

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de tesis previo a la obtención del título de
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

DISEÑO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PROTOTIPO
MONOPLAZA PARA UNA PERSONA PARAPLEJICA Y
CONSTRUCCIÓN DE SU CHASIS

Autores:

Paúl Sebastián Aguirre Cárdenas

David Santiago Hidalgo Ojeda

José Alejandro Panamá Chica

Juan Diego Padilla Urgiles

Darío Fernando Veintimilla Duque

Director:

Ing. Fabricio Esteban Espinoza

CUENCA – ECUADOR

2014

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen por guiarme en esta etapa de vida; a mi abuelito Javier Cárdenas por ser mi inspiración para inclinarme por esta profesión; a mis padres Miguel Aguirre y Maricela Cárdenas por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida; a Dayana por su amor y motivación para alcanzar mi meta, a mi hermano José Miguel quien junto a su familia estuvieron siempre presentes en este camino, a mi familia en general quienes fueron un pilar muy importante para lograr salir adelante, abuelita Luz, tíos queridos.

PAÚL SEBASTIÁN AGUIRRE CÁRDENAS

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis amados padres Neibi y Elmer, quienes supieron brindarme el apoyo necesario durante toda mi carrera universitaria y toda mi vida.

DAVID HIDALGO OJEDA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por haberme dado fuerza, valor y salud para llegar hasta este momento importante de mi formación profesional.

A mi esposa Sophia que ha sido el pilar principal para la culminación de mi carrera, gracias a su apoyo y amor incondicional me inculcas a alcanzar nuevas metas tanto profesionales como personales

Mi querida hija Sofía, eres el motor de mi vida, mi inspiración y el motivo principal para desarrollarme como profesional, ustedes juntas son la razón de este trabajo y el fruto del mismo serán los beneficios que nos permitan vivir la vida las amo gracias.

A mis padres por sacrificar gran parte de su tiempo para que yo cumpliera con mi sueño, ustedes me dieron la vida y han estado pendientes de mí en todo momento, gracias por todo Aurelio y Dilma por darme una profesión para mi futuro y por creer en mí.

Mis hermanos por ese apoyo incondicional brindándome su confianza y ayuda para cumplir con las metas que me propongo.

JOSÉ ALEJANDRO PANAMÁ CHICA

DEDICATORIA

Con inmenso cariño dedico este proyecto de tesis para mis padres, que me han regalado la vida, siempre incentivando en mí desde niño la lucha por la superación, el amor por la vida, la honestidad el respeto, pero sobre todo la nobleza y la humildad que son los mejores valores que todo ser humano puede tener y debe de conservar hasta el último de sus días.

Con particular atención, Que Dios guarde de ustedes padres queridos, estoy más que seguro que esta mi alegría es alegría también de ustedes, la mejor herencia que ustedes me brindan es este logro.

A mi esposa Mary por regalarme su paciencia y comprensión; ya que con tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado.

A mi Hija Pamelita, por permitirme ver en ti; en cada una de tus travesuras, y tu sonrisa el motivo de no decaer, y ser el motor de mi vida.

JUAN DIEGO PADILLA URGILES

DEDICATORIA

Sin duda alguna, Fernando y Azucena, mis padres; que son el motor fundamental para que yo siga progresando como ser humano en todo ámbito de la vida.

Con particular atención a mi abuelito Luis amable Duque que sus palabras siempre quedaron impregnadas en mi diario vivir: “Transitar por la senda del bien y lograrás, en un futuro no muy lejano, ubicarte en la meta que todo hombre inteligente se propone” y que su anhelo fue verme algún día con el título en mano, para Ud. Abuelito Duque con mucho amor, donde quiera que este con todo el amor que siempre le tuve y le tendré.

A ti Brenda y a mi hijo Darío Sebastián, que sin lugar a duda forman parte de mi diario vivir, que son lo que me da fuerzas para seguir adelante, para Uds. con tesonero sacrificio y esfuerzo, este proyecto culminado, que es hacia donde los tres como familia vamos remando.

Y por último a mis tres queridas hermanas, Jessica Alexandra, Oyuki Betzabe y Romina Fernanda, que sea muestra concisa de que todo lo que nos planteamos lo podemos lograr, las quiero mucho.

DARIO FERNANDO VEINTIMILLA DUQUE

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres y familiares; por su apoyo incondicional y su confianza.

A la UPS y sus docentes, ya que gracias a su guía pudimos culminar con éxito nuestro proyecto y adquirir el conocimiento.

Los Autores

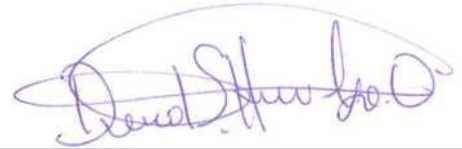
DECLARATORIA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y adaptación tecnológica establecido en la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana. En tal virtud los fundamentos técnicos - científicos y los resultados son exclusiva responsabilidad de los autores.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.



Paúl Sebastián Aguirre Cárdenas



David Santiago Hidalgo Ojeda



José Alejandro Panamá Chica



Juan Diego Padilla Urgiles



Darío Fernando Veintimilla Duque

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. Fabricio Espinoza, Director de tesis de los alumnos Paúl Sebastián Aguirre Cárdenas, David Santiago Hidalgo, José Alejandro Panamá Chica, Juan Diego Padilla y Darío Fernando Veintimilla Duque Certifico que:

La presente tesis “DISEÑO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PROTOTIPO MONOPLAZA PARA UNA PERSONA PARAPLEJICA Y CONSTRUCCION DE SU CHASIS.” fue realizada bajo mi supervisión y control.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad, facultando la presente a los señores hacer uso en los trámites respectivos.

Atentamente

Ing. Fabricio Esteban Espinoza

Cuenca, 16 de Julio de 2014

A handwritten signature in purple ink, reading "Fabricio Espinoza M.", enclosed within a large, loopy purple oval. Below the signature is a solid black horizontal line.

DIRECTOR DE TESIS
Ing. Fabricio Esteban Espinoza

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	vii
DECLARATORIA.....	viii
CERTIFICACION.....	ix
RESUMEN.....	x
INDICE DE CONTENIDOS.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
INDICE DE ECUACIONES.....	xxiii

1 CAPACIDADES FÍSICAS Y MOVILIDAD DE UNA PERSONA

PARAPLÉJICA	2
1.1 DEFINICION DE PARAPLEJÍA	2
1.2 CAUSAS DE PARAPLEJÍA	3
1.3 ETIOLOGÍA Y EDAD	4
1.4 CAPACIDADES FÍSICAS DE UNA PERSONA PARAPLEJICA.....	4
1.4.1 CAPACIDADES PSICOMÉTRICAS	7
1.5 MOVILIDAD DE UNA PERSONA PARAPLEJICA	8
1.5.1 DERIVACIONES DE LA FALTA DE MOVILIDAD	9
1.6 LEGISLACIÓN SOBRE PERSONAS DISCAPACITADAS EN EL PAIS	10
1.6.1 LICENCIA DE CONDUCIR PARA DISCAPACITADOS TIPO “F”	13
1.6.2 REQUISITOS PARA ADQUISICIÓN LICENCIA TIPO “F”	14
1.7 MOVILIDAD DE LA PERSONA EN SU SILLA DE RUEDAS	16
1.8 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DEL VEHICULO ELECTRICO PARA PERSONAS PARAPLEJICAS	26

1.8.1	ANTECEDENTES.....	26
1.8.2	DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARROCERÍA.....	27
1.8.3	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y SUS OBJETIVOS.....	28
1.8.4	DIMENSIONES DEL CHASIS DE NUESTRO VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	29
1.8.5	SUPERFICIES DE CIRCULACIÓN.....	31
1.8.6	REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES.....	32
1.8.7	ESTUDIOS CUANTITATIVOS.....	33
1.9	FACTORES A TOMAR EN CONSIDERACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	35
1.9.1	ENCUESTA A REALIZAR.....	36
1.9.2	MARCO MUESTRAL.....	41
1.9.3	ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS.....	43
2	ANÁLISIS DE LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	60
2.1	ANÁLISIS DE NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	61
2.1.1	SEGURIDAD ACTIVA.....	70
2.1.2	ANÁLISIS DE SEGURIDAD PASIVA.....	72
2.1.3	ANÁLISIS DE SEGURIDAD TERCIAARIA.....	73
2.2	PRUEBAS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	74
2.2.1	IMPACTO FRONTAL.....	77
2.2.2	IMPACTO LATERAL DEL VEHÍCULO CONTRA OTRO VEHÍCULO.....	78
2.2.3	LATIGAZO CERVICAL PRODUCIDO POR IMPACTO TRASERO80	
2.3	ANÁLISIS DE LEYES EN EL ECUADOR APLICADAS AL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	86
3	DISEÑO Y ANALISIS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	88

