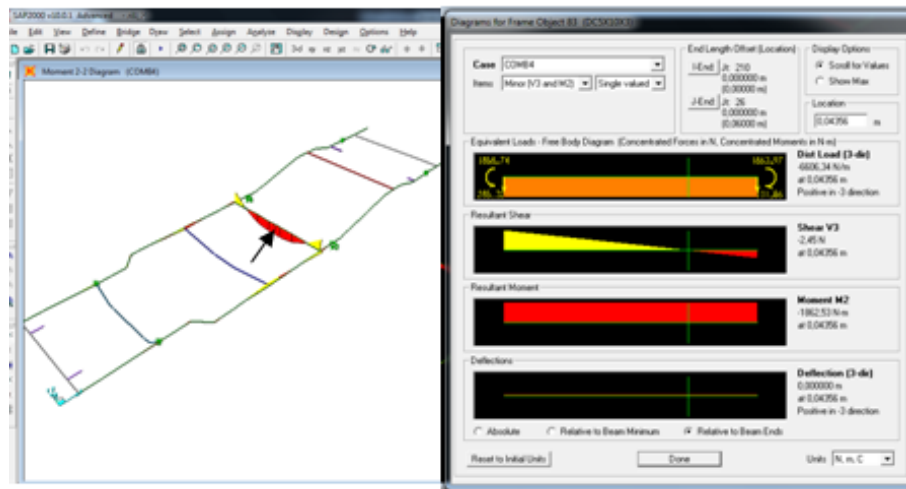
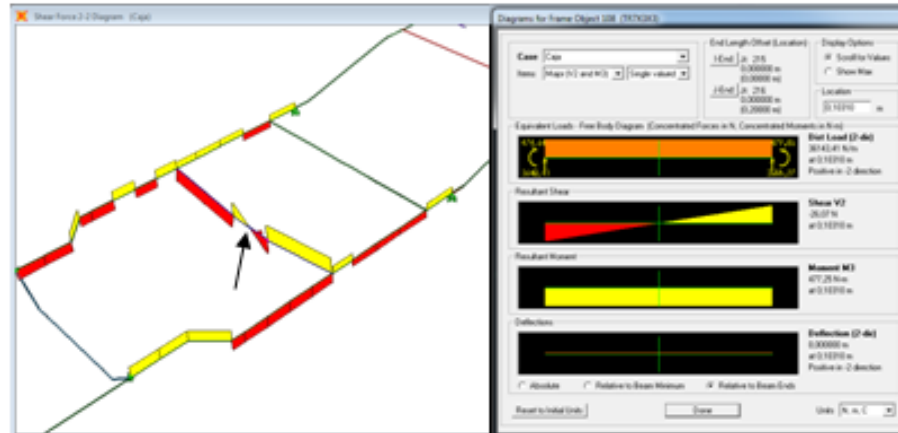


Figura 3. 26. Momento 2-2

**Cortantes.** Considerando la carga de la caja de velocidades, para el **cortante 2-2** es decir en torno al eje Y (Shear 2-2), los resultados fueron estos: (amarillo +, rojo -), el valor del cortante es de 26,07N.



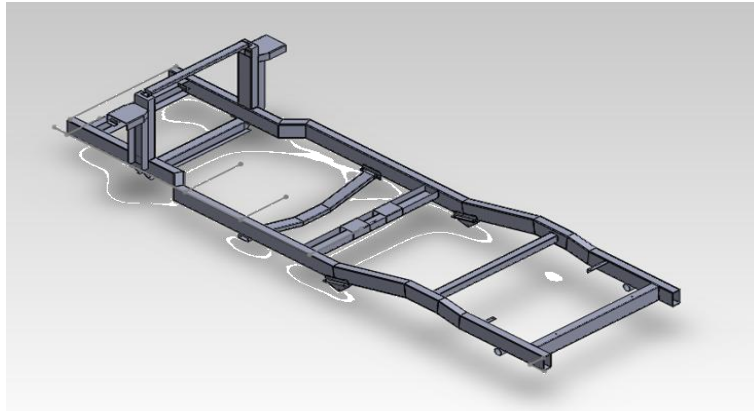
**Figura 3.27.** Cortante 2-2

3.1.11 *Diseño del bastidor en ANSYS 12.1.* En este trabajo se realizan una serie de simulaciones computacionales utilizando las herramientas incluidas en el software ANSYS 12.1, con el fin de analizar el comportamiento estructural del bastidor.

Como primer paso, se define la geometría del bastidor, los materiales y las reacciones que se presentan en este bajo la acción de las cargas externas. Empleando las herramientas incluidas en el software ANSYS 12.1, se analiza el comportamiento estructural de diferentes elementos del bastidor. Por último, aplicando los conceptos básicos de la resistencia de materiales, tales como esfuerzo normal y cortante, flexión, torsión y deformaciones, entre los principales, se verifican los resultados obtenidos por medio de ANSYS 12.1.

Para realizar el diseño y el análisis se seguirá los siguientes pasos:

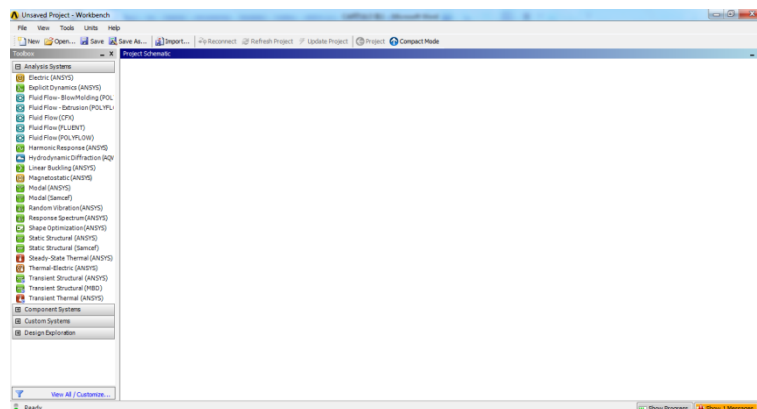
- Realizar la estructura del bastidor en SolidWorks.
- Ejecutar Workbench del software ANSYS 12.1.
- Definir sistema de unidades.
- Exportar la estructura a ANSYS 12.1.
- Asignar el material.
- Asignar cargas y sujeciones.
- Crear malla, y ejecutar el estudio.



**Figura 3.28.** Estructura del bastidor dibujado en SolidWorks

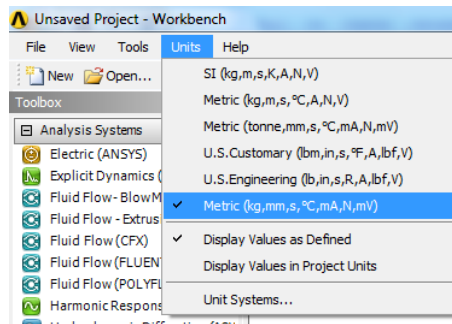
**Nota:** Una vez dibujado el bastidor en SolidWorks se puede exportar directamente a **ANSYS 12.1**. Para esto hacer clic en **ANSYS 12.1** en la barra de menús.

3.1.11.1 *Workbench de ANSYS 12.1.* Es la ventana de trabajo donde se realiza el análisis estructural, térmico, de fluidos y electromagnético. Para esta serie de análisis, de la carpeta ANSYS 12.1, seleccionar Workbench.



**Figura 3. 29.** Ventana de trabajo Workbench de ANSYS 12.1

3.1.11.2 *Definición del sistema de unidades.* Seleccionar el sistema de unidades. Para este estudio se seleccionara: Metric (Kg,mm,s,°C,N).



**Figura 3.30.** Selección de sistema de unidades

3.1.11.3 *Definición del tipo de estudio.* Cuando se aplican cargas a un sólido, éste se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del sólido. Por lo tanto se seleccionara Static Structural (ANSYS) el cual calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas.

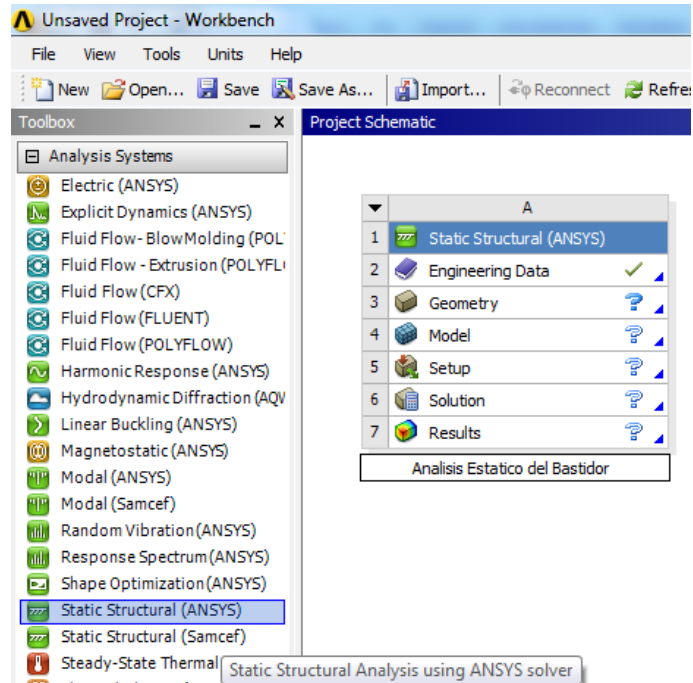
Los análisis estáticos lineales incluyen la suposición de linealidad, elasticidad y estática lineal. Los resultados del análisis no son válidos si no se cumplen estas suposiciones.

