



ESPE

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

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

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
INGENIERÍA CONCURRENTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA CARROCERÍA AUTOPORTANTE, PARA UN VEHÍCULO
PROTOTIPO BIPLAZA URBANO, PARA LA CIUDAD DE
LATACUNGA**

AUTORES:

JUAN CARLOS GALLO JIMÉNEZ

LUIS FRANCISCO IZA CASA

DIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS MSc.

LATACUNGA

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INGENIERÍA CONCURRENTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CARROCERÍA AUTOPORTANTE, PARA UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA URBANO, PARA LA CIUDAD DE LATACUNGA”** realizado por los señores **JUAN CARLOS GALLO JIMÉNEZ Y LUIS FRANCISCO IZA CASA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **MSc. FÉLIX JAVIER MANJARRÉS ARIAS** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 16 de mayo del
2017**

**MSc. FÉLIX JAVIER MANJARRÉS ARIAS
DIRECTOR**



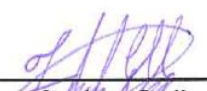
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **JUAN CARLOS GALLO JIMÉNEZ Y LUIS FRANCISCO IZA CASA**, con cédula de identidad N° 0503631996 y N° 17201610457 respectivamente, declaro que este trabajo de titulación **“ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INGENIERÍA CONCURRENTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CARROCERÍA AUTOPORTANTE, PARA UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA URBANO, PARA LA CIUDAD DE LATACUNGA”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.


Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 16 de mayo del 2017



Juan Carlos Gallo Jiménez.

C.C.: 0503631996



Luis Francisco Iza Casa

C.C.: 1721610457



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**


AUTORIZACIÓN

Nosotros, **JUAN CARLOS GALLO JIMÉNEZ Y LUIS FRANCISCO IZA CASA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación **“ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INGENIERÍA CONCURRENTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CARROCERÍA AUTOPORTANTE, PARA UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA URBANO, PARA LA CIUDAD DE LATACUNGA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 16 de mayo del 2017



Juan Carlos Gallo Jiménez.
C.C.: 0503631996



Luis Francisco Iza Casa
C.C.: 1721610457

DEDICATORIA

Dedico este proyecto desde lo más profundo de mi corazón a mis padres: Juan Gallo y Anita Jiménez, quienes han confiado en mí y principalmente motivado para salir adelante hasta lograr conquistar mis metas de una manera honesta y con sencillez, además han sido mi guía y fortaleza..

A mis hermanos: Mariela y Vinicio, por su apoyo incondicional, su tiempo y carisma.

A mis tíos que siempre han estado pendientes de mis éxitos, brindándome su apoyo con un consejo y una palabra de aliento ante cualquier circunstancia.

A mis amigos, quienes a través del tiempo se han convertido en familia, con quienes hemos compartido alegrías, éxitos, triunfos, derrotas, tropiezos, pero hemos aprendido a levantarnos y continuar con humildad, hasta conseguir la meta planteada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por derramar su bendición en mi familia, por brindarme la salud y la sabiduría para conseguir mis metas, al divino niño que siempre me acompaña y guía mis pasos.

A mis padres que han sido el pilar fundamental en mi vida y me han demostrado todo su apoyo a lo largo de toda mi carrera profesional, ya que gracias a su esfuerzo me han permitido llegar a donde estoy

A la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE-L” que constituye la fuente de mis conocimientos y fortalece mi espíritu para lograr crecer académicamente y como persona en esta gran etapa de mi vida,

A mis docentes que han sido fuente de enseñanza estos años, compartiendo sus conocimientos para de esta manera encaminarme por el sendero del éxito.

Mi agradecimiento especial al Ing. Félix Manjarrés Msc, director del proyecto por compartir sus conocimientos y por su valiosa colaboración en la ejecución de la investigación, gracias por ser más no solo un maestro, sino un gran amigo que me orientó por el camino del éxito.

DEDICATORIA

Desde el inicio en que nací y mucho antes que naciera ya estaban dando todo su esfuerzo y sacrificio para poder darme todo lo mejor y enseñarme hacer un hombre de bien. El trabajo diario en el día, la noche, en sol, en lluvia sin descansar para que no me faltara nada y poder cumplir mis sueños les Dedico mi esfuerzo y mi trabajo a mis padres Francisco Iza cali y María Esther Casa Iza, por creer en mí, ya que sin sus enseñanzas diarias y consejos constantes no lograría este objetivo.

Esta tesis la dedico con amor y cariño a mí amada esposa Patricia Almachi y a mis bellas hijas Heydi y Esther por estar siempre conmigo en las buenas y malas y nunca abandonarme, por ser la fuente de motivación e inspiración para poderme seguir superando cada día más.

Una parte muy importante para lograr este objetivo son las personas que brindan consejos, motivación y la ayuda desinteresada por tal razón dedico a mis hermanas Carmen, Roció, Patricia y a mis cuñados Guillermo Acosta y Alejandro Santa.

Todos tenemos un ángel que nos cuida y nos protege, mi mamita Muñequita Rosa Calí, cuantos apuros te hice pasar pensando en mi graduación o reuniones con los ingenieros me apoyaste y me enseñaste que al ser humildes y respetuosos podemos llegar a ser grandes, la honradez tu mayor virtud que degastes en mí. Sé que desde el cielo me cuides y me proteges a mí y toda la familia a ti dedico mi tesis.

AGRADECIMIENTO

El amor de los padres hacia los hijos es infinito que están dispuestos a sacrificar todo por para que los sueños de sus hijos se hagan realidad, por tal motivo doy gracias a Dios por darme a un padre ejemplar Segundo Francisco Iza y ser mi mejor amigo que me ha enseñado valores de humildad, respeto, honestidad y sobre todo de enseñarme a trabajar de la forma honrada y ahora con la ayuda constante ser un profesional. Agradezco a mi madre María Esther Casa por ser una fuente de motivación y que a pesar de las dificultades de la vida enseñarme que todo es posible si tenemos mucha fe.

A mi esposa Patricia Almachi que ha sido una ayuda muy importante su apoyo y la confianza no podría cumplir esta meta. A mis hijas Heydi y Esther por ser los pilares fundamentales de seguir adelante son ellas la razón primordial de este logro.

Un agradecimiento a mis hermanas Carmen, Roció, Patricia y a mis cuñados que siempre han estado aportando con sus consejos, por confiar en mí y por motivarme en seguir adelante.

A mi familia, compañeros y amigos contingentes "PC POWER" quienes, al compartir tantas alegrías, triunfos, tristezas y derrotas, se van convirtiendo en una familia.

Un agradeciendo especial a todos los ingenieros de la universidad de las fuerzas armadas ESPE-L por compartir los conocimientos y experiencia dentro y fuera de las aulas lo creando en mí y fortaleciendo mi carácter profesional.

El agradecimiento a mi tutor Ing. Félix Manjarrez, a mis compañeros de tesis Juan Carlos Gallo, Marcelo Ugeño y Eduardo Corrales por apoyarme en la idea de poder hacer algo diferente y tener la plena confianza que todo sueño se puede cumplir con perseverancia mucho trabajo en equipo, logrando así cumplir la meta y sobre todo fortaleciendo una gran amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABLES	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
GLOSARIO	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Planteamiento del problema.	4
1.3. Justificación e importancia.	6
1.4. Objetivos del proyecto.....	9
1.4.1. Objetivo general.....	9
1.4.2. Objetivos específicos.	9
1.5. Hipótesis.	10
1.6. Variables de la investigación.....	10

CAPÍTULO II

2. INGENIERÍA CONCURRENTE	11
2.1. El diseño concurrente.	11
2.2. Definición de ingeniería concurrente.....	11
2.3. Despliegue de la función de la calidad.....	12
2.4. Diseño para el entorno.....	12

	x
2.5.	Diseño para la manufactura de la carrocería autoportante 13
2.6.	Diseño para el ensamblaje..... 14
2.7.	Diseño asistido por computadora..... 15
2.8.	Ingeniería asistida por computadora..... 15
2.9.	Diseño del experimento DOE..... 16
2.10.	Determinación de las variables dependientes e independientes. .. 17
2.10.1.	Tamaño del experimento 17
2.10.2.	Experimentación y validación..... 17
2.10.3.	Tabulación y análisis de resultados 18
2.11.	Diseño estructural. 19
2.11.1.	Tipos de estructuras automotrices. 19
a.	Carrocería con chasis plataforma. 20
b.	Carrocería con chasis independiente..... 20
c.	Carrocería autoportante, monocasco o compacta. 21
2.11.2.	Soldadura..... 22
a.	Juntas mecánicas 22
2.11.3	Tipos de falla estática y dinámica de estructuras automotrices. 23

CAPÍTULO III

3.	MOVILIDAD VEHICULAR EN LA CIUDAD DE LATACUNGA.. 255
3.1.	Movilidad vehicular 255
3.2.	Perfil territorial del cantón Latacunga 25
3.3.	Factores de entorno que influyen en la movilidad vehicular..... 28
3.4.	Normatividad de movilidad vehicular 30
3.4.1.	Normativas y reglamentos nacionales para vehículos, estructuras y carrocerías automotrices. 31
3.4.2.	Ordenanzas municipales en movilidad vehicular..... 32
3.4.3.	Ordenanzas ambientales para la movilidad vehicular 33
3.5.	Condiciones del entorno que influyen en la circulación vehicular en la ciudad de Latacunga 34
3.6.	Despliegue de la función de la calidad 36
3.6.1.	Voz del usuario. 36
3.6.2.	Voz del ingeniero. 36
3.6.3.	Casa de la calidad. 37

3.6.4. Conclusiones a la casa de la calidad.	38
---	----

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	39
4.1. Diagrama funcional	39
4.2. Matriz morfológica	39
4.3. Especificaciones técnicas del prototipo.....	40
4.3.1. Selección de alternativas	42
4.3.2. Estructura y carrocería	43
4.4. Ingeniería inversa	44
4.5. Diseño virtual del prototipo de la carrocería auto portante biplaza urbano	46
4.5.1. Análisis cinemático y dinámico de la carrocería	488
a. Cargas muertas	4949
b. Cargas vivas	4949
c. Carga estática.....	50
d. Carga dinámica.....	500
4.5.2. Impactos	544
a. La primera colisión:.....	544
b. Segunda colisión.....	555
c. Tercera colisión.....	555
4.5.3. Diseño aerodinámico	566
4.6. Validación del prototipo	577
4.6.1. Validación de la carrocería auto portante.	58
4.6.2. Consideraciones para los estudios por elementos finitos	5959
4.6.3. Solucionador (Solver).....	5959
4.6.4. Convergencia.....	600
4.6.5. Mallado	611
4.6.6. Métrica y calidad de la malla	622
4.6.7. Criterio de aceptación del estudio.....	633
4.6.8. Escenario de simulación	633
4.6.9. Distribución de cargas aerodinámicas	644
4.6.10. Dinámica de fluidos computacional - CFD	655
4.6.11. Análisis de resultados CFD.....	666

4.6.12. Análisis estructural.....	xii
4.5.13. Análisis dinámico explícito.....	668
	711

CAPÍTULO V

5. PROCESO DE MANUFACTURA	766
5.1. Tecnología de la construcción.....	766
5.2. Operaciones tecnológicas	78
5.3. Cursograma de la construcción.....	78
5.4. Flujograma de manufactura de la carrocería auto portante del prototipo	89
5.5. Protocolo de pruebas	911
5.6. Costos.....	933

CONCLUSIONES.....	96
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	97
-----------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
---	-----------

ANEXOS	102
---------------------	------------

ANEXO 1: Informe consolidado vehicular

ANEXO 2: Pesaje sobre báscula industrial del prototipo final

ANEXO 3: Ficha técnica del vehículo chevrolet spark 2007

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Problemática de movilidad en Latacunga	35
Tabla 2	Mapa morfológico tipos de bastidores.....	39
Tabla 3	Especificaciones técnicas para el diseño y construcción del prototipo	40
Tabla 4	Parámetros previos al diseño.....	42
Tabla 5	Matriz de selección del bastidor.....	42
Tabla 6	Matriz de selección del modelo de carrocería.....	43
Tabla 7	Ficha técnica chevrolet spark.....	45
Tabla 8	Cargas muertas de la carrocería.....	49
Tabla 9	Carga viva.....	50
Tabla 10	Radio de curvatura vs velocidad del vehículo.	53
Tabla 11	Cargas dinámicas del bastidor.....	59
Tabla 12	Información del ensayo estructural estático.....	69
Tabla 13	Información de ensayo de impacto.	72
Tabla 14	Máquinas y equipos	77
Tabla 15	Operaciones tecnológicas.....	78
Tabla 16	Simbología de cursograma	79
Tabla 17	Operaciones de montaje	85
Tabla 18	Ficha técnica del prototipo	91
Tabla 19	Hoja de ruta	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Plano simétrico de un automóvil	2
Figura 2	Paneles acoplados a la carrocería auto portante.....	3
Figura 3	Carrocería auto portante de smart car fortwo	3
Figura 4	Carrocería con plataforma de chasis	20
Figura 5	Chasis independiente	21
Figura 6	Carrocería autoportante o compacta.	22
Figura 7	Cuadro soldadura estructural a tope.....	23
Figura 8	Falla estática y dinámica.....	24
Figura 9	Ubicación de la provincia de Cotopaxi.....	26
Figura 10	Densidad de población del cantón Latacunga	27
Figura 11	Pirámide grupos etarios del cantón.....	28
Figura 12	Efectos de la evolución de la movilidad urbana	30
Figura 13	Casa de la calidad de la carrocería	37
Figura 14	Boceto de prototipo.....	43
Figura 15	Modelado en superficie del prototipo - SpaceClaim.....	44
Figura 16	Chevrolet spark 2007.....	45
Figura 17	Procesamiento del flujo de trabajo.....	47
Figura 18	Modelado final de prototipo – SpaceClaim	48
Figura 19	Ejes coordenados de la carrocería	48
Figura 20	Primera colisión	54
Figura 21	Segunda colisión	55
Figura 22	Tercera colisión	55
Figura 23	Vista frontal del prototipo	56
Figura 24	Criterio de convergencia de la malla.....	60
Figura 25	Mallado de la carrocería - CFD.....	61
Figura 26	Control y método de mallado para la carrocería	62
Figura 27	Métrica y calidad de la malla.....	63
Figura 28	Volkswagen XL1 mostrando la suavidad de su línea aerodinámica	64
Figura 29	Distribución de fuerzas	64
Figura 30	Flujo de aire sobre la carrocería en un túnel de viento a 50 km/h.....	66
Figura 31	Presión del aire sobre la carrocería a 50 Km/h.....	67
Figura 32	Base de la carrocería autoportante.....	68
Figura 33	Esfuerzo máximo principal - 41.88 Mpa.....	70
Figura 34	Deformación total - 0.63mm.....	70
Figura 35	Factor de seguridad - 5.76.....	71
Figura 36	Carrocería para ensayo de impacto frontal.....	72
Figura 37	Deformación en el eje y – 170 mm	74
Figura 38	Diagrama de deformación.....	74
Figura 39	Desplazamiento vs tiempo.....	75

		xv
Figura 40	Carrocería prototipo biplaza.....	76
Figura 41	Cursograma del despiece del vehículo	80
Figura 42	Cursograma de fijación de arriostras	80
Figura 43	Cursograma del seccionamiento del piso	81
Figura 44	Descripción de los estribos y parantes seccionados.....	81
Figura 45	Cursograma de seccionamiento de estribos y parantes	82
Figura 46	Cursograma de fijación de los elementos seccionados	83
Figura 47	Plancha y estribo de unión.....	83
Figura 48	Cursograma de montaje	86
Figura 49	Cursograma de ensamble de elementos adaptados.....	87
Figura 50	Cursograma del pintado de la carrocería.....	88
Figura 51	Flujograma de procesos	89
Figura 52	Dimensiones finales del prototipo	90
Figura 53	Mapa de hoja de ruta	93

GLOSARIO

ANT	Agencia Nacional de Tránsito
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
CAD	Diseño asistido por computador
CAE	Ingeniería asistida por computador
CAM	Manufactura asistida pro computador
CAX	Tecnología asistida por computadora
CFD	Dinámica de fluidos computacional
CG	Centro de gravedad
CIM	Manufactura integrada por computador
CO	Óxido de carbono
CO2	Dióxido de oxígeno
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles no metano
DFA	Diseño para el ensamblaje
DFM	Diseño para la manufacturación
DFMA	Diseño para la manufactura y el ensamble
DOE	Diseño de experimentos
EHD	Diseño de cuidado de la salud
FEM	Modelado por elementos finitos
GAD	Gobierno autónomo descentralizado
MBS	Modern Business Systems
NOx	Óxido nitroso
PDM	Product Data Management
QFD	Despliegue de la función de la calidad
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana

RESUMEN

El presente trabajo de titulación nace con la necesidad de mejorar las características de tránsito y movilidad vehicular en la ciudad de Latacunga, basada en un sistema de transporte urbano alternativo, confortable y limpio para la ciudadanía, por lo que inicia con la compilación de la información técnica-científica que sustenta el diseño e implementación de una carrocería autoportante para un vehículo prototipo biplaza urbano que pueda desplazarse con gran facilidad por las vías urbanas del Cantón Latacunga. Aplicando la ingeniería concurrente y mediante el método de despliegue de la función de la calidad, se obtiene la estructura funcional del prototipo, que constituye una alternativa óptima sobre el diseño de la carrocería autoportante, tomando en cuenta aspectos muy importantes como la seguridad, aerodinámica y estética vehicular. Se efectúa el cálculo, análisis y modelación mediante software CAD-CAE para comprobar y garantizar la seguridad y estabilidad de la carrocería, la eficiencia del prototipo en las curvas, el peso de la nueva carrocería y la conformidad con los sistemas automotrices y aerodinámicos del vehículo. El análisis consta de dos fases, tanto en el sentido estático como en el sentido dinámico, realizando sus respectivas simulaciones, pruebas y análisis, de la estructura y del prototipo, llevadas a cabo según estándares y normativas establecidas. Finalmente pasamos al proceso de construcción y ensamblaje de la carrocería autoportante para el vehículo prototipo biplaza y la respectiva adaptación del tren motriz, conjuntamente con los sistemas automotrices.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULOS - CARROCERÍA**
- **INGENIERÍA CONCURRENTE**
- **VEHÍCULOS BIPLAZA**

ABSTRACT

This project was born with the need to improve the characteristics of traffic and vehicular mobility in the city of Latacunga, based on an alternative, comfortable and clean urban transport system for citizens, starting with the compilation of technical and scientific information Which supports the design and implementation of a self-supporting body for a two-seater prototype vehicle that can be easily moved along the urban roads of Latacunga Canton. Applying the concurrent engineering and the method of deploying the quality function, the functional structure of the project is obtained, which is an optimal alternative to the design of the self-supporting body, taking into account very important aspects such as safety, aerodynamics and Vehicular aesthetics. Calculation, analysis and modeling are carried out using CAD-CAE software to verify and guarantee the safety and stability of the body, the prototype efficiency in the curves, the weight of the new body and the conformity with the automotive and aerodynamic systems of the vehicle. The analysis consists of two phases, both in the static sense and in the dynamic sense, carrying out their respective simulations, tests and analyzes, of the structure and the prototype, carried out according to established standards and regulations. Finally we move on to the process of construction and assembly of the self-supporting body for the two-seater prototype vehicle and the respective adaptation of the power train, together with the automotive systems.

KEYWORDS:

- **SELF SUPPORTING BODY**
- **CONCURRENT ENGINEERING**
- **URBAN BIPLAZA**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes investigativos.

En la ciudad de Latacunga existen problemas de movilidad y congestión vehicular en el centro histórico siendo su periferia donde se ubica el problema más grave, debido a que la movilidad es limitada; los niveles de congestión son muy elevados, sus calles y aceras son muy estrechas, además que el 50% de la población urbana utiliza como medio de transporte los automóviles, taxis o vehículos livianos de este porcentaje, el 90% viaja con un solo pasajero y el 10% restante con más de un pasajero.

En el campo automotor la demanda energética está sujeto a una serie de factores, tales como la aerodinámica, la resistencia a la rodadura y el factor de carga, que es el más influyente en el consumo de combustible, generando emisiones de gases contaminantes hacia el medio ambiente. (Sánchez Yáñez, 2016)

Ante la necesidad de optimizar la demanda energética y el impacto medio ambiental de los vehículos, es necesario alivianar el peso neto del vehículo mediante la reducción de masas, debido que la demanda energética está directamente relacionada con los puntos en mención. (Muñoz, 2010)

El Comercio, 2012 menciona que: la tendencia de vehículos pequeños tiene su origen desde los años treinta (VW Escarabajo), cuarenta (Citroën 2CV) y cincuenta (Fiat 500 y Mini Austin). Estos vehículos son los preferidos por quienes buscaban un auto pequeño y económico. Además de ser considerados los vehículos ecológicos por excelencia, debido a la relación directa tamaño – peso, requieren un menor esfuerzo mecánico para ser impulsados, limitando el consumo de combustible y reduciendo la emisión de gases contaminantes.

El análisis de durabilidad por fatiga se aplica a los diseños del chasis tales como la transmisión de potencia, suspensión, dirección, frenos y que son de importancia crítica para la seguridad de los vehículos, a fin de garantizar la fiabilidad de los sistemas automotrices se realiza mediante el análisis por elementos finitos y ensayo bajo ciclos de trabajo para el material de una manera experimental para evaluar la validez y exactitud de los análisis de fatiga. (Koh, 2009)

Orozco (2015) menciona que: “El diseño de la carrocería debe garantizar seguridad, tomando en cuenta parámetros como: altura del centro de gravedad, estabilidad y confort sin descuidar el arrastre aerodinámico “

Para analizar los movimientos de la carrocería en una auto, se establece un plano de simetría en tres dimensiones, donde se analiza el centro de gravedad (CG), y los tres ejes (x,y,z) donde x es la velocidad longitudinal, y es la velocidad lateral y z es la velocidad vertical

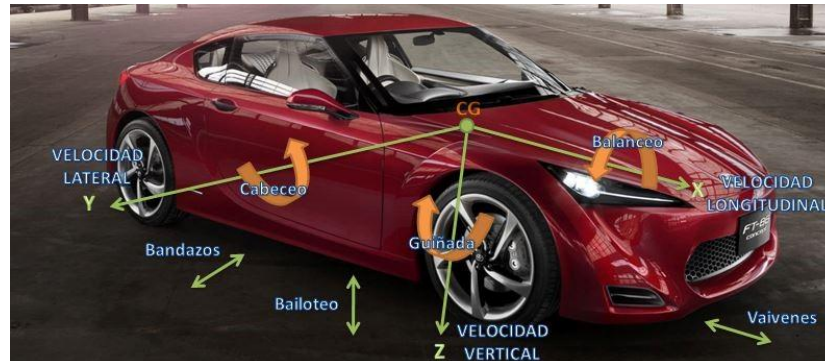


Figura 1 Plano simétrico de un automóvil

Fuente: (Orozco, 2015)

La carrocería del vehículo biplaza urbano se incorpora con una sola plataforma y dos tipos de carrocería, coupe y cabrió. El núcleo de la carrocería del Smart es el que el fabricante denomina célula de seguridad Tridion. Esta célula de seguridad, se caracteriza por sus elevados niveles de rigidez, así como por su alta resistencia a la deformación, por el empleo de chapas de grandes espesores en las secciones de la estructura portante. (Román 2013)

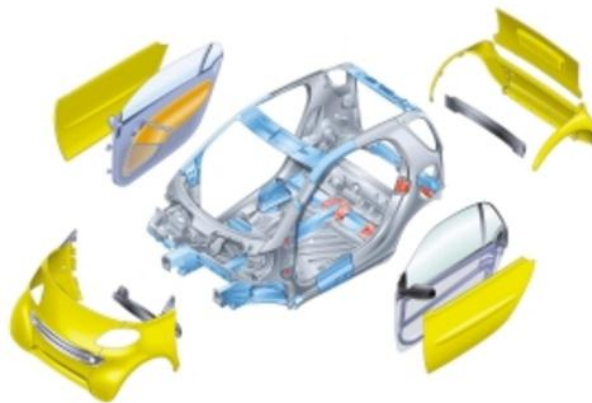


Figura 2 Paneles acoplados a la carrocería auto portante

Fuente: (Román, 2013)

El objetivo primordial del diseño de la carrocería del Smart es salvaguardar la seguridad de los ocupantes, teniendo en cuenta la reparación del vehículo. Como afirma Maurenza: “Se han establecido dos estudios de niveles de impacto; el primero, es el denominado impacto leve y es válido para choques de hasta 15 km/h, mientras que el segundo ocurre a velocidades superiores. En impactos por debajo de los 15 km/h, tanto delanteros como posteriores, se produce la activación de las zonas de deformación.”



Figura 3 Carrocería auto portante de Smart car fortwo

Fuente: (Maurenza, 2008)

El esqueleto del coche, la carrocería y su habitáculo de seguridad, constituyen elementos básicos para proteger a los ocupantes, debe ser segura, resistente y aerodinámica. Estas son las exigencias que ha de cumplir la carrocería del prototipo para conseguir su objetivo fundamental: proteger a sus ocupantes en caso de colisión. (Maurenza, 2008)

La importancia para obtener un producto de peso ligero es un método numérico y analítico basado en el criterio energético para diseñar y optimizar los parámetros del proceso para un componente del automóvil, para reducir las emisiones de CO₂ y así realizar un producto respetuoso del medio ambiente, es el objetivo más importante para llegar con la ingeniería de proceso. Los reglamentos y también las políticas de marketing, para el desarrollo de nuevos procesos energéticamente menos costosos y ambientalmente conscientes de sus deberes. El proceso de producción para obtener el desarrollo de modelos numéricos y la realización de pruebas experimentales para evaluar las propiedades de los materiales, condiciones del proceso y la observación de lo que ocurre con diferentes conjuntos de parámetros, para llegar a un elemento optimizado con criterio energético. (D'Annibale, 2015)

1.2 Planteamiento del problema.

El crecimiento del parque automotor en la ciudad de Latacunga implica dificultades para movilizarse en un vehículo en horas de alto tráfico, más aún cuando se utiliza este medio de transporte de una manera poco racional dado que un alto porcentaje de automóviles viaja con un solo pasajero y un mínimo porcentaje de vehículos con más de un pasajero, lo que se traduce en problemas de movilización, contaminación del medio ambiente ocasionados por el transporte.

Cada vez la demanda tiende a disminuir el peso y tamaño de una carrocería para optimizar el espacio, perfeccionado y puesta en proceso es necesario el empleo de la técnica de diseño, simulación y herramientas de desarrollo dentro de una amplia gama de CAD, QFD, CFD y sistemas PDM. Es así que el análisis y la simulación del comportamiento físico de la carrocería autoportante, así como sus componentes y los sistemas de función es una parte integral de un proceso de desarrollo del sistema de propulsión eficiente en vehículos para satisfacer las necesidades de la sociedad.

Los métodos modernos de análisis y simulación, como FEM, MBS, EHD y CFD, QFD en el manejo de las actividades de desarrollo complejos para los vehículos de pasajeros, motocicletas, vehículos industriales se aseguran con el análisis y simulación obtener resultados de alta calidad.

Se tienen que convertir en fortalezas para la optimización del diseño de producto y el desarrollo de algoritmos como desarrollo del avance - ingeniería una etapa de inicio para la producción en masa, mediante la cadena de herramientas, una amplia infraestructura y también la gestión de proyectos competentes para la construcción de prototipos, de tal manera que permita minimizar los errores de diseño.