3.1	DEFINICION DEL VEHÍCULO MONOPLAZA	88
3.2	DEFINICION DE CARROCERIA	88
3.2.1	CARROCERIA AUTOPORTANTE	89
3.2.2	PARTES DE LA CARROCERIA	90
1.	LA PARTE ELÁSTICA O DEFORMABLE:.....	90
2.	LA PARTE RÍGIDA:.....	90
3.3	DEFINICION DE CHASIS.....	93
3.3.1	CHASIS TUBULAR.....	94
3.3.2	ESTUDIO DE NECESIDADES PREVIAS AL DISEÑO	95
3.3.2.1	REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO	95
3.3.2.2	MASAS PRINCIPALES	97
3.3.2.2.1	CARGAS VIVAS	97
3.3.2.2.2	CARGAS MUERTAS	98
3.3.2.2.3	CARGAS DE GIRO	99
3.3.2.2.4	CARGAS DE FRENADO	101
3.3.2.2.5	CARGAS DE ACELERACIÓN.....	102
3.3.2.2.6	CARGA DE RESISTENCIA DE AIRE FRONTAL.....	102
3.3.2.2.7	RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA	103
3.3.2.2.8	VELOCIDAD CRÍTICA DE VUELCO.....	104
3.3.2.3	REPARTICION DE MASAS PRINCIPALES DEL VEHÍCULO.	109
3.3.3	DIMENSIONAMIENTO DEL CHASIS.....	111
3.3.3.1	MATERIALES A UTILIZAR	113
3.3.3.1.1	ENSAYO DE TRACCION DEL MATERIAL A UTILIZAR	114
3.3.4	SIMULACIONES DEL CHASIS	120
3.3.4.1	INTRODUCCION A LA SIMULACIÓN	120
3.3.4.2	CAD Y MALLA	120
3.3.4.3	PREPARACIÓN PARA LOS CASOS DE IMPACTO.....	123

3.3.4.4	SIMULACIÓN DE CARGAS ESTÁTICAS.....	124
3.3.4.4.1.1	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA ESTRUCTURA....	124
3.3.4.4.2	ANÁLISIS DE CARGAS VIVAS Y MUERTAS.....	128
3.3.4.4.3	SIMULACIÓN DE CARGAS DE GIRO Y FRENADO.....	132
3.3.4.4.4	RIGIDEZ TORCIONAL	136
3.3.4.5	SIMULACIÓN DE CARGAS DINÁMICAS.....	140
3.3.4.5.1	IMPACTO FRONTAL	140
3.3.4.5.2	IMPACTO LATERAL CONTRA UN VEHÍCULO.....	147
3.3.4.5.3	IMPACTO LATERAL CONTRA UN POSTE.....	152
3.4	SISTEMAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	156
3.4.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE PROPULSION	156
3.4.1.1	POTENCIA DEL MOTOR	169
3.4.1.2	CAPACIDAD DE BATERIAS.....	179
3.4.2	DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO	187
3.4.2.1	DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRICOS.....	187
3.4.2.2	CALCULO DE FUSIBLES	188
3.4.2.3	CALCULO DE SECCIÓN DEL CABLE.....	192
3.4.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS	194
3.4.4	DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	223
3.4.5	DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	254
3.4.6	DISEÑO DEL SISTEMA DE ACCESO	275
3.5	DISEÑO DE CARROCERIA	281
4	CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO	
	PROTOTIPO MONOPLAZA PARA UNA PERSONA PARAPLÉJICA	286
4.1	INTRODUCCIÓN.....	286
4.2	CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS	288
4.2.1	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	288

4.3	IMPRESIÓN DE PLANOS.....	290
4.4	SELECCIÓN DE PROCESO DE CORTE Y SOLDADURA.....	292
4.4.1	PROGRAMACIÓN DEL PROCESO	292
4.4.1.1	SELECCIÓN DEL MATERIAL.....	293
4.4.1.1.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TUBO	293
4.4.1.1.2	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL TUBO	295
4.4.1.2	MARCADO Y CORTE DEL MATERIAL DEL CHASIS	297
4.4.1.3	PREPARACIÓN DE LOS BORDES PREVIO A LA UNIÓN	299
4.4.1.4	UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA.....	300
4.4.1.4.1	ELECTRODO	300
4.4.1.4.1.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ELECTRODO.....	301
4.4.1.4.2	MEDIDAS DE SEGURIDAD PERSONAL PARA SOLDAR	307
4.4.1.5	PRUEBA DE SOLDADURA	315
4.4.1.6	LIMADO DE LOS EXCESOS DE UNIÓN	319
4.4.1.7	PINTADO	320
5	PARTE FINAL	321
5.1	CONCLUSIONES.....	321
5.2	RECOMENDACIONES	322
5.3	BIBLIOGRAFIA.....	323
5.4	ANEXOS.....	325

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

Tabla 1 Dimensiones Tentativas del Vehículo	31
Tabla 2 Personas con Discapacidad Carnetizadas	33
Tabla 3 Personas con Paraplejia en la Ciudad de Cuenca.....	35
Tabla 4 Resultados de Encuesta Pregunta N°1	44
Tabla 5 Resultados de Encuesta Pregunta N°2	45
Tabla 6 Resultados de Encuesta Pregunta N°3	46
Tabla 7 Resultados de Encuesta Pregunta N°4	47
Tabla 8 Resultados de Encuesta Pregunta N°5	48
Tabla 9 Resultados de Encuesta Pregunta N°6	49
Tabla 10 Resultados de Encuesta Pregunta N°7	50
Tabla 11 Resultados de Encuesta Pregunta N°8	51
Tabla 12 Resultados de Encuesta Pregunta N°9	52
Tabla 13 Resultados de Encuesta Pregunta N°10.....	53
Tabla 14 Resultados de Encuesta Pregunta N°11.....	54
Tabla 15 Resultados de Encuesta Pregunta N°12.....	55
Tabla 16 Resultados de Encuesta Pregunta N°13.....	56
Tabla 17 Resultados de Encuesta Pregunta N°14.....	57

CAPITULO 3

Tabla 18 Determinación de las cargas vivas.	98
Tabla 19 Determinación de las Cargas Muertas	99
Tabla 20 Velocidades, radios y peraltes en carretera.....	100
Tabla 21 Masas principales del Prototipo V. E.....	110

Tabla 22 Características del Acero Estructural ASTM A500.....	113
Tabla 23 Resultados de ensayo de Tracción	119
Tabla 24 Factor de Seguridad	126
Tabla 25 Análisis de resultados.	127
Tabla 26 Factor de seguridad	130
Tabla 27 Análisis de resultados	131
Tabla 28 Factor de seguridad	134
Tabla 29 Análisis de resultados	135
Tabla 30 Variaciones en el impacto.....	142
Tabla 31 Datos descriptivos del ciclo urbano ECE-15	157
Tabla 32 Tabla de valores de coeficientes de rodadura de los neumáticos.....	163
Tabla 33 Datos técnicos del Motor BLDC.....	171
Tabla 34 Valores característicos del motor.....	172
Tabla 35 Características del controlador del motor BLDC.....	178
Tabla 36 Dimensiones del controlador del motor BLDC	179
Tabla 37 Calculo de fusibles.....	188
Tabla 38 Resistividad térmica de materiales.....	193
Tabla 39 Tabla de Equivalencias AWG.....	193
Tabla 40 Comparación entre distancia y tiempo de frenado a 50 y 70 km/h.....	198
Tabla 41 Referencias de disco	205
Tabla 42 Respuesta del Cuerpo Humano a la Vibración	231
Tabla 43 Relación de ángulos de giro de las ruedas delanteras	263
Tabla 44 Dimensiones y características del tubo	293