Suposiciones [23]

**De linealidad.-** La respuesta inducida es directamente proporcional a las cargas aplicadas. Por ejemplo, si aumenta al doble la magnitud de las cargas, la respuesta del modelo (desplazamientos, deformaciones unitarias y tensiones) aumenta al doble.

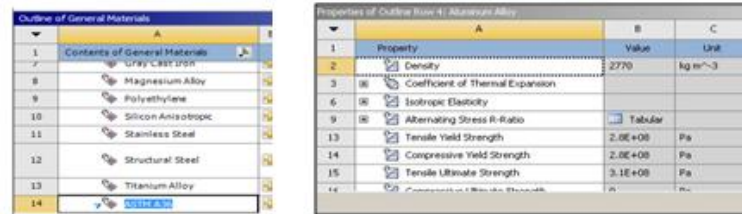
**De elasticidad.-** La pieza vuelve a su forma original cuando se suprimen las cargas (no hay deformación permanente).

**Estática.-** Las cargas se aplican lenta y gradualmente hasta que alcanzan sus magnitudes completas. Las cargas que se aplican repentinamente causan desplazamientos, deformaciones unitarias y tensiones adicionales.



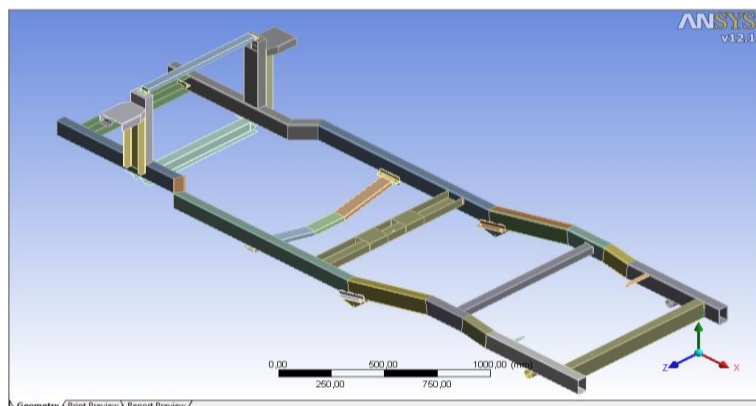
**Figura 3.31.** Selección de estudio: Static Structural (ANSYS)

3.1.11.4 *Definición del material.* El material para la estructura del bastidor se elige desde la Biblioteca de ANSYS 12.1, para el estudio seleccionar structural steel. Para esto dar doble clic en Engineering Data, seleccionar General Materials, después seleccionar Structural Steel. Los procedimientos para realizar estas modificaciones se muestran en el Anexo 2.



**Figura 3.32.** Selección del material

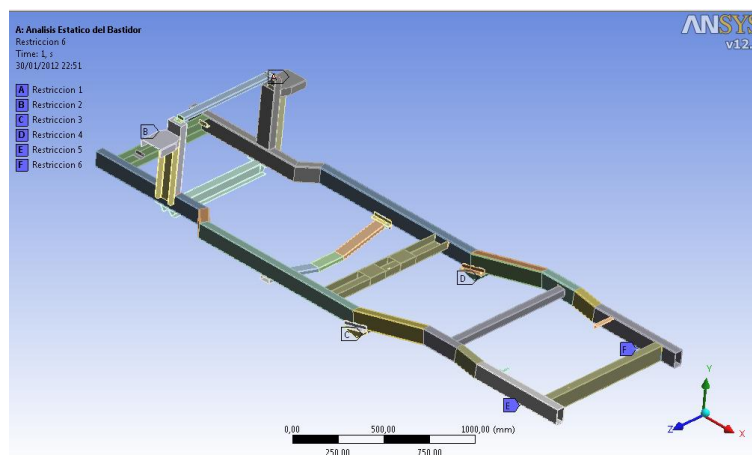
3.1.11.5 *Importación de la estructura desde SolidWorks.* Los procedimientos para importar la estructura del bastidor se muestran en el Anexo 2.



**Figura 3.33.** Estructura del bastidor importado a ANSYS

3.1.11.6 *Especificación de restricciones y cargas.* Las cargas y restricciones son necesarias para definir el entorno de servicio del modelo. Los resultados del análisis dependen directamente de las cargas y restricciones especificadas.

Las cargas y restricciones se aplican a entidades geométricas como operaciones que se asocian completamente a la geometría y se ajustan automáticamente a cambios geométricos. Los tipos de carga y restricciones disponibles dependen del tipo de estudio. En este caso se ubicara restricciones fijas asumiendo que la estructura no va a tener ni desplazamiento ni rotación al momento de ser aplicadas las fuerzas. Los procedimientos para asignar las restricciones y cargas se muestran en el Anexo 2.



**Figura 3.34.** Asignación de restricciones

Las cargas que fueron determinadas en la Tabla 3.7 se ingresan al software, en la siguiente tabla se determina los puntos, aristas o superficies donde van a ser aplicadas las cargas con su respectivo valor y dirección.

**Tabla 3. 20.** Cargas y su distribución en el bastidor (ANSYS)

CARGA	VALOR (N)	DISTRIBUCIÓN	VALOR POR NODO O ELEMENTO (N)			DIRECCIÓN.
Asientos	882	Superficie	2	120	75,06	-y
			2	585	365,94	
Caja de cambios	361	Superficie	1	100	361	-y
Árbol de Transmisión	116	Superficie	2	36	58	-y
Carrocería y otros accesorios	5435,08	Aristas	2	310	1186,53	-y
			2	400	1531	-y
Combustible	392	Arista	4		98	-y
Diferencial	606	Superficie	1	490	606	-y
Motor	1176	Superficie	1	365	1176	-y
Ocupantes (8)	5880	Superficie	2	120	500,43	-y
			2	585	2439,6	
Radiador	80	Superficie	2	15	40	-y
Tren Delantero	704	Superficie	1	365	704	-y

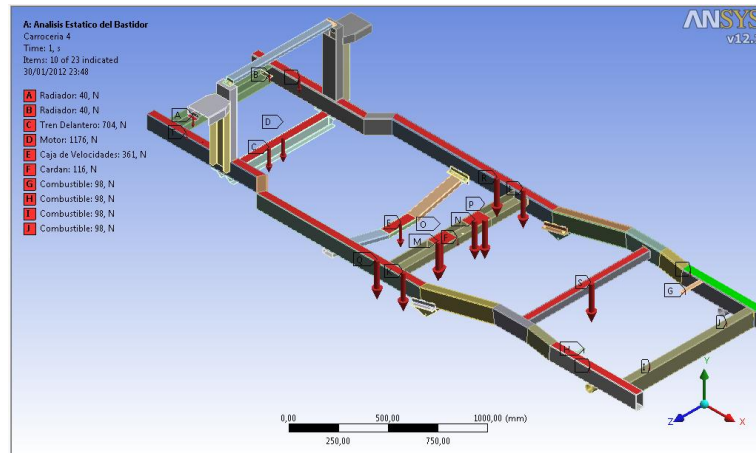
Fuente: autores de la tesis.

Una vez determinadas las cargas y su distribución, se ingresa las cargas al software.

**Nota:** El valor de las cargas y su distribución son consideradas con los mismos parámetros que fueron tomados en cuenta para la determinación de cargas en SAP.

Los procedimientos de ingreso de cargas se indican en el Anexo 2.

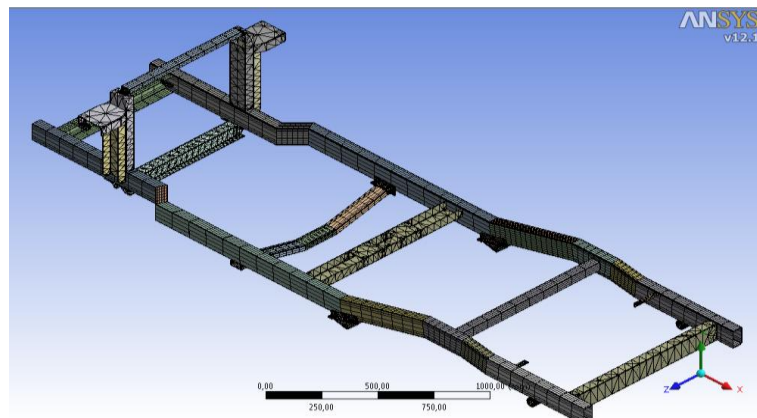




**Figura 3.35.** Asignación de cargas

3.1.11.7 *Mallado y ejecución del estudio.* El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El mallado es automático en este software y genera una malla basándose en un tamaño de elemento más pequeño de la estructura.

Una vez asignado las cargas y las restricciones al bastidor se selecciona Generate Mesh el cual iniciará el mallado del bastidor. (Anexo 2).