La carrocería auto portante tiene que proporcionar un centro de gravedad optimo al constituirse en un parámetro fundamental en cuanto al balance de las cargas, seguridad, estabilidad y correcto comportamiento de la carrocería conjuntamente con los sistemas automotrices, pues es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre los distintos segmentos materiales de un cuerpo. El centro de gravedad tanto de la carrocería como de la carga que va a disponer debe estar equilibrado para una mejor distribución de peso con el fin de evitar una exagerada inclinación transversal en los peraltes y pendientes, además la efectividad del centro de gravedad puede evitar la pérdida de adherencia (derrape) y vuelco en dependencia de la velocidad de circulación por las vías de la ciudad.

Para el diseño y fabricación se debe considerar la altura del centro de gravedad (CG) y la resistencia aerodinámica frontal ya que el tamaño y peso serán diferentes a un vehículo ligero convencional de categoría M1. La correlación matemática entre la transferencia de carga de tracción en posición vertical debe ser proporcional a la altura del CG. (Canal Motor 7, 2017)

Tomando un enfoque integrado e interdisciplinario para el análisis y la simulación de la carrocería, así como sus componentes y sistemas de funciones es una clave fundamental para reducir al mínimo el desarrollo de los

riesgos, costes y tiempos, para lograr los objetivos de la investigación, el concepto, el avance y proyectos de desarrollo a nivel de producción.

Considerando que existe una relación entre el peso del vehículo, el consumo de combustible y la resistencia aerodinámica del área frontal de la carrocería, se efectuará un estudio para el diseño y construcción de una carrocería autoportante para un prototipo vehículo biplaza urbano para la ciudad de Latacunga con dimensiones apropiadas considerando como parámetro fundamental la seguridad y confort de los ocupantes y entregando valores apropiados para que se pueda seleccionar el tren motriz y el sistema de propulsión apropiado para el prototipo biplaza

1.3 Justificación e importancia.

El presente trabajo de titulación ayudará a optimizar la demanda energética y la emisión de gases contaminantes, mediante un vehículo prototipo biplaza de menor tamaño y peso, requiriendo un menor esfuerzo mecánico para ser impulsado, en relación a vehículos de la misma categoría optimizando la movilidad de personas en la ciudad de Latacunga.

La mayoría de las veces el uso del vehículo particular se torna más económico que viajar en vehículos de transporte masivo, ya que los viajes son más rápidos, más confortables y puerta a puerta; pero esta premisa no se cumplirá generalmente en las horas pico, debido a que el automóvil es el principal causante del embotellamiento y congestión en áreas comerciales no solo por la cantidad sino por las características geográficas de Latacunga.

La elección entre el auto y el servicio masivo, está determinado más por conveniencia que por costo; además en toda comunidad no hay la suficiente infraestructura de calles y estacionamientos dentro las áreas de atracción de viajes o centros históricos, por lo que la ventaja de utilizar el transporte urbano será evidente.

Antropológicamente desde los principios de la civilización, las personas definieron un “límite natural” para andar o viajar, que es representado por la disposición física de los asentamientos urbanos, determinada por el tipo de tecnología de transporte disponible. A pesar de haber una clara influencia de la tecnología de transporte en la cobertura espacial de una ciudad y, por lo tanto, en la amplitud de las distancias y tiempos de viaje, es una exageración afirmar que exista un “límite” antropológico. Aunque los promedios de tiempo tiendan a mantenerse en un rango entre los 30 y los 40 minutos, existen muchas discrepancias, sobre todo relacionadas con las personas de bajos ingresos que viven en regiones urbanas periféricas en las cuales son comunes los desplazamientos de dos horas de duración. (Rojas & Vásquez, 2013)

El aumento poblacional y la demanda de transporte varían de acuerdo a las condiciones específicas de los individuos y de las familias; influyendo directamente en los tiempos de caminata y espera para abordar un medio de transporte. También destaca el saturado uso de vehículos de transporte públicos sobre cargados de pasajeros en los horarios considerados “Hora Pico”.

Mayor exposición a las congestiones, lo que impacta directamente el tiempo de viaje y provoca cansancio y reducción de la productividad. Mayor exposición a la contaminación atmosférica en áreas de tráfico intenso, con impactos directos en la salud. Mayor exposición a la inseguridad en el tráfico, reflejada en más casos de víctimas en relación con las mujeres.

En el caso de la mujer, el tema de género está relacionado con cinco problemas principales:

1. Falta de aceras y puntos de cruce de peatones adecuados, tomando en cuenta el uso intensivo de la caminata, problema que se agrava cuando la mujer lleva un niño.
2. Falta de infraestructura y señalización adecuadas para usar la bicicleta.

3. Falta de oferta adecuada de transporte público para hacer viajes en los períodos fuera del horario normal.
4. Dificultad para abordar vehículos llenos de pasajeros por sus desventajas físicas frente a las de los hombres, problema que se agrava cuando la mujer está acompañada de un niño.
5. Peligro de acoso sexual al usar el transporte público.

Diseñado para el espacio vital urbano, con excelente maniobrabilidad y diámetro de giro reducido, el coche pequeño satisface las exigencias de movilidad de la ciudad. Tienen el tamaño idóneo para circular y aparcar en la ciudad, pueden alojar un número pasajeros según el modelo y en algunos casos permiten realizar viajes largos, aunque siempre con cierta paciencia y sin mucha carga, a ser posible.

El consumo del espacio incluye la posibilidad de conflictos físicos, que pueden generar colisiones, y consecuencias graves para las personas involucradas. En comparación con eventos en los que están involucrados los peatones, los conflictos son mucho más violentos y letales. Además, la mayoría de las víctimas de accidentes de tránsito que ocurren en las grandes ciudades de países en desarrollo son peatones. La consecuencia política de esa situación es que las personas que acceden a vehículos motorizados pueden amenazar la vida de los demás, aunque no conozcan o deseen dichas consecuencias.

Lograr un mejor equilibrio entre la propiedad y el uso del automóvil constituye uno de los mayores desafíos que se plantean hoy en el sector transporte de la región. Es probable que en el futuro haya un cambio en la actitud de los automovilistas y, de hecho, a desplazarse por medios públicos.

El presente estudio que se efectuará en la ciudad de Latacunga se basará en un sistema de transporte urbano alternativo denominado biplaza urbano el cual se encuentra en expansión diaria por las ciudades congestionadas del mundo que tienen el mismo problema. Es así que con la

elaboración del trabajo de titulación se busca la vinculación de la universidad con la sociedad y el aparato productivo ecuatoriano, brindando una alternativa de movilidad con un transporte eficiente, sustentable y amigable con el medio ambiente

1.4 Objetivos del trabajo de titulación.

1.4.1 Objetivo general.

Analizar y aplicar la metodología de ingeniería concurrente para la construcción de una carrocería autoportante para un vehículo prototipo biplaza urbano, para la ciudad de Latacunga.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Recopilar información teórica – científica para el desarrollo del trabajo de titulación
- Aplicar el método de ingeniería concurrente para determinar las variables requeridas para la adaptabilidad de una carrocería autoportante en un vehículo biplaza para transitar en una zona Urbana.
- Realizar la simulación y análisis estático de la carrocería autoportante tomando en cuenta condiciones de operación y funcionamiento requeridas.
- Adaptar una carrocería autoportante prototipo que cumpla con las condiciones determinadas en la investigación.
- Realizar pruebas de campo que permitan validar el funcionamiento, seguridad y eficiencia del prototipo y comparar los parámetros obtenidos físicamente de la carrocería autoportante con los determinados y requeridos en el proceso de investigación

- Evaluar la funcionalidad, el comportamiento, la estabilidad y la seguridad del prototipo biplaza, mediante el protocolo de pruebas en la ciudad de Latacunga

1.5 Hipótesis.

Aplicando la ingeniería concurrente se determinará un proceso adecuado y eficaz para el diseño de una carrocería autoportante para un prototipo biplaza urbano para la ciudad de Latacunga, que garantizará la seguridad de los ocupantes y que además podrá ser homologado de acuerdo con el reglamento general para el transporte.

1.6 Variables de la investigación.

- Variable independiente: Centro de gravedad, requerimientos topográficos, ambientales, demográficos y de tránsito vehicular en la ciudad de Latacunga.
- Variable dependiente: Carrocería autoportante del prototipo biplaza

CAPÍTULO II

2. INGENIERÍA CONCURRENTE

2.1 El diseño concurrente.

La nueva perspectiva del diseño que toma en consideración de forma simultánea los requerimientos funcionales y los de fabricación se denomina diseño para la fabricación y el montaje (DFMA del inglés design for manufacturing and assembly) y, gracias a los buenos resultados obtenidos, estos mismos principios se han ido aplicando progresivamente a otros aspectos de los productos y de los servicios para asegurar que den respuesta a las necesidades de los usuarios, que faciliten el mantenimiento o que minimicen los impactos ambientales. Estos principios, junto con nuevas formas organizativas y nuevas herramientas integradoras, han ido confluyendo en un nuevo concepto que toma el nombre de ingeniería concurrente. (Riba, 2002)

2.2 Definición de ingeniería concurrente

Es una nueva forma de concebir la ingeniería de diseño y desarrollo de productos y servicios de forma global e integrada donde concurren las siguientes perspectivas:

1. Desde el punto de vista del producto, se toman en consideración tanto la gama que se fabrica y que ofrece la empresa como los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de vida y los costes o recursos asociados

2. Desde el punto de vista de los recursos humanos, colaboran profesionales que actúan de forma colectiva en tareas de asesoramiento y de decisión (con presencia de las voces significativas) o de forma individual en tareas de impulsión y gestión (gestor de proyecto), tanto si pertenecen a la empresa como si son externos a ella (otras empresas, universidades o centros tecnológicos)

3. Y, desde el punto de vista de los recursos materiales, concurren nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación sobre una base de datos y de conocimientos cada vez más integrada (modelización 3D, herramientas de simulación y cálculo, prototipos y útiles rápidos, comunicación interior, Internet, etc.). (Riba, 2002)

2.3 Despliegue de la función de la calidad.

Perspectiva de la ingeniería concurrente que, más allá de buscar la conformidad de un producto o servicio con las especificaciones previstas, incide en el mismo diseño para hacerlo más apto para la calidad (eliminación o simplificación de controles, diseño robusto). El concepto más reciente de calidad se refiere tanto al grado de satisfacción que el producto o servicio proporciona a las expectativas del usuario como a la rentabilización general de los recursos y a la eliminación de las pérdidas. (Riba, 2002)

2.4 Diseño para el entorno

Cada día aumenta el número de circunstancias alrededor de los productos, máquinas y sistemas que inciden y condicionan su diseño desde numerosos puntos de vista, tendencia que probablemente no hará más que ir en aumento (Riba, 2002). Se refiere entre otras a:

- La disponibilidad de los productos y sistemas
- La relación hombre-máquina
- La seguridad de las máquinas
- El ahorro energético y los impactos ambientales
- La problemática del fin de vida de los productos

La característica común de todos estos temas es que su incidencia va más allá de la empresa y sus efectos recaen fundamentalmente en los usuarios, haciendo que el mercado no constituya una herramienta adecuada para su regulación ya que la mayoría de ellos repercuten en costes para las

empresas sin una contrapartida tangible en prestaciones o argumentos de venta para los productos. (Riba, 2002)

2.5 Diseño para la manufactura de la carrocería autoportante

El Diseño para la fabricación (DFM, design for manufacturing) es el primer paso en el camino hacia la ingeniería concurrente: además de la función, se diseña también para que el producto sea fácil y económico de producir.

Fabricar tiene un significado amplio: significa partir de materias primas, productos semielaborados y componentes de mercado y construir un producto o una máquina lo que engloba, como mínimo, los dos tipos de actividades siguientes:

a) Conformación de piezas: Consiste en dar forma a las piezas y a los componentes básicos de un producto por medio de una gran diversidad de procesos (fundición, forja, laminación, deformación, sinterizado, mecanizado, extrusión, inyección, tratamientos térmicos, recubrimientos) y también realizar primeras composiciones y uniones permanentes (calar ejes, reordenar, soldar por puntos, al arco, por ultrasonidos, encolar) para formar componentes básicos.

b) Montaje del producto: Consiste en componer el producto a partir de las piezas y componentes elementales y comprende operaciones de inserción, de referencia, de unión (fundamentalmente desmontables), pero también operaciones de puesta a punto y ajuste, de llenado de fluidos, de inicialización y, por último, de comprobación del correcto funcionamiento del conjunto.

(Riba, 2002)

2.6 Diseño para el ensamblaje.

El Diseño para el montaje (DFA) en el montaje de una carrocería consiste en la manipulación, fabricación de diferentes segmentos y elementos, el acoplamiento entre ellos, la puesta en marcha, la eficacia del proceso para el cual fue creado con un nivel de ajuste óptimo. Para el montaje convergen diversas operaciones que son analizadas diligentemente.

Siguiendo un orden específico obtenemos un encadenamiento de acciones:

1. Manipulación de piezas y componentes:
 - 1.1. Reconocimiento de una pieza o componente
 - 1.2. Determinación de la zona de prensión
 - 1.3. Realización de la operación de prensión
 - 1.4. Movimientos de posicionamiento y de orientación
2. Composición de piezas y de componentes:
 - 2.1. Yuxtaposición de piezas
 - 2.2. Inserción (eje en un alojamiento, corredera en una guía.)
 - 2.3. Colocación de cables y conducciones
 - 2.4. Llenado de recipientes y depósitos (engrase, líquidos, gases)
3. Unión de piezas y de componentes
 - 3.1. Uniones desmontables (roscadas, pasadores, chavetas)
 - 3.2. Encaje por fuerza (calado de piezas, unión elástica)
 - 3.3. Uniones por deformación (remaches, plegado)
 - 3.4. Uniones permanentes (soldadura, encolado)
4. Operaciones de ajuste
 - 4.1. Retoque de piezas (rebabas, lima, ajuste por deformación)
 - 4.2. Operaciones de ajuste mecánico (conos, micro ruptores)
 - 4.3. Operaciones de ajuste eléctrico (potenciómetros, condensadores)
5. Operaciones de verificación
 - 5.1. Puesta a punto (regulaciones, inicialización informática)
 - 5.2. Verificación de la funcionalidad del producto. (Riba, 2002)

2.7 Diseño asistido por computadora

Las herramientas de visualización (o de rendering) permiten, en base a modelos de CAD tridimensionales, crear imágenes fotorrealistas de productos y escenarios que incorporan efectos como puntos de vista, focos de luz, creación de sombras, texturas de las superficies, transparencias, reflejos de la luz y la aplicación de rótulos.

Muchas de ellas también incluyen sistemas de animación (cinemática) para simular aspectos como movimientos en el funcionamiento habitual del producto, secuencias de montaje/desmontaje, interacción entre componentes, y explosionados.

Los sistemas de realidad virtual constituyen las herramientas más evolucionadas en el campo de la visualización y animación y están destinadas a tener un gran desarrollo en el futuro. Como rasgo destacado cabe señalar que el observador puede interactuar con objetos simulados que percibe en escenarios tridimensionales. (Riba, 2002)

2.8 Ingeniería asistida por computadora

Desde la perspectiva de los medios, el diseño y desarrollo incorporan numerosas herramientas asistidas por ordenador (CAx, computer aided x: CAD, CAE, CAM) que han reforzado las actividades de prototipo de forma virtual y simulación, con el consiguiente ahorro en tiempo y en pruebas con prototipos físicos. También se abren nuevas posibilidades para la ingeniería concurrente gracias al establecimiento de bases de datos sobre los productos cada vez más integradas (modelización 3D aptas para simulaciones y cálculos, el uso de datos de diseño para simular y programar la fabricación, para actividades comerciales o de postventa) y de nuevas facilidades de información y comunicación (redes locales, Internet, otras técnicas CIM). (Riba, 2002)

De la diferente gama de softwares en el análisis y aplicación de la metodología de ingeniería concurrente para la construcción de una carrocería autoportante para un vehículo prototipo biplaza urbano, se enumerará la utilización de algunos de ellos: para el dibujo la suite de Autodesk y en la fase del diseño estructural ANSYS, todos los softwares en su versión estudiantil.

2.9 Diseño del experimento DOE

DOE (design of experiments), uno de los objetivos del diseño es conseguir que determinados parámetros o características relacionadas con la calidad de los productos y de los procesos sean óptimos. (Riba, 2002) En varios casos, se desean los valores más grandes posibles (por ejemplo, el valor máximo de la carga puntual de la carrocería.), en otros casos, se desean los valores más pequeños posibles (por ejemplo, la longitud mínima de corte para una carrocería autoportante.), para otros casos se necesita sacar la media de los valores obtenidos.

Los valores de estas características de calidad dependen de variables que pueden ser cuantitativas (longitudes, velocidades, temperaturas, tensiones) o cualitativas (materiales, disposiciones, abierto-cerrado). El diseñador controla algunas de ellas (dimensiones de las piezas, temperatura del proceso, tensión eléctrica) mientras que, otras, dependen de la producción, el entorno o la utilización (tolerancias de fabricación, temperatura ambiente, acciones del usuario, bajadas de tensión). (Riba, 2002)

En general, las relaciones entre las características de calidad de los productos, procesos y los factores que les afectan son mal comprendidas ya que, o bien no responden a leyes conocidas de la ciencia y de la técnica o bien el conocimiento que las empresas tienen de ellas se basa en una experiencia adquirida a lo largo del tiempo de forma intuitiva y poco metódica.

Experimentar es cambiar deliberadamente las condiciones de funcionamiento de los sistemas para mejorar el conocimiento de los productos y procesos y, a la vez, orientar las acciones a tomar en el diseño y desarrollo.

El objetivo básico del diseño de experimentos, basado en técnicas y metodologías estadísticas, consiste en determinar el conjunto de pruebas a realizar para obtener el máximo conocimiento útil sobre el sistema con el mínimo número (y, por lo tanto, coste) de experimentos.

Confluyendo con la estrategia de la ingeniería concurrente, el diseño de experimentos parte de la idea de que el mejor momento para poner las bases de la calidad de los productos y procesos es durante sus etapas de especificación y concepción. (Riba, 2002)

2.10 Determinación de las variables dependientes e independientes.

Variables independientes: son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente. En los diseños experimentales la variable independiente es el tratamiento que se aplica y manipula en el grupo experimental. Ejemplo: Análisis del Centro de gravedad, requerimientos topográficos, ambientales, demográficos y de tránsito vehicular en la ciudad de Latacunga. (Arias, 2006)

Variables dependientes: son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos o consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación. Ejemplo: Carrocería autoportante del Prototipo Biplaza. (Arias, 2006)

2.10.1 Tamaño del experimento

Se lo define como el número total de observaciones recogidas en el diseño. Dando a notar el efecto que, sobre la Variable Respuesta, tiene un conjunto de otras variables que reciben el nombre de Factores. (Porrás, 2001)

2.10.2 Experimentación y validación

La experimentación es una intervención activa y manipulación de objetos con el fin de obtener respuestas a las preguntas formuladas hipotécamente

de acuerdo con un plan establecido, registrando datos lo cual supone la observación de fenómenos y el uso de instrumentos de medición. Respecto a este aspecto, solo el análisis riguroso de la experimentación desde un punto de vista matemático, utilizando uno o varios métodos para su discusión de este modo llevándose a cabo el método científico. (Barragán, Gómez, & Nuñez, 2006)

a) **Validación.**

La validación permite comprobar las hipótesis acerca de las tecnologías que se han formulado en etapas previas de la investigación (generación y desarrollo de alternativas tecnológicas) en condiciones reales de la experimentación para las cuales fueron diseñados, tiene como objetivo la identificación e introducción de nuevas tecnologías, parte de problemas relevantes tanto para el producto como para el técnico.

Lleva a cabo pruebas bajo condiciones reales de la experimentación con una fuerte participación del producto en todas las etapas de la conducción del experimento. Genera datos e información sobre el desempeño de las tecnologías en cuestión, realizando la evaluación de la técnica y la evaluación del producto. (Lusa, 1995)

2.10.3 Tabulación y análisis de resultados

La tabulación es una parte del proceso técnico en el análisis estadístico de los datos. La operación esencial en la tabulación es el recuento para determinar el número de casos que encajan en las distintas categorías. El termino marginal es para referirse a simples recuentos de frecuencia en lo que concurre las diversas categorías de los datos.

Los términos tabulación cruzada se refieren o son utilizados con frecuencia a la tabulación del número de casos que ocurren conjuntamente a los de más categoría. Una vez realizada la encuesta se clasifican y elaboran cuadros estadísticos y se procede a la interpretación y análisis, obteniéndose

un primer borrador, el cual se revisa y reestructura a los objetos del estudio. (Tamayo, 2004)

Plan de tabulación, análisis e interpretación de datos para prueba de hipótesis. Con base a los datos que se obtengan de la muestra, y para responder al problema y objetivos planteados, deberán presentarse una serie de cuadros de frecuencia y porcentajes, para la parte descriptiva de la investigación, lo cual le facilitaran la observación de las tendencias de las variables como: entrevistas, estudios de casos, visitas domiciliarias, cada uno con sus respectivos gráficos y sus respectivas interpretaciones.

2.11 Diseño estructural.

El diseño estructural es un proceso creativo y analítico mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado para su función.

Es muy importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global, entre ellas las limitaciones en cuanto al tiempo de ejecución, costo y la idea de satisfacer determinadas exigencias estéticas. (Lopez, 2008)

2.11.1 Tipos de estructuras automotrices.

Todo automóvil moderno se encuentra conformado por dos partes claramente diferenciadas: mecánica y carrocería. En cuanto a la mecánica está formada por diversos elementos como son el motor, la transmisión, la dirección, etc.

La carrocería constituye el armazón completo del vehículo. Está formada, generalmente por planchas metálicas unidas entre sí, que constituyen el apoyo de los elementos mecánicos. Se pueden establecer distintas

clasificaciones, como por ejemplo: en función de la distribución del espacio exterior, entre otros. (Puente, 2012)

a) Carrocería con chasis plataforma.

Se plantea de manera que comprende una solución intermedia entre la carrocería autoportante y la instalada sobre un chasis. Este diseño se construye como un chasis de plancha al que se le sujeta completamente el resto de la carrocería. Se lo usa en algunos vehículos de turismo ensamblados y contruidos para dar un servicio intermedio y poder ser utilizados en carretera; también en las vías alternas de construcción mixta. (BlogdeAutomoviles, 2017)

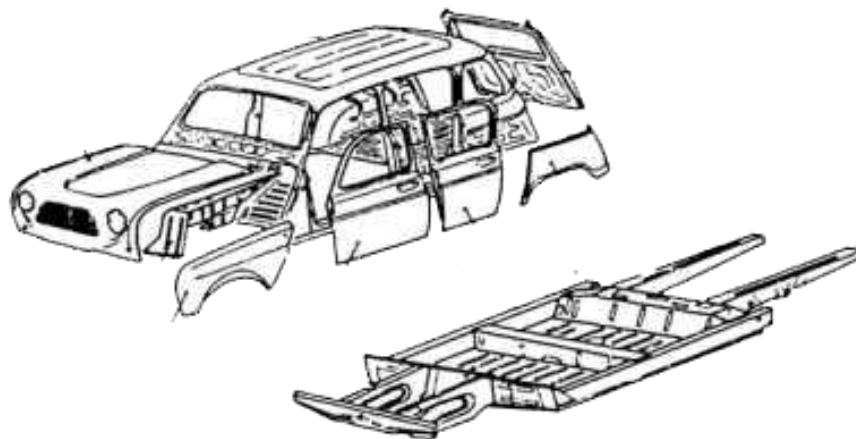


Figura 4 Carrocería con plataforma de chasis

Fuente: (BlogdeAutomoviles, 2017)

b) Carrocería con chasis independiente.

Esta carrocería es la más sencilla, fue la más utilizada en los primeros vehículos. En este primer tipo de carrocería, la estructura viene conformada por dos partes: el chasis y la carrocería.

El chasis o bastidor es un sistema rígido que actúa como la estructura de los sistemas mecánicos (motor, transmisión, suspensión, etc.). Estos bastidores son contruidos con piezas de acero colocadas de forma transversal

y longitudinal. El uso del acero en este tipo de estructuras se debe a que presenta una serie de propiedades que dotan a las estructuras de gran resistencia, pero sin restar ligereza al vehículo. (Ortiz, 2012)

En cuanto a la carrocería se la puede definir como la carcasa del vehículo, que está formado con planchas metálicas, y cuyo interior corresponde al habitáculo donde viajan los pasajeros. Cuando los elementos mecánicos ya están colocados en el chasis, ya se puede unir con la carrocería por medio de uniones elásticas. (Ortiz, 2012)

La peculiaridad de esta carrocería es que el bastidor y la carrocería son elementos amovibles, ya que se puede separar uno del otro. Sin embargo, pese a esto la carrocería de chasis independiente es muy robusta, y soporta bien los esfuerzos por lo que se suele utilizar en vehículos de carga. (Ortiz, 2012)

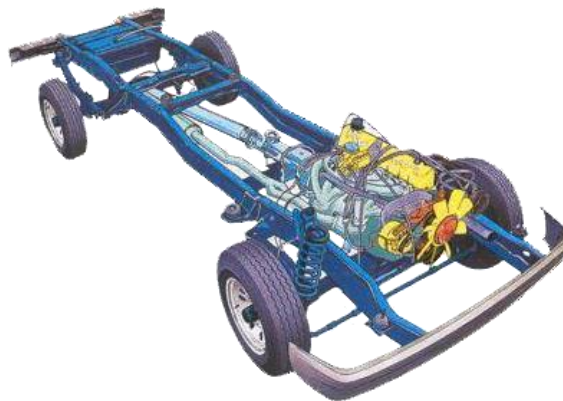


Figura 5 Chasis independiente

Fuente: (EAF, 2017)

c) Carrocería autoportante, monocasco o compacta.

Constituye la carrocería que portan la gran mayoría de vehículos actuales, debido a varias características favorables como su bajo peso y su flexibilidad. Además, estas estructuras permiten construir vehículos con un centro de gravedad más bajo con respecto a los vehículos que presentan

chasis independiente, que en su mayoría son coches altos como por ejemplo modelos 4x4. (Ortiz, 2012)

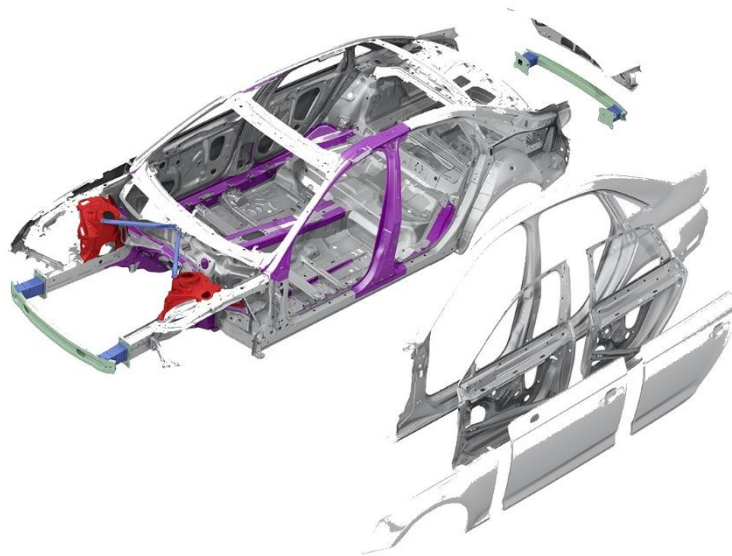


Figura 6 Carrocería autoportante o compacta.