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1 Dimensiones Básicas de la Silla de Ruedas.....	16
Figura 2 Alcance en Silla de Ruedas Vista Superior	17
Figura 3 Alcance en Silla de Ruedas Vista Lateral.....	18
Figura 4 Alcance en Silla de Ruedas Vista Posterior	18
Figura 5 Alcance Frontal en Silla de Ruedas Vista Lateral	19
Figura 6 Alcance Lateral en Silla de Ruedas Vista Posterior	20
Figura 7 Alcance de Visibilidad en Silla de Ruedas Vista Lateral (metros).....	20
Figura 8 Giro de 90° en Silla de Ruedas Vista Superior.....	21
Figura 9 Giro 180° en Silla de Ruedas Vista Superior	22
Figura 10 Giro de 360° en Silla de Ruedas Vista Superior.....	22
Figura 11 Pendientes Longitudinales Máximas para Rampas	23
Figura 12 Medidas Mínimas para Habitáculo de Monoplaza	24
Figura 13 Medidas Mínimas para Habitáculo del Monoplaza.....	25
Figura 14 Boceto y Dimensiones del Chasis	30
Figura 15 Boceto del Chasis	30
Figura 16 Resultados de Encuesta Pregunta N°1	44
Figura 17 Resultados de Encuesta Pregunta N°2	45
Figura 18 Resultados de Encuesta Pregunta N°3	46
Figura 19 Resultados de Encuesta Pregunta N°5	48
Figura 20 Resultados de Encuesta Pregunta N°6	49
Figura 21 Resultados de Encuesta Pregunta N°7	50
Figura 22 Resultados de Encuesta Pregunta N°8	51

Figura 23 Resultados de Encuesta Pregunta N°9	52
Figura 24 Resultados de Encuesta Pregunta N°10	54
Figura 25 Resultados de Encuesta Pregunta N°11	54
Figura 26 Resultados de Encuesta Pregunta N°12	55
Figura 27 Resultados de Encuesta Pregunta N°13	56
Figura 28 Resultados de Encuesta Pregunta N°14	57
Figura 29 Esquema de un Vehículo Eléctrico.....	61
Figura 30 Esquema del Modo 1	65
Figura 31 Esquema del Modo 2	66
Figura 32 Esquema del Modo 3	66
Figura 33 Esquema del Modo 4 (Hasta 400A).....	67
Figura 34 Esquema de Carga en Corriente Alterna y Continua.....	68
Figura 35 Cargador Combo Coupler (600 V/ 200A)	69
Figura 36 Cargador Combo Coupler (850 V/ 200A)	69
Figura 37 Elementos de Seguridad Activa.....	71
Figura 38 Pruebas de Impacto Frontal.	77
Figura 39 Protección del Conductor.	78
Figura 40 Pruebas de Impacto Lateral	79
Figura 41 Impacto Lateral Contra un Poste.	80
Figura 42 Latigazo Cervical Producido por Golpe Trasero	81
Figura 43 Ensayos de Cesvi Argentina	82
Figura 44 Prueba de Choque	85
Figura 45 Diagrama Esfuerzo – Deformación	90
Figura 46 Chasis Tubular y Carrocería	93
Figura 47 Chasis Tubular	94

Figura 48 Modelo bidimensional para el cálculo de la velocidad límite de vuelco.	104
Figura 49 Bosquejo del piso del chasis. Vista Superior.....	111
Figura 50 Bosquejo del chasis.....	112
Figura 51 Dimensionamiento del Chasis Tubular en Inventor 2013	112
Figura 52 Sección Transversal del tubo	115
Figura 53 Probetas para ensayo.....	116
Figura 54 Montaje de la probeta	117
Figura 55 Fractura de la probeta	117
Figura 56 Montaje de la probeta	118
Figura 57 Resultados del Ensayo	118
Figura 58 Datos del Sizing.....	121
Figura 59 Malla de elementos finitos (Vista Isométrica).....	121
Figura 60 Estadísticas del mallado.....	122
Figura 61 Calidad del mallado	122
Figura 62 Masa total asignada del Vehículo Eléctrico.....	123
Figura 63 Masa total distribuida en todo el chasis de Vehículo Eléctrico.	124
Figura 64 Aplicación de la carga	125
Figura 65 Deformación total de la estructura.....	125
Figura 66 Esfuerzo equivalente de Von Mises de la estructura.....	126
Figura 67 Aplicación de la carga	129
Figura 68 Deformación de la estructura.....	129
Figura 69 Esfuerzo equivalente de Von Mises	130
Figura 70 Aplicación de la carga	133
Figura 71 Deformación de la estructura.....	133
Figura 72 Equivalente de Von-Mises.....	134

Figura 73 Aplicación de la carga torsora.	137
Figura 74 Deformación de la estructura.....	138
Figura 75 Esfuerzo equivalente de Von Mises	139
Figura 76 Impacto frontal	140
Figura 77 Impacto Frontal.....	141
Figura 78 Desplazamiento.....	142
Figura 79 Deformación en toda la estructura.....	144
Figura 80 Giro horario con respecto al eje z en $t=4,02\text{ms}$	144
Figura 81 Giro horario con respecto al eje z en $t=4,02\text{ms}$	146
Figura 82 Grafica de resumen de energía.	146
Figura 83 Impacto Lateral.....	148
Figura 84 Impacto Lateral.....	148
Figura 85 Impacto lateral	149
Figura 86 Impacto lateral	150
Figura 87 Variación de esfuerzos Impacto Lateral	151
Figura 88 Diagrama de Energías.....	152
Figura 89 Impacto lateral de poste	152
Figura 90 Velocidad de Impacto lateral	153
Figura 91 Deformación de Impacto lateral	154
Figura 92 Esfuerzo equivalente de Von Mises	155
Figura 93 Diagrama de Esfuerzo.....	155
Figura 94 Ciclo Urbano de conducción ECE-15	156
Figura 95 Grafica de Torque vs Eficiencia	174
Figura 96 Motor BLDC.....	174
Figura 97 Funcionamiento de un motor BLDC	177

Figura 98 Lógica de funcionamiento del motor BLDC	178
Figura 99 Batería Bosch S3 001 12v. 41ah. 360a 207x175x170mm.....	181
Figura 100 LFP 48V30AH – Alta Capacidad LiFePO4 Batería (48V 30AH)	184
Figura 101 Esquema de instalación del sistema propulsor	185
Figura 102 Ciclos de conducción.....	186
Figura 103 Descarga de la Batería	187
Figura 104 Sistema de frenos de un vehículo	195
Figura 105 Esquema del sistema de frenos del prototipo vehículo eléctrico.....	198
Figura 106 Disco de Freno.....	204
Figura 107 Modelo de Cuerpo Libre de un Vehículo de Dos Ejes para el Estudio del Frenado.....	205
Figura 108 Centro de gravedad	211
Figura 109 Posición del centro de gravedad y posición de los neumáticos	213
Figura 110 Radio del neumático	214
Figura 111 Radio Nominal y de carga del neumático.....	215
Figura 112 Reparto optimo de frenado entre ambos ejes.....	219
Figura 113 Disco de freno.....	220
Figura 114 Mordazas.....	220
Figura 115 Pistón de freno	221
Figura 116 Pastillas de freno.....	222
Figura 117 Bomba de freno del manubrio del vehículo eléctrico.....	222
Figura 118 Sistema de Suspensión de Muelles Helicoidales	223
Figura 119 Sistema de Suspensión completa prototipo	224
Figura 120 Muelles Helicoidales	225
Figura 121 Muelles Helicoidales prototipo.....	225