**Figura 3.36.** Bastidor mallado

Una vez creado el mallado satisfactorio, dar clic en **Solve**. Luego de esto en la carpeta **Solution** seleccionar los resultados que se desee analizar. (Anexo 2).

Los resultados que se seleccionará para la carpeta Resultados son:

- Deformación Total.
- Esfuerzos equivalentes (Von-Mises)
- Tensión equivalente (Von-Mises).
- Factor de Seguridad.

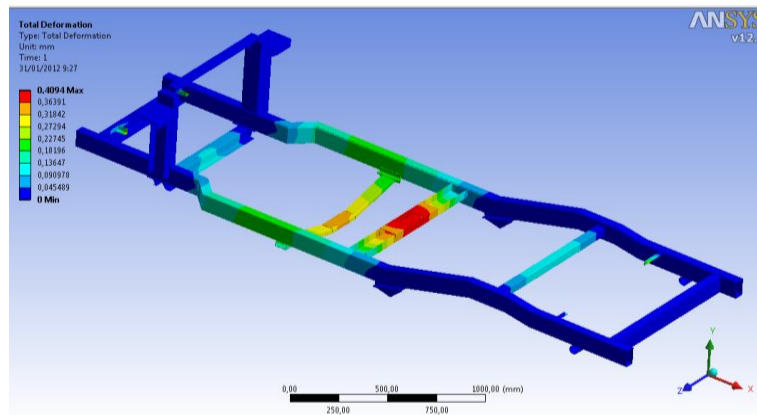


Figura 3.37. Visualización de resultados

### 3.1.11.8 Resultados obtenidos del estudio

**Tensiones.** En la siguiente figura el color rojo indica donde fallaría en la estructura, es este caso el valor máximo del análisis es de 49,795 MPa.

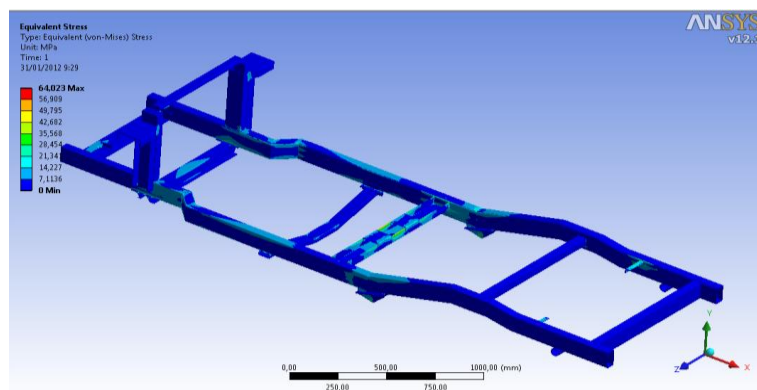
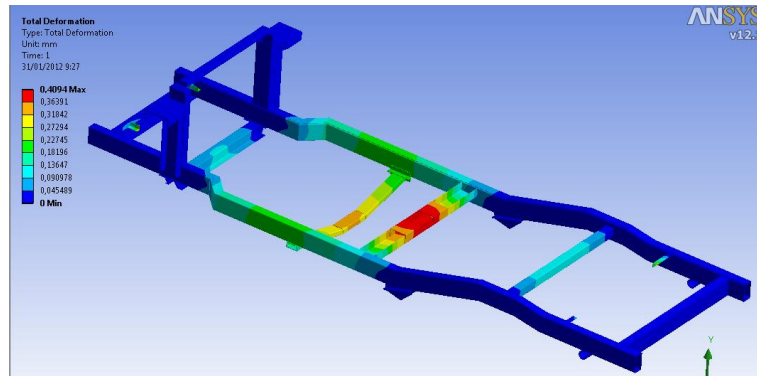


Figura 3.38. Tensiones de Von-Mises

**Deformación total.** En la siguiente figura se indica donde se tendrá desplazamientos, con un valor máximo de 0,42 mm en la parte amarilla.



**Figura 3.39.** Desplazamientos

**Factor de seguridad.** En los cálculos de resistencia mecánica, el factor de seguridad se aplica principalmente de dos maneras:

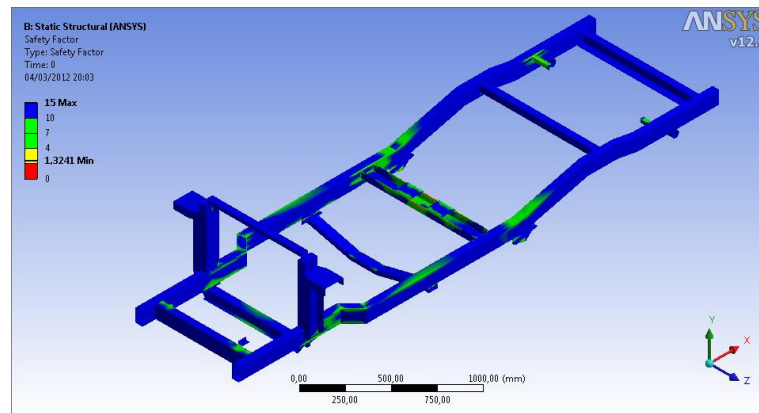
1. Multiplicando el valor de las solicitaciones o fuerzas que actúan sobre un elemento resistente.
2. Dividiendo las propiedades favorables del material que determinan el diseño.

En ambos casos lo que da como resultado un sobredimensionamiento del componente. Este sobredimensionamiento se justifica por variadas causas, como por ejemplo: previsiones de desgaste o corrosión, posibles errores o desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se manejan, diferencias entre las propiedades tabuladas y las obtenibles en la realidad.

En la siguiente figura muestra a través de un mapa de colores (escala de valores de 1 a 15) como se reparte el factor de seguridad frente a tensiones de Von-Mises en el diseño. Este factor de seguridad resulta de dividir la tensión Von-Mises en cada punto entre el valor del límite elástico del material, obteniendo así una visión directa de la

bondad del diseño, permitiendo ver qué zonas están más tensionadas que otras y donde se puede eliminar o incrementar el material.

En la siguiente figura nos indica un valor mínimo del factor de seguridad de 1,32 en la parte amarilla.



**Figura 3.40.** Factor de seguridad

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS Y EMPERNADAS

#### 4.1 Juntas soldadas

Es muy importante la selección el proceso de soldadura y la soldadura que se utilizan para soldar los perfiles estructurales. El tipo de soldadura que se empleó es de fusión, para la construcción se utilizó el proceso de arco eléctrico (GMAW).



**Figura 4. 1.** Máquina de soldadura GMAW utilizada

La soldadura empleada será de forma manual ya que es un trabajo de baja complejidad. Las características de la máquina de soldar se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4. 1.** Características técnicas de la máquina de soldar

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	K14020-1
Tensión en Red	230-400/3/50-60 V/Hz
Factor Marcha	300A/29V/35% 225A/25,2V/60%
Rango de corriente	30-300 A
Dimensiones Al x An x L	790 x 460 x 925 (mm)

4.1.1 *Selección del electrodo y condiciones de soldado.* Para seleccionar el material de aporte a la soldadura se debe tener muy en cuenta que el material de aporte sea igual o de mayores características que el material base en este caso los perfiles de la estructura.

Entonces los aceros ASTM grado A8 en donde está el ASTM 36 tiene los porcentajes de composición de Carbono máximo de 0.15 – 0.21, Mn 0.80 – 1.10, Si 0.4 – 0.8, Cr 0.5 – 0.8, Mo 0.18 – 0.28. Con estos porcentajes seleccionar un electrodo con similares características de composición de materiales y en consecuencia para soldar el ASTM A36 se requiere soldar con el electrodo E6011 o E6013 cuyas propiedades se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4. 2.** Características de electrodos

NOMBRE Y CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA Y APLICACIONES	PROPIEDADES DE METAL DEPOSITADO.
CONARCO 11 AWS A5.1 <b>E6011</b> (Celulósico)	Apto para soldar en toda posición, usando CA, para soldadura de perfiles estructurales, tubos de acero negro o galvanizados. Operación: = (+) para CA, OCV > 60V	C: 0.08% Mn: 0,40% Si: 0,15% Rt: > 500 N/mm2 Lf:> 430 N/mm2 Al: > 22% ChV(-20°C):>40J
CONARCO 13A AWS A5.1 <b>E6013</b> (rutílico)	Buen encendido, arco suave, excelente desprendimiento de escoria y terminación. Especial para estructuras livianas, muebles metálicos y carrocerías. El más usado en chapa fina y filete. Operación: = (-) para CA, OCV > 50V	C: 0.08% Mn: 0,40% Si: 0,30% Rt: > 510 N/mm2 Lf:> 460 N/mm2 Al: > 22% ChV(-20°C):>60J

Fuente: Catalogo DIPAC 2011

## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS:

Rt: Resistencia a la tracción.

Lf: Limite de fluencia.

Al: Alargamiento.

OCV Tensión de circuito abierto.