Fuente: (Extrication, 2017)

La carrocería autoportante forma un monocasco, es decir, se encuentra unida al bastidor formando una única pieza, en la cual se asientan y ensamblan los componentes mecánicos y diferentes sistemas automotrices. (Ortiz, 2012)

2.11.2 Soldadura.

a) Juntas mecánicas

Las juntas emplean para conectar las partes de un mecanismo o máquina. Estas uniones mecánicas pueden ser temporales o permanentes, dependiendo de si la conexión debe ser eliminada con frecuencia o no se elimina para nada. Esta decisión es ejecutada por los diseñadores e ingenieros de maquinarias (García, 2017)

Una junta soldada es una articulación permanente que conecta las partes mecánicas donde no es necesario desmontar. El tipo de soldadura es determinada por el departamento de ingeniería y lo realiza un soldador certificado. La junta soldada se utiliza en las articulaciones de metal duro o de

acero, donde las cargas pesadas aplican más tensión en la conexión. Soldar la conexión, no permite un desmontaje fácil. (García, 2017)

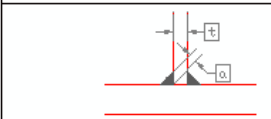
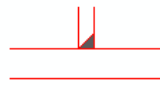
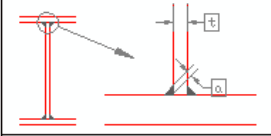


CUADRO DE SOLDADURAS (CTE-SE-A)			
	SOLDADURA EN ÁNGULO $a=0,60*t$		SOLDADURA A TOPE EN T (PERFILES TUBULARES) SE REALIZARÁ CON PENETRACIÓN TOTAL
	SOLDADURA EN ÁNGULO, UNIONES DE RIGIDIZADORES Y UNIONES ALMA-ALA $a=0,40*t$		SOLDADURA A TOPE. SE REALIZARÁ CON PENETRACIÓN TOTAL
	SOLDADURA A TOPE EN T SE REALIZARÁ CON PENETRACIÓN TOTAL	TODAS LAS SOLDADURAS NO INDICADAS EN LOS PLANOS DE PROYECTO SE REALIZARÁN SEGÚN ESTE CUADRO, RESPETANDO LAS INDICACIONES DEL CTE-SE-A LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN MEDIANTE CORDONES CONTINUOS EN TODA LA LONGITUD DE LA PIEZA. EL MATERIAL DE APORTACIÓN TENDRÁ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS SUPERIORES AL MATERIAL BASE.	

Figura 7 Cuadro soldadura estructural a tope

Fuente: (CAD, 2017)

2.11.3 Tipos de falla estática y dinámica de estructuras automotrices.

Cuando piezas o partes, como las estructuras autoportantes falla estáticamente, es muy usual que las mismas presenten notables deflexiones pues fue sobrepasado el límite de elasticidad, y la pieza se reemplaza antes de que se produzca la rotura.

De esta manera, la falla estática tiene la ventaja de señalar o advertir de su presencia. Las fallas dinámicas o por fatiga son del tipo de fallas que no proporcionan evidencia, son repentinas y fatales. El diseño y cálculo contra la falla estática son tareas relativamente sencillas debido a que el conocimiento del fenómeno de falla estática es bastante completo desde el punto de vista experimental y de su modelación matemática. (Piovan, 2017)

Los tipos de cargas estáticas y dinámicas según varíen con el tiempo, suelen denominarse “estacionarias” o “monotónicas” y a las cargas dinámicas se las denomina “cíclicas” o “no estacionarias”, a continuación en la ilustración se pueden apreciar los dos tipos de fuerzas. (Piovan, 2017)

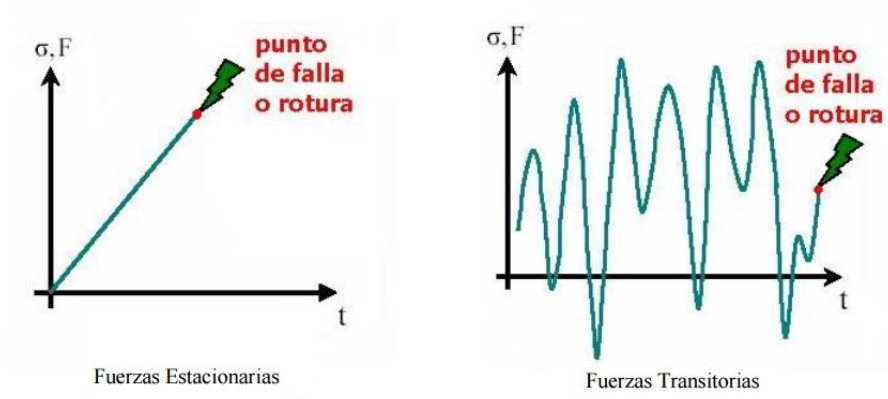


Figura 8 Falla estática y dinámica

Fuente: (Tulio, 2004)

CAPÍTULO III

3. MOVILIDAD VEHICULAR EN LA CIUDAD DE LATACUNGA

3.1. Movilidad vehicular

La movilidad constituye uno de los aspectos fundamentales de la vida cotidiana y desarrollo de los conglomerados urbanos que conlleva grandes complejidades y acarrea un sin número de problemas sociales, económicos y ambientales que afectan la funcionalidad y en general el convivir de los ciudadanos. Las soluciones definitivas están lejos de ser encontradas como fórmulas estándar de aplicación, por lo tanto se convierten en temas de estudios y experimentación en todo el mundo.

Para las autoridades, gobiernos y sobre todo para las municipalidades, la movilidad se ha convertido en uno de los ejes de mayor preocupación por resolver, pues su situación es percibida de manera muy sensible por parte de la ciudadanía y los diferentes sectores sociales, profesionales y productivos, quienes exigen soluciones inmediatas. (Cornejo, Zorrilla, Bermudez, & Estacio, 2013)

3.2. Perfil territorial del cantón Latacunga

El cantón Latacunga se encuentra limitando al norte por la provincia de Pichincha, al sur con el cantón Salcedo, en el este por la Provincia del Napo y al oeste los cantones Sigchos, Saquisilí y Pujilí.

Su división política parroquial consta de: Latacunga (cabecera cantonal), Toacaso, San Juan de Pastocalle, Mulaló, Tanicuchí, José Guango Bajo, Guaytacama, Aláquez, Poaló, Belisario Quevedo, 11 de Noviembre (Isinchi).

Orografía: El relieve de este cantón está determinado por las dos cordilleras de los Andes, que forman la hoya del Patate. Sus principales volcanes son: Cotopaxi (activo), Ilinizas, Chinibano y Santa Cruz.

Hidrografía: El principal sistema hidrográfico es el río Cutuchi, que recorre de norte a sur y que luego toma el nombre de río Patate. Se identifica al sur este del cantón el sistema lacustre de Anteojos.

Infraestructura: El cantón está actualmente atravesado por la vía panamericana que constituye la principal vía de movilidad, posee una gran red secundaria de vialidad que brinda accesibilidad inter parroquial. Otro tipo de infraestructura considerada como esencial son: Hospitales y Centros de Salud (16), Edificios educacionales (69), Edificios públicos (231), Estaciones de gasolina (4), Campos deportivos (40), Parques o plazas públicas (43), Cementerios (4) y Templos religiosos (33), Aeropuerto (1), conforme la base de datos geográfica del Censo 2001. (Cornejo, Zorrilla, Bermudez, & Estacio, 2013)



Figura 9 Ubicación de la provincia de Cotopaxi

Fuente: (Wikipedia, 2017)

Densidad demográfica: De acuerdo al censo del 2010, la población del cantón es de 190.302 habitantes distribuida en 1385.64 km² y que habitan en 43.387 viviendas, siendo Latacunga el cantón de mayor concentración

poblacional con 98.355 habitantes, obteniendo una densidad de 371,33 hab/km². (GAD Ltga, 2017)

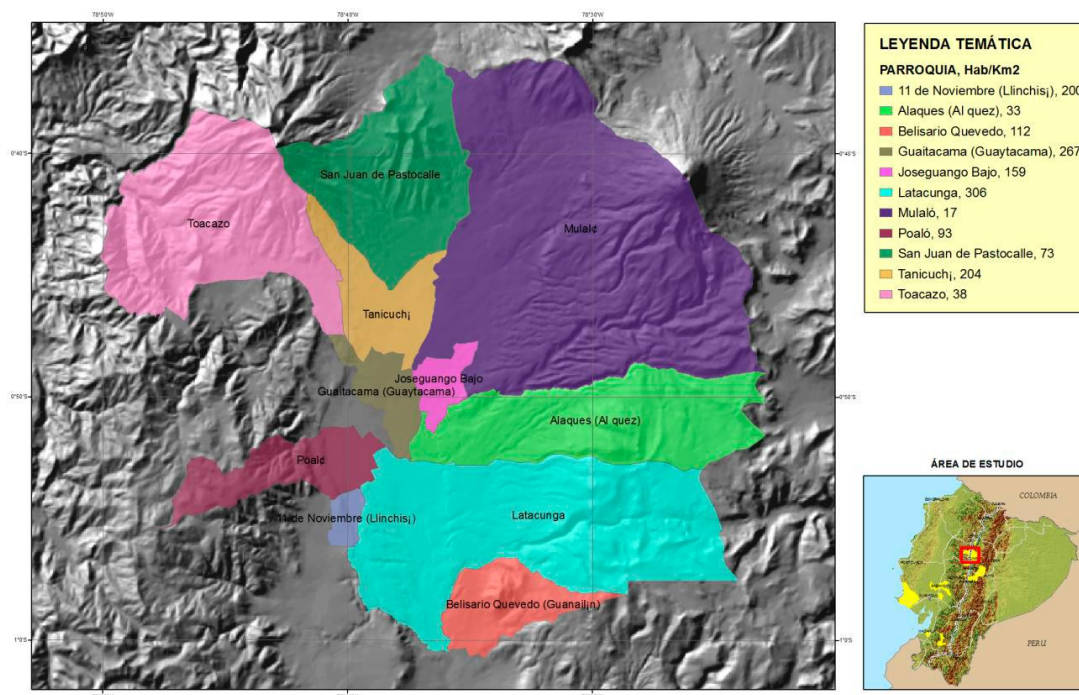


Figura 10 Densidad de población del cantón Latacunga

Fuente: (Riesgos, 2016)

La población del cantón Latacunga se encuentra concentrada en el grupo de 1 a 34 años con un total de 190.302 habitantes como se muestra en el siguiente gráfico.

Un informe emitido por la Empresa pública de movilidad de la mancomunidad de Cotopaxi, menciona que: en la provincia, durante el año 2016 un total de 26362 vehículos fueron atendidos en el área de revisión vehicular; dato que permite percibir la cantidad de vehículos que pertenecen a toda la provincia. (Tenorio, 2016) (ANEXO I)

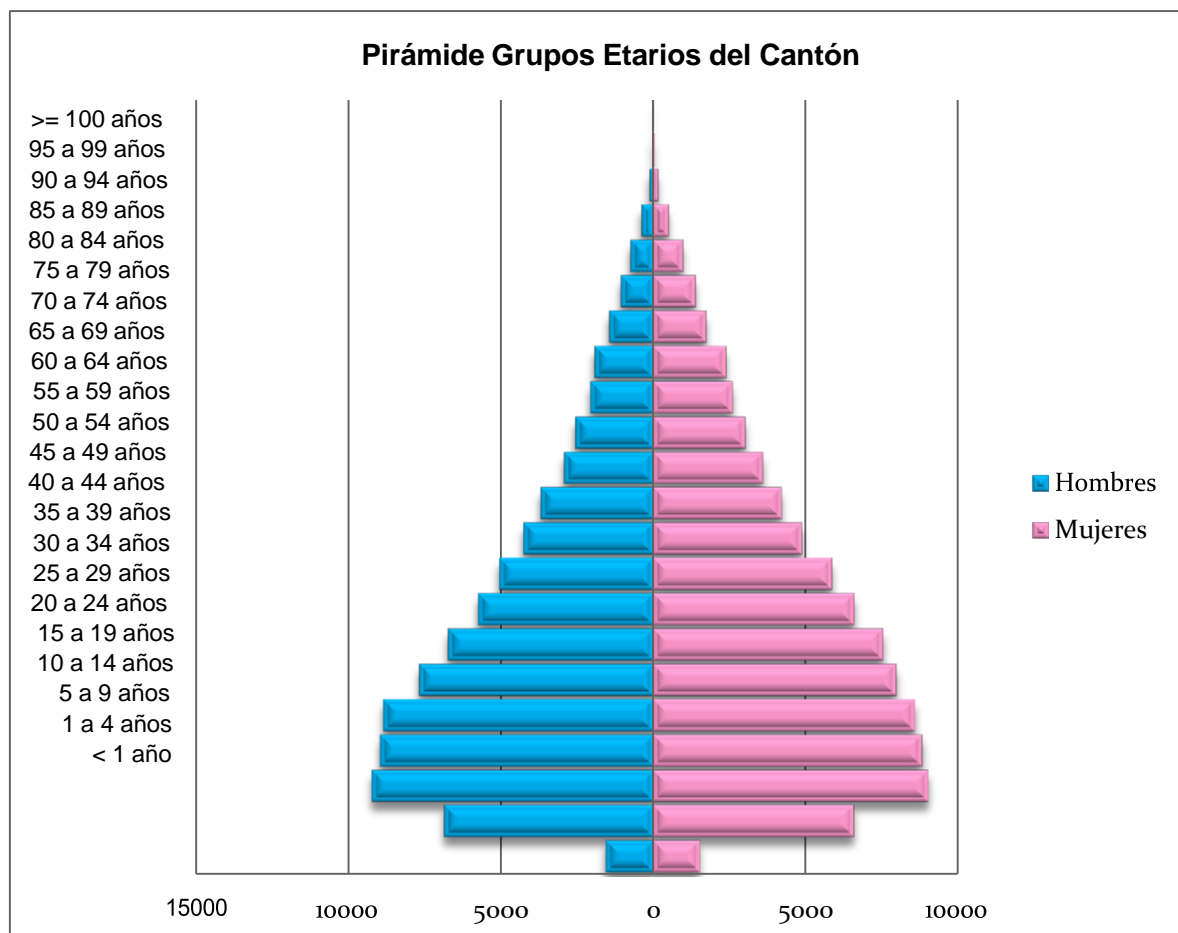


Figura 11 Pirámide Grupos Etarios del Cantón

Fuente: (INEC, 2010)

3.3. Factores de entorno que influyen en la movilidad vehicular

Durante las últimas décadas los cambios socioeconómicos ocurridos en el mundo han afectado sustancialmente al transporte urbano. La movilidad en las ciudades actuales se caracteriza por patrones de movilidad más difusos, con unas distancias de viaje más largas y un continuo crecimiento del nivel automotor. (Castro & Jácome, 2012)

Los puntos importantes de esta evolución son los siguientes:

- La expansión urbana extiende las distancias físicas entre los principales usos del suelo (vivienda, trabajo, comercio, servicios públicos) y, por lo

tanto, acrecienta la fragmentación del territorio y la dependencia del vehículo particular.

- Se está pasando de un modelo de ciudad denso y compacto, en el que los servicios son atendidos dentro de las áreas urbanas principales, a un modelo disperso de zonificación, en el que la distancia entre destinos es muy superior y donde la utilización del vehículo privado es casi imprescindible para satisfacer las necesidades.
- Como consecuencia del cambio hacia una economía basada en los servicios y la relocalización de las actividades empresariales, los mercados de trabajo y los patrones de desplazamiento relacionados tienden a cubrir áreas más extensas. Además, los viajes diarios al trabajo se combinan con otra serie de actividades (compras, cuidado de los niños, educación) en ubicaciones muy distantes.
- El individualismo y los papeles cambiantes de la familia, ocio, educación, etc., implican una gran diversidad de patrones de relación origen-destino por todo el territorio. El transporte privado por carretera es, consecuentemente, el modo dominante ya que se percibe como el que mejor satisface las necesidades personales.
- Esto se resume en una migración continua de población y de empleo desde zonas centrales hacia la periferia urbana y las áreas de baja densidad. El desarrollo comercial de las zonas periféricas de las ciudades continúa su expansión y las áreas urbanas y suburbanas compiten por el comercio y por el mayor número de desplazamientos. La congestión del tráfico, que no cesa e incluso aumenta, obstaculiza la circulación de personas y bienes en muchas ciudades, al tiempo que disminuye la cuota de personas, que van a pie o que circulan en bicicleta. La compra y el uso de automóviles aumenta.
- Las nuevas tendencias en el transporte y en cuanto al uso del suelo siguen suponiendo un riesgo para el medio ambiente urbano y para la salud de los habitantes de las ciudades. El transporte es la causa de una gran parte de las emisiones de CO, C02, NOx, compuestos orgánicos volátiles no metano

(COVNM) y partículas, contribuyendo de esta manera al efecto invernadero, cambio climático, lluvia ácida, ozono troposférico y al deterioro de la calidad del aire urbano. Además, encontramos el ruido que provoca el tráfico se está convirtiendo en un motivo de creciente preocupación y contaminación medioambiental en las urbes.

(Excmo. Ayuntamiento de Elda, 2017)

La evolución de la movilidad urbana se refleja en el gráfico siguiente:



Figura 12 Efectos de la evolución de la movilidad urbana

3.4. Normatividad de movilidad vehicular

La inclusión en la actual constitución de un régimen de competencias en el que se determina las responsabilidades de cada GAD, establece que los gobiernos municipales deben planificar su desarrollo, además de ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo. Adicionalmente, enfocada en la planificación de la movilidad humana está la construcción y mantenimiento de la vialidad urbana y regular el tránsito y transporte público.

Sin embargo, para particularizar su accionar, se expidió una legislación complementaria específica como son: Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización; y el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas; quedando pendiente una ley que trate sobre la temática de ordenamiento territorial. Estas normas fueron expedidas en el año 2010 y 2011 respectivamente.

En cuanto al fortalecimiento de la política urbana, algunos planes que los municipios últimamente han incorporado en sus gestiones son: la rehabilitación de la zona urbana, mantenimiento y reconstrucción de vías, planificación vial y del transporte, planes de movilidad sostenibles, entre otros.

Ahora, el enfoque territorial va plasmado en el Plan de Desarrollo Nacional con sus objetivos del Buen Vivir que pretende armonizar el desarrollo urbano como principal directriz en la mejora de las condiciones de vida en las ciudades, la reducción de la inequidad social y la garantía de la sustentabilidad ambiental, social y económica.

3.4.1. Normativas y reglamentos nacionales para vehículos, estructuras y carrocerías automotrices.

La Agencia Nacional de Tránsito es la entidad regulatoria y verificadora del transporte público y privado en nuestro país. Para poder tomar acciones y realizar su trabajo sigue las normas y reglamentos INEN aplicados al transporte.

A continuación, se muestra los reglamentos y normas nacionales para los vehículos que rige en Ecuador:

- ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES - rte-034
- VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERÍAS DE BUSES. REQUISITOS - nte-1323

- VEHÍCULOS AUTOMOTORES. BUS URBANO. REQUISITOS - nte-2205
- VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FABRICANTES DE CARROCERÍAS METÁLICAS PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS. REQUISITOS. - nte-2664
- VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL. REQUISITOS - nte-2664
- ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y MOVILIDAD REDUCIDA AL MEDIO FÍSICO. TRANSPORTE - nte-2292
- RTE INEN “BUS URBANO” - rte_038
- VEHÍCULOS DE TRANSPORTE ESCOLAR - rte_041
- BUS INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL - rte-043
(ANT, 2017)

3.4.2. Ordenanzas municipales en movilidad vehicular

El gobierno autónomo descentralizado de Latacunga mediante ordenanzas municipales gestiona la construcción y mantenimiento de la vialidad urbana, regula el tránsito y el transporte público en total apego al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización; y el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. A continuación, se detallan las ordenanzas municipales vigentes para la ciudad de Latacunga:

- ORDENANZA MUNICIPAL. CANTÓN LATACUNGA: REFORMATORIA A LA ORDENANZA SUSTITUTIVA A LAS ORDENANZAS DE CREACIÓN Y REFORMA DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE TRANSPORTE TERRESTRE,

TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL DEL GAD, POR LA DE UNIDAD DE MOVILIDAD

- LA ORDENANZA SUSTITUTIVA A LAS ORDENANZAS DE CREACIÓN Y REFORMA DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA POR LA DE UNIDAD DE MOVILIDAD DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA
- LA ORDENANZA REFORMATORIA A LA ORDENANZA SUSTITUTIVA A LAS ORDENANZAS DE CREACIÓN Y REFORMA DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL DEL GAD. MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA POR LA DE UNIDAD DE MOVILIDAD DEL GAD. MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA.
- ORDENANZA MUNICIPAL. CANTÓN LATACUNGA: SUSTITUTIVA QUE REGULA LA OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL TERMINAL TERRESTRE DE TRANSPORTE PÚBLICO

3.4.3. Ordenanzas ambientales para la movilidad vehicular

Para la ciudad de Latacunga y en todas las ciudades del Ecuador rige la norma y reglamentos de emisiones contaminantes y ruido que se detallan a continuación.

- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 017:2008 - CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202:2000 - GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS. AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000 - GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS. AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O “RALENTI”. PRUEBA ESTÁTICA.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204:2002 - GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS. AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207:2002 - GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS. AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE DIESEL.
- Libro6 - Anexo5 - Límites permisibles de niveles de ruido - LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES (ANT, 2017)

3.5. Condiciones del entorno que influyen en la circulación vehicular en la ciudad de Latacunga

Debido al crecimiento desproporcionado de la ciudad sin una planificación estratégica, de acuerdo al “Plan estratégico cantonal del año 2012”, se presenta una movilidad severamente afectada lo que genera congestión en horas pico, así como la demora en los desplazamientos de un lugar a otro en especial en el centro de la ciudad.

Tabla 1

Problemática de movilidad en Latacunga

Situación General	Problemas y potencialidades específicas Factores positivos y limitantes		Lineamientos Estratégicos de solución	
La movilidad en el territorio Cantonal está severamente afectada y genera congestión en horas pico, pérdida de tiempo en los desplazamientos de la población, elevados costos de operación	Infraestructura		<p>La municipalidad debe asumir la competencia de la movilidad y emitir una política de movilidad cantonal.</p> <p>Formular y aplicar un Plan Maestro de movilidad cantonal.</p> <p>Fortalecer la capacidad institucional y humana en el campo de la movilidad.</p> <p>Celebrar convenios con las autoridades a cargo del transporte y tránsito, calidad ambiental y seguridad para concertar acciones conjuntas orientadas a la optimización del sistema de movilidad.</p>	
	<p>La calidad general del sistema vial está en el nivel de servicio "F" de las Normas Internacionales de diseño Vial.</p> <p>El sistema vial urbano actual no es debidamente jerarquizado: varias vías urbanas están asumiendo funciones operativas para las cuales no están diseñadas.</p> <p>Los peatones no cuentan con infraestructura vial adecuada para efectuar sus desplazamientos en forma segura.</p> <p>No se ha implementado un sistema de paradas de pasajeros.</p>			<p>El municipio no ha asumido la competencia de gestión de la movilidad en su totalidad.</p> <p>La geometría vial es insuficiente y discontinua.</p> <p>No existen zonas de estacionamientos suficientes, salvo las vías públicas.</p>
	Transporte			
	El sistema de transporte masivo urbano no funciona adecuadamente.			Existe un crecimiento acelerado del parque automotor que genera incremento de la congestión en varias zonas urbanas.
	El 50% de la población se desplaza mediante el uso de vehículos livianos			
	Un 30% del área periférica de la ciudad no cuenta con el servicio			
	Existe una flota suficiente para atender la demanda de transporte masivo pero su operación es deficiente.			Hay un alto déficit de semaforización y señalización horizontal y vertical.
	Una buen parte de las unidades de transporte han cumplido su vida útil, (Promedio 18 años)			
	Existe una flota excesiva de taxis y camionetas respecto de la demanda ciudadana.			
	En el área rural, el transporte está concentrado en una zona colindante a la vía Panamericana Norte.			

Fuente: Plan Estratégico Cantonal de Latacunga.

3.6. Despliegue de la función de la calidad

Dr. Gonzales define:” Una metodología que traduce la voz del cliente en parámetros de diseño para que estos puedan desplegarse, de forma horizontal, dentro de los departamentos de planeación, ingeniería, manufactura, ensamblaje y servicio.” (González, 2001)

3.6.1. Voz del usuario.

Según las consideraciones planteadas con el usuario, el prototipo de vehículo biplaza urbano debe contar con las siguientes características:

- Modelo ergonómico que permitirá una conducción apropiada.
- El peso debe ser lo más ligero posible.
- En términos económicos debe ser de bajo costo.
- Altamente seguro ante cualquier accidente.
- Capaz de soportar todas las cargas que se puedan aplicar, para su posterior análisis.
- Fiable en el momento de acoplar y desacoplar los componentes.
- Su elaboración debe ser accesible al medio.
- Reducir el consumo de recursos.

3.6.2. Voz del ingeniero.

A priori, una vez determinado lo que requiere el usuario, la información se procesa para obtener especificaciones y características técnicas:

- Materiales disponibles en el mercado.
- Determinación de la geometría con todas las consideraciones.
- Vía del vehículo mínima al 75 % de la distancia entre ejes.
- El centro de gravedad lo más bajo posible.
- Análisis a través de ensayos de tensión, compresión y flexión.
- Distribución de cargas críticas en el bastidor.

- Modificación de miembros a través de una triangulación correcta.
- Diseño posterior en función del tren de potencia disponible.
- Utilización de materiales reglamentados bajo normas de construcción.
- Procesos de manufactura.