Figura 122 Amortiguador Hidráulico prototipo	226
Figura 123 Brazo Oscilante.....	227
Figura 124 Brazo Oscilante Prototipo.....	227
Figura 125 Sistema de suspensión prototipo.....	228
Figura 126 Elementos que Influyen en la Incomodidad Cinética Vibratoria (ICV)	229
Figura 127 Criterio de Confort Vertical.....	232
Figura 128 Límite de Capacidad Reducida por Fatiga en Vibraciones Verticales. .	232
Figura 129 Límite de Capacidad Reducida por Fatiga en Vibraciones Horizontales.	232
Figura 130 Modelo de Un Grado de Libertad para Presentar la Suspensión de 1/4 de Vehículo	233
Figura 131 Variación del Desplazamiento en Función del Tiempo para Diferentes Valores del Amortiguamiento	236
Figura 132 Desplazamiento Vertical de la Masa Suspendida con Un Grado de Libertad	242
Figura 133 Velocidad de la Masa Suspendida	243
Figura 134 Aceleración de la Masa Suspendida	244
Figura 135 Velocidad y Aceleración de la Masa Suspendida.....	245
Figura 136 Modelo de un grado de libertad	249
Figura 137 Excitación Externa en el Sistema de Suspensión	251
Figura 138 Comportamiento Sistema de suspensión	253
Figura 139 Timón de dirección	255
Figura 140 Chumacera.	256
Figura 141 Tirantearía de dirección	256
Figura 142 Manguetas de dirección prototipo	257

Figura 143 Dirección completa del prototipo	257
Figura 144 Geometría de giro y condición de ackerman	261
Figura 145 Trapecio de la direccion.....	263
Figura 146 Ángulo de salida	267
Figura 147 Ángulos De Giro En Los Neumáticos Y Desplazamiento Requerido De La Cremallera.....	270
Figura 148 Relación de esfuerzos a transmitir	273
Figura 149 Sistema de acceso al interior del vehículo	275
Figura 150 Sistema de acceso al interior del vehículo prototipo	275
Figura 151 Apertura de la puerta por medio de un motor eléctrico prototipo	276
Figura 152 Vista lateral de apertura de puerta prototipo.....	276
Figura 153 Triangulo Rectángulo	277
Figura 154 Actuador con servo motor	278
Figura 155 Apertura de la rampa de acceso prototipo	278
Figura 156 Actuador con servo motor prototipo.....	278
Figura 157 Diseño de puerta de acceso prototipo	279
Figura 158 Diseño del frente del vehículo prototipo	279
Figura 159 Diseño de bisagra para la puerta prototipo	280
Figura 160 Diseño retrovisor prototipo.....	280
Figura 161 Diseño de faro prototipo	280
Figura 162 Diseño del neumático prototipo.....	281
Figura 163 Estructura tubular prototipo	281
Figura 164 Panel interior prototipo	282
Figura 165 Parabrisas delantero prototipo	283
Figura 166 Parabrisas posterior prototipo	283

Figura 167 Ventanas laterales prototipo	283
Figura 168 Vista isométrica de todas las ventanas prototipo.....	283
Figura 169 Chasis tubular de un vehículo eléctrico.....	288
Figura 170 Proceso de Construcción del Chasis	289
Figura 171 Forma de los tubos.....	290
Figura 172 Estructura del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica.....	291
Figura 173 Vista Frontal del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica.....	291
Figura 174 Vista Lateral del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica.....	291
Figura 175 Vista Inferior del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica.....	292
Figura 176 Forma y sección del tubo.....	294
Figura 177 Obtención de la lámina de acero.....	296
Figura 178 Trazado de los tubos	297
Figura 179 Trazado de los ángulos	298
Figura 180 Corte de los tubos	298
Figura 181 Corte recto y en ángulo del material.....	299
Figura 182 Comprobación de la medida exacta del tubo y su ángulo	299
Figura 183 Esmerilado de Bordes.....	300
Figura 184 Partes del electrodo.....	301
Figura 185 Electrodo Base.....	303
Figura 186 Soldadura MIG	306
Figura 187 Soldadura TIG	307

Figura 188 Seguridad personal al momento de soldar	308
Figura 189 Comprobación de la Escuadra Previo al Punto de Suelda.....	308
Figura 190 Base del chasis del vehiculó prototipo eléctrico.....	309
Figura 191 Comprobación base de la estructura del vehículo eléctrico.....	310
Figura 192 Armado de los costados de la estructura.....	310
Figura 193 Doble ángulo Interior.....	311
Figura 194 Armado de la Protección de la Suspensión.....	312
Figura 195 Paredes Laterales Acopladas a la Base.....	312
Figura 196 Parte Frontal Acoplada a la Estructura.....	313
Figura 197 Superficie plana de la parte superior	313
Figura 198 Unión de la Parte Superior con las Paredes	314
Figura 199 Unión de la Estructura Mediante Cordón de Soldadura	314
Figura 200 Forma del cordón de soldadura.....	315
Figura 201 Kit de líquidos penetrantes.....	317
Figura 202 Cordón de Soldadura Luego de la Limpieza.....	317
Figura 203 Aplicación del Líquido Limpiador	318
Figura 204 Aplicación del líquido penetrante.....	318
Figura 205 Aplicación del líquido revelador	319
Figura 206 Esmerilado del Exceso del Cordón.....	319
Figura 207 Lijado de la superficie.....	320
Figura 208 Pintado de la estructura.....	320

INDICE DE ECUACIONES

CAPITULO 1

Ecuación 1.1 Fórmula para Calcular el Tamaño de la Muestra	42
--	----

CAPITULO 3

Ecuación 3.1 Carga total de Giro	100
Ecuación 3.2 Fuerza de frenado	101
Ecuación 3.3 Resistencia de aire frontal	102
Ecuación 3.4 Velocidad límite de vuelco con peralte	106
Ecuación 3.5 Velocidad límite de vuelco con peralte 0	106
Ecuación 3.6 Energía Cinética	147
Ecuación 3.7 Numero de ciclos.....	157
Ecuación 3.8 Radio del Neumático.....	158
Ecuación 3.9 Radio Efectivo.....	159
Ecuación 3.10 Velocidad de la rueda.....	160
Ecuación 3.11 Relación de transmisión	160
Ecuación 3.12 Velocidad Máxima	162
Ecuación 3.13 Resistencia a la Rodadura	163
Ecuación 3.14 Esfuerzo Tractor.....	164
Ecuación 3.15 Resistencia al Movimiento.....	165
Ecuación 3.16 Resistencia Aerodinámica	165
Ecuación 3.17 Área Frontal	166
Ecuación 3.18 Relación de Transmisión.....	168
Ecuación 3.19 Potencia del Motor	169

Ecuación 3.20 Par Motor	170
Ecuación 3.21 Cantidad de Energía	180
Ecuación 3.22 Potencia de Batería.....	181
Ecuación 3.23 Resistencia Eléctrica	191
Ecuación 3.24 Intensidad Eléctrica.....	191
Ecuación 3.25 Sección del cable.....	192
Ecuación 3.26 Tiempo de frenado	196

CAPITULO

I

CAPITULO I

1 CAPACIDADES FÍSICAS Y MOVILIDAD DE UNA PERSONA PARAPLÉJICA

1.1 DEFINICION DE PARAPLEJÍA

“Pérdida transitoria o definitiva de la capacidad de realizar movimientos debido a la ausencia de fuerza muscular de ambos miembros inferiores”¹.

“Parálisis que afecta a las dos extremidades inferiores. Puede estar ocasionada por lesiones o procesos patológicos de la médula espinal como traumatismos vertebrales, metástasis vertebrales, infecciones, esclerosis múltiple o lesiones congénitas; en menor frecuencia, lesiones encefálicas o de los nervios periféricos (polineuritis, poliomiелitis, etcétera) causan el mismo efecto.”²

“La lesión o enfermedad al sistema nervioso de una persona puede afectar la capacidad para mover una parte particular del cuerpo. Esta capacidad motora

¹ <http://elsalvador.medicosdoctores.com/diccionario-medico>, Recuperado: 12 de octubre 2013

² <http://salud.doctissimo.es/diccionario-medico/paraplejia.html>, Recuperado: 12 de octubre 2013

reducida se llama parálisis. Paraplejía es la parálisis de ambas piernas o de ambos brazos.”³

1.2 CAUSAS DE PARAPLEJÍA

La paraplejía no es un traumatismo simétrico de los miembros inferiores de las personas, sino lo que provoca esta discapacidad es una lesión que ocurre a nivel del sistema nervioso encargado de controlar las piernas o la parte inferior del cuerpo que se encuentran en la médula espinal, sección dorso-lumbo-sacra.