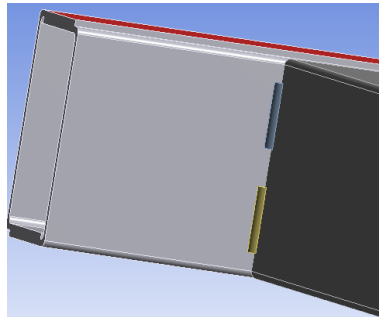
(+): Polo positivo.

(-): Polo negativo.

ChV: Energía absorbida en ensayo Charpy entalla en V.

4.1.2 *Selección de las uniones soldadas empleadas en la construcción.* Las uniones utilizadas para soldar la estructura son las siguientes:

- Soldadura de penetración parcial con bisel en v sencilla, soldada en un solo lado.

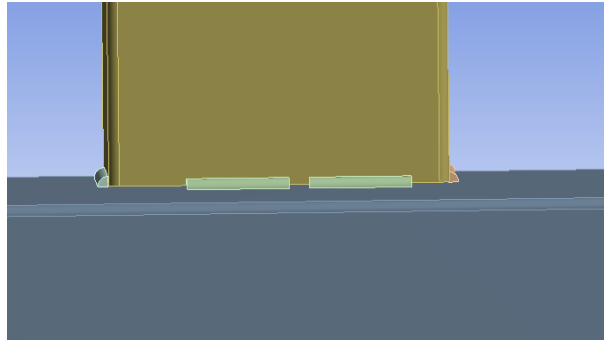


**Figura 4.2.** Unión a tope sencilla en V

Características:

- a) El espesor efectivo de la garganta es de las tres cuartas partes del espesor de la parte más delgada que se une.
- b) No es usada cuando la raíz de la soldadura esté sujeta a tensión o a dobléz.
- c) La preparación y la soldadura son relativamente baratas.

- Soldadura en T, de doble chaflán.



**Figura 4.3.** Unión en T doble chaflán

Características:

- a) La eficacia está determinado por el tamaño de la soldadura
- b) Cuando se necesite una mayor resistencia hay que usar una unión biselada.
- c) Se puede usar una soldadura de chaflán sencillo cuando la raíz de la soldadura no esté sujeta a cargas tanto de tensión como de flexión.

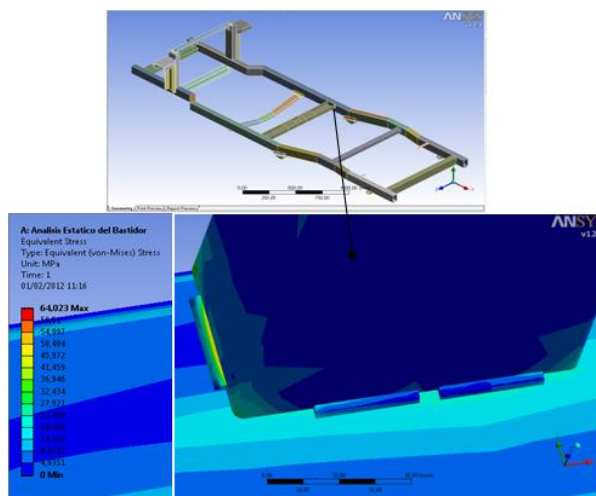
4.1.3 *Análisis de tensión en las juntas soldadas.* Este análisis para el proyecto se lo realiza tomando en cuenta los resultados de la simulación en el programa ANSYS que se basa en los esfuerzos de von-Mises.

Para simular los cordones de soldadura se ha modelado geometrías solidas, basadas en la norma AWS D 1.3 que se aplica para la soldadura de acero estructural para espesores mayores o iguales a 3 milímetros.

**Nota:** Los resultados reflejados de las juntas soldadas son de un análisis estático, por lo cual se recomienda realizar un estudio dinámico para dar un criterio que avale el diseño de soldadura.

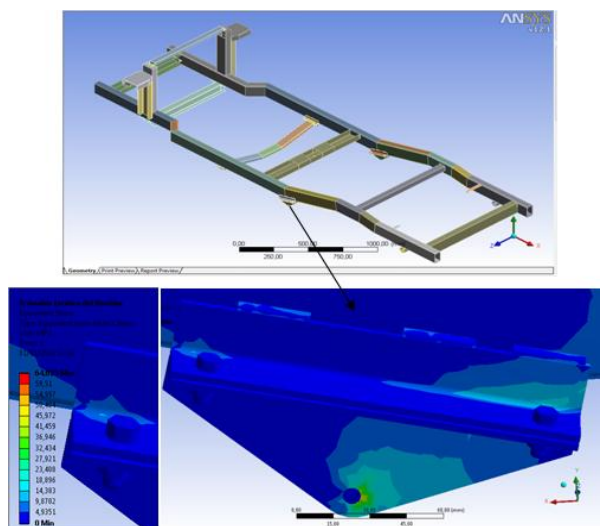


**Junta larguero-travesaño de asientos/ocupantes.** En la siguiente figura nos indica donde se concentra la mayor tensión, resultando como un valor máximo de 45,972 MPa en la zona amarilla.



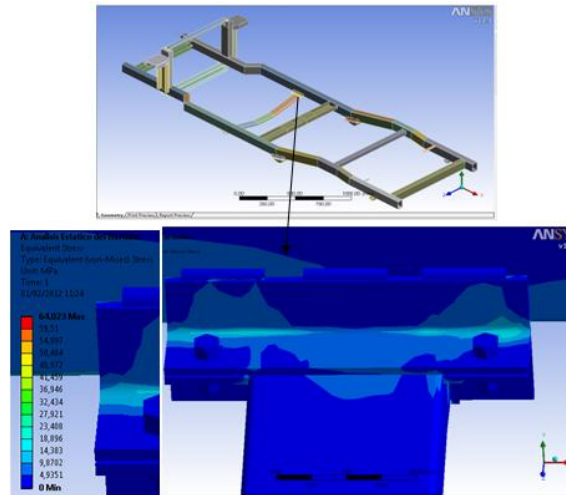
**Figura 4.4.** Tensión en la soldadura larguero / travesaño

**Junta larguero-apoyo de suspensión trasera.** En la siguiente junta el color celeste y azul predominan, donde el valor máximo es de 23,408 MPa.



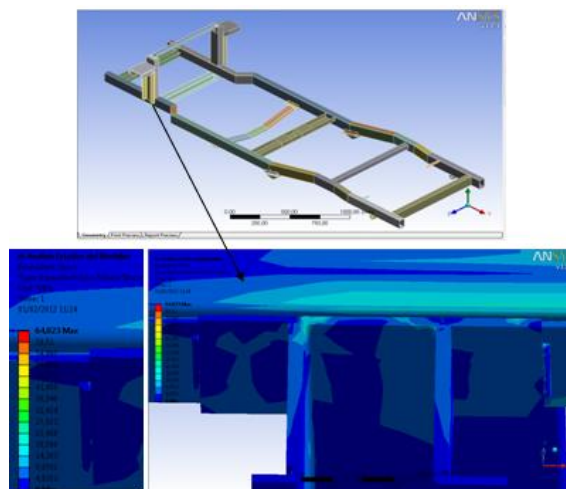
**Figura 4. 5.** Tensión en la soldadura larguero/apoyo de suspensión trasera

**Junta larguero-apoyo de caja de velocidades.** En la siguiente junta el color azul predomina, habiendo una pequeña zona celeste, donde el valor máximo es de 14,383 MPa.



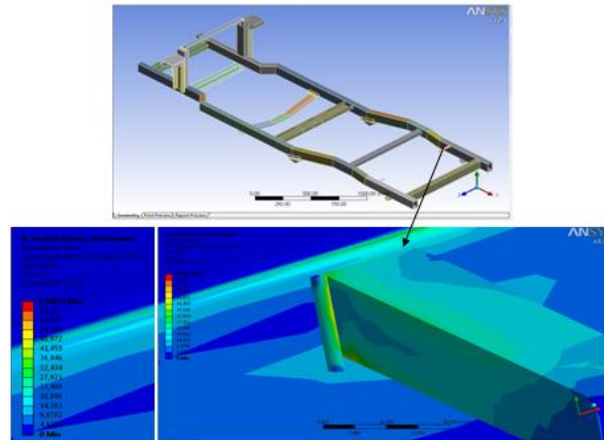
**Figura 4.6.** Tensión en la soldadura larguero-apoyo caja de velocidades

**Junta larguero-travesaño de tren delantero .** En la siguiente figura nos indica donde se concentra la mayor tensión, resultando como un valor máximo de 23,408 MPa en la zona celeste.



**Figura 4.7.** Tensión en la soldadura larguero-travesaño de tren delantero y motor

**Junta larguero-apoyo de tanque de combustible.** En la siguiente figura nos indica donde se concentra la mayor tensión, resultando como un valor máximo de 45,972 MPa en la zona amarilla.



**Figura 4.8.** Tensión en la soldadura larguero-apoyo tanque de combustible

## Juntas empernadas

Los tornillos son piezas metálicas compuestas de una cabeza de forma hexagonal, un vástago liso y una parte roscada que permite el sellado mediante una tuerca y una arandela. Su colocación se hace en frío. Los tornillos se utilizan en las construcciones desmontables y en la unión de elementos contruidos en taller al llegar a la obra para facilitar su transporte y montaje.