3.6.3. Casa de la calidad.

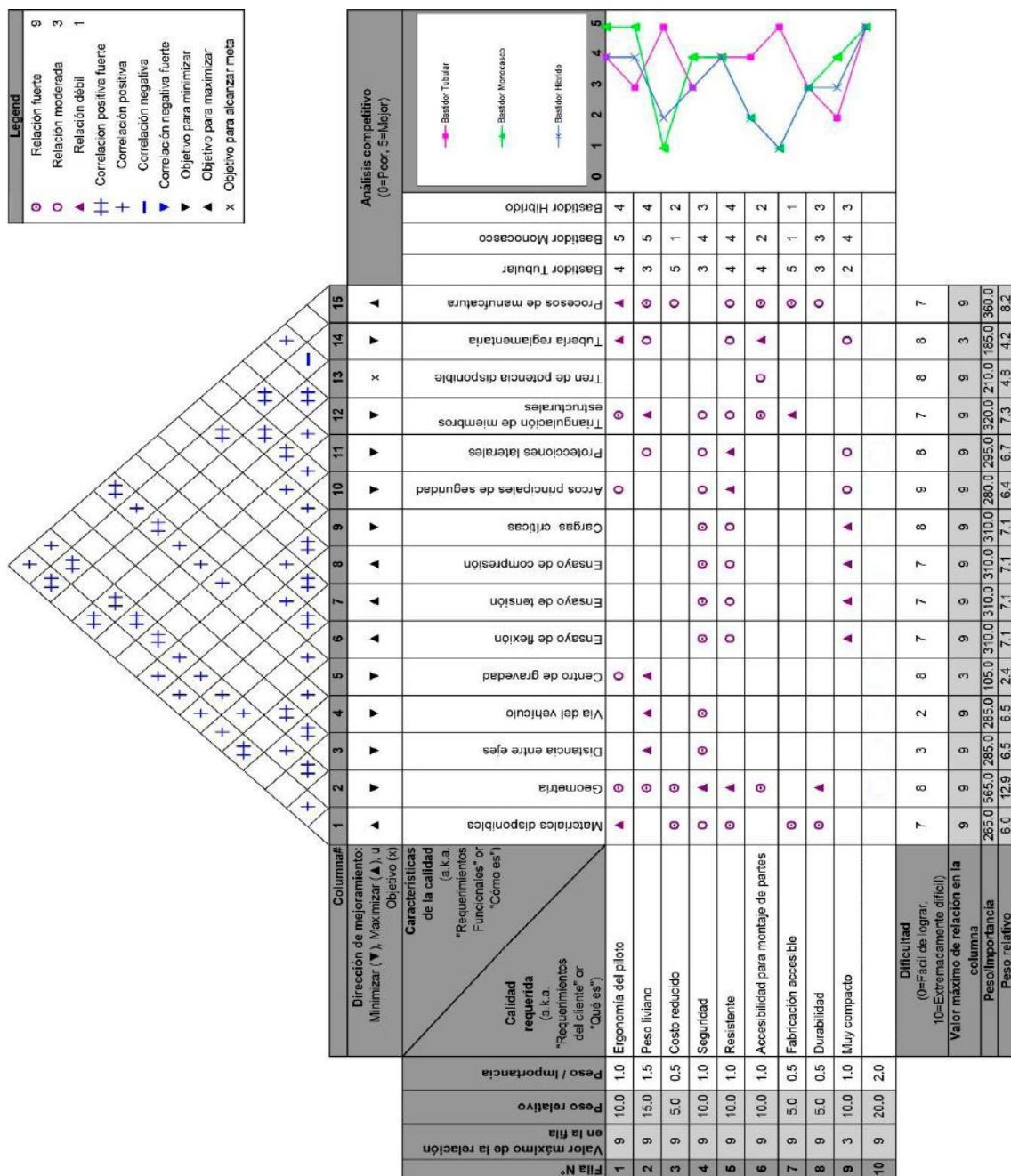


Figura 13 Casa de la calidad de la carrocería

3.6.4. Conclusiones a la casa de la calidad.

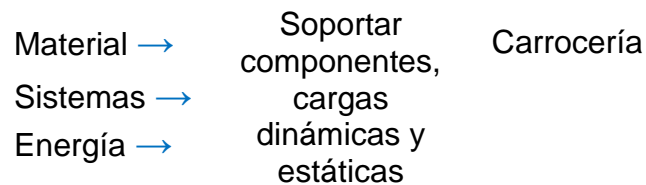
La casa de la calidad es una herramienta que proporciona información acerca de los parámetros y características técnicas que deben constar en la fase del diseño, de esta manera el usuario estará satisfecho. Los parámetros de diseño son examinados y analizados bajo los siguientes factores:

- El sistema de dirección a implementar, determinará la maniobrabilidad y precisión del prototipo al tomar una curva.
- La ubicación del centro de gravedad respecto al centro de balanceo produce rotación de la carrocería perjudicando la estabilidad en curvas..
- La distancia entre ejes, ancho de vía delantero y posterior son parámetros dimensionales del prototipo biplaza, los cuales establecen el comportamiento dinámico del mismo.
- La resistencia a la fatiga en los elementos que conforman los sistemas determina la durabilidad y confiabilidad de los mismos.
- Los materiales a emplear permitirán un desempeño óptimo en los ensayos computacionales de tensión, compresión y flexión, además de aligerar el peso.
- El centro de gravedad de la carrocería se considera el centro total del prototipo por lo que debe estar lo más cercano al suelo para un desempeño dinámico con los sistemas adyacentes.
- El dimensionamiento de los componentes está basado en un análisis estático y dinámico del prototipo.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

4.1. Diagrama funcional


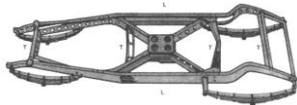



4.2. Matriz morfológica

Esta herramienta es una tabla en la que se cualifican las diferentes alternativas con sus respectivas particularidades, con el fin de seleccionar la mejor alternativa de diseño

Se ha considerado varias opciones que constituyen el mapa morfológico detallado a continuación, que permitirá determinar una configuración inicial para el diseño de la carrocería autoportante del prototipo

Tabla 2
Mapa morfológico tipos de bastidores.

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipos de bastidor	AUTO PORTANTE 	LARGUEROS 	TUBULAR 
Aplicación	Automóvil	Automóvil	Buggies y deportivos
Rigidez	Alta	Media	Alta
Resistencia	Elevada	Elevada	Elevada

CONTINÚA→

Peso	Medio	Medio	Bajo
Costo de material	Elevado	Elevado	Bajo

Fuente: (CEDE, 2017)

4.3. Especificaciones técnicas del prototipo

Las especificaciones técnicas establecen los parámetros básicos del diseño de la estructura, mediante un proceso se realiza la descripción de cada especificación detallada en la siguiente tabla, donde:

- ✓ Propone:
 - C = Cliente
 - I = Ingeniería

- ✓ R/D:
 - R = Requerimiento
 - MR = Modificación de requerimiento
 - NR = Nuevo requerimiento
 - D = Deseo

Tabla 3
Especificaciones técnicas para el diseño y construcción del prototipo

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA		PRODUCTO: CARROCERÍA AUTOPORTANTE, PARA UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA URBANO		FECHA DE INICIO: 28/11/2016
				PÁGINA - 1
ESPECIFICACIONES				
CONCEPTO	PROPONE	R/D	DESCRIPCIÓN	
FUNCIÓN	I	R	Proteja ocupantes, el motor y	

CONTINÚA→

			sus accesorios
	C	R	Resistente al ambiente
	I	R	Mantenimiento Preventivo
	I	R	Biodegradable
DIMENSIÓN	C+I	R	El peso debe reducirse al máximo
	I	R	Forma y geometría de la carrocería deberá ser optimizado.
	I	R	Densidad de la carrocería debe ser mínima
MOVIMIENTO	C	R	Debe ser autónomo de cada sistema.
	I	R	Debe acoplarse a la carrocería
ENSAMBLE	C	R	Acceso fácil a los sistemas o componentes que protege
FUERZAS	I	R	Resista cargas (CM+CV)
	I	R	Resista cargas externas (Rfa)
MATERIALES	I	R	Resistan las cargas máximas (Sy, Su)
	I	R	Amigables con el ambiente
SEGURIDAD	I	R	Proveer de protección del ambiente a sus ocupantes, el motor y sus accesorios
	I	R	Selección de materiales ASTM A500
	I	R	Factor de seguridad >1
VIDA ÚTIL	C+I	R	Plan de mantenimiento preventivo
COSTES	C	D	Costos bajos de fabricación
ASP. LEGALES	C+I	R	Normativas ambientales

4.3.1. Selección de alternativas

Para seleccionar la mejor alternativa, se tiene que exponer algunas opciones con sus características en un mapa de ponderación, para lo cual se ha postulado lo siguiente:

Tabla 4
Parámetros previos al diseño.

FUNCIÓN PRINCIPAL	Soportar las cargas y ofrecer resistente protección al vehículo y ocupante, además de sujetar y montar los demás subsistemas
RESTRICCIONES	Bajo costo, alta resistencia, alta rigidez, bajo peso.
OBJETIVOS	Minimizar peso y optimizar espacio.
VARIABLES LIBRES	Seleccionar el material ideal

Por medio de la matriz representada en la siguiente tabla, se determina el bastidor para conformar el prototipo.

Tabla 5
Matriz de selección del bastidor

Elementos de selección	FP	Tubular	Largos	Autoportante
Ergonomía	0,30	0	X	X
Fiabilidad	0,25	X	0	X
Seguridad	0,20	X	X	X
Bajo peso	0,15	X	0	0
Costo reducido	0,10	0	0	X
	1	0,60	0,50	0,85

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es un bastidor auto portante.

4.3.2. Estructura y carrocería

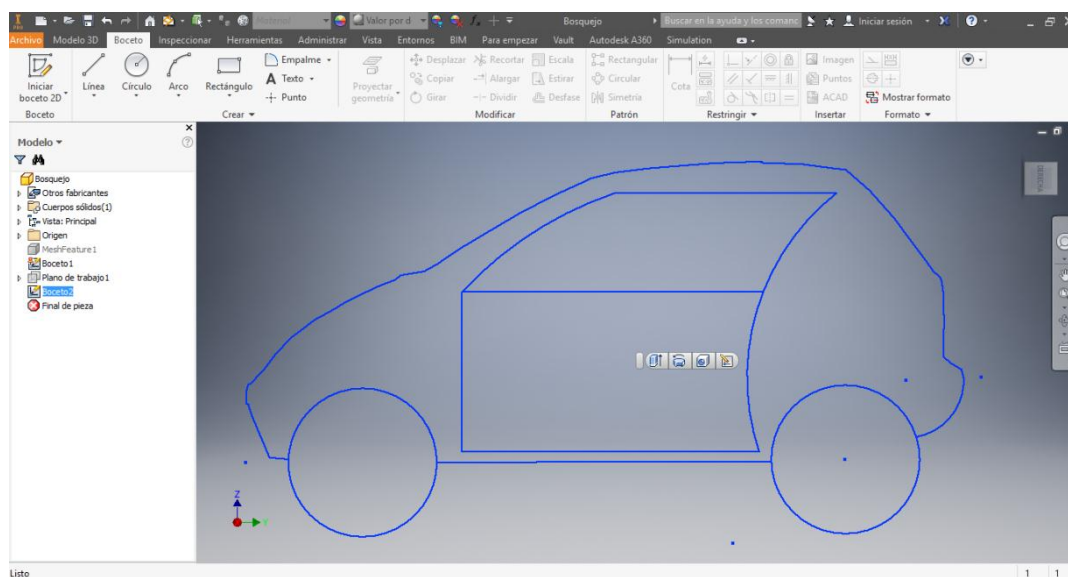


Figura 14 Boceto de prototipo

Determinado el bastidor autoportante como el tipo de bastidor a usar para el prototipo se inicia con el bosquejado de la carrocería con el software CAD de Autodesk. Al igual que para la selección del bastidor se genera una matriz de selección con modelos de carrocerías.

Tabla 6
Matriz de selección del modelo de carrocería

Elementos de selección	FP	Coupe	Porsche	Spark
Disponibilidad	0,30	X	0	X
Dimensiones	0,25	0	0	X
Seguridad	0,20	X	X	X
Bajo peso	0,15	X	0	0
Costo reducido	0,10	0	0	X
	1	0,65	0,20	0,85

Ponderados los modelos en la matriz, se toma de base para el modelado de la carrocería el Chevrolet Spark. A continuación, se presenta el modelo CAD

en SpaceClaim como una superficie para someterlo a ensayos virtuales en ANSYS.

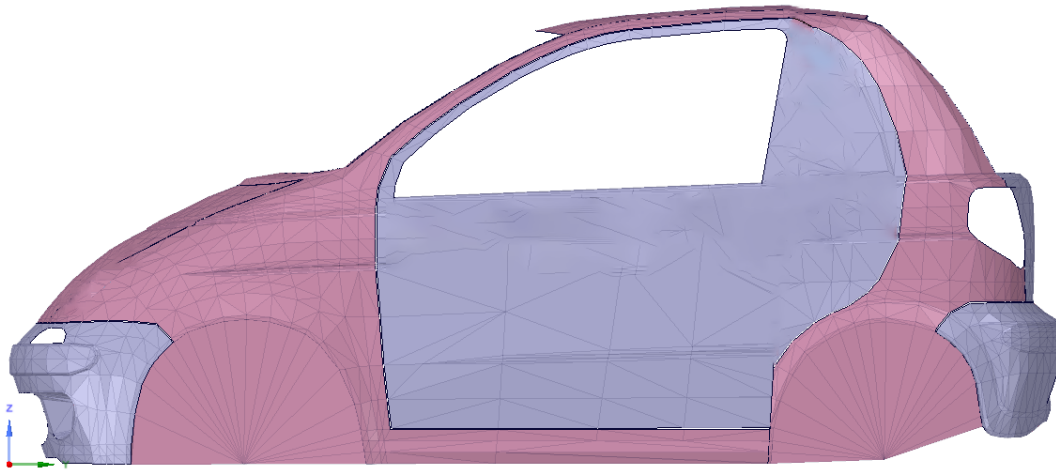


Figura 15 Modelado en superficie del prototipo - SpaceClaim

4.4. Ingeniería inversa

El objetivo de la ingeniería inversa es obtener información o un diseño a partir de un producto accesible al público, con el fin de determinar de qué está hecho, qué lo hace funcionar y cómo fue fabricado. Este trabajo de titulación se refirió al conjunto de procesos que se llevan a cabo para analizar y estudiar un elemento real y llegar a las conclusiones pertinentes.

Para el modelado y maquinado de la carrocería se toma de base un vehículo CHEVROLET SPARK 2007 y se sigue el siguiente proceso de ingeniería inversa:

- a) Documentación fotográfica del vehículo CHEVROLET SPARK y sus sistemas – mecanismos.
- b) Selección de los modelos de carrocería biplaza que más se ajustan a nuestras necesidades y requerimientos planteados para la ciudad de Latacunga.
- c) Obtener el mayor número de medidas y datos del vehículo Chevrolet Spark.

- d) Con la idea de nuestro diseño preliminar procedemos al modelado en un software CAD.
- e) Una vez dibujado el diseño preliminar se buscan los errores de diseño y se proponen mejoras para optimizar el modelo al máximo, siempre teniendo en cuenta la normativa de seguridad.
- f) Una vez validado el diseño se procede a la aplicación de las propiedades del material elegido para continuar con el análisis.
- g) Se procede al análisis y a la posterior validación final.



Figura 16 Chevrolet Spark 2007

Fuente: (autopartes.com, 2017)

Se presenta a continuación las características técnicas del Chevrolet Spark 2007

Tabla 7
Ficha técnica chevrolet spark

Modelo	Spark LS 1.0L
Año de fabricación del motor:	2007
Categoría:	Automóvil.
Motor:	995 cc
Tipo de motor:	4 cilindros en línea
Válvulas por cilindro:	2

CONTINÚA→

Potencia máxima:	65CV a 5400 RPM
Torque máximo:	87 Nm A 4200 RPM
Diámetro del pistón por longitud movimiento:	69.0 x 68.0 mm
Compresión:	9,3:1
Máxima velocidad:	156 km/h
Combustible:	Gasolina
Transmisión:	Manual, 5 Vel.
Relación potencia/peso:	0.0788 PS/kg
Tracción:	Delantera
Número de asientos:	5
Número de puertas:	5
Llantas frontales:	155/65- R13
Llantas posteriores:	155/65- R-13
Chasis:	Hatchback
Peso del vehículo:	850 kg
Longitud del vehículo:	3495 mm
Ancho del vehículo:	1495 mm
Altura del vehículo:	1500 mm
Distancia entre ejes:	2345 mm
Espacio para carga:	170 litros
Capacidad máxima del tanque de combustible:	35 litros

Fuente: (autopartes.com, 2017) (ANEXO III)

4.5. **Diseño virtual del prototipo de la carrocería auto portante biplaza urbano**

El diseño en ingeniería es el proceso de concebir ideas en el desarrollo de la solución de un problema tecnológico, para lo cual se usa conocimientos, recursos y productos existentes para satisfacer una necesidad o resolver un problema. El diseño puede dividirse en dos grandes categorías: diseño de productos y diseño de sistemas o procesos. A medida que se desarrolla el diseño de un producto o proceso, el equipo de diseño aplica principios de ingeniería, se toma en cuenta las restricciones de presupuesto, funcionalidad, legales, psicológicos, entre otras, para lo cual requiere información de áreas como las necesidades del cliente, materiales, capital, energía, requerimientos de tiempo, habilidades humanas, etc. (Rojas & Rojas, 2006)

El CAD es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto aun antes de que se haya construido y sigue el siguiente flujo de trabajo que se expresa en la ilustración. (Rojas & Rojas, 2006)

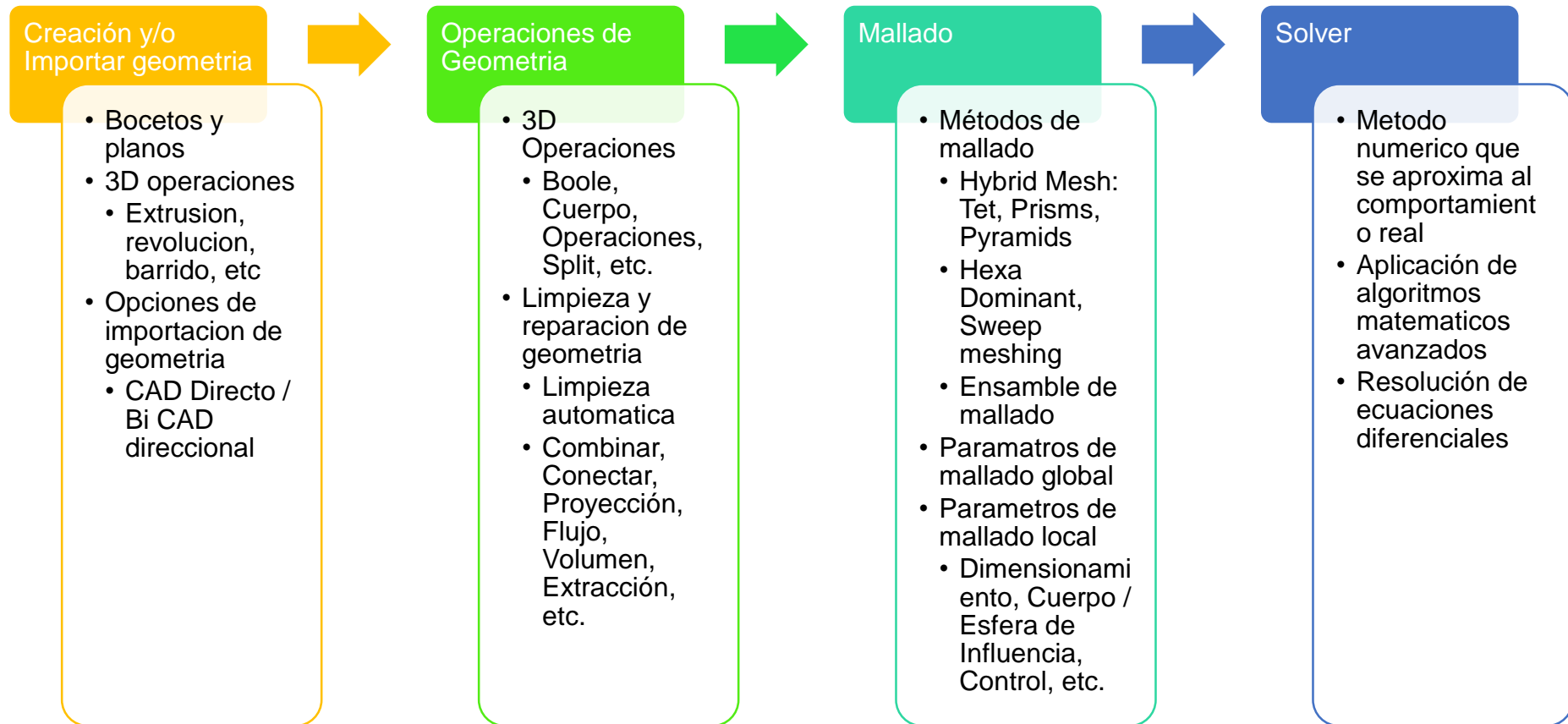


Figura 17 Procesamiento del flujo de trabajo

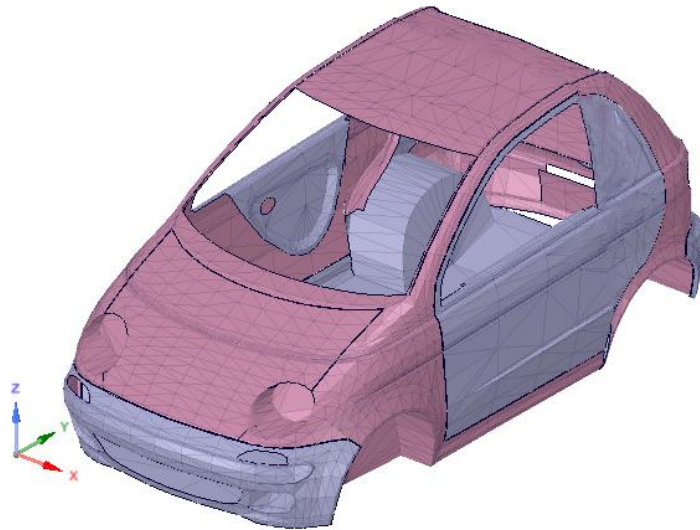


Figura 18 Modelado Final de prototipo – SpaceClaim

4.5.1. Análisis cinemático y dinámico de la carrocería

La cinemática establece los movimientos de interés como la aceleración, frenado, curvatura y oscilaciones, mientras que el comportamiento dinámico se basa en obtener las fuerzas que intervienen sobre los neumáticos, centro de gravedad del prototipo y dispositivos aerodinámicos. Por lo cual es esencial establecer un sistema coordenado ideal para modelar, describir los movimientos y las fuerzas.

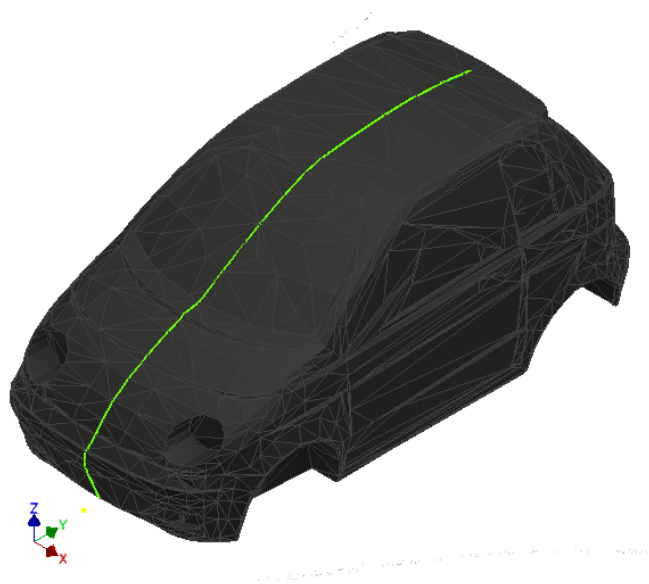


Figura 19 Ejes coordenados de la carrocería

Y: Eje longitudinal, momento de balanceo.

X: Eje Lateral, momento de cabeceó.

Z: Eje vertical, momento de guiñada.

a) Cargas muertas

En las cargas muertas se estima el peso total del bastidor en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y accesorios

Tabla 8
Cargas muertas de la carrocería

Cargas muertas en el bastidor	Masa(Kg)	Peso(N)
1 Motor	90	882
2 Sistema de transmisión	80	784
3 Batería	12,5	122,5
4 Sistema de dirección	60	588
5 Asientos(2)	25	245
6 Tablero de instrumentación	30	294
7 Puertas(3) -vidrios -neumático de emergencia	60	588
8 Bastidor	302.5	2964.5
9 Varios	60	588
Carga muerta Total	720 Kg	7056 N

b) Cargas vivas

Las cargas vivas se consideran a los ocupantes; para ello se estima el peso promedio de una persona (percentil 95%), cuyo peso es de 75 Kg.

Tabla 9
Carga viva

CARGAS	Masa (Kg)	PESO (N)	Tipo de carga	Distribuc ión
Ocupantes (2)	150	1470	Viva	Distribuid a

Fuente: (INEN, 2009)

c) Carga estática

Existen dos tipos de cargas estáticas en el diseño de un bastidor, la carga viva (CV) y la carga muerta (CM).

d) Carga dinámica

En el caso de las cargas dinámicas, existen cargas de aceleración brusca (CAb), cargas de frenado (CF), Cargas de giro (CG) y cargas por resistencia del aire frontal (CRaf).

- **Cálculo de frenado**

Ecuación 1 Aceleración

$$a = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2 \cdot S}$$

Donde,

a = Aceleración (m/s²).

V₁ = Velocidad final (m/s).

V₀ = Velocidad inicial (m/s).

S = Distancia de Frenado (m).

Para calcular la distancia de frenado, hay que tener en consideración la energía cinética del vehículo, la misma que para que el vehículo sea detenido, se necesita un trabajo de igual magnitud, para pararlo.

Ecuación 2 Energía cinética del vehículo

$$E_c = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

Donde,

E_c = Energía Cinética del vehículo (Nm).

m = Masa del vehículo (Kg).

V = Velocidad (m/s).

Ecuación 3 Trabajo de frenado

$$T = P \cdot \mu \cdot S$$

Donde,

T = Trabajo de frenado (Nm).

P = Peso del vehículo = (masa x gravedad).

μ = Coeficiente de Rozamiento.

S = Distancia de Frenado (m).

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = m \cdot g \cdot \mu \cdot S$$

Ecuación distancia de frenado

$$S = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot \mu}$$

El coeficiente de rozamiento para un camino hecho de asfalto es de 0.67. El límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares en sector urbano es de 50km/h y el rango moderado es de 50 a 60 Km/h

$$S = \frac{(13.89 \text{ m/s})^2}{2 \cdot (9.8 \text{ m/s}^2) \cdot 0.67}$$

$$S = 14.7 \text{ m}$$

Una vez calculada la distancia de frenado, se calcula la aceleración.

$$a = \frac{0^2 - (13,89 \text{ m/seg})^2}{2 \cdot 14,7 \text{ m}}$$

$$a = -6,56 \text{ m/s}^2$$

La masa total viene a ser la suma de las masas de las cargas vivas y las cargas muertas. A priori, para obtener una masa real del prototipo donde estén tomados en cuenta todos los elementos constitutivos y sus sistemas se lleva a cabo un pesaje sobre una balanza, dato que se adjunta en los anexos. (ANEXO II)

Ecuación 4 Masa total

$$mT = mCV + mCM$$

$$mT = 150 \text{ Kg} + 720 \text{ Kg}$$

$$mT = 870 \text{ Kg}$$

La carga de Frenado viene dada por:

Ecuación 5 Carga de frenado

$$CF = mT \cdot a$$

$$CF = 870 \text{ Kg} \times (-6,56) \text{ m/s}^2$$

$$CF = -5707,2 \text{ N}$$

- **Cargas de giro**

Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad, esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre el peso total del vehículo a plena carga y su centro de gravedad.

La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90Km/h y el radio de giro se establece en la tabla a continuación” (INEN, 2009, pág. 8)

El prototipo tiene el limitante de transitar por la zona urbana de la ciudad de Latacunga y según la ANT, “el límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares en sector urbano es de 50km/h (13.89 m/s)” por lo que se es necesario interpolar

Tabla 10
Radio de curvatura vs velocidad del vehículo.

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

Fuente: (INEN, 2009)

Ecuación 6 Aceleración centrípeta

$$a_c = \frac{V^2}{r_c}$$

Donde,

a_c = Aceleración Centrípeta (m/s^2).

V = Velocidad del vehículo (m/s).

r_c = Radio de Curvatura (m).

$$a_c = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{156 \text{ m}}$$

$$a_c = 4 \text{ m/s}^2$$

Para el cálculo de la carga de giro se usa.

Ecuación 7 Carga de giro

$$CG = mT \times a_c$$

$$CG = 870 \text{ Kg} \times 4 \text{ m/s}^2$$

$$CG = 3480 \text{ N}$$

4.5.2. Impactos

En un accidente automovilístico se producen tres tipos de colisiones:

a) La primera colisión:

Es la que tiene lugar entre el vehículo que provoca el impacto y otra estructura que se encuentra en estado fijo o móvil. Un ejemplo de la primera colisión se puede observar en la siguiente ilustración.