Entre las causas que tienden a provocar paraplejía tenemos:

- **Lesión Medular Grave:** División o Compresión de la Médula Espinal.
- **Tumores:** Provocando una compresión constante en la Médula Espinal, la misma que la destruye.
- **Mielitis Transversa:** Perturbación neurológica, crónica y degenerativa por inflamación de la Médula Espinal.

³ Christopher and Dana Reeve (2009) Paralysis Resource Center, Recuperado: 12 de octubre 2013, de www.paralysis.org

- **Mal de Pott:** Es una tuberculosis a nivel de la Médula Espinal, en la cual se aloja este germen, teniendo a dañar y degenerar el cuerpo vertebral, siendo irreversible.
- **Accidentes de Tráfico:** Generalmente en los pasajeros que se encuentran en el vehículo o peatones atropellados.

1.3 ETIOLOGÍA Y EDAD

La mayor causa de presentar este tipo de lesiones, se da en su mayoría debido a accidentes de tránsito y caídas, teniendo de un 70 a 80%⁴ por esta causa, y dejando de un 20 a 30%⁴ por motivos médicos, al ser en su mayor parte las causas de este tipo de accidentes, es la que se considera en mayor parte para sus estudios, al igual que podemos obtener información en cuanto a la edad; que oscila entre los 15 y 35 años⁴.

1.4 CAPACIDADES FÍSICAS DE UNA PERSONA PARAPLEJICA

Una persona con paraplejía puede realizar las mismas tareas que una persona que no tiene esta discapacidad, tal vez no de la manera convencional en la que se acostumbra, pero con algunas modificaciones en su entorno se lo puede desarrollar.

⁴ Organización Aspaym Illes Balears,. Recuperado: 12 de octubre 2013 de <http://www.aspaymbaleares.org/lesion-medular.html>

Entre las capacidades físicas que poseen este grupo de personas tenemos⁵:

- **Movilidad:** La capacidad que tiene la persona para trasladarse de manera independiente ya sea de un lugar a otro, desde su silla de ruedas a la cama, a una silla convencional, al baño, etc.
- **Vestido:** La capacidad que tiene la persona para poder vestirse sola realizando algunos ajustes o modificaciones a la ropa para simplificar el proceso.
- **Higiene:** Dentro de las actividades frecuentes las personas pueden tener independencia para poder lavarse o bañarse, cepillarse los dientes, afeitarse, peinarse y maquillarse.
- **Alimentación:** Pueden alimentarse normalmente como todas las personas pero en algunos casos se necesitan algunos dispositivos para sujetar objetos logrando incluso preparar sus propios alimentos.
- **Control de Vejiga:** Por lo general es un aspecto difícil en algunas personas porque dependiendo de las lesiones se llega a perder el control, en estos casos se logra por medio de un drenaje por catéter.

⁵ ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA EN PACIENTES CON LESIONES MEDULARES, Dr. Leovy Edrey Semino Garcia, Recuperado: 12 de octubre 2013

- **Control del Intestino:** De igual manera existen daños en los cuales se pierde el control, para lo cual se usan programas de gestión intestinal teniendo así un control y organización para horarios.
- **Comunicación:** La comunicación con una persona parapléjica es común, tienen todas las facultades para poder conversar, usar equipos como teléfonos, computadoras, etc. y de igual manera de forma escrita.

1.4.1 CAPACIDADES PSICOMÉTRICAS

Las capacidades psicométricas se define como las habilidades que pueden tener las personas para comunicarse, conocimiento, personalidad, y la facilidad de reaccionar ante imprevistos. Las personas con paraplejía poseen buenas capacidades psicométricas, ya que tienen todas las habilidades para poder comunicarse, retener información y de igual manera para reaccionar de manera inmediata a cualquier fenómeno que se presente, por lo que pueden realizar con seguridad cualquier actividad, como conducir y manejar un vehículo para lograr transportarse de manera independiente.

En la actualidad existe una manera que facilita conocer las capacidades psicométricas de personas parapléjicas y con esto afirmar si la persona esta apta para conducir un vehículo, se lo realiza por medio de un simulador diseñado por FIAT, y a su vez entregado al Hospital Nacional de Parapléjicos en Toledo (España), este simulador nos ayuda para obtener datos reales de la persona en momentos de conducción evaluando su fuerza residual, la capacidad de reacción a estímulos visuales y acústicos y la respuesta en situaciones de emergencia, dando así un resultado positivo o negativo para otorgar un permiso de conducir.

Los resultados que se han obtenido en un periodo de evaluación es que de cada 62 personas que han solicitado realizar este test y lo han

terminado, solo 3 de ellos no han sido aprobadas para la solicitud de su licencia de conducir teniendo así que aproximadamente el 95% de las personas con paraplejía son aptas para poder conducir un vehículo automotriz⁶.

1.5 MOVILIDAD DE UNA PERSONA PARAPLEJICA

Cuando hablamos de movilidad de una persona con paraplejía vamos a tomar en cuenta la movilidad residual que tiene en su cuerpo, dejando a un lado las partes afectadas con las que no se podrá realizar ningún movimiento.

Movilidad Residual: “Se define como la capacidad de movimiento que debe desarrollar la persona para evitar retracciones que afecten la coordinación de su movimiento”.⁷

Estudios realizados en personas con discapacidades se ha logrado obtener resultados con respecto a las personas parapléjicas que pueden conducir vehículos, con lo cual no se ha tenido ninguna diferencia con respecto a personas que no sufren de esta discapacidad. El 38% de las personas que

⁶ Mezquita José, Dols Juan, Tratado sobre automóviles: tecnología del automóvil, Volumen 3, Editorial UPV, Valencia España. . Recuperado: 12 de octubre 2013

⁷ Serrato Roa Mauricio, Medicina del Deporte, Editorial del Rosario, Bogotá Colombia. . Recuperado: 12 de octubre 2013

tienen paraplejía poseen licencia de conducir, de los cuales el 85% poseen vehículos adaptados para su conducción y el 96% son parapléjicos⁸.

Las personas con paraplejía tienen la capacidad motora de⁹:

- Cambiar de posición.
- Girar en ambas direcciones.
- Capacidad de combinación física con percepción.
- Capacidad de equilibrio.
- Capacidad de coordinación.
- Alcanzar cosas en una mesa.
- Capacidad de elevarse con la fuerza de sus brazos.
- Buena capacidad de Observación.

1.5.1 DERIVACIONES DE LA FALTA DE MOVILIDAD

Debido a la carencia parcial o total de la movilidad que se presentan en las personas con paraplejía, esto puede causar varios efectos en los diferentes sistemas de las personas dando algunos problemas tales como¹⁰:

- Trombosis

⁸ Mazaira J, Labanda F, Romero J, García ME, Gambarruta C, Sánchez A, et al. Epidemiología de la lesión medular y otros aspectos. Rehabilitación (Madr) 1998;32:365-72. . Recuperado: 12 de octubre 2013

⁹ ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA EN PACIENTES CON LESIONES MEDULARES, Dr. Leovy Edrey Semino Garcia . Recuperado: 12 de octubre 2013

¹⁰ HALL, John E. PhD, Tratado de Fisiología Médica, 11^{va} Edición.. Recuperado: 12 de octubre 2013

- Problemas funcionales del corazón
- Agotamiento continuo
- Debilidad muscular
- Contracturas musculares
- Osteoporosis
- Disminución sensorial (en piernas)
- Depresión
- Problemas en sistema digestivo
- Descontrol de esfínter
- Descontrol de vejiga
- Formación de úlceras en la piel

1.6 LEGISLACIÓN SOBRE PERSONAS DISCAPACITADAS EN EL PAIS

En la actualidad y desde la aprobación de la Ley Orgánica de Discapacidades dada el 26 de Junio del 2012, el Gobierno mediante los distintos sectores de inclusión social y económica, se han preocupado por dar el apoyo justo y necesario para las personas discapacitadas de todas clases sociales de nuestro país.