4.1.4 *Selección de pernos.* Para nuestra aplicación, es necesario en la junta del travesaño de la caja de velocidades al larguero y el apoyo de la suspensión trasera al larguero para esto se empleara pernos 3/8x1" de acero. Las características de los pernos empleados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.3.** Características de pernos utilizados

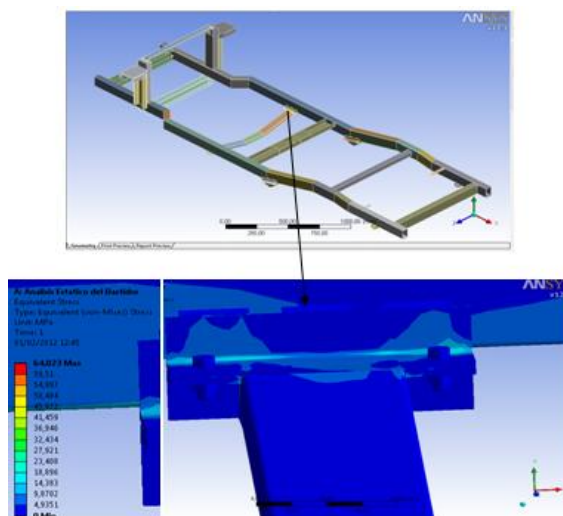
Tipo de rosca	UNC, UNF
Acabado	Negro, Zincado, Tropicalizado.
Grado	G2, G5, G8
Diámetro	3/8"
Longitud	1"

Fuente: Autores de la Tesis

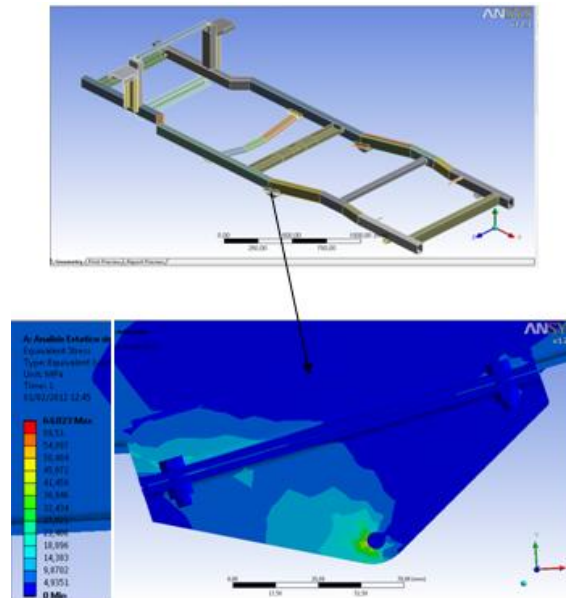
4.1.5 *Análisis de tensión en juntas empernadas.* Este análisis para el proyecto se lo realiza tomando en cuenta los resultados de la simulación en el programa ANSYS que se basa en los esfuerzos de Von-Mises.

**Nota:** Los resultados reflejados son de un análisis estático, para una mejor apreciación y dar un criterio verídico del diseño de las juntas empernadas se recomienda hacer un estudio dinámico.

**Junta larguero-travesaño de caja de velocidades.** En la siguiente figura muestra el color azul en los pernos, resultando como un valor mínimo de trabajo de 0 MPa en la zona.

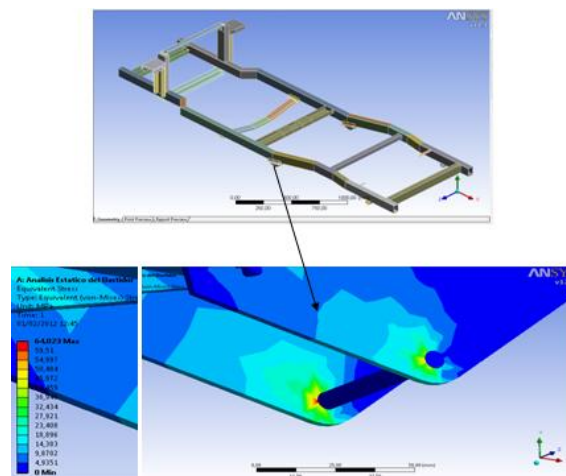
**Figura 4.9.** Tensión en la junta larguero-travesaño de caja de velocidades

**Junta larguero-apoyo de la suspensión trasera.** En la siguiente figura muestra el color azul en los pernos, resultando como un valor mínimo de trabajo de 0 MPa en la zona.



**Figura 4.10.** Tensión en la junta larguero-apoyo de la suspensión trasera

**Junta pasador-base de suspensión trasera.** En la siguiente figura nos indica donde se concentra la mayor tensión, resultando como un valor máximo de 64,023 MPa en la zona roja.



**Figura 4.11.** Tensión en la junta pasador-base de suspensión trasera

## CAPÍTULO V

### 5. CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

#### 5.1 Construcción del bastidor

Para la construcción del bastidor se evaluarán distintas técnicas atendiendo a las ventajas y desventajas que se presentan, con el fin de proporcionar información en la cual basarse para escoger el procedimiento más adecuado a la hora de la fabricación.

***Operaciones Tecnológicas.*** En cuanto a las operaciones tecnológicas se deben tener en cuenta todas las operaciones que se llevan a cabo, para finalmente plasmar el diseño previo en realidad.

La construcción del bastidor consta desde la compra misma de los perfiles estructurales tipo “C” o canal conocido comúnmente en los distribuidores, las operaciones que a continuación son detalladas son las usadas en el presente trabajo de investigación:

- Conformado
- Medición y Marcado
- Corte
- Doblado
- Nivelado y Escuadrado
- Soldado
- Esmerilado

5.1.1 *Conformado.* Es llamado así ya que en esta etapa es donde se conforma el elemento estructural definitivo para el trabajo, sea uniendo, en traslape de dos elementos estructurales como es en nuestro caso, que se realizó un traslape de los dos canales para dotar de esta manera de mayor rigidez al elemento estructural y a su vez mejorar la presentación del mismo, dando una apariencia además de mayor solidez al mismo.

Se podría considerar que el conformado tiene además varias sub-etapas como se muestra en las figuras donde se nota la progresión del proceso. Una de las formas típicas de construir un bastidor es sobre una mesa plana, en la figura se muestra que se dispone de una superficie plana para la construcción del bastidor.



**Figura 5.1.** Traslape del perfil en C

En esta etapa se considera también el apuntalamiento del elemento estructural por medio de puntos de suelda en los extremos y en puntos centrales para dotar de solidez al mismo, además de un prensado para unir bien las superficies en contacto, como se observa en la figura:



**Figura 5.2.** Fijación del perfil para el traslape

5.1.2 *Medición y marcado.* En esta etapa se hará las mediciones correspondientes de acuerdo con el plano y luego con la ayuda de un rayador de metales y una escuadra se rayarán las líneas correspondientes, como se muestra en las figuras adjuntas:



**Figura 5.3.** Medición y marcado del elemento estructural

5.1.3 *Corte.* Se empleó el corte a inglete que consiste en cortar el perfil con el ángulo deseado y soldarlo al siguiente extremo del perfil para conseguir de este modo la curva deseada. Los cortes fueron realizados con piedra de corte colocados en una amoladora, tomando en cuenta la protección personal del operario.



**Figura 5.4.** Cortado del elemento estructural

5.1.4 *Doblado.* Para proveer una mayor rigidez del elemento y para una mayor eficiencia en el trabajo, evitar el desperdicio de material, se hizo cortes a inglete en el elemento “caja” así de las cuatro caras se han cortado tres dejando una cara continua y es en esta cara donde se doblará, el área de material cortado se ha calculado por trigonometría con mira al ángulo que formará en el bastidor.





**Figura 5.5.** Corte a inglete y doblado del elemento estructural

5.1.5 *Nivelado y escuadrado.* Esta etapa es crucial antes de la soldadura final ya que en esta instancia se comprueba el paralelismo de los largueros y que esté, la estructura a “escuadra” lo que quiere decir que el ángulo entre el larguero y el travesaño sea de 90 grados, a su vez que los dos largueros estén a un mismo nivel, artesanalmente se lo realiza midiendo la longitud de las diagonales y comparándolas, de haber diferencia entre ellas se tensará donde se mida la longitud de la diagonal menor, esto con la ayuda de un templador de cadena, como se aprecia en la figura.



**Figura 5.6.** Encuadrado y nivelación del bastidor

5.1.6 *Soldado.* En esta etapa del trabajo fueron soldados en primer lugar los largueros en el lugar de los cortes a inglete para una vez estos estén conformados se procedan a unir con los travesaños, la soldadura por arco es la utilizada en el presente trabajo ya que

no requiere uniones especiales debido a los materiales son de uso corriente y presentando además una unión robusta y resistente que es la requerida.

La soldadura utilizada como se indicó es la **SMAW** (Shielded Metal Arc Welding) que en español se la conoce por las siglas **MMA** (Soldadura Manual de Arco Metálico), o soldadura de electrodo.