Figura 20 Primera colisión

Fuente: (Autofacil.com, 2017)

b) Segunda colisión

La segunda colisión se produce cuando los pasajeros se impactan contra las estructuras del interior del vehículo, tal como se indica en la siguiente ilustración, lo cual provoca en los ocupantes del automóvil lesiones por compresión.

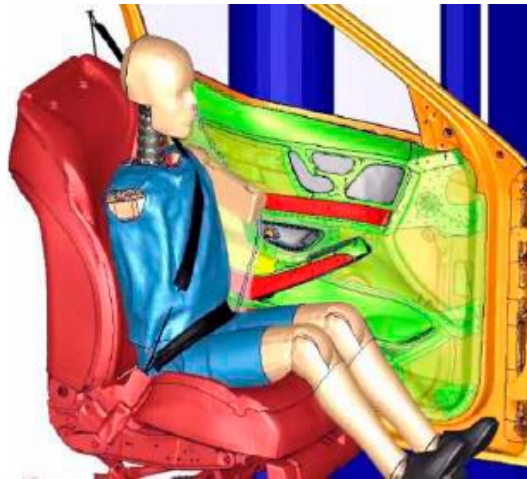


Figura 21 Segunda Colisión

Fuente: (Bacher, 2017)

c) Tercera colisión

En esta fase los órganos internos de los pasajeros chocan con su estructura de sostén provocando graves lesiones e incluso desprendimiento de órganos.



Figura 22 Tercera colisión

Fuente: (Castillo, 2017)

4.5.3. Diseño aerodinámico

a) Carga de resistencia al aire frontal.

Es la fuerza actuante del aire sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal. En la imagen se puede apreciar la vista frontal de la carrocería en la cual va a impactar el viento.

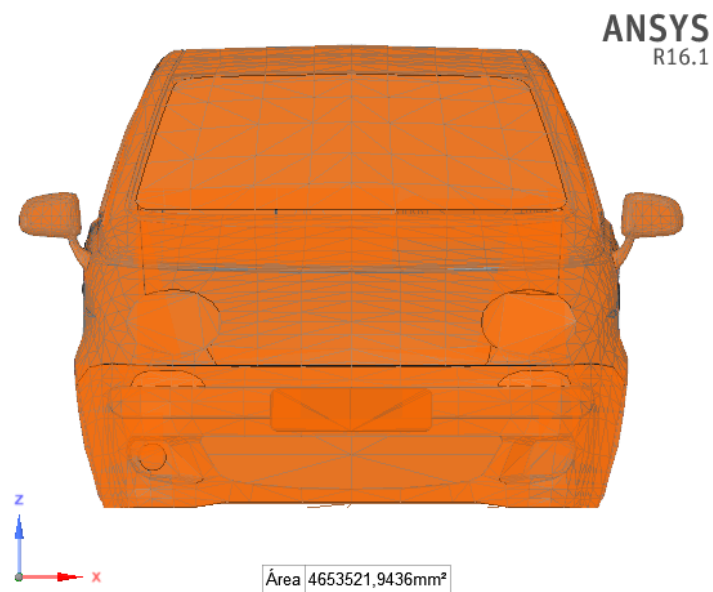


Figura 23 Vista frontal del prototipo

Para conocer el área frontal de impacto con el viento, se utilizan las herramientas del software SpaceClaim de ANSYS que proporciona el área real de contacto con el aire. La fórmula para calcular las cargas de resistencia al aire frontal es:

Ecuación 8 Resistencia al aire frontal

$$Raf = \frac{1}{2} \cdot Cx \cdot \delta \cdot Af \cdot V^2$$

Donde,

Raf = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N)

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

δ = Densidad del aire, en (kg/m³)

A_f = Área de contacto con el aire (m^2)

V = Velocidad del aire, en (m/s).

“La densidad del aire en la ciudad de Latacunga, a 20°C es de 1,199Kg/m³”
(Novoa, 2006, pág. 33)

“El coeficiente de resistencia aerodinámica se debe tener como mínimo 0.7”
(INEN, 2009)

$$Raf = \frac{1}{2} \cdot 0.7 \cdot 1.2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 4.68 m^2 \cdot (13.89 m/s)^2$$

$$Raf = 379.23 N$$

La presión es la unidad de fuerza sobre el área

Ecuación 9 Presión ejercida por la resistencia al aire

$$P = \frac{Raf}{A}$$

$$P = \frac{379.23 N}{4.68 m^2}$$

$$P = 81.03 Pa$$

4.6. Validación del prototipo

Una vez establecido el diseño de materialización de un componente, de un subgrupo o de una máquina completa, hay que realizar un prototipo funcional y los correspondientes ensayos de durabilidad que se relacionan con el deterioro que sufre el producto y sus componentes a lo largo de su funcionamiento.

La fiabilidad es la capacidad de un sistema o componente para funcionar correctamente durante un tiempo predeterminado. Asegurar la fiabilidad es uno de los requisitos más importantes del diseño para la calidad y es fruto de la aplicación de tecnologías de ensayo bien establecidas. (Riba, 2002)

Algunos de los ensayos de durabilidad más usuales son:

- a) Ensayos de fatiga. Se aplican ciclos repetidos de cargas de trabajo sobre determinados componentes o sobre el producto y se comprueba que resisten a la fatiga durante un tiempo suficiente (avance de la fisura o rotura).
- b) Ensayos de desgaste. Se aplican ciclos repetidos de movimientos o de circulaciones de fluidos sobre determinados componentes o sobre el producto y se comprueba que el desgaste de los diferentes elementos (especialmente los contactos en los enlaces o las conducciones) sean aceptables.
- c) Ensayos de corrosión. Se someten determinados componentes o el producto entero a ambientes corrosivos (humedad, atmósferas oxidantes u otras atmósferas) y se analizan los efectos de la corrosión con el tiempo.
- d) Ensayos de maniobras. Se establecen secuencias repetidas de maniobras sobre determinados componentes (especialmente sobre los dispositivos electrónicos) o sobre el producto y se comprueba que mantengan el correcto funcionamiento durante el número de ciclos previsto. (Riba, 2002)

4.6.1. Validación de la carrocería auto portante.

“Uno de los retos difíciles para un diseñador es estimar a detalle las cargas que recibirá una estructura durante la vida útil. Después de que se han estimado las cargas es necesario investigar las combinaciones más desfavorables que pueden ocurrir en un momento dado.” (McCormac, 2009)

A continuación, se detalla una tabla con las cargas calculadas bajo las definiciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323:

Tabla 11
Cargas dinámicas del bastidor

Designación	Cargas Dinámicas	Valor
CF	Cargas de frenado	-5707,2 N
CAb	Cargas de aceleración Brusca	5707,2 N
CRaf	Carga por resistencia al aire frontal	379,23 N
CG	Cargas de giro	3480 N

4.6.2. Consideraciones para los estudios por elementos finitos

Rojas O y L, Mencionan en: Diseño asistido por computador, que; “El concepto básico del análisis por elementos finitos para una estructura radica en sustituir la estructura continua real por una estructura idealizada equivalente compuesta por un número finito de partes discretas (puntos interconectados entre si llamados nodos y al conjunto se le conoce como malla) por medio de un enmallado (bidimensionales; cuadriláteros y triángulos; tridimensionales: hexaedros y tetraedros), al cual se aplican cargas en los nodos de los elementos límite del modelo, después del cual empleando teoremas de energía (relación entre fuerzas actuantes en los nodos y sus desplazamientos, ley de Hooke, módulo de Young, módulo de Poison, etc.), se llega a derivar una matriz de rigidez (stiffness matriz, - las ecuaciones que rigen el comportamiento de la malla regirán también para la estructura). De esta forma se consigue pasar de un sistema continuo (infinitos grados de libertad), que es regido por un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número de grados de libertad finito”. (Rojas & Rojas, 2006)

4.6.3. Solucionador (Solver)

El análisis por elementos finitos (FEA) ayuda a disminuir el número de prototipos necesarios, fijar ciertos valores referenciales de coeficientes de seguridad y analizar distintas opciones de diseño cambiando la geometría o el material en un tiempo reducido; permitiendo que los productos lleguen a tiempo y no tengan falla prematura en su ciclo de vida (tiempo en que es rentable su

producción). El FEA está considerado como una de las herramientas más potentes y probadas para la solución de problemas de ingeniería y ciencia aplicada. (Rojas & Rojas, 2006)

ANSYS en su versión estudiantil ofrece un paquete informático de software que integra toda la gama de la física; proporcionando acceso a un sin número de simulaciones para los métodos de ingeniería que requieren un proceso de diseño.

4.6.4. Convergencia

El criterio de la convergencia en un análisis por elementos finitos ayuda a definir la malla correcta para realizar el análisis y definir la tendencia hacia una mejor solución mediante la relación entre el número de elementos y la deformación o el esfuerzo máximo, representado en la ilustración 24, la solución tiende a ser mucho más precisa con un mayor número de elementos debido a que esto reducen el error por una mayor cobertura de análisis. (Escuela Superior de Ingeniería, 2017)

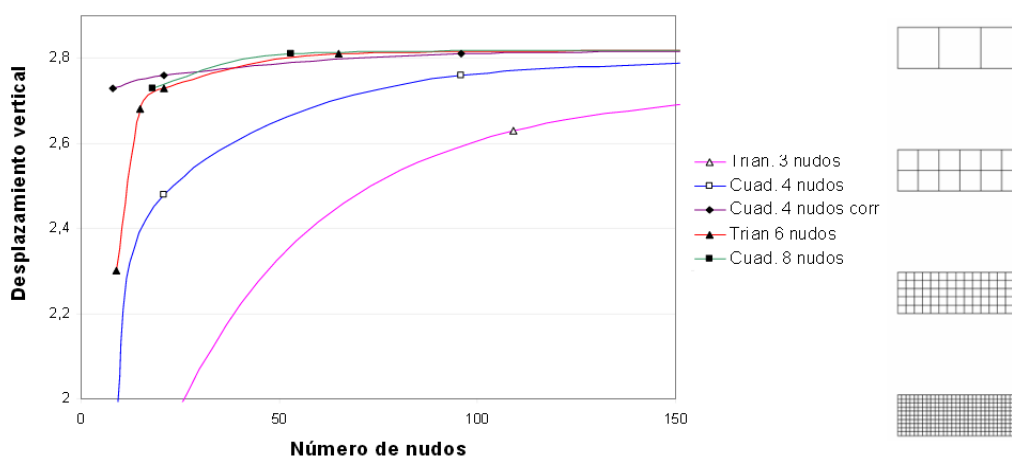


Figura 24 Criterio de convergencia de la malla.

Fuente: (Escuela Superior de Ingeniería, 2017)

4.6.5. Mallado

Después de crear el modelo geométrico, se utilizan diversos procedimientos para definir y dividir el modelo en pequeñas secciones o elementos, mediante la unión de estos a través de sus nodos se forma una malla. Los nodos representan puntos sobre los cuales se proceden a realizar los cálculos.

Los paquetes de análisis por elementos finitos enumeran los nodos como una herramienta de identificación. Los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y definen propiedades localizadas de superficies y rigidez. La gran ventaja de un análisis por elementos finitos es la generación semiautomática o automatizada de las mallas lo que permite mallar las regiones de un modelo además refinarlas mediante la dimensión y forma de los elementos con lo que se establece un mallado correcto para mejorar la calidad de los resultados del análisis. (Pachacama, 2015)

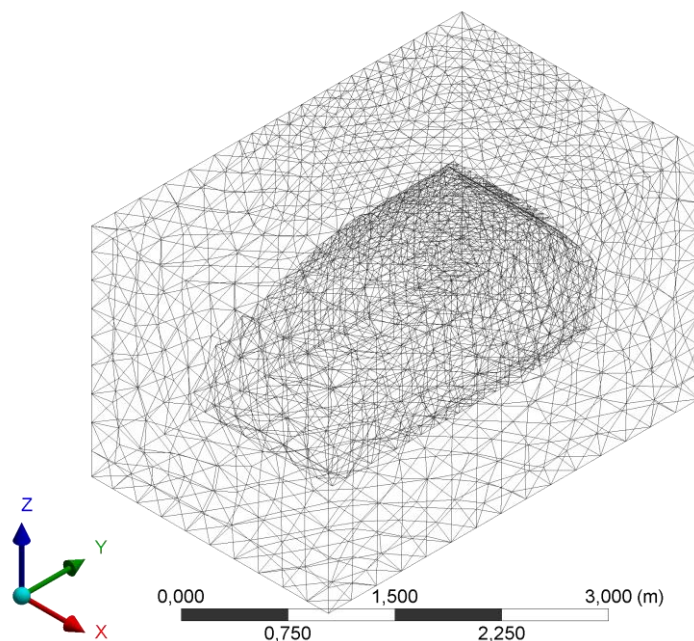


Figura 25 Mallado de la carrocería - CFD

4.6.6. Métrica y calidad de la malla

Los controles del mallado se guían en un proceso con parámetros de malla de entrada como el tamaño de elemento, la altura de la capa inicial de inflación y tasa de crecimiento, así como los parámetros de salida de malla número de elementos, el número de nodos y valores métricos que permite ver información de la malla y con ello evaluar la calidad de la misma de esta manera se obtendrá un análisis satisfactorio.

Para nuestras intenciones se utiliza el método de mallado tetraédrico que usa un algoritmo de alta calidad iniciando el proceso de mallado desde las aristas, caras y luego el volumen; respetando todas las caras y sus límites (conformado). El calibrado se define por controles globales y / o locales (Patch Conforming) (Pachacama, 2015)

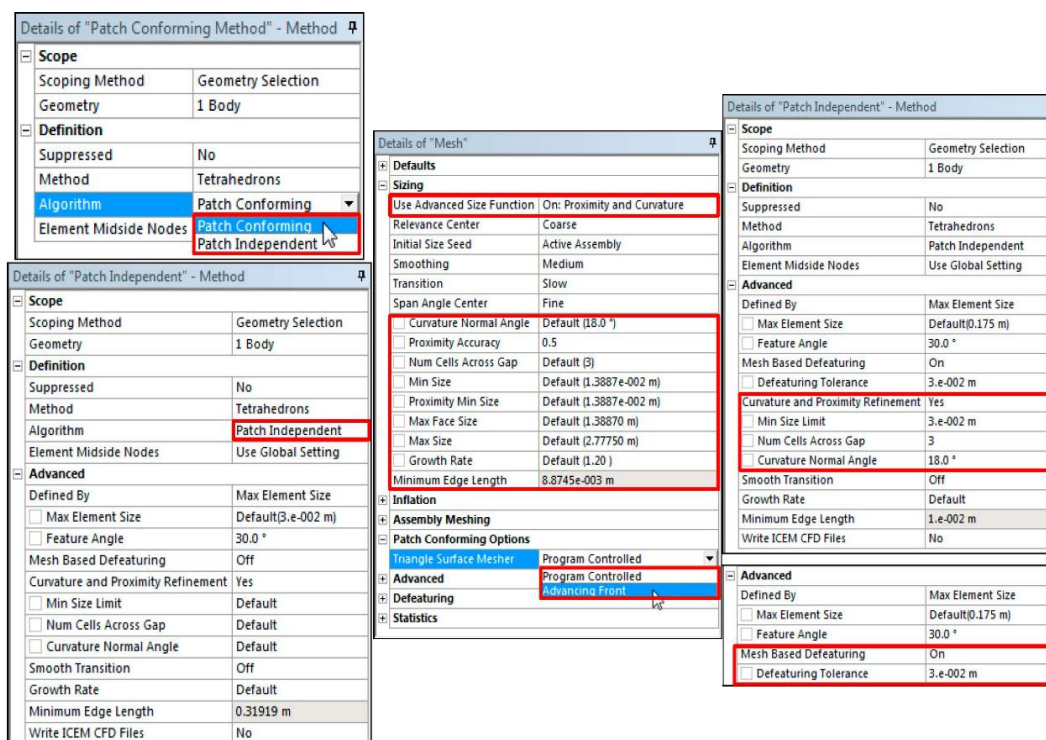


Figura 26 Control y método de mallado para la carrocería

Fuente: (Pachacama, 2015)

4.6.7. Criterio de aceptación del estudio.

La malla establecida para la carrocería consta de 20334 nodos, 109320 elementos y una calidad del elemento en promedio de 0.803059, parámetros que establecen que el análisis tenga una aproximación lo más cercana a la realidad reduciendo los errores en las simulaciones.

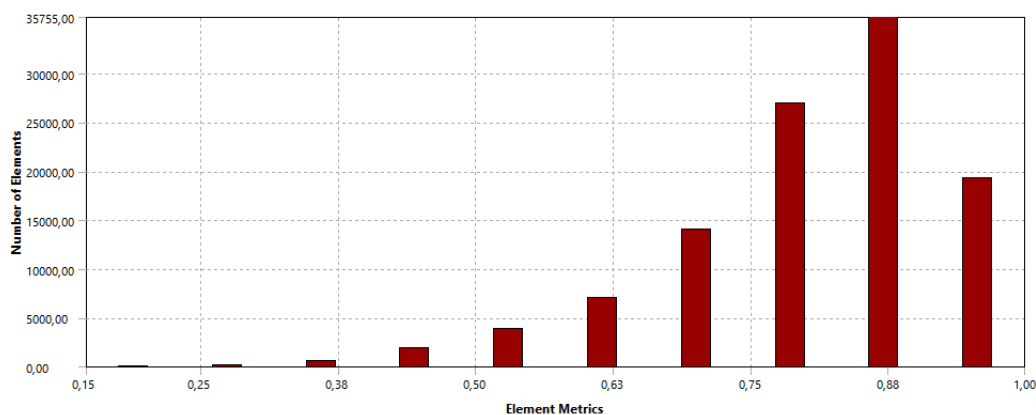


Figura 27 Métrica y calidad de la malla

4.6.8. Escenario de simulación

La carrocería es elemento que se encuentra al aire libre y soporta las cargas aerodinámicas del medio ambiente. Cuando un vehículo se desplaza tiene que apartar un volumen importante de aire para poder avanzar y también facilitar que se rellene el vacío que generan tras de sí. A velocidades bajas, esta fuerza es relativamente pequeña, pero a velocidades altas se convierte en la principal resistencia que debe vencer la potencia del motor para conseguir ganar más velocidad.

La magnitud de las fuerzas aerodinámicas que se generan cuando un vehículo se desplaza por la carretera, va a depender de las características del aire (viscosidad y densidad) y del sólido. El sólido, en este caso un automóvil, ha de considerarse su forma, su rugosidad superficial, el área de contacto con el aire y, sobre todo, la velocidad relativa entre éste y el aire.



Figura 28 F Volkswagen XL1 mostrando la suavidad de su línea aerodinámica
Fuente: (Rodríguez, 2017)

4.6.9. Distribución de cargas aerodinámicas

Todo lo mencionado en el ítem anterior se traduce en que, sobre cada punto de la superficie del automóvil, estén presentes un par de fuerzas, una fuerza de presión, normal a la superficie del cuerpo, debido a la velocidad relativa entre ambos, y una fuerza de rozamiento, tangente a la superficie del cuerpo, debida a la viscosidad del aire.

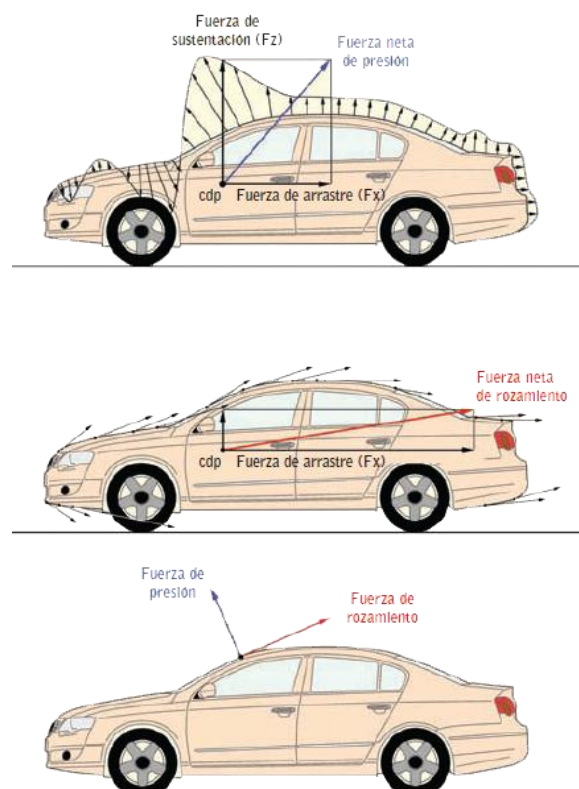


Figura 29 Distribución de fuerzas
Fuente: (Technicalcourses, 2017)

Si sumamos todas las fuerzas de presión que actúan sobre los diferentes elementos de superficie obtenemos, como resultante, una fuerza neta total, que estará aplicada en un punto imaginario, denominado centro de presiones. Si establecemos la dirección de movimiento del fluido (o automóvil) y descomponemos esa fuerza neta en dos componentes, en la dirección de dicho movimiento y en su perpendicular, tenemos que la primera de esas componentes, llamada fuerza de arrastre (arrastre inducido) se opone al avance del vehículo y la segunda, llamada fuerza de adherencia o sustentación, hace que el vehículo se adhiera o tenga tendencia a separarse del suelo. (Technicalcourses, 2017)

Si sumamos todas las fuerzas de rozamiento que actúan en los diferentes elementos de superficie obtenemos una resultante total, aplicada en dicho centro de presiones. Si la descomponemos en las dos direcciones anteriores, obtenemos en la dirección de movimiento del fluido una fuerza de arrastre que se opone al desplazamiento del vehículo. (Technicalcourses, 2017)

4.6.10. Dinámica de fluidos computacional - CFD

Es necesario construir o tener una estructura física para realizar los ensayos en el túnel de viento, lo cual es laborioso y muy costoso, sobre todo si se detectan defectos, los cuales será necesario corregir y da lugar a tener que modificar el prototipo. Por ello durante la fase de desarrollo se suelen utilizar mucho los cálculos numéricos con software CFD (Computational Fluid Dynamics), lo cual permite realizar cálculos y estudios muy rápidamente con costes muy bajos comparados con los ensayos físicos en un túnel de viento.

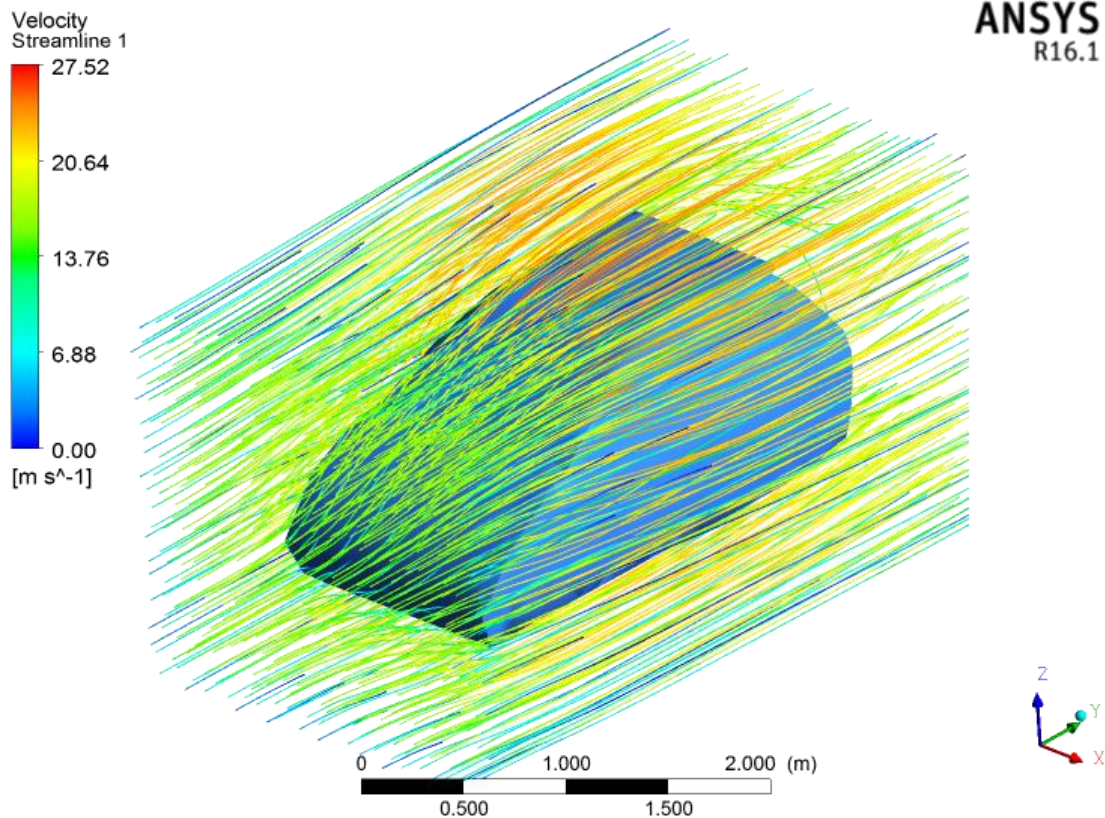


Figura 30 Flujo de aire sobre la carrocería en un túnel de viento a 50 km/h

4.6.11. Análisis de resultados CFD.

Se designa resistencia aerodinámica, o simplemente resistencia a la fuerza que ejerce un cuerpo al moverse a través del aire, y en particular a la componente de esa fuerza en la dirección de la velocidad relativa del cuerpo respecto del medio. La resistencia es siempre de sentido opuesto al de dicha velocidad, por lo que habitualmente se dice de ella que, de forma análoga a la de fricción, es la fuerza que se opone al avance de un cuerpo a través del aire.

- La resistencia aerodinámica que entrega la carrocería a una velocidad de 50 Km/h es de 379.23 N lo que permite tener una idea más clara de las fuerzas que actúan sobre el mismo.
- El análisis realizado en un túnel de viento virtual con separación de 50mm desde el borde más sobresaliente de la carrocería y una configuración de velocidad de aire a 50 km/h con una temperatura ambiental de 20° C sobre

la carrocería proporciona una máxima presión a producirse a esa velocidad de 248.26 Pa, localizados visiblemente en la parte centro – frontal de la carrocería.