Ley Orgánica de Discapacidades, Artículo 1.- Objeto.- “La presente ley tiene por objeto asegurar la prevención, detección oportuna, habilitación y rehabilitación de la discapacidad y garantizar la plena vigencia, difusión y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, establecidos en la Constitución de la República, los tratados e instrumentos internacionales; así

como, aquellos que se deriven de leyes conexas, con enfoque de género, generacional e intercultural”.

Ley Orgánica de Discapacidades, Artículo 2.- Ámbito.- “Esta ley ampara a las personas con discapacidad ecuatorianas o extranjeras que se encuentren en el territorio ecuatoriano; así como, a las y los ecuatorianos en el exterior; sus parientes dentro del cuarto grado de consanguinidad y segundo de afinidad, su cónyuge, pareja en unión de hecho y/o representante legal y las personas jurídicas, públicas, semipúblicas y privadas sin fines de lucro, dedicadas a la atención, protección y cuidado de las personas con discapacidad.

El ámbito de aplicación de la presente Ley abarca los sectores público y privado. Las personas con deficiencia o condición discapacitante se encuentran amparadas por la presente Ley, en lo que fuera pertinente.”

Ley Orgánica de Discapacidades, Artículo 3, Numeral 3.- “Asegurar a través de los mecanismos de exigibilidad, protección, restitución conducentes a la eliminación de barreras físicas, actitudinales, sociales y comunicacionales, entre otras”.

Ley Orgánica de Discapacidades, Artículo 4, Numeral 8.- “Se garantiza el acceso de las personas con discapacidad al entorno físico, al transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos

al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales; así como, la eliminación de obstáculos que dificulten el goce y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, y se facilitará las condiciones necesarias para procurar el mayor grado de autonomía en sus vidas cotidianas”.

Ley Orgánica de Discapacidades, Artículo 6.- Persona con Discapacidad.- Para los efectos de esta ley se considera persona con discapacidad a toda aquella que, como consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, ve restringida permanentemente en al menos en un treinta por ciento (30%) su participación o limitada su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria.”¹¹

A demás de tener la Ley de Discapacidades que respalda a este grupo vulnerable de personas, en la actualidad también existen programas y misiones creadas por la Vicepresidencia de la Republica para poder asegurar el buen vivir de todo este grupo de personas vulnerables, teniendo los siguientes:¹²

“Ecuador sin Barreras”, el mismo que está encargado de hacer cumplir todos los derechos de las personas discapacitadas, así como la atención inmediata y

¹¹ Ley Orgánica de Discapacidades del Ecuador. Recuperado: 12 de octubre 2013

¹²<http://www.vicepresidencia.gob.ec/programas>. Recuperado: 12 de octubre 2013

oportuna, dotando de igual manera implementos como bastones, sillas de ruedas, prótesis, auriculares.

Ante el olvido de las personas con discapacidad en el país nace la misión “Manuela Espejo”, con el cual se empieza a registrar y estudiar los problemas de este grupo de personas de manera individual conociendo así los problemas que puedan tener tanto clínicos, bio psicosociales y genéticos, haciéndolo puerta a puerta para conocer de manera directa su estilo de vida.

A la par de la misión “Manuela Espejo” nace de igual manera la misión “Joaquín Gallegos Lara” el cual impulsa y estimula el cuidado de las personas discapacitadas por parte de su familia ya que establece un bono de 240 dólares a la persona o familiar responsable de la persona discapacitada, identificada por la misión “Manuela Espejo”.

1.6.1 LICENCIA DE CONDUCIR PARA DISCAPACITADOS TIPO “F”

Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.- Artículo 132, literal A, numeral 3.- “Tipo F: Para automotores especiales adaptados de acuerdo a discapacidad”.

Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.- Artículo 133.- “Las personas con discapacidad obtendrán su certificado y licencia de conductor, previa la aprobación de un examen médico realizado por el CONADIS, y examen de conducción que determine que su incapacidad física es subsanable mediante aditamentos colocados en su automotor y/o con prótesis adheridas a su cuerpo, y con las restricciones que se señalaría en su licencia. Tendrían sitios de estacionamiento preferente, identificados con la señal de tránsito correspondiente.

La Agencia Nacional de Tránsito tiene la facultad de verificar la capacidad física de la persona y/o el vehículo adaptado a su conducción, a fin de constatar su capacidad para conducir”¹³.

1.6.2 REQUISITOS PARA ADQUISICIÓN LICENCIA TIPO “F”

Esta licencia se la otorga a las personas con discapacidad que conducirán vehículos especiales de hasta 3500 kg, para lo cual debe cumplir los siguientes requisitos para poder obtener este tipo de licencia especial.

“Requisitos, Notas, Procedimiento, Costo, Tiempo estimado de Entrega”¹⁴

¹³ Reglamento LOTTTSV. Recuperado: 12 de octubre 2013

Requisitos:

- Edad mínima 18 años
- Original del certificado o carné del tipo sanguíneo de institutos avalados por el ministerio de salud pública.
- Original del certificado de conductor no profesional Tipo F y/o licencia emitida anteriormente.
- Original y copia del carné de discapacitado otorgado por el CONADIS.
- Aprobar los exámenes teóricos.

Notas:

Si el usuario ha tenido licencia anteriormente y sufre una discapacidad, se hará el respectivo canje de esa licencia por una Tipo F, y no requiere presentar el certificado de conductor no profesional.

El permiso de aprendizaje no se solicitará si el usuario ya poseía licencia anteriormente.

¹⁴ <http://www.ant.gob.ec/index.php/licencias/157-licencia-de-conducir-tipo-f>. Recuperado: 12 de octubre 2013

1.7 MOVILIDAD DE LA PERSONA EN SU SILLA DE RUEDAS

Dentro de las condiciones previas al diseño de nuestro prototipo vehículo eléctrico debemos tomar en cuenta la movilidad que va a tener la persona en su silla de ruedas ya que dependiendo de esto lograremos tener un dimensionamiento adecuado para el uso confortable del mismo. Es por esto que empezaremos primeramente por obtener las medidas de la silla de ruedas.

En la actualidad existen algunas clases de sillas de ruedas que dependen mucho de la persona que las ocupa para la selección de la misma, debido a que se realizara el diseño del prototipo ocuparemos las medidas de una silla de ruedas convencional que se la ocupa generalmente.

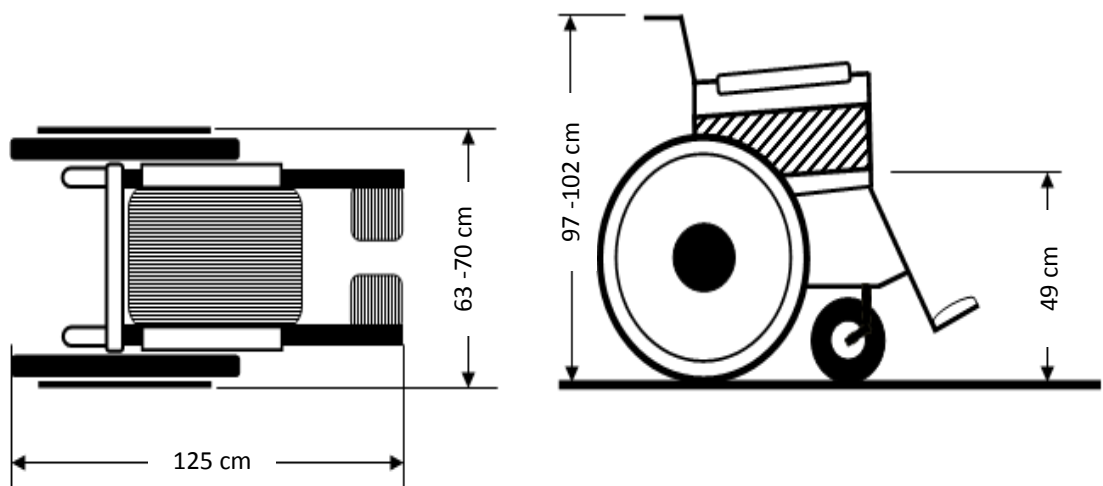


Figura 1 Dimensiones Básicas de la Silla de Ruedas

Fuente: MINUSVAL 2000, Medidas habituales de la silla de ruedas.