En este proceso se utilizan electrodos de acero revestidos con un material fundente que, con el calor de la soldadura, produce CO<sub>2</sub>. Este gas actúa como un escudo contra el oxígeno de la atmósfera, previniendo la oxidación y otros tipos de contaminación del metal. El núcleo de acero del electrodo, al fundirse, une las piezas y rellena los espacios. Los electrodos usados son el AGA 6011 para uniones y el 6013 para relleno.

La unión del motor al bastidor fue realizada al inicio mismo de la construcción del mismo debido a que con ello se ganaba tiempo y precisión en el proceso de montaje, luego de la soldadura del primer travesaño se ubicó la base del motor la misma que contenía como es sabido la barra de la dirección entre otros elementos.

### **Punteado de la soldadura**

El punteado de la soldadura es una técnica que se utiliza para mantener los perfiles unidos con unos puntos de soldadura, y así realizar la soldadura final con mayor comodidad.

Debe ser realizado por un soldador experimentado ya el punteado formará parte de la soldadura final, y si no se realiza del modo adecuado debilitará considerablemente la soldadura.

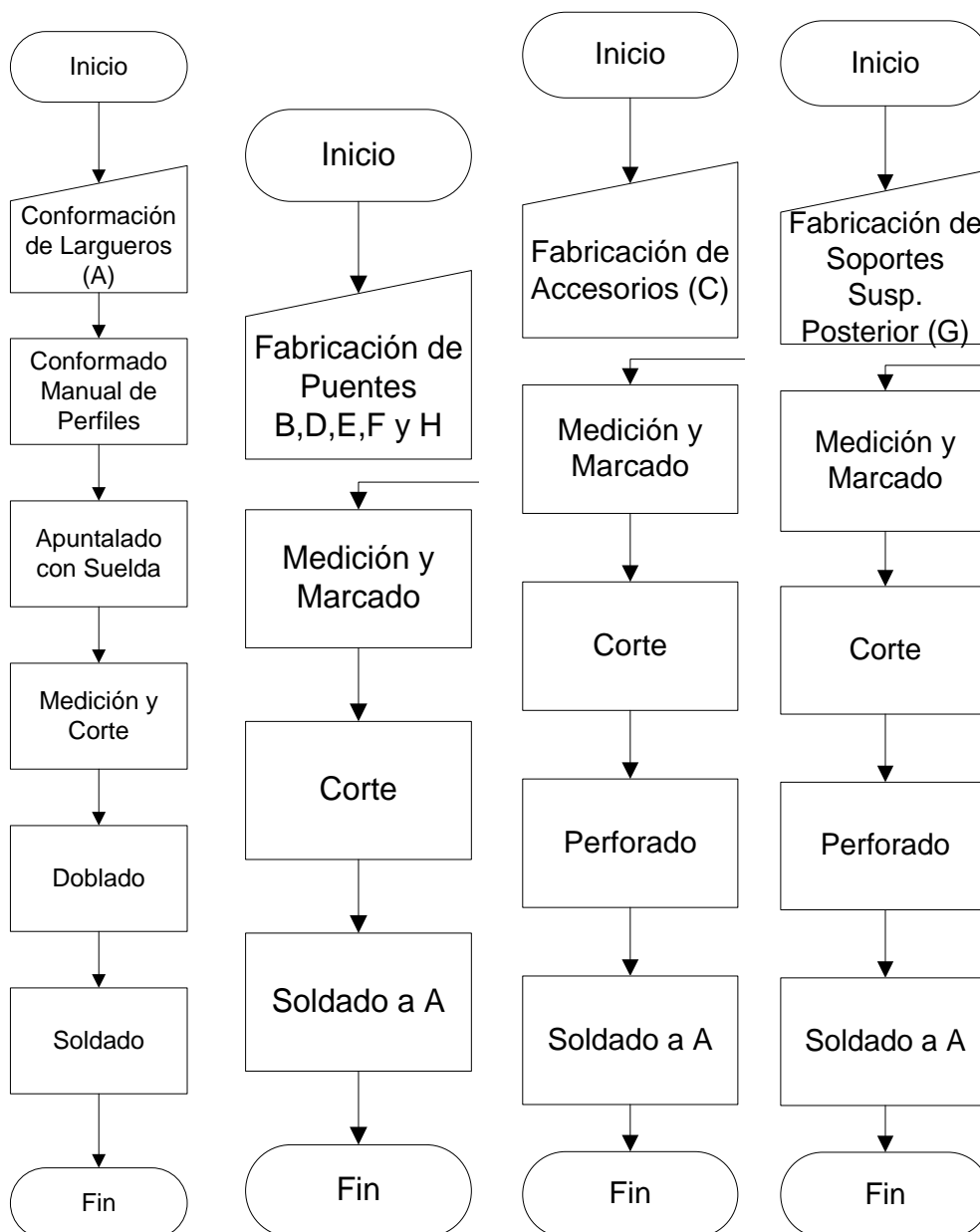
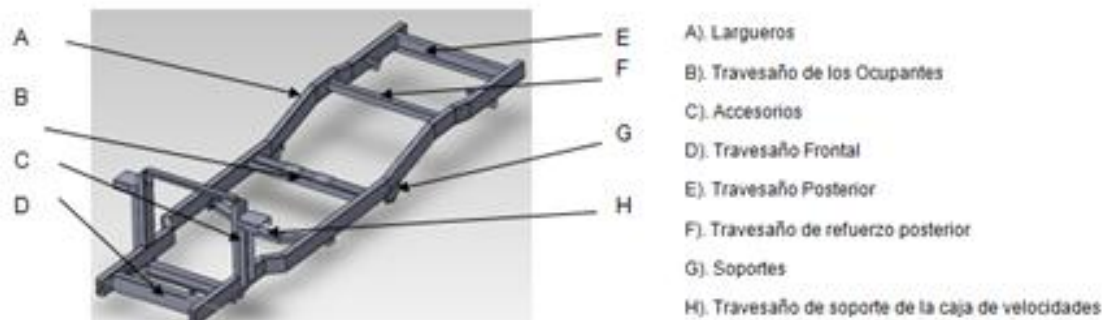


**Figura 5.7.** Soldadura de travesaños

5.1.7 *Esmerilado y pulido.* Esta etapa final los cordones de soldadura no estéticos o muy pronunciados son esmerilados para dar una apariencia mejor del bastidor, esto se ha hecho con la ayuda de una herramienta colocada en la amoladora denominado multi-lijas la misma que desbasta el exceso de material de aporte, la apariencia final del bastidor es como se indica en la figura.



**Figura 5. 8.** Esmerilado de aristas vivas del bastidor

5.1.8 *Flujograma de construcción*

5.1.9 *Tiempos de construcción.* En la siguiente tabla se muestran las operaciones que se realizaron y el respectivo tiempo de operación en horas.

**Tabla 5.1.** Tiempos de construcción

OPERACIÓN		TIEMPO POR OPERACIÓN (HORAS)
<b>1</b>	Compra de Materiales	2.5
<b>2</b>	Transporte	2
<b>3</b>	Medición y Marcado	4
<b>4</b>	Inspección de marcado	1
<b>5</b>	Cortes	16
<b>6</b>	Inspección de Cortes	2
<b>7</b>	Doblado	4
<b>8</b>	Inspección del Doblado	2
<b>9</b>	Nivelado y Escuadrado	3
<b>10</b>	Soldado	24
<b>11</b>	Inspección de Soldadura	5
<b>12</b>	Esmerilado y pulido	8
<b>Total de horas de construcción</b>		<b>73.5</b>

Fuente: Autores de la tesis

Las 73.5 horas de trabajo, es equivalente aproximadamente a dos semanas de trabajo en el taller.

### **Ensamblaje del chasis**

5.1.10 *Montaje del motor.* El montaje y acople del tren motriz al bastidor fue realizado por medio de soldadura entre la barra de soporte inferior del motor con los largueros, ha sido elegida la soldadura debido a que la base donde alojan los pernos de unión al bastidor estuvieron rotos.

A continuación se acoplaron las bases del motor en sus respectivos pernos guías, como se aprecia en la siguiente figura.



**Figura 5.9.** Montaje del motor

5.1.11 *Montaje de la caja de velocidades.* La caja de velocidades fue acoplada seguida del motor, una vez acoplado el embrague en sus guías la caja quedaba colgada literalmente por lo que se hacía necesario un puente de sujeción teniendo cuidado de que con su ensamblaje no interfiriera a posteriores mantenimientos ni al correspondiente desmontaje de la caja de velocidades en caso de averías o reemplazo.



**Figura 5.10.** Travesaño de la caja de velocidades

5.1.12 *Montaje del tren motriz.* En el ensamblaje del tren motriz continúa el árbol de transmisión el mismo que en su parte media o junta requería un soporte el mismo que fue

aprovechado con el fin de dar soporte a los asientos de pasajeros, esto se tradujo en el ensamblaje de otro travesaño como lo podemos apreciar en la figura.



**Figura 5.11.** Montaje del árbol de transmisión al travesaño

5.1.13 *Montaje del diferencial.* Finalmente el diferencial es instalado a continuación en la transmisión de mando pudiendo de esta forma tener tracción en la parte posterior del auto, como tradicionalmente se hace coincidir el diferencial para que sea soportado su peso por el sistema de suspensión posterior.