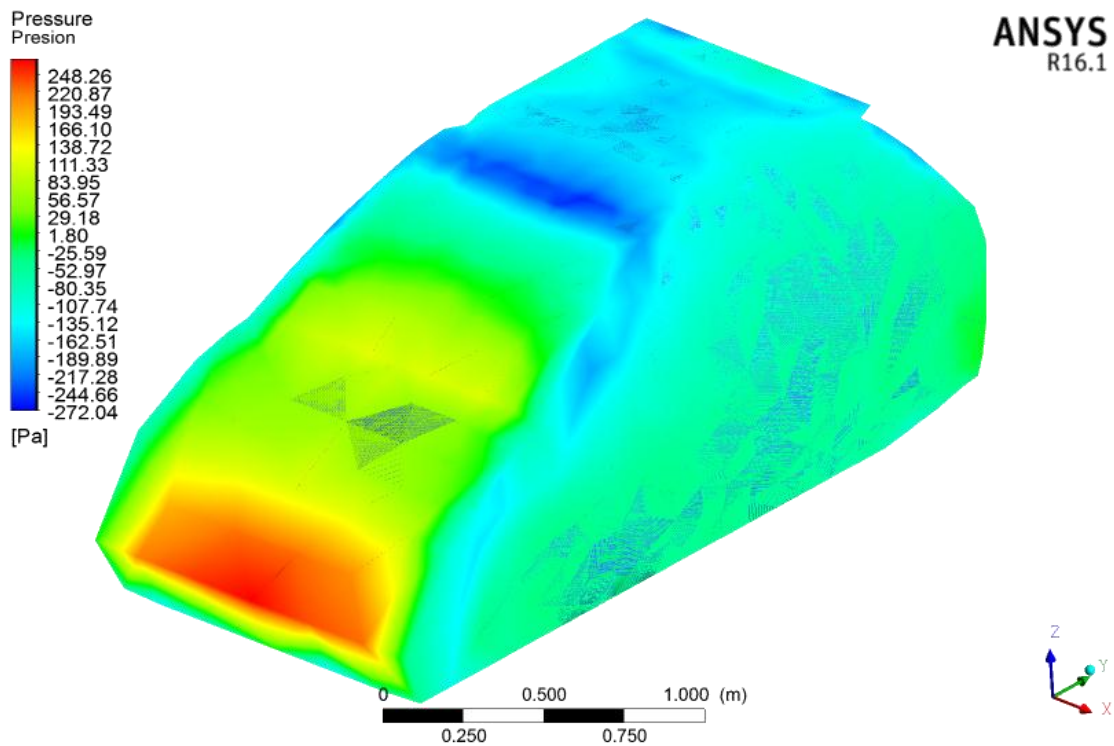


Figura 31 Presión del aire sobre la carrocería a 50 Km/h

- Los vectores de flujo tangencial del ensayo en el túnel de viento virtual demuestran que la aerodinámica de la carrocería dirige el aire sobre y hacia los costados del mismo.

4.5.12. Análisis estructural

En esta parte, se ensaya la base de la carrocería autoportante modelada en Autodesk INVENTOR 2017 Profesional con licencia estudiantil. Se toma solo la base puesto que ayuda al procesamiento de datos y a la demanda de recursos que este tipo de ensayos consume en computadores de gama media y alta. El software de análisis por elementos finitos que se ha usado para este análisis es el programa de simulación ANSYS con el módulo “Estatic Structural”. En este análisis de la estructura, se va a comprobar si se cumplen los distintos parámetros de diseño que se establecieron en apartados anteriores como la resistencia máxima del material, su comportamiento a cargas y su factor de seguridad.

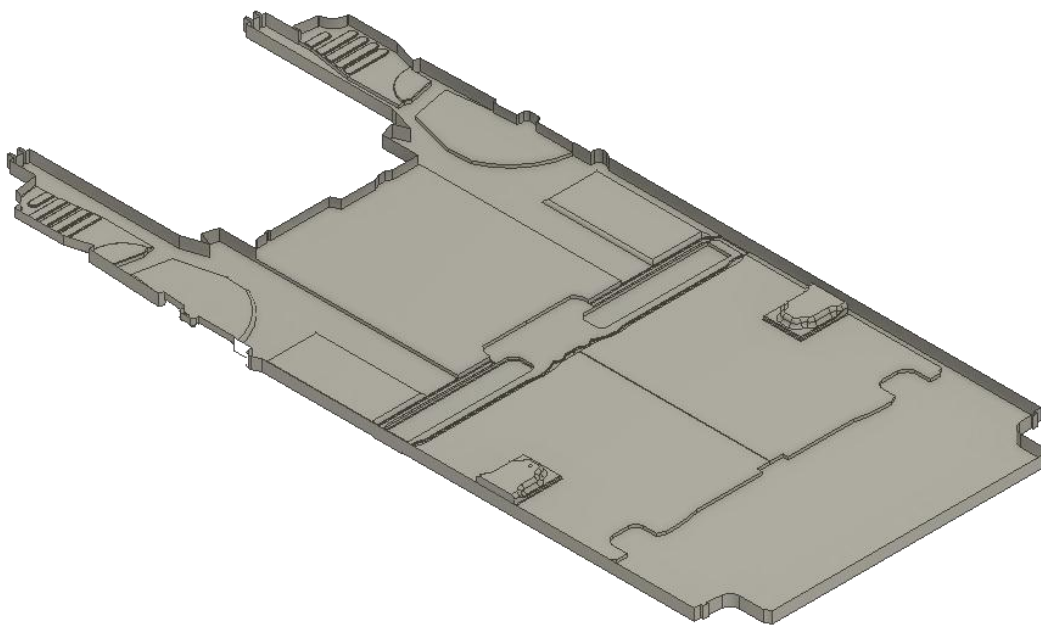


Figura 32 Base de la carrocería autoportante

La tabla que se presenta a continuación detalla los aspectos más importantes del ensayo además de las configuraciones del módulo static estructural

Tabla 12
Información del ensayo estructural estático

ENSAYO ESTRUCTURAL ESTÁTICO					
Nombre del ensayo:	Simulación estructural estático de las cargas vivas que actúan sobre el bastidor				
Resumen: para el presente estudio se ha realizado el dibujo en tres dimensiones de la base de una carrocería autoportante con el fin de ahorrar recursos computacionales de cálculo. Se modelo la estructura en el software Inventor de la suite Autodesk, con el objeto de lograr el modelado matemático en el módulo Static Structural que permita determinar parámetros ingenieriles cuando esta parte de la carrocería (piso) sea sometida a las cargas vivas más un adicional por los elementos que se encuentran acoplados a él y de igual forma tomando en cuenta el peso de la carrocería					
Software CAD:	Inventor 2017	Software FEM:	ANSYS 16,1	Módulo / APP:	Static Structural
Tipo de simulación:	Estructural	Estática			
PROPIEDADES FÍSICAS					
<input type="radio"/>	Estructura	<input checked="" type="radio"/>	Componente	<input type="radio"/>	Ensamblaje
Descripción :	Base de Carrocería				
Área	3,2205e+006 mm ²				
Masa	101,12 kg				
LISTA DE ELEMENTOS					
<small>ELEMENTO</small>	CT D	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
1	1	BCarrocería.scdoc	Base de la carrocería de prototipo	Acero A500	
CONDICIONES DE BORDE					
NORMA:	ECE R95 Naciones Unidas				
CARGAS:	Generadas a partir de la masa del modelo.				
RESTRICCIONES:	La masa de la carrocería se configura como masa distribuida sobre los filis del modelo				
OBSERVACIONES: (Condiciones Originales) La carga viva aplicada corresponde a 150Kg, adicionalmente se ha configurado una masa de 30Kg por efectos de los elementos que se montan sobre el piso de la carrocería. Las restricciones se fijan sobre los filis exteriores del modelo y sobre ella también se configura el peso de la carrocería					
MODELADO MATEMÁTICO					
Tipo de elemento:			Cuadrilateral		
Tamaño de elemento:			1,7751e-002 mm		
Tamaño mínimo de malla:			Default (Coarse)		
Número de nodos:			84123		
Número de elementos:			84262		
Configuración de los modelos de análisis:			Dimensionally Reduced		

CONTINÚA→

CONVERGENCIA	Método:	Jacobian Ratio
	Valor:	1,2729

Del ensayo estructural se obtienen los siguientes resultados:

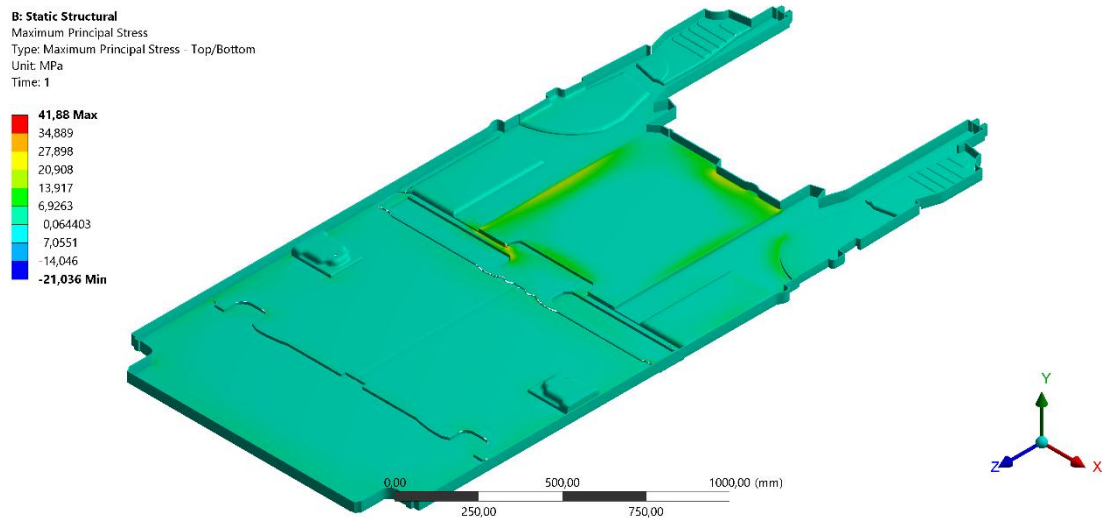


Figura 33 Esfuerzo máximo principal - 41.88 Mpa

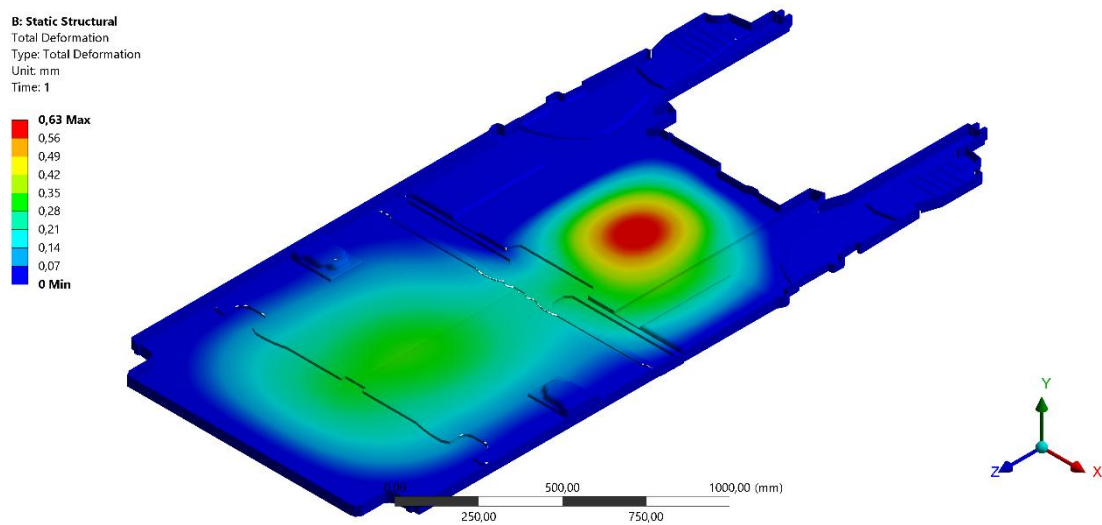


Figura 34 Deformación total - 0.63mm

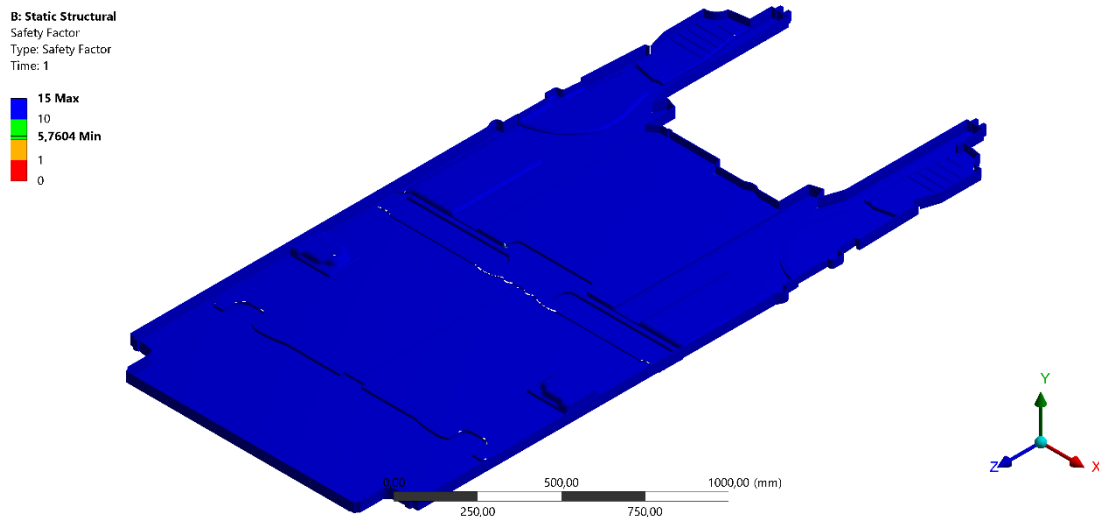


Figura 35 Factor de seguridad - 5.76

Las ilustraciones anteriores ponen en evidencia el correcto desempeño a cargas sobre la estructura de la carrocería

En conclusión, el análisis de la estructura según el modelo de los elementos finitos permite un estudio más riguroso que el realizado en un principio por el grupo de investigación del diseño de la estructura y proporciona una idea más parecida al comportamiento real que tendrá.

4.5.13. Análisis dinámico explícito

El módulo “Explicit Dynamics” de ANSYS se utiliza para el cálculo explícito y es un método numérico para la resolución de análisis de problemas de elementos finitos. A continuación, se describe las características importantes de este módulo:

- El planteamiento explícito es de gran ayuda en la solución de problemas que dependen del tiempo de alta deformación como choque, explosión, impacto, etc.
- Resuelve estados de equilibrio dinámico.
- La inercia puede desempeñar un papel dominante en la solución.
- El no equilibrio de fuerzas se propaga en forma de ondas de tensión entre elementos vecinos.

- Depende únicamente de las frecuencias naturales más altas del modelo independiente del tipo y la duración de la carga.
- Las simulaciones toman generalmente en el orden de 10.000 a 1.000.000 de incrementos, pero el coste computacional por incremento es relativamente pequeño. El incremento de tiempo estable es normalmente bastante pequeño.

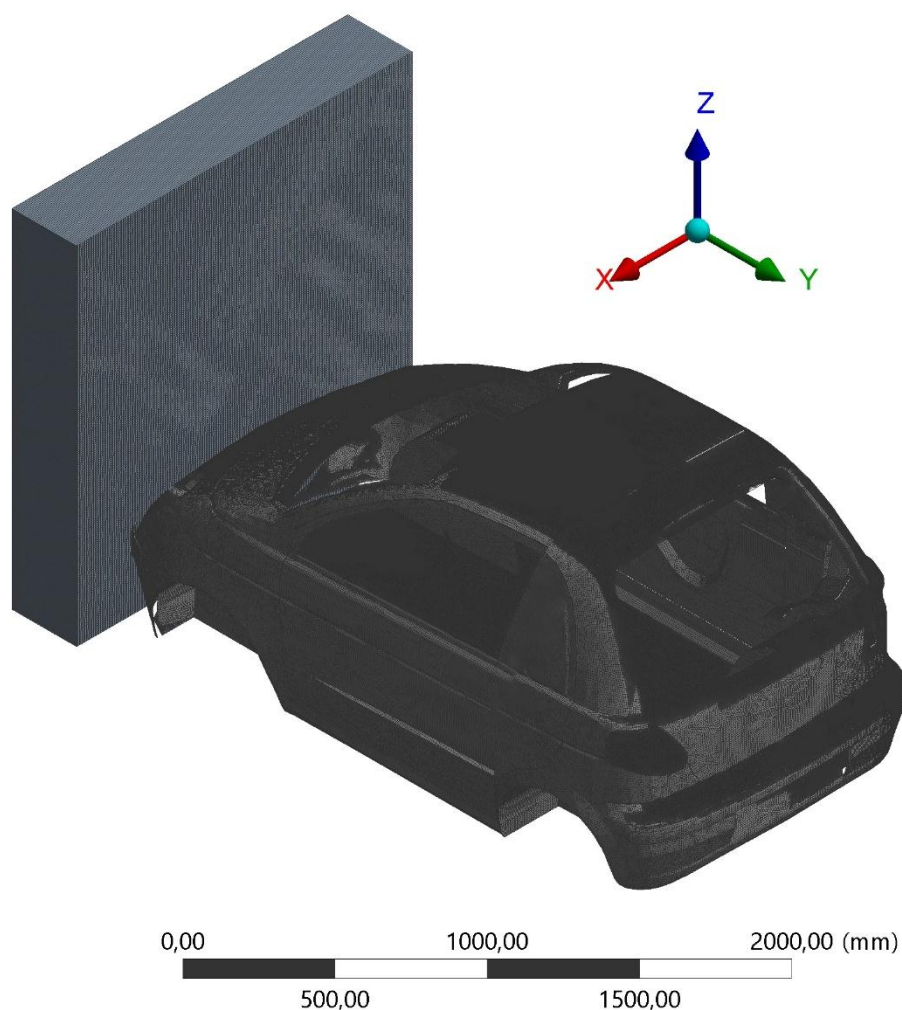


Figura 36 Carrocería para ensayo de impacto frontal

Tabla 13
Información de ensayo de impacto.

ENSAYO DE IMPACTO FRONTAL	
Nombre del ensayo:	Simulación de impacto frontal sobre una pared rígida de una carrocería
Resumen:	para el presente estudio se ha realizado el dibujo en tres

CONTINÚA→

dimensiones de una carrocería de un prototipo biplaza urbano en el software SpaceClaim de ANSYS, con el objetivo de lograr el modelado matemático en el módulo Dinamic Explicit que permita determinar parámetros ingenieriles cuando la carrocería sea sometida a impacto frontal					
Software CAD:	SpaceClaim	Software FEM:	ANSYS 16,1	Módulo / APP:	Dynamic Explicit
Tipo de simulación:	Estructural	Dynamic	Explicit		
PROPIEDADES FÍSICAS					
<input checked="" type="radio"/>	Estructura	<input type="radio"/>	Componente	<input type="radio"/>	Ensamblaje
Descripción :	Carrocería				
Área	7.7067 m ²				
Masa	720 Kg				
Centro de gravedad	X	0,69122 m			
	Y	1,3933 m			
	Z	0,3821 m			
LISTA DE ELEMENTOS					
ELEMENTO	CT D	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
1	1	Carrocería.scdoc	Carrocería de prototipo	Acero A500	
CONDICIONES DE BORDE					
NORMA:	ECE R95 Naciones Unidas	Impacto frontal			
CARGAS:	Generadas a partir de la masa del modelo.				
RESTRICCIONES:	La pared de impacto se restringe como fija y se configura como elemento rígido.				
OBSERVACIONES: (Condiciones Originales) existen dos métodos para determinar parámetros en impacto frontal, depende de la norma utilizada, el uno es mediante péndulo contra la estructura y la otra es la que se utilizó en este análisis que consiste en impactar la carrocería a una velocidad determinada contra una pared rígida.					
MODELADO MATEMÁTICO					
Tipo de elemento:			Cuadrilateral		
Tamaño de elemento:			1,4147e-004 m		
Tamaño mínimo de malla:			Default (Coarse)		
Número de nodos:			285873		
Número de elementos:			285189		
Configuración de los modelos de análisis:			Flanagan Belytschko Stiffnes		
CONVERGENCIA		Método:		Jacobian Ratio	
		Valor:		1,08	

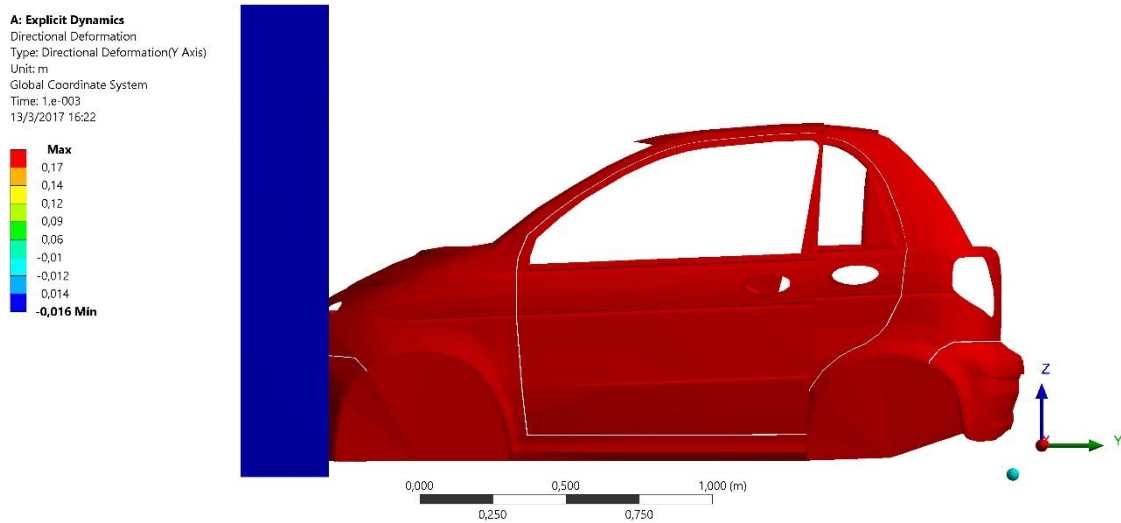


Figura 37 Deformación en el eje Y – 170 mm

El ensayo de impacto frontal sobre una pared rígida en un tiempo de 0.001 segundos da como resultado una deformación direccional sobre el eje Y de 170 milímetros y se representa en las siguientes figuras:

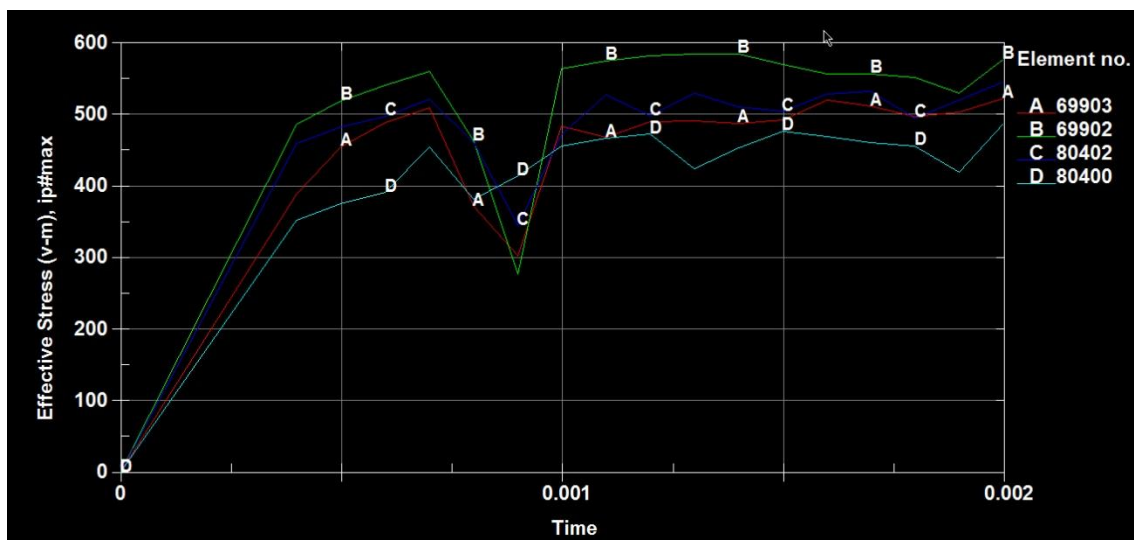


Figura 38 Diagrama de deformación

Se ha tomado como elemento de análisis al nodo que ha presentado el mayor valor de esfuerzo, por lo tanto, a la zona a la que pertenece ese elemento se la considera la más crítica. Además, se ha tomado una muestra de

algunos elementos aledaños al crítico para asegurar que el comportamiento de los mismos durante la simulación sea coherente y no se trate de singularidades.

Se puede verificar en la gráfica de deformación que el comportamiento de los elementos de muestra es similar por lo cual se considera que los picos existentes se tratan de fenómenos aislados durante el suceso.

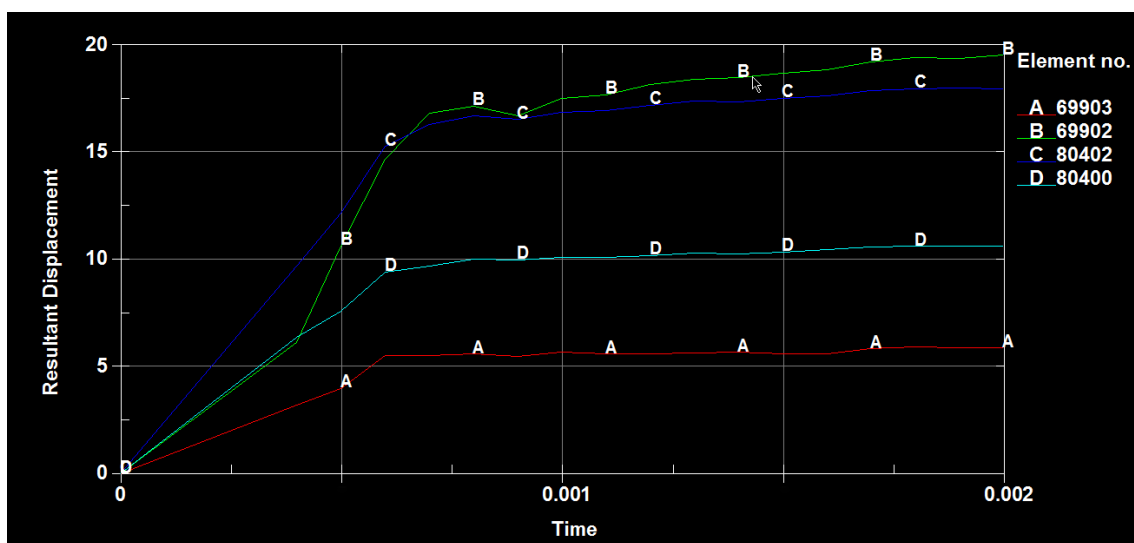


Figura 39 Desplazamiento vs Tiempo

Según la ubicación de los elementos se puede notar variación en los resultados, es necesario contrastar con la graficas de los esfuerzos para determinar el comportamiento elasto-plástico del material. A modo general se puede observar que existe diferencia en magnitud de resultados, pero las gráficas muestran uniformidad en deformación

CAPÍTULO V

5. PROCESO DE MANUFACTURA

En los capítulos anteriores se determinó que el diseño de la carrocería del prototipo biplaza es el adecuado; ahora se procederá a detallar el proceso de construcción y montaje, de esta manera se tendrá como resultado la carrocería completamente terminada como se representa en la siguiente ilustración.



Figura 40 Carrocería prototipo biplaza

5.1. Tecnología de la construcción.

La adaptación y construcción de las partes constituyentes de la carrocería del prototipo fueron maquinadas con equipos, máquinas y herramientas detalladas en la siguiente tabla.