Luego de tomar en cuenta las medidas de la silla de ruedas ahora se debe también analizar los diferentes alcances que posee la persona desde la silla de rueda ya que dependiendo de esto lograremos tomar en cuenta las diferentes manipulaciones que se deben hacer en el vehículo teniendo los siguientes datos:

En las siguientes figuras con el objetivo de tener una comprensión clara de las medidas que buscamos, utilizaremos cuadrículas en cada una de las imágenes, la misma que corresponde a una medida de 20 x 20 cm, en cada cuadro; teniendo lo siguiente:

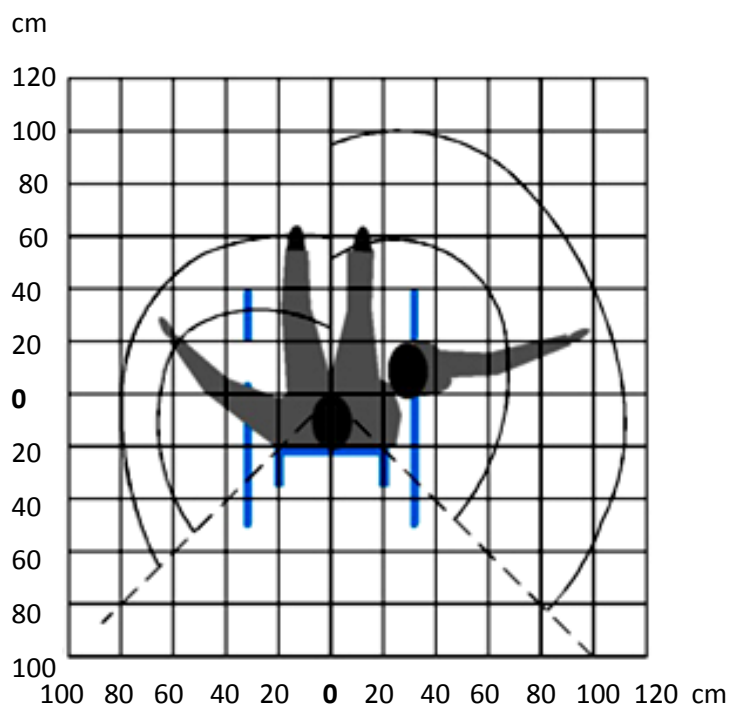


Figura 2 Alcance en Silla de Ruedas Vista Superior

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

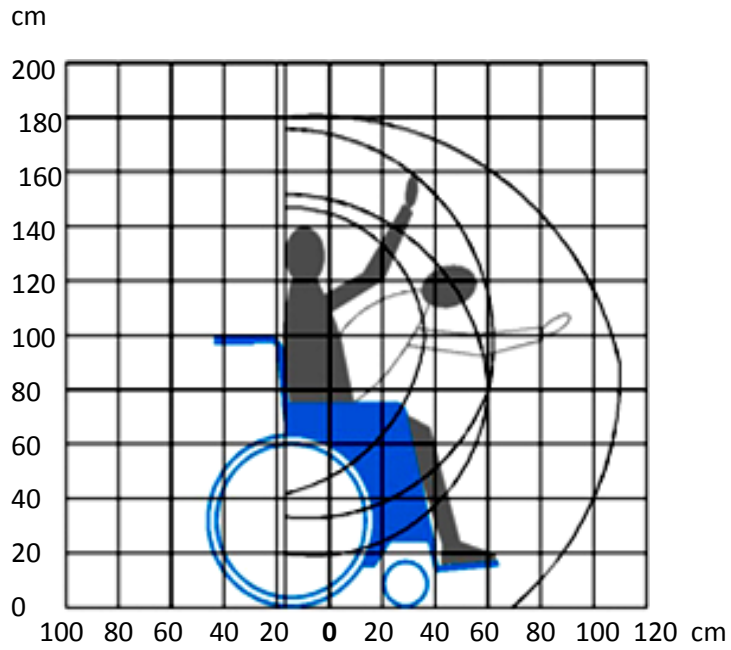


Figura 3 Alcance en Silla de Ruedas Vista Lateral

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

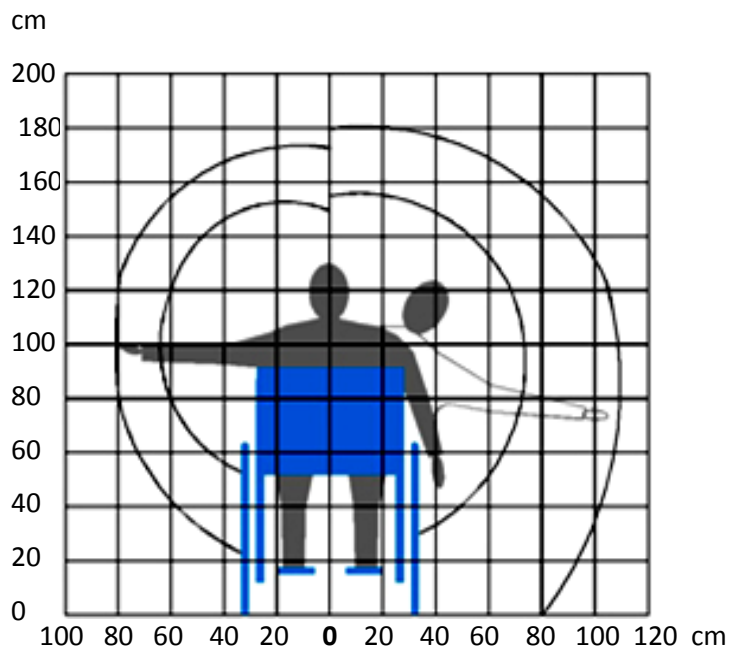


Figura 4 Alance en Silla de Ruedas Vista Posterior

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

En las Figuras 2, 3 y 4, analizamos el alcance lateral que puede tener la persona cuando se encuentra en la silla de ruedas, se analiza la diferencia que va a tener cuando está sentada en posición normal y estira sus brazos; y su vez cuando tiende a apoyarse hacia un lado para aumentar su distancia y por ende su alcance lateral.

Depende mucho de las diferentes distancias que va a tener la persona; lo que utilizamos en el diseño del vehículo eléctrico para la ubicación de los diferentes mandos e instrumentos que deben ser instalados y operados desde la silla de ruedas; colocándolos de tal manera que no incomoden en el momento de conducción y de esta manera se encuentren en un lugar conveniente para el uso efectivo de los mismos y facilitar la operación en conjunto de todo el vehículo.

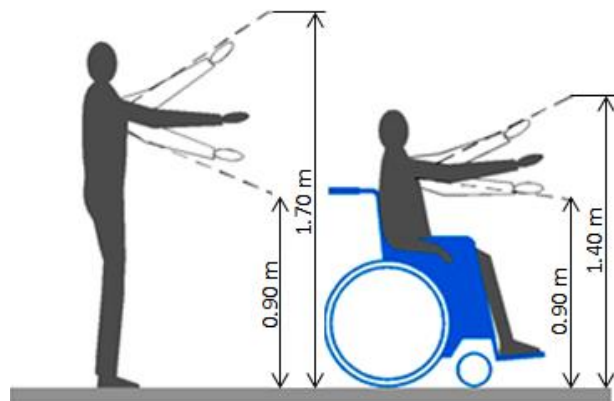


Figura 5 Alcance Frontal en Silla de Ruedas Vista Lateral

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

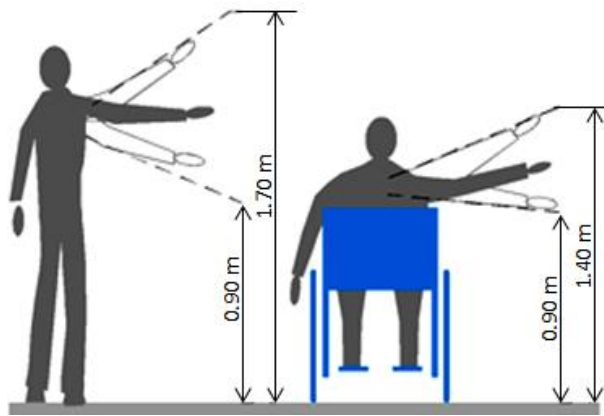


Figura 6 Alcance Lateral en Silla de Ruedas Vista Posterior

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

En las Figuras 5 y 6, analizamos el alcance que puede tener la persona cuando se encuentra en la silla de ruedas, esto nos hace referencia a la distancia que puede alcanzar en altura con los brazos completamente estirados ya sea en movimiento lateral o frontal, de esta distancia va a depender mucho en el momento del diseño para lograr ubicar de la mejor manera el manubrio o volante, ya que se considera la distancia desde su silla de ruedas en una posición normal.