5.1.14 *Montaje del sistema de suspensión al bastidor*

5.1.14.1 *Montaje del sistema de suspensión delantero.* Al tratarse del sistema de suspensión McPherson y partiendo de que se había diseñado el bastidor, es tarea del diseñador adaptar el sistema de suspensión, para ello se habían dispuesto dos torretas las mismas que en su parte superior tendrían el cierre necesario del muelle y los agujeros para los respectivos pernos, esto se puede apreciar en la figura:



**Figura 5.12.** Montaje del sistema de suspensión delantero

5.1.14.2 *Montaje del sistema de suspensión trasera.* Partiendo del hecho que se contaba con los paquetes posteriores y sus medidas se las podía tomar directamente entonces se diseño los soportes tanto delantero como posterior, en su parte delantera aprovechando que se contaba con una base provista de agujeros entonces fue realizado un soporte como lo podemos apreciar:



**Figura 5.13.** Soporte de la base de la suspensión

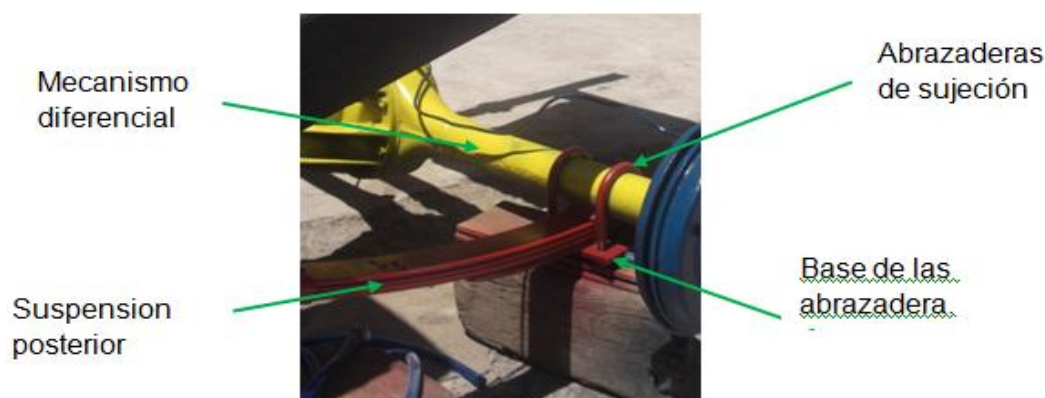
Los soportes posteriores se han hecho soldando al bastidor un tubo del diámetro exterior del caucho de soporte del perno “pasante” y soldando a sus cabezas placas de soporte tanto para el pasador fijo y el basculante, como se puede apreciar en la figura.





**Figura 5.14.** Soportes y apoyos de la suspensión posterior

En esta etapa se combina el montaje y acoplamiento del mecanismo diferencial con la suspensión posterior, para ello se hace necesario de una base y abrazaderas para que la primera sujete la cabeza de las “u” empernadas que sujetan tanto el paquete contra el mecanismo diferencial.



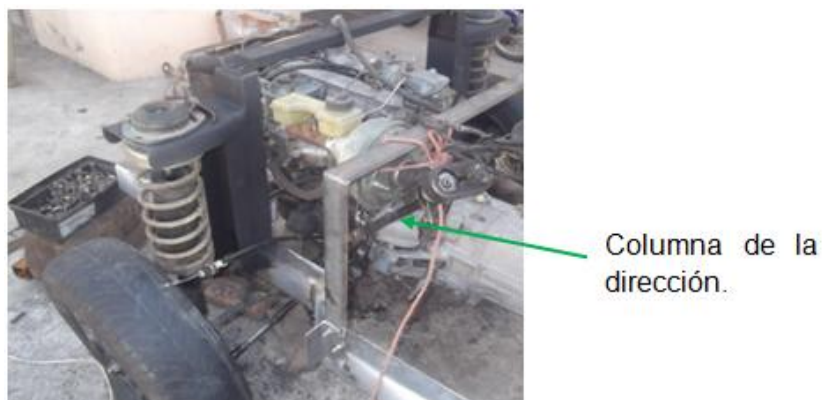
**Figura 5.15.** Unión del mecanismo diferencial y la suspensión posterior

***Montaje del sistema de dirección al bastidor.*** Una vez acoplada la barra de base del motor en su parte posterior tiene alojamientos para la sujeción de la barra de la dirección, en sus extremos las terminales son conectadas a la base de la suspensión en los agujeros destinados para ello, con sus respectivos pernos, como se aprecia en las figuras siguientes.



**Figura 5.16.** Barra de la dirección y sus terminales

Siguiendo con el montaje del sistema de dirección a continuación se dispone de la columna de la dirección con su respectiva cruceta, este sistema queda completo al disponer del respectivo volante, el sistema se puede observar en la figuras 5.18.



**Figura 5.17.** Disposición de la columna de la dirección

**Montaje del sistema de frenos.** El último sistema se ha acoplado partiendo de la bomba de freno que está precedida de un servo, luego se han repartido las cañerías tanto al tren delantero como al tren posterior, se puede observar en la figura correspondiente:



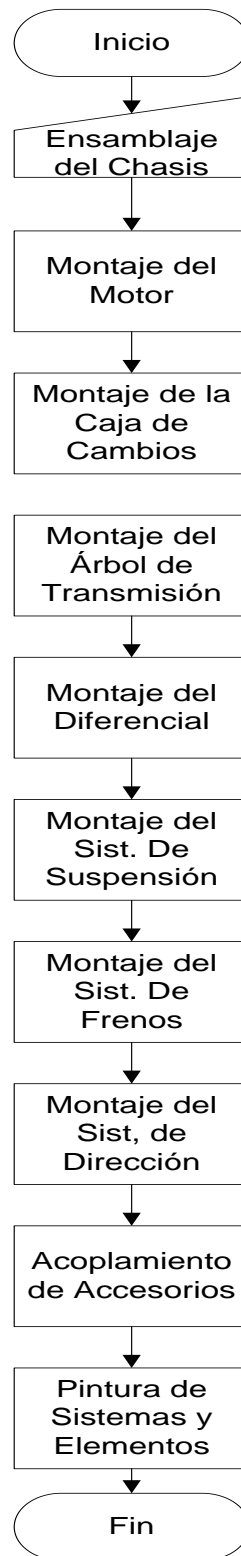
**Figura 5.18.** Componentes del sistema de frenos

En su parte posterior el sistema de frenos se puede ver en la figura:



**Figura 5.19.** Cañerías posteriores de frenos y los tambores

## 5.1.15 Diagrama de flujo de los montajes en el chasis



## Análisis de costos

### Costos directos

Tradicionalmente se han considerado costos de este tipo a materiales, maquinaria, mano de obra, herramientas, transportes. Estos valores influyen primordialmente y su estimación solo forma parte de este proyecto.

### Costos indirectos

Los costos indirectos de fabricación como lo indica su nombre son todos aquellos costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen y forman parte del costos de producción: mano de obra indirecta y materiales indirectos, calefacción, luz y energía para la fábrica, arrendamiento del edificio de fábrica, depreciación del edificio y de equipo de fábrica, mantenimiento del edificio y equipo de fábrica, seguro, prestaciones sociales, incentivos, tiempo inactivo son ejemplos de costos indirectos de fabricación.

#### 5.1.16 Análisis de precios unitarios

### Costos directos

**Tabla 5.2.** Costos directos de elementos mecánicos

ELEMENTO	COSTO
Motor	400
Caja	80
Árbol de Transmisión	35
Mecanismo diferencial	40
Sistema de dirección	40
Sistema de frenos	10
Sistema de suspensión	50

Motor de arranque	30
Pedaleras	20
Aros	80
Llantas	40
Asientos	20
<b>Subtotal</b>	<b>835</b>

Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 5.3.** Detalle de costos directos de materiales

MATERIALES	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Perfil C 100x50	Kg	4	35.76	143.04
Tubo rectangular 10x5x3	Kg	1	7.28	7.28
Tubo cuadrado 5	Kg	0.5	26.10	13.05
Perfil C 150x50x4	Kg	0.5	49.79	24.90
Tubo redondo 60	kg	0.5	18.23	19.12
Ángulo 30x30	Kg	0.5	11.30	5.65
Ángulo 70x70	Kg	0.5	23.7	11.85
Electrodos 6011	Kg	1	20.83	20.83
Plancha de acero galvanizado 2	Kg	0.25	62.45	15.61
Pernos (distintas medidas)	Kg	--	--	25
Líquido de freno	lt	1	5	5
Cañerías	Kg	5	5	25
Mangueras	Kg	--	--	30
Abrazaderas	Kg	--	--	8
Discos de corte	Kg	5	4.6	23
Multilijas	Kg	3	5.23	15.69
Lijas	Kg	4	0.6	2.4
Brochas	Kg	2	1.5	3
Guaípe	Kg	2	1	2
Thiner	lt	8	1.8	14.4
Gasolina	lt	4	0.37	1.48