Tabla 14
Máquinas y Equipos

DESIGNACIÓN	MÁQUINA Y/O EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
M1	Sistema de Corte Oxi-acetileno	<ul style="list-style-type: none"> • Botella de oxígeno: • Presión 2000 PSI • Botella de acetileno: • Presión 2000 PSI
M2	Soldadora BP TR-250	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje:110/220V • Amperaje:250 • Peso: 24kg • Corriente: AC • Ciclo de trabajo: 10% • Capacidad Max Fundición: 60/11 ó 60/13 en 1/8
M3	Amoladora Dewalt Modelo: D28490	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión: 110 - 115 V • Potencia absorbida: 2000 W • Velocidad sin carga: 6500 R.P.M Máx. • Diámetro de disco: 230 mm • Capacidad de Tanque(lts): 72
M4	Compresor BP Modelo: CB-72B	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia del Motor(HP/KW): 2/1,5 • Presión Máxima es 8/115 Bar/PSI • Voltaje: 110V. • Velocidad 3450RPM. • Alimentación Bifásica: 220 V 60 hz. • Potencia de instalación máx: 10 KW
M5	Spotter SPOT-3500	<ul style="list-style-type: none"> • Fusible: 16 A • Rango de corriente: 3500A máx. • Ciclo de trabajo (10 min.): 2800 A - 5 % • Peso: 38 Kg. • Dimensión mm: 360 x 280 x 320 • Potencia: 275W
M6	Lijadora roto-orbital DWE6421-B3	<ul style="list-style-type: none"> • Orbitas/Min: 12.000 opm • Interruptor Sellado Contra el Polvo • Almohadilla con sistema de velero • Peso de la Herramienta: 1,5 kg • Voltaje de Corriente Continua DC: 400mV - 1000V
M7	Multímetro digital S/M DT-830B	<ul style="list-style-type: none"> • voltaje de Corriente Alterna CA: 4V - 750V • resistencia: 400ohm – 40 Mohm • Continuidad

5.2. Operaciones tecnológicas

Las operaciones tecnológicas comprenden las diferentes actividades encaminadas a la obtención de un elemento o estructura determinada, que posteriormente, en el proceso de montaje conformarán la carrocería.

Tabla 15
Operaciones tecnológicas

# DE OPERACIÓN	OPERACIONES
1	Medición y trazado
2	Corte del material
3	Limpieza de rebabas: cincel, amoladora o lima
4	Esmerilado
5	Nivelado
6	Grateado
7	Unión de partes (Soldadura)
8	Taladrado
9	Doblado
10	Montaje
11	Empastado
12	Pintado
13	Empernado






5.3. Cursograma de la construcción

En los siguientes cursogramas sinópticos se presentan las operaciones tecnológicas que se siguen en las diferentes etapas de construcción de la carrocería. Las operaciones de construcción no tienen un orden de seguimiento estricto, se ejecutan conforme la necesidad de avance de la construcción.

El tiempo empleado en cada operación se indica a la izquierda de la operación, y se lo señala en minutos. Para mejor comprensión del cursograma

se emplea la siguiente nomenclatura:

Tabla 16
Simbología de cursograma

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

Fuente: (IRAM 34.501, 2017)

5.3.1. Despiece del vehículo

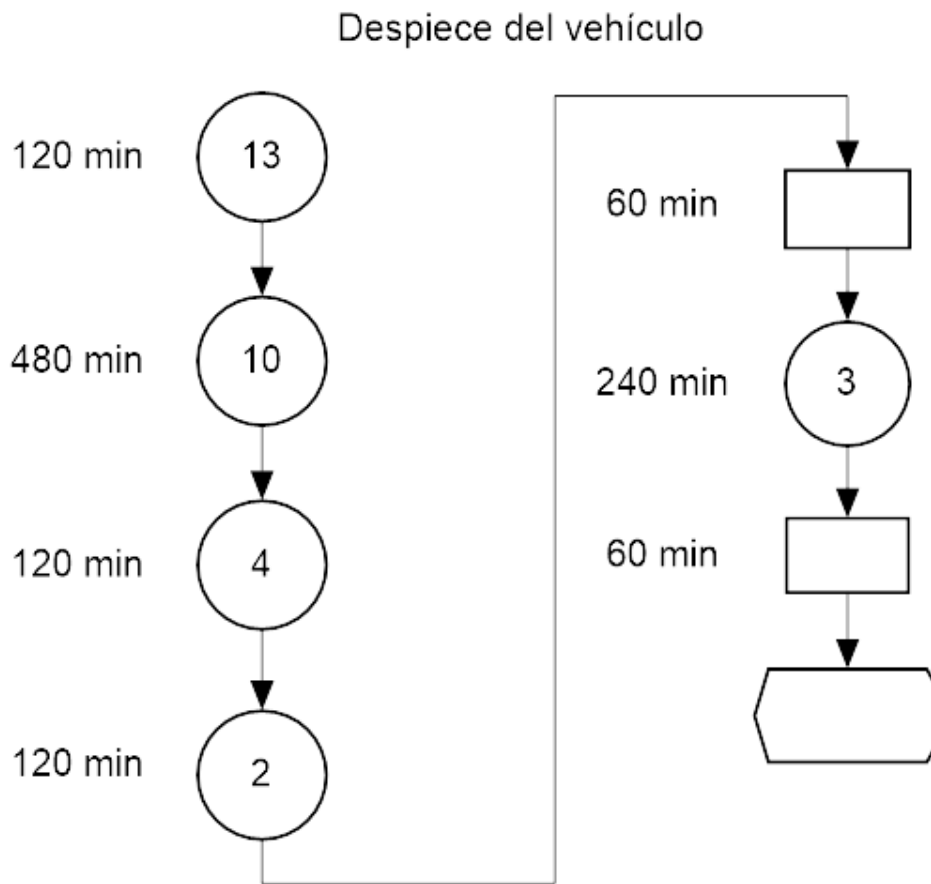


Figura 41 Cursograma del despiece del vehículo

5.3.2. Fijación de arriostras

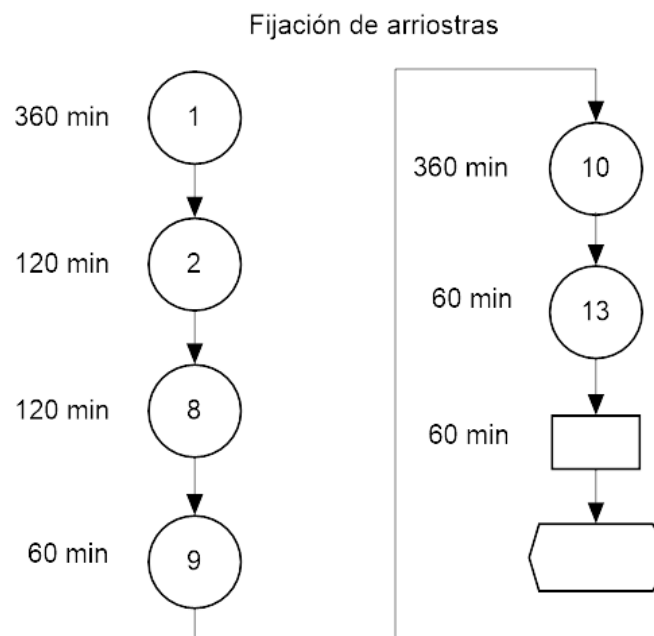


Figura 42 Cursograma de fijación de arriostras

5.3.3. Seccionamiento del piso

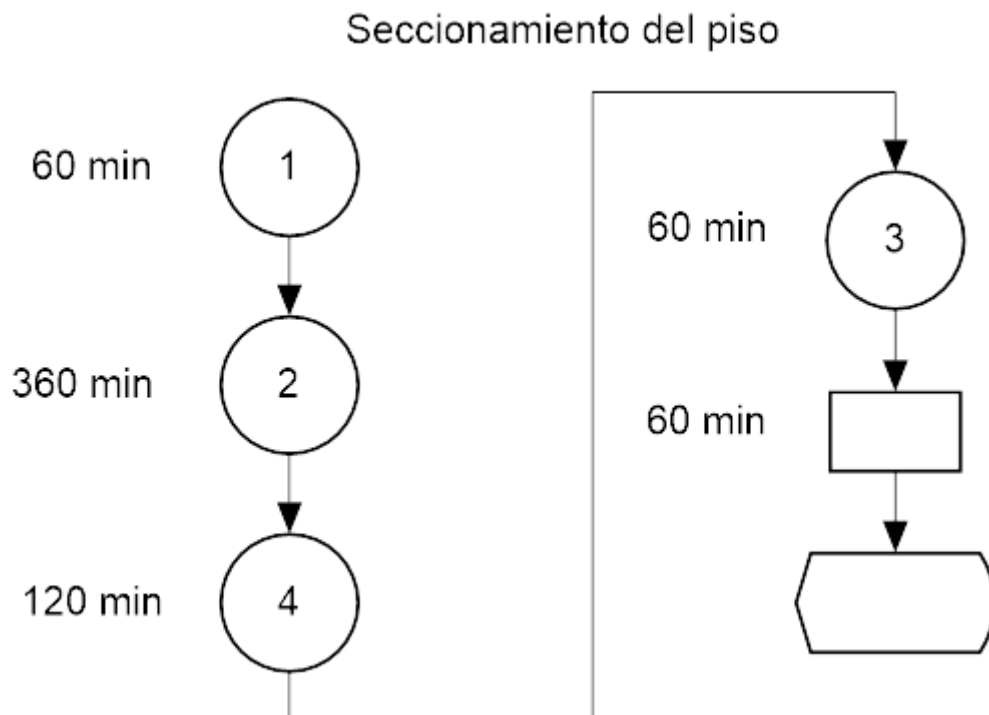


Figura 43 Cursograma del seccionamiento del piso

5.3.4. Seccionamiento de estribos y parantes



Figura 44 Descripción de los estribos y parantes seccionados

A / A₁ - Estribo inferior

B - Parante

C / C₁ - Estribo superior

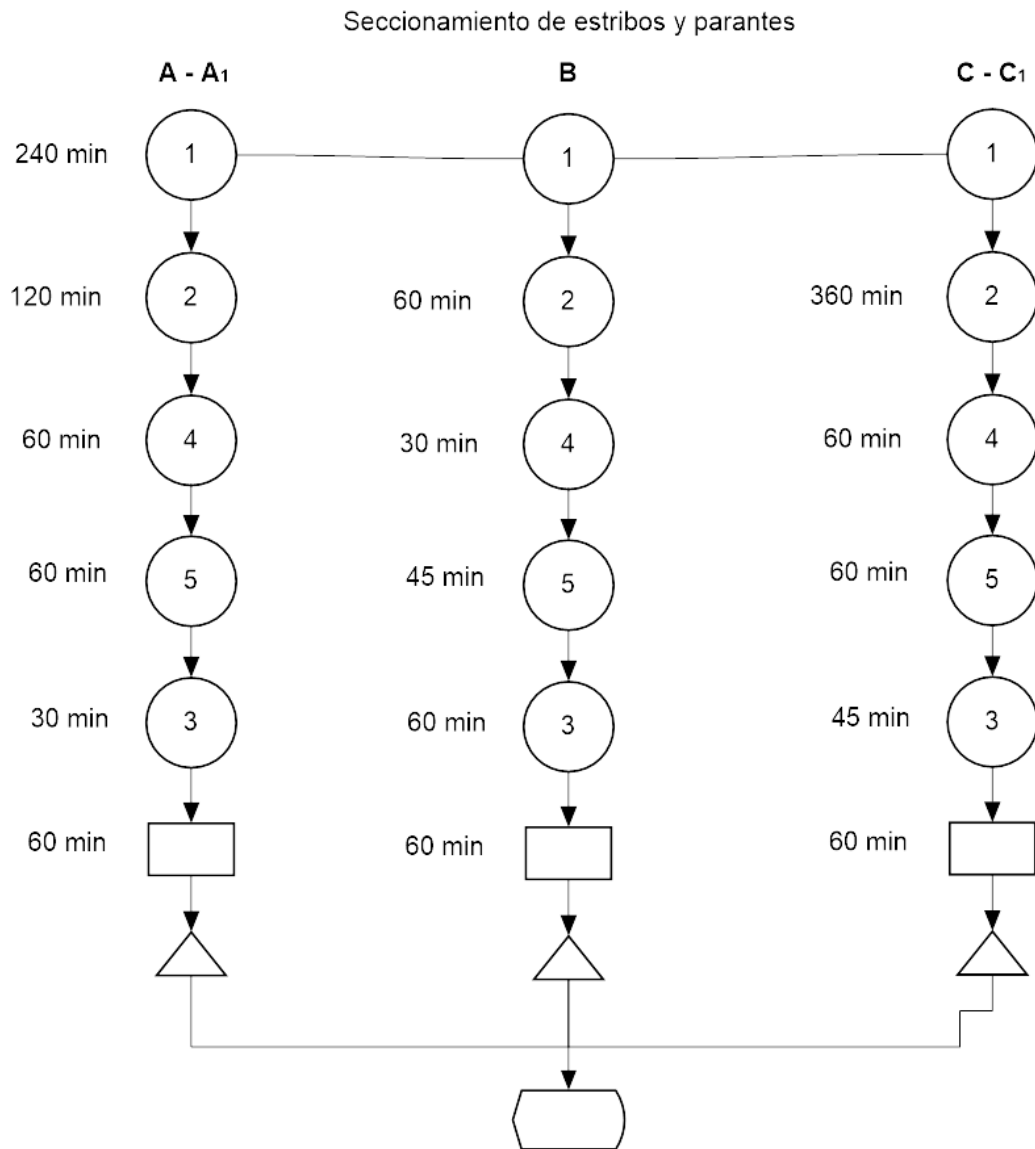


Figura 45 Cursograma de seccionamiento de estribos y parantes

5.3.5. Proceso de fijación de los elementos seccionados

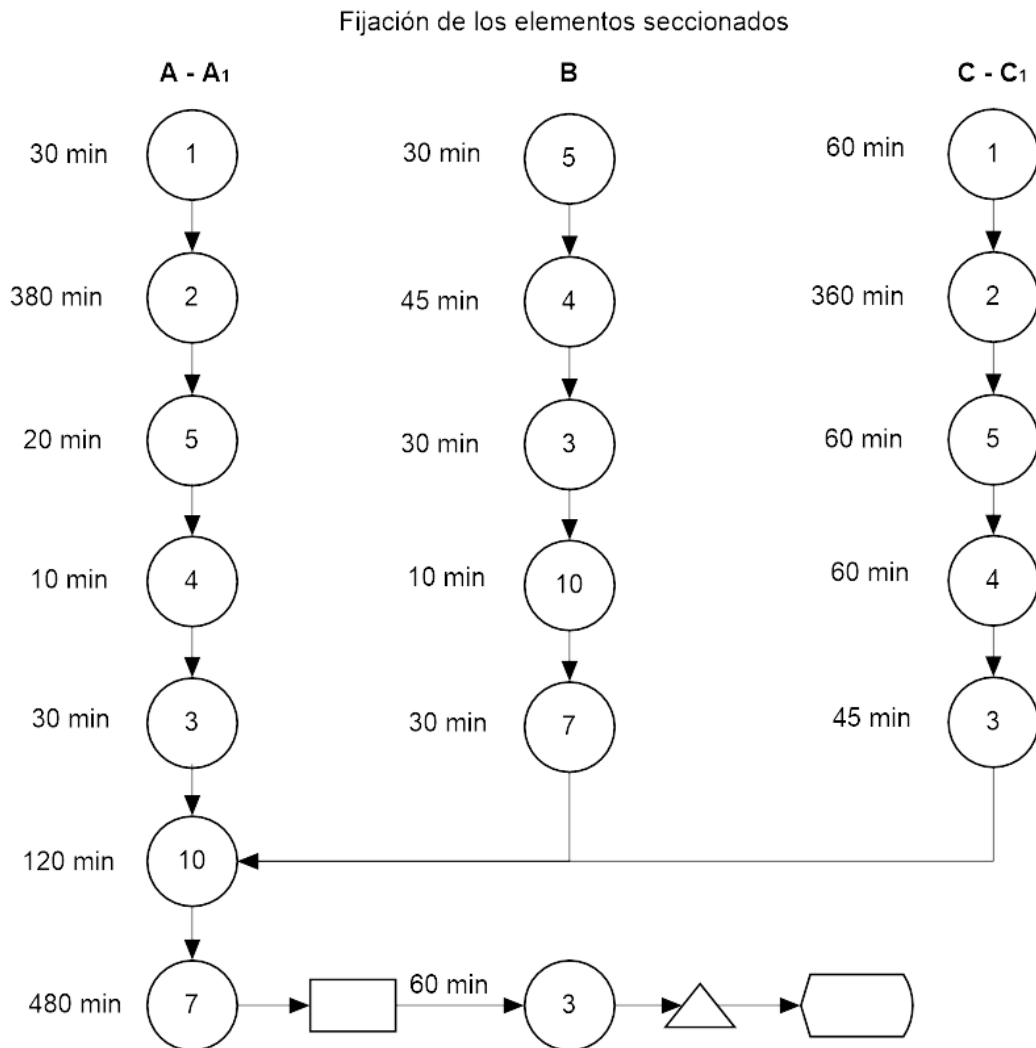


Figura 46 Cursograma de fijación de los elementos seccionados

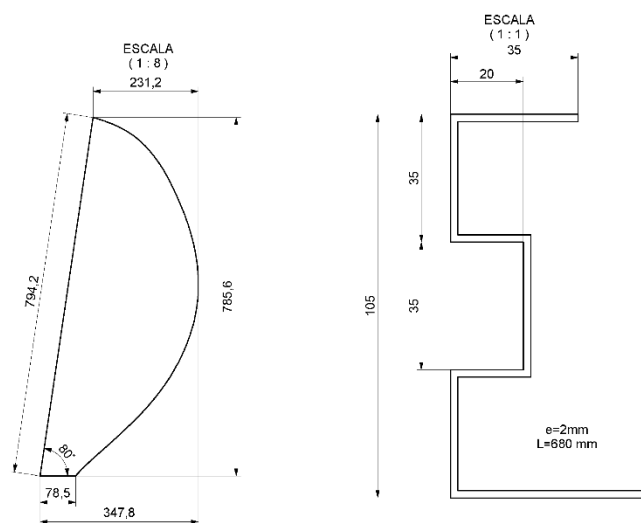
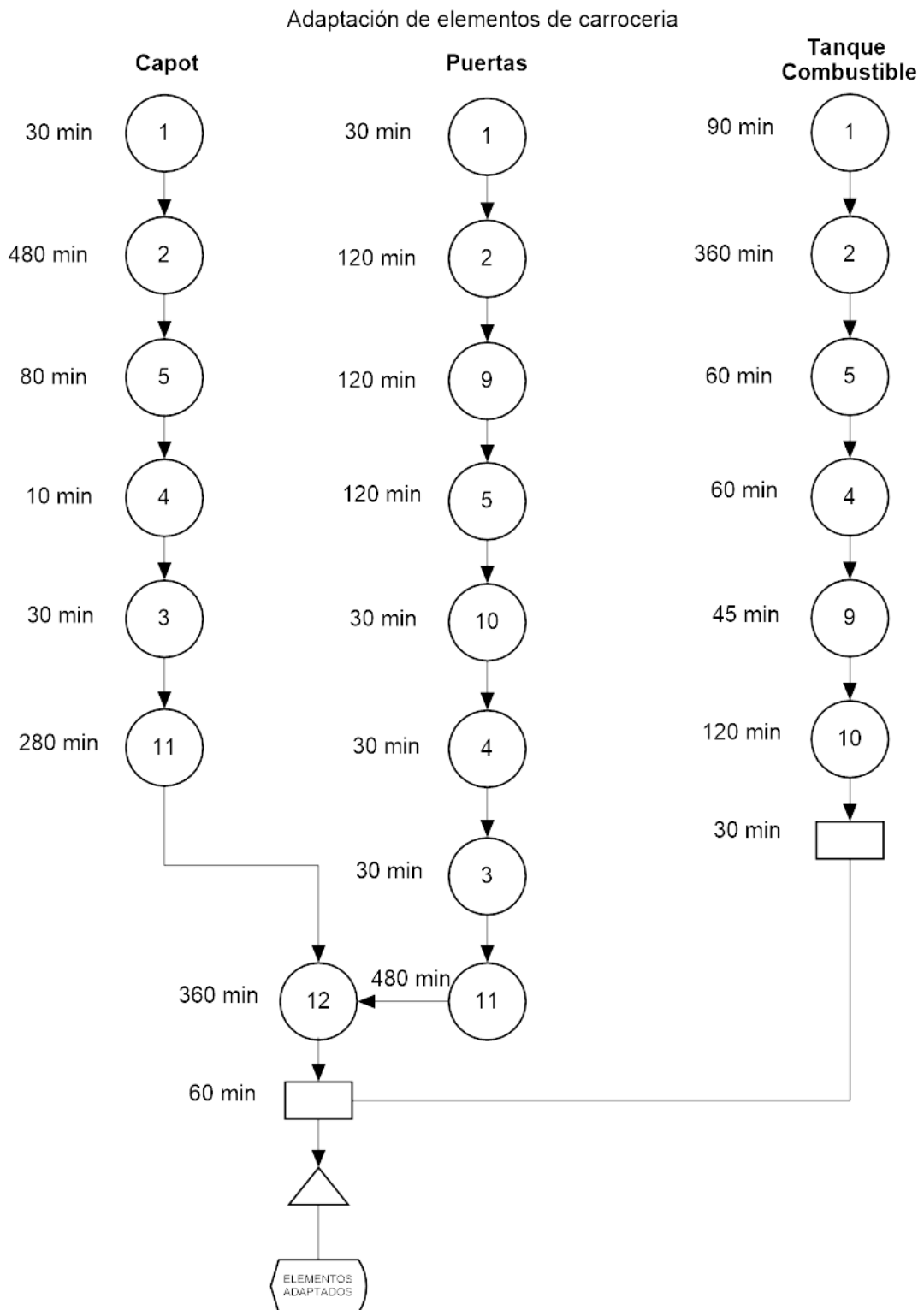


Figura 47 Plancha y estribo de unión

5.3.6. Adaptación de elementos de carrocería



5.3.7. Montaje de sistemas

Las codificaciones de montaje de los diferentes sistemas a la carrocería se describen en la siguiente tabla:

Tabla 17
Operaciones de montaje

OPERACIONES DE MONTAJE	CÓDIGO
Montaje del sistema de propulsión	m1
Montaje del sistema de transmisión	m2
Montaje del sistema de dirección	m3
Montaje del sistema de suspensión	m4
Montaje del sistema de frenos	m5
Montaje del sistema eléctrico	m6

Montaje de sistemas automotrices

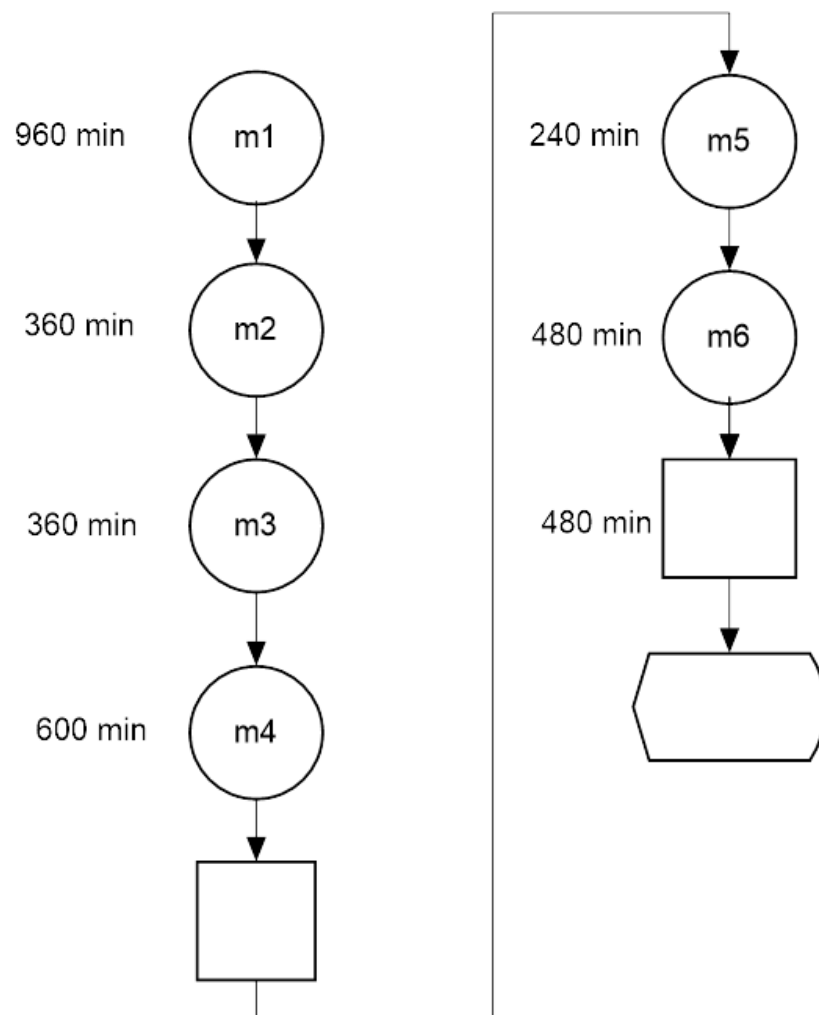


Figura 48 Cursograma de montaje

5.3.8. Ensamble de partes modificadas

Ensamble de elementos de carrocería modificados:

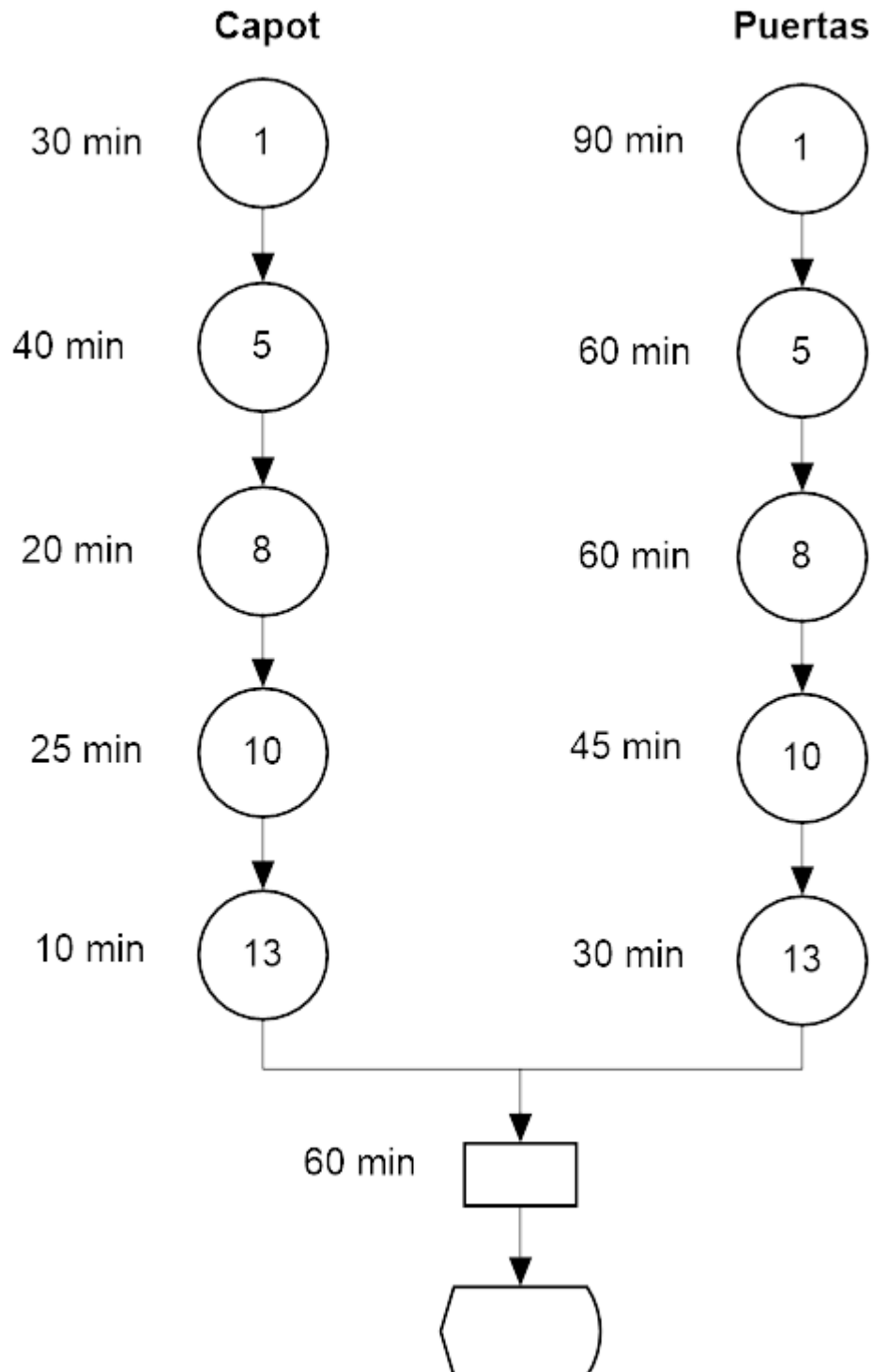


Figura 49 Cursograma de ensamble de elementos adaptados

5.3.9. Pintado de carrocería

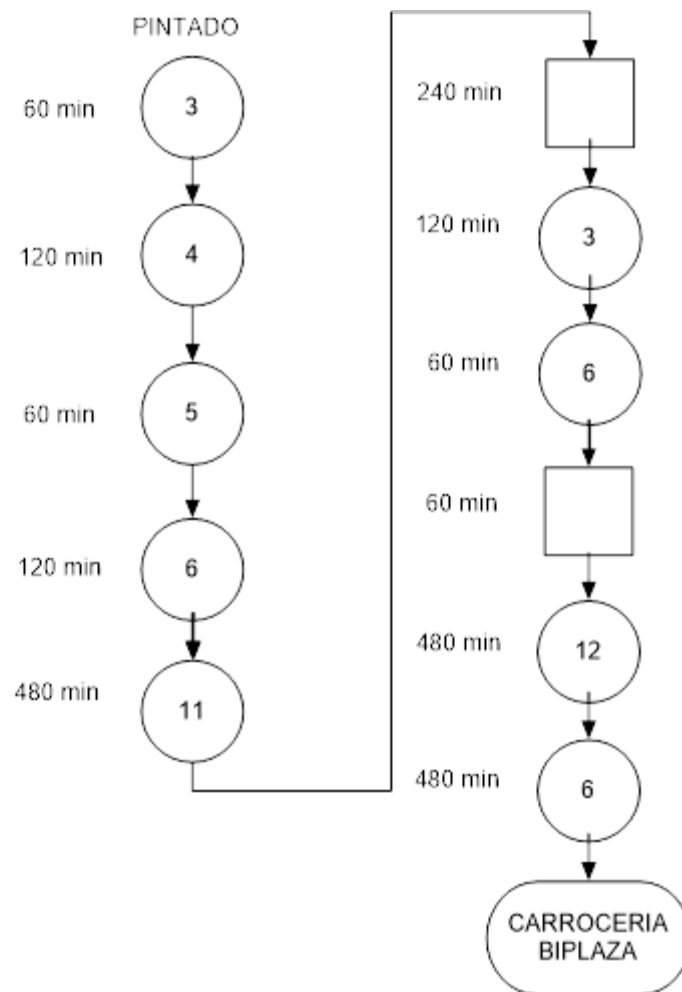


Figura 50 Cursograma del pintado de la carrocería

5.4. Flujo de manufactura de la carrocería auto portante del prototipo

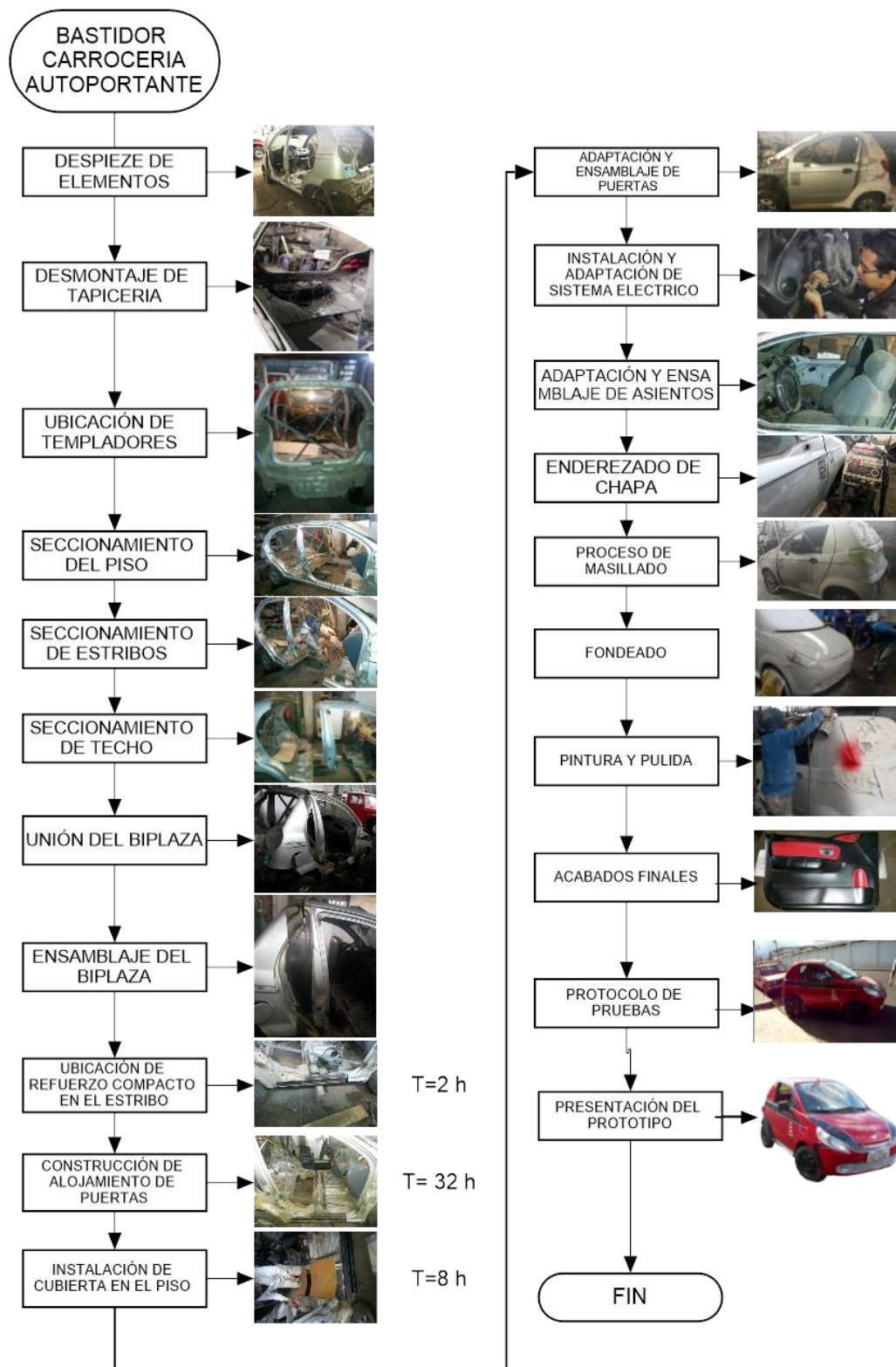


Figura 51 Flujo de procesos



Figura 52 Dimensiones finales del prototipo

Tabla 18
Ficha técnica del prototipo

Modelo	Prototipo
Año de fabricación del motor:	2007
Categoría:	Automóvil, Biplaza
Motor:	995 cc
Tipo de motor:	4 cilindros en linea
Válvulas por cilindro:	2
Potencia máxima:	65CV a 5400 RPM
Torque máximo:	87 Nm A 4200 RPM
Diámetro del pistón por longitud movimiento:	69.0 x 68.0 mm
Compresión:	9,3:1
Máxima velocidad:	110.0 km/h
Combustible:	Gasolina
Transmisión:	Manual, 5-velocidades
Relación potencia/peso:	0.0788 PS/kg
Tracción:	Delantera
Número de asientos:	2
Número de puertas:	3
Llantas frontales:	165/65- R13
Llantas posteriores	175/70- R-13
Chasis:	Hatchback
Dimensiones y peso	
Peso del vehículo:	720 kg
Longitud del vehículo:	2850 mm
Ancho del vehículo:	1500 mm
Altura del vehículo:	1500 mm
Distancia entre ejes:	1700 mm
Espacio para carga:	170 litros
Capacidad máxima del tanque de combustible:	25 litros

5.5. Protocolo de pruebas

Las pruebas de campo se las realiza bajo una hoja de ruta que establece diferentes tipos de vía y sus correspondientes afecciones. La hoja de ruta se muestra a continuación:

Tabla 19
Hoja de ruta

FECHA:		02 de marzo de 2017		DESCRIPCIÓN	
TRAMO:	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Colegio Luis F. Ruiz, Plaza de toros San Isidro, El Salto, Colegio Hermano Miguel, Maltería Plaza, Terminal Terrestre, Parque Vicente León, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.		VEHÍCULO:		HOJA N° 1
	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L		Prototipo biplaza urbano.		
PARTIDA:	ESPE-L	DISTANCIA TOTAL:	10,4 km		
FIN:	Cotopaxi	SUPERFICIE:	Adoquinado/asfalto		
PROVINCIA:	Cotopaxi	CANTÓN	Latacunga.		
LUGAR	TIEMPO (min)	TIPO DE VÍA	DISTANCIA (km)	COMPORTAMIENTO	
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L	0	Asfalto	0	Confortable	
Colegio Luis Fernando Ruiz	2,5	Asfalto	1,0	Estable	
Plaza de toros San Isidro	2,5	Asfalto	0,35	Buena aceleración en una pendiente.	
El Salto	6,2	Asfalto	2,1	Estable a ralenti, capacidad de frenado eficiente.	
Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ITSA.	6,1	Asfalto	2,6	Estable y confortable en curvas	
Redondel de la FAE	2	Asfalto	0,8	Estable en curvas	
Centro Comercial Maltería Plaza	2,1	Asfalto	0,75	Excelente en salidas.	
Terminal Terrestre Latacunga	5,1	Asfalto	1,2	Estable a velocidad límite	
Hospital General Provincial de Cotopaxi	2,9	Asfalto	1,0	Buena aceleración en pendiente	
Parque Vicente León	3,9	Adoquinado	0,6	Confortable	
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L	2,4	Adoquinado	0,8	Gran eficiencia con los sistemas de suspensión, frenado y dirección.	
TOTAL	35min; 42seg		10,4 km		

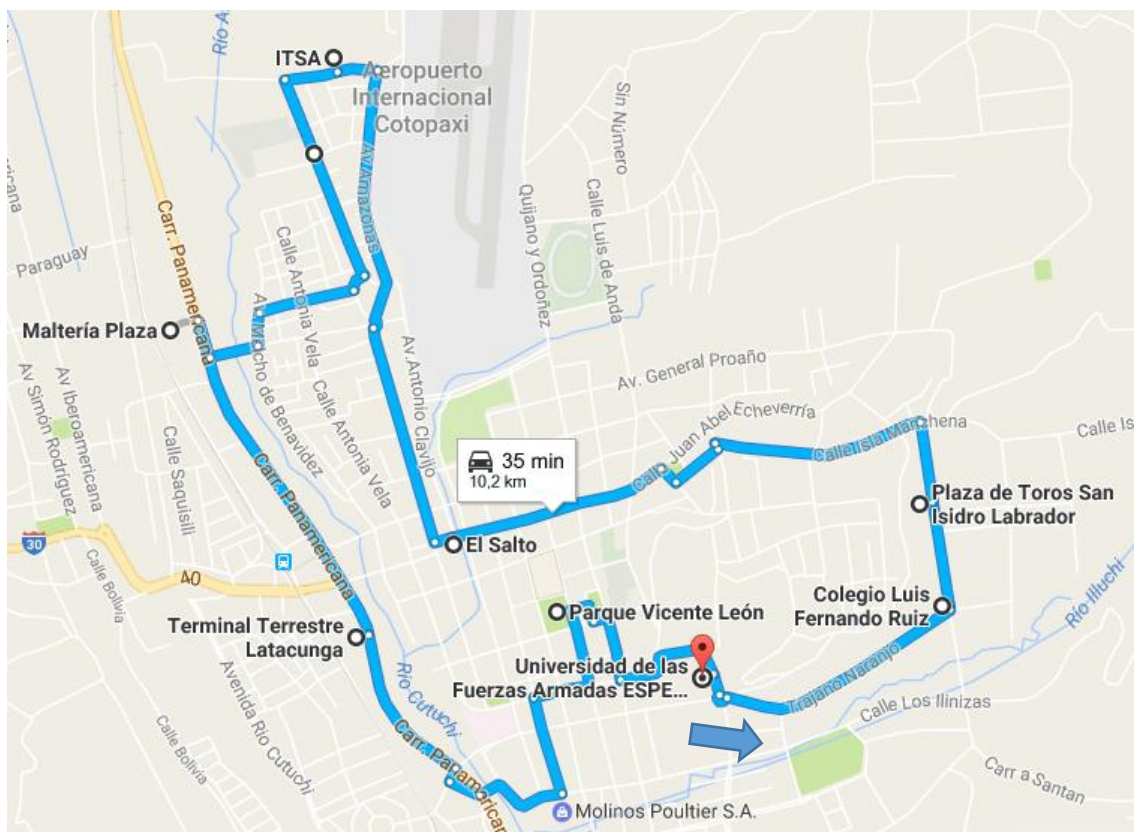


Figura 53 Mapa de la ruta de pruebas.

5.6 Costos

El análisis de costos está basado en los materiales utilizados para la construcción de la carrocería del prototipo y así tener un adecuado funcionamiento de los mismos. Se elaborará un cuadro de recursos técnicos, económicos y mano de obra para la inversión del trabajo de titulación dentro de los cuales se encuentra incluido el impuesto del valor agregado (IVA).

Tabla 20
Recursos empleados

MATERIALES UTILIZADOS			
CANTIDAD	DENOMINACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Carroceria vehiculo chevrolet spark	4000	4000
1	Sierra Sable 6" 24dpp 2-Pk Dw4813-2 Dewalt.	110	110

CONTINÚA→

5	Cierra Caladora Para Corte Limpio Rectos Y Curvas Marca Bosh	75	375
4	Disco Ultrafino De Corte De Metal de 4-1/2" Marca Dewalt	11,35	45,4
5	Disco para Corte de Hierro 4"1/2x1/8 DW44820	9,75	48,75
5	Disco para Corte de Hierro 7"x1/8x7/8 DW44840	10	50
4	Disco para desbaste dewalt dw8826 7"	12,5	50
1	Disco de corte tronzadora	63	63
1	Plancha de tol negro frio * 2mm (46.74kg) 1.22 x 2.44 mtrs	31,5	31,5
2	Plancha de tol negro frio * 1/16 (32.72kg) 1.22 x 2.44 mtrs	32,78	65,56
2	Plancha de tol galvanizado * 1/2 (25.71kg) 1.22 x 2.44 mtrs	22,5	45
2	caja electrodo para suelda eléctrica AGA C-13 E-6011	26,8	53,6
	Electrodo para suelda eléctrica AGA C-13 E-6011		0
1	Carrete de suelda MIG	42	42
1	Gas C02 (20 kg)	67	67
8	disco de lija para maquina pulidora 7"	1,2	9,6
10	Discos velcro corindón n.- 100	0,55	5,5
25	Discos velcro corindón n.- 80	0,55	13,75

CONTINÚA→

25	Discos velcro corindón n.- 220	0,55	13,75
20	pliego de lijado en seco grano P80	0,35	7
10	pliego de lijado en seco grano P220	0,4	4
2	mustang masilla plástica 6032 automotriz galon	15,6	31,2
1	masilla poliester polyfill automotriz 6026 galon	18,5	18,5
1	desoxidante automotriz	2,5	2,5
1	pintura fondo primer galon	33,8	33,8
1	pintura fondo de relleno galon	48	48
1	fondo laca galon	35,4	35,4
1	pintura base negro 1/2 galon	48,63	48,63
1	pintura base rojo 1/2 galon	48,63	48,63
1	pintura clear brillo galon	63,5	63,5
1	fibra de vidrio	50	50
1	tela roja y negro para asientos 4 metros	78	78
2	Cemento de contacto	5,27	10,54
2	Plancha de esponja	3,5	7
1	Alfombra tapizon rojo y negro 3metros	28,5	28,5
1	Accesorios	250	250
		SUBTOTAL	5854,61
		I.V.A. (14%)	819.65
		TOTAL	6674.26

CONCLUSIONES

- El presente trabajo investigativo se realizó en base a los postulados de la ingeniería concurrente además del uso de los softwares CAD / CAE de Autodesk y ANSYS en sus versiones estudiantiles, toda vez que el modelado y el diseño tuvieron que ser garantizados y evaluados por la metodología de los elementos finitos.
- El modelado de la estructura de la carrocería se realizó bajo un estudio y análisis sistemático que permite escoger la mejor opción mediante una matriz de selección que califica diferentes factores necesarios para la función que cumple la carrocería
- El modelado CAD cumplió un papel importante en la aplicación de la ingeniería inversa que ayudó a obtener un bosquejo ideal del prototipo urbano antes de poder realizar un maquinado y mecanizado sobre la estructura base.
- Se utilizó soldadura MIG/MAG porque establece un hilo continuo evitando deformaciones a los elementos y no produce escoria ni oxidación; aspectos de vital importancia para evitar corrosión y porosidad en la carrocería
- La combinación de carga viva y muerta en los ensayos dinámicos virtuales de impacto frontal a 56 Km/h según la normativa internacional NCAP no producen daños severos dentro del espacio límite del habitáculo del conductor y su copiloto, dato que asegura la supervivencia de los ocupantes al colisionar en el rango de la velocidad planteada.
- El prototipo cumple las normativas y reglamentos existentes y vigentes en las normativas INEN

- Se probó el prototipo en pista bajo una hoja de ruta establecida por el grupo de investigación, determinando la maniobrabilidad, estabilidad, la resistencia y confiabilidad que posee la carrocería y sus sistemas acoplados en cada una de las pruebas dinámicas las cuales fueron finalizadas con facilidad

RECOMENDACIONES

- Las Autoridades de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, en conformidad de las normativas internacionales de medioambiente y ecología deberían promulgar y realizar la gestión pertinente para desarrollar proyectos que ayuden con el medio ambiente y además sean participe del desarrollo de la matriz productiva con la implementación de vehículos biplaza
- Al no existir un método específico para diseñar y calcular una carrocería es necesario ser creativo, persistente e ingenioso para tomar decisiones correctas respecto a los cambios que puedan darse para obtener el diseño definitivo.
- Respetar las normas INEN, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la carrocería.
- Para visualizar un fenómeno físico de deformación con mayores características se debe aumentar el tiempo de simulación y procesarlo en computadores de alta capacidad de datos y memoria RAM

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Nacional de Tránsito (ANT). *Normas y reglamentos inen aplicados al transporte*. Recuperado el : (10 de 03 de 2017).Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/old/index.php/normas-y-reglamentos-inen-aplicados-al-transporte>

Arias, F. (2006). *Introducción a la metodología científica Caracas*. Venezuela.: Editorial Episteme.

AutoFacil. Autofacil.com. Qué coches te salvarán la vida en caso de accidente Recuperado el: (2 de 02 de 2017).. Obtenido de: <http://www.autofacil.es/seguridad/2013/02/22/coches-salvaran-vida-caso-accidente/13066.html>

autopartes.com. *www.servicioautopartes.com*. Recuperado el: (11 de 03 de 2017). Obtenido de: http://www.servicioautopartes.com/ficha_spark_servicio_autopartes.pdf

Bacher. *dynamore*. Occupant simulation for the Mercedes Benz S-Class recuperado el: (02 de 02 de 2017). Obtenido de: <https://www.dynamore.de/de/download/papers/2014-ls-dyna-forum/documents/keynote/occupant-simulation-for-the-mercedes-benz-s-class>

Barragán, H., Gómez, A., & Nuñez, T. (2006). *Física 1 un enfoque constructivista*. México,D.F. Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.

BlogdeAutomóviles. *Carrocería con plataforma de chasis*. Recuperado el: (1 de enero de 2017). Obtenido de <http://blogdeautomoviles.com/carroceria-con-plataforma-de-chasis/>

CAD. *www.bloquesautocad.com* CTE cuadro de soldaduras. Recuperado el: (10 de Marzo de 2017). Obtenido de: <http://www.bloquesautocad.com/cte-se-a-cte-cuadro-de-soldaduras/>

Canal Motor 7. *Estabilidad del vehículo*. Recuperado el: (21 de 03 de 2017). Obtenido de: <http://canalmotor7.blogspot.com/2013/07/fuerzas-que-se-aplican-los-vehiculos-en.html>

Castillo, Y. *Evaluación del escenario y cinemática del trauma*. Recuperado el: (02 de 02 de 2017). Obtenido de: <http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Evaluación%20del%20escenario%20y%20cenemática%20del%20trauma.pdf>

- Castro, P., & Jácome, M. (2012). *Propuesta para la elaboración de planes de movilidad en ciudades del Ecuador*. Quito.
- CEDE. Carrocerías y bastidores. *Mantenimiento de vehículos*. Recuperado el: (10 de 03 de 2017). Obtenido de: https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/304/TEMA%20MUESTRA.pdf
- Cornejo, M., Zorrilla, D., Bermudez, N., & Estacio, J. (2013). *Proyecto de desarrollo comunitario*. Latacunga: ESPOCH.
- D'Annibale, A. (2015). A numerical and analytical method based on energetic criterion to design. *MANUFACTURING SYSTEMS - CIRP CMS* , 1061 – 1065.
- Díaz Soto, L. *explicación sobre estadística*. Recuperado el: (2009). Obtenido de: <http://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/7881/6/370-C757a-CAPITULO%20V.pdf>
- EAF. *EAF del automóvil*. Tipo de carrocerías: recuperado el: (20 de Febrero de 2017). Obtenido de <http://ortizalvarosua12.blogspot.com/2012/10/tipo-de-carrocerias.html>
- Escuela Superior de Ingeniería. (2017). Criterios de convergencia. En TECNUM, *Método de los Elementos Finitos para Análisis Estructural*. Madrid España. TECNUM. Recuperado el 20 de Febrero de 2017, Obtenido de <http://www1.ceit.es/asignaturas/estructuras2/criterios%20convergencia.pdf>
- Excmo. Ayuntamiento de Elda. *Plan de movilidad urbano* Recuperado el: (19 de 03 de 2017).. Obtenido de <http://www.elda.es/es/plan-movilidad-urbana-sostenible/4048/>
- Extrication. *www.boronextrication.com* Recuperado el: (10 de Marzo de 2017).. Obtenido de: <http://www.boronextrication.com/2016/03/01/2015-audi-a4-body-structure/>
- GAD Ltga. *GAD Latacunga*. Recuperado el: (27 de Enero de 2017).. Obtenido de: <http://www.latacunga.gob.ec/index.php/demografia>
- García, H. *Tipos de juntas mecánicas*. Recuperado el: (19 de 03 de 2017). Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/tipos-juntas-mecanicas-lista_110247/
- González, V. (2001). *QFD La Función Despliegue de la Calidad, una guía práctica para escuchar la Voz del Cliente*. México, D.F., Mc-Graw-Hill.
- IAV. (2014). Smart products start with a well-conceived engineering process. *Cockpit Engineering*.
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. QUITO: INEC.
- INEN. (2009). *Vehículos automotores. Carrocerías de buses*. Quito: INEN.
- INEN. (2009). *Vehículos Automotrices Carrocerías*. Quito: INEN.

IRAM 34.501.. *Símbolos para la representación de un cursograma*. Recuperado el: (21 de 03 de 2017). Obtenido de: <http://igestion20.com/simbolos-para-la-representacion-de-un-cursograma/>

Koh, S. K. (2009). *Fatigue analysis of an automotive steering link*. (K. N.–7. School of Mechanical and Automotive Engineering, Ed.) *Engineering Failure Analysis*, 914 - 921.

Lopez, M. *Monografias*. recuperado el: (1 de enero de 2008).. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos6/dies/dies.shtml#conce#ixzz3dkE7DbXu>

Lusa, Y. (1995). *Primer Taller de Metodología de Validación de Tecnología*. San Salvador, Venezuela: LADERAS C.A.

Maurenza, J. A. *fundacionmapfre.org*. SMART. Recuperado el: (18marzo de 2008). Obtenido de: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imágenes/grupo.cmd?path=1036117

McCormac. (2009). *Diseño de estructuras metálicas*. San Salvador: Marcombo.

Ortiz, A. (2012). *EAF DEL AUTOMÓVIL*. Tipo De Carrocerías:recuperado el: (12-03-2017) Obtenido de: <http://ortizalvarosua12.blogspot.com/2012/10/tipo-de-carrocerias.html>

Pachacama, V. (2015). *Diseño, caracterización y aplicación de un material compuesto con base de resina epoxi y refuerzo de fibras orgánicas para la aplicación en un prototipo de capot de la camioneta mazda bt50 2010*. Latacunga: ESPE.

Piovan, M. *Tensiones y deformaciones. Revisión de principios físicos*. Recuperado el: (19 de 03 de 2017). Obtenido de: <http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/cap03-05.pdf>

Porras, A. M. (2001). *Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados*.

Puente, L. *Tipos de carrocería. Componentes principales de las carrocerías autoportantes*. Recuperado el: (1 de enero de 2012). Obtenido de <http://puentelara.blogspot.com/2012/10/tipos-de-carroceria-componentes.html>.

Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Catalunya, España: Ediciones UPC.

Riesgos, S. S. (2016). *Análisis de Vulnerabilidades del cantón Latacunga*. Latacunga Cotopaxi. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

Rodríguez, C. *Análisis de máquinas. Los 10 automóviles más aerodinámicos*. Recuperado el: (11 de 03 de 2017). Obtenido de: <http://analismaquinas.blogspot.com/2016/05/los-10-automoviles-mas-aerodinamicos-de.html>

Rojas, A., & Vásquez, M. (2013). *Metodología basada en el modelo de costo-eficacia, para evaluar sistemas de cobro electrónico en sistemas de transporte masivo. Caso de estudio: metro vía ciudad de guayaquil*. Quito.

Rojas, O., & Rojas, L. (2006). Diseño asistido por computador. *Diseño y tecnología*, pag. 11.

Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México D.F. LIMUSA S.A.

Technicalcourses. Estudio de la aerodinámica de un vehículo. *technicalcourses*. Recuperado el: (20 de Febrero de 2017). Obtenido de: http://www.technicalcourses.net/portal/es/blog/blog_entrada.php?entrada_id=89

Tenorio, I. A. (2016). *Informe consolidado de revisión técnica vehicular durante el año 2016*. Latacunga.

Tulio, D. M. (2004). *Teorías de falla dinámica. Análisis de falla por fatiga*. En Tensiones y deformaciones. Revisión de principios físicos.

Wikipedia. *Wikipedia / Canton Latacunga*. Recuperado el: (27 de Enero de 2017). Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_Latacunga

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:

JUAN CARLOS GALLO JIMÉNEZ Y LUIS FRANCISCO IZA CASA

En la ciudad de Latacunga, a los **16 días del mes de mayo del 2017.**

MSc. Félix Javier Manjarrés

DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Danilo Zambrano

DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Freddy Jaramillo Checa.

SECRETARIO ACADÉMICO