Pintura	lt	10	1.3	26
Masking	Kg	2	0.9	1.8
Taipe	kg	1	0.6	0.6
Cables	Kg	--	--	30
Neplos	Kg	--	--	10
Switch	Kg	1	10	10
Rodamientos	Kg	2	7	14
Grasa	Kg	1	5	5
Purgas	Kg	2	1.5	3
Bornes	Kg	2	2	4
<b>Subtotal</b>				<b>474.7</b>

Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 5.4.** Costos directos de equipos y herramientas

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	HORAS EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL
Soldadora de Arco	8	2	16
Suelda Oxiacetil.	1	4	4
Amoladora	24	0.5	12
Taladro	10	0.30	3
Compresor	5	0.6	3
Otras herramientas	5	0.5	2.5
<b>Subtotal</b>			<b>40.5</b>

Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 5.5.** Costos directos de mano de obra

MANO DE OBRA	HORAS TRABAJO	COSTO HORA- TRABAJO	COSTO
Maestro	183	2	366
Ayudante	183	0.5	91.5
<b>Subtotal</b>			<b>457.5</b>

Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 5.6.** Costos directos de transporte

<b>Transporte</b>	<b>Costo</b>
Transporte de los elementos mecánicos Latacunga-Riobamba	40
Transporte de materiales al taller	46
<b>Subtotal</b>	<b>86</b>

Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 5.7.** Costos indirectos

Costo de Ingeniería	189 USD
Utilidad	0 USD
<b>TOTAL</b>	<b>189 USD</b>

Fuente: Autores de la tesis

**Tabla 5.8.** Costo total

Costos Directos	1893.7 USD
Costos Indirectos	189 USD
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2082.7 USD</b>

Fuente: Autores de la tesis



## CAPÍTULO VII

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

El diseño y análisis del bastidor cumple los requerimientos para un auto liviano, aplicando la Decisión 491 (09.FEB.2001) y la Resolución 720 (26.ABR.2003) de las normas dispuestas por la CAN “Comunidad Andina”, las cuales se basan en un reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos.

Los esfuerzos calculados en SAP2000 presentan que la máxima fuerza axial en el travesaño que soporta el motor es de 581,18 N. El momento máximo es de 1861 N-m que se produce por efecto del COMB4 (combinación de carga viva +carga muerta) en el travesaño que soporta a los ocupantes. El máximo valor del cortante en el travesaño que soporta la caja de velocidades es de 26,07N. Por lo cual la estructura trabaja en condiciones admisibles

Los resultados en ANSYS muestran como la tensión máxima en el travesaño que soporta la carga de los ocupantes es de 49,795 MPa, siendo la admisible 64,023 MPa. La deformación máxima en el travesaño que soporta la carga de los ocupantes es de 0,42 milímetros, siendo 0,980 milímetros lo aceptable. La estructura presenta un factor de seguridad de 1,32.

La pintura final de los sistemas de un automóvil en el banco didáctico da una mejor comprensión a los educandos en cuanto a la identificación de los distintos sistemas automotrices.

Todos los sistemas acoplados al bastidor fueron modificados, para que de esta manera se adapten al bastidor, produciéndose en un inicio un alto índice de complejidad en su adaptación y montaje.

La modelación de la estructura se realizó en AUTOCAD y SolidWorks ya que este software presenta una interfaz de dibujo más amigable.

### **Recomendaciones**

En caso de modificaciones o para realizar pruebas de campo se realizarán tomando normas de seguridad personal, realizándolas de manera prudente y progresiva, para así evitar cualquier tipo de accidente y daños graves en el módulo didáctico.

En el programa SAP200 trabajar con el código de diseño AISC-ADS/01, que se basa en esfuerzos admisibles, éste código es fundamental en cuanto al valor de los resultados.

Utilizar el programa SAP2000 para proporcionar un criterio de falla de la estructura, que se basa primordialmente en la relación de esfuerzos, dicho valor debe ser menor a 1, como máximo aceptable de 0,90.

La modelación en ANSYS diseños permite validar la estructura de forma rápida y eficaz mediante el análisis de esfuerzos basados en el criterio de Von-Mises que se aplica a materiales dúctiles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Bastidor\\_\(veh%C3%ADculo\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Bastidor_(veh%C3%ADculo))
  
- [2] **MANUAL DEL AUTOMÓVIL**, El Motor de Gasolina. Madrid: Cultural, S.A, 2002.Pág.7.
  
- [3] **AGUEDA, E.** Elementos Estructurales del Vehículo. Madrid: Ediciones Paraninfo. 2010. Pág.57.
  
- [4] <http://ec.kalipedia.com/ecologia/tema/funcionamiento-motor-explosion>.
  
- [5] **ALONSO, J.** Técnicas del Automóvil. Chasis, El Embrague. Madrid: Ediciones Paraninfo. 2010. Pág.31.
  
- [6] **ALONSO, J.** Técnicas del Automóvil. Chasis, El Cambio de Velocidades. Madrid: Ediciones Paraninfo. 2010. Pág.73, 85, 86, 87, 88.
  
- [7] **ALONSO, J.** Técnicas del Automóvil. Chasis, Transmisión del Movimiento a las Ruedas y Propulsión del Vehículo. Madrid: Ediciones Paraninfo. 2010. Pág.241, 245.
  
- [8] **ALONSO, J.** Técnicas del Automóvil. Chasis, Transmisión del Movimiento a las Ruedas y Propulsión del Vehículo. Madrid: Ediciones Paraninfo. 2010. Pág.229, 230, 231, 232.
  
- [9] **TOYOTA**, Manual de Entrenamiento, Volumen 5. Toyota Motor Corporation. 1991. pág.1, 4, 8,13.
  
- [10] **TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL GTZ**, Chasis y Carrocería, Barcelona: Editorial: Reverté, S.A. 1985. págs. 446, 447, 448, 449.

- [11] **TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL GTZ**, Chasis y Carrocería, Barcelona:  
Editorial: Reverté, S.A. 1985. págs. 465, 466, 467, 469,470.
- [12] **ALONSO, J.** Técnicas del Automóvil. Chasis, Ruedas y Neumáticos. Madrid:  
Ediciones Paraninfo. 2010. Pág. 427, 431, 432, 435,436.
- [13] **SHIGLEY.** Diseño en Ingeniería Mecánica. McGraw Hill. Quinta Edición 1990.  
Pág. 26, 27, 28, 29.
- [14] <http://es.scribd.com/doc/64040284/3320260-Material-Acero-Estructural>
- [15] <http://estructurasacero.blogspot.com/2007/06/ventajas-y-desventajas-del- uso de-acero.html>
- [16] **DIPAC.** Catálogo de Acero 2011.
- [17] <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>
- [18] <http://soldabilidad.blogspot.com/>
- [19] <http://es.scribd.com/doc/55735649/46/Juntas-empernadas>
- [20] **MOTT, L.** Diseño de Elementos de Maquinas. Mexico: Pearson 2006.  
Pág.783 - 785.
- [21] <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/487/1/T-ESPE-017521.pdf>
- [22] <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2947>
- [23] **SOLIDWORKS.** Tutorial de Diseño, Suposiciones de Análisis Estático

**BIBLIOGRAFÍA**

**ALONSO, J.** Técnicas del Automóvil. Chasis. Séptima Edición. 2004.

**ARIAS-PAZ.** Manual del Automóvil. Editorial Dossat. 2001.

**BARRIO, R.** Enciclopedia Práctica del Automóvil. Editorial Cultural S.A. 2010.

**BARRIO-MATÍN.** Manual del Automóvil, Reparación y Mantenimiento del Motor a Gasolina. Editorial Cultural S.A. 2002.

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

**JUVINALL, R.** Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica. Editorial Limusa 1991.

**LEEMING-HOWARD.** Motor del Automóvil. Editorial Marcombo. 1988.

**MANUAL CEAC** del Automóvil, Segunda Edición. Barcelona 2002.

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

## LINKOGRAFÍA

### **CATÁLOGO DIPAC 2011 DE PERFILES ESTRUCTURALES**

[www.es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC](http://www.es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC)  
2011

### **DISEÑO DE CHASIS**

[www.tecnun.es/automocion/proyectos/chasis/inicio.htm](http://www.tecnun.es/automocion/proyectos/chasis/inicio.htm)  
2011

### **DISEÑO DE JUNTAS MECÁNICAS**

[www.es.scribd.com/doc/55735649/46/Juntas-empernadas](http://www.es.scribd.com/doc/55735649/46/Juntas-empernadas)  
2011

### **DISEÑO Y TIPOS DE CHASIS**

[www.scribd.com/doc/20314825/Diseno-y-tipos-de-chasis](http://www.scribd.com/doc/20314825/Diseno-y-tipos-de-chasis)  
2011

### **NORMAS DISPUESTAS POR LA CAN “COMUNIDAD ANDINA”**

[www.es.scribd.com/doc/35019115/Peso-de-Vehiculos](http://www.es.scribd.com/doc/35019115/Peso-de-Vehiculos)  
2011

### **PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL**

[www.es.scribd.com/doc/64040284/3320260-Material-Acero-Estructura](http://www.es.scribd.com/doc/64040284/3320260-Material-Acero-Estructura)  
2011