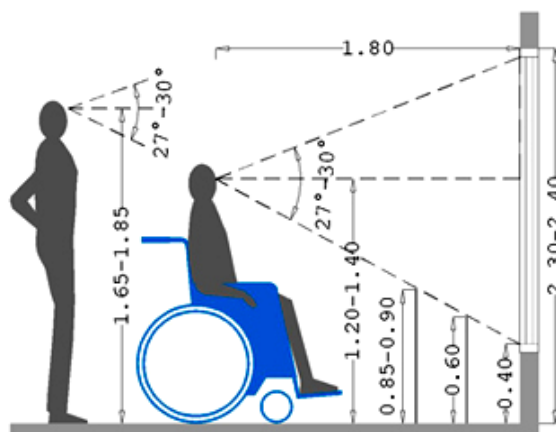


Figura 7 Alcance de Visibilidad en Silla de Ruedas Vista Lateral (metros)

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

La visibilidad es una parte muy importante que se debe considerar en el momento de diseño ya que de esto va a depender mucho la parte frontal del vehículo para poder tener una perfecta visibilidad del medio, de los vehículos en tránsito y de los peatones, para así poder maniobrar y conducir de una manera adecuada y segura.

Una vez que se tiene la consideración en cuanto a los diferentes alcances de las personas desde su silla de ruedas debemos tener de igual manera los diferentes desplazamientos que se pueden desarrollar y especialmente de los giros para poder tener un buen dimensionamiento de la cabina del vehículo, teniendo los siguientes datos:

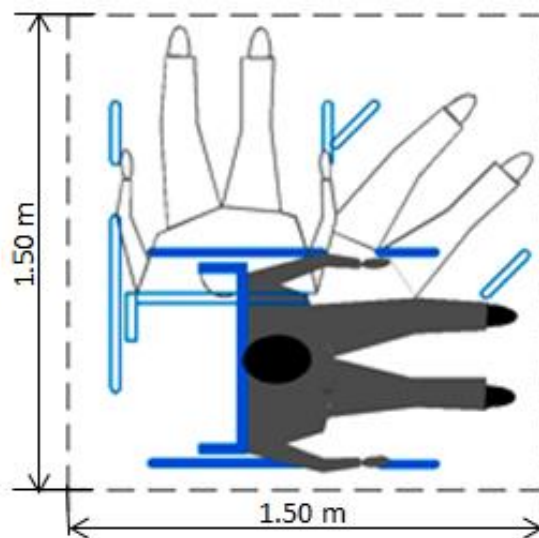


Figura 8 Giro de 90° en Silla de Ruedas Vista Superior

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

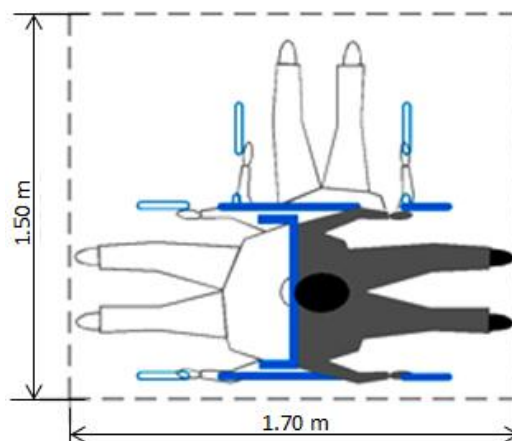


Figura 9 Giro 180° en Silla de Ruedas Vista Superior

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

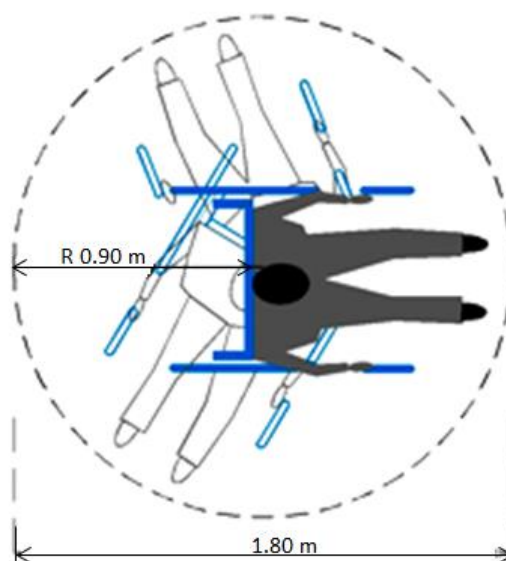


Figura 10 Giro de 360° en Silla de Ruedas Vista Superior

Fuente: www.silladeruedasengestion.org, Una Ciudad Para Todos, Sonia Verswyvel

Se debe considerar de manera especial el ingreso al vehículo, ya que va a ser por medio de una rampa en la parte trasera del mismo, es por esto que debemos tomar en cuenta la normativa con respecto a este tema, siendo: INEN 2 245:2000.

En base a la normativa con respecto a las personas con discapacidad tenemos los siguientes datos para la construcción de rampas:¹⁵

- Hasta 15 metros: 6 % a 8 %
- Hasta 10 metros: 8 % a 10 %
- Hasta 3 metros: 10 % a 12 %

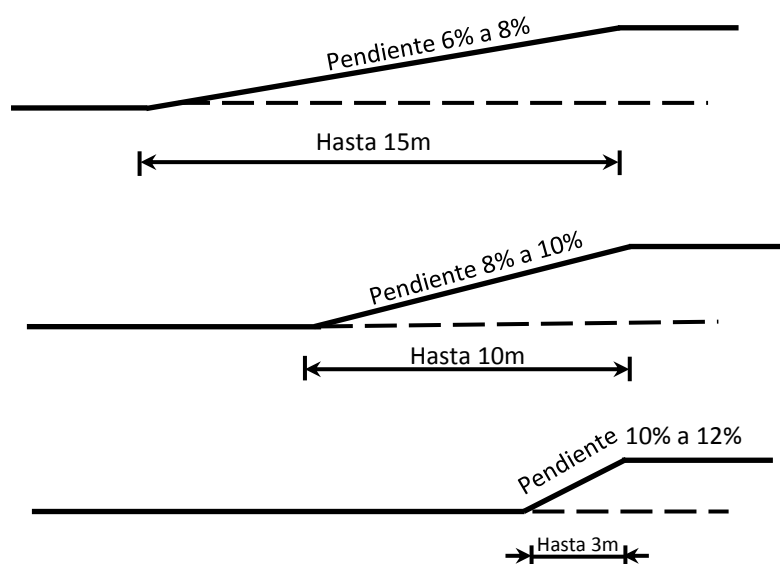


Figura 11 Pendientes Longitudinales Máximas para Rampas

Fuente: INEN 2 245:2000, Accesibilidad de las personas al medio físico.

¹⁵ INEN 2 245:2000, ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. EDIFICIOS. RAMPAS FIJAS. Recuperado: 16 de octubre 2013

Una vez obtenidos todos los datos con respecto a la movilidad, desplazamientos y visibilidad de las personas parapléjicas desde su silla de ruedas se tienen diferentes pautas para el diseño del vehículo, considerando todos los factores para el dimensionamiento y ubicación de los diferentes accesorios para obtener una buena interrelación entre medio - vehículo - hombre.

Como parte del diseño de la carrocería de nuestro prototipo tendremos que en primera instancia el habitáculo de nuestro monoplaza debe tener las medidas mínimas (130 x 90 centímetros) que ocupara la persona sentada en la silla de ruedas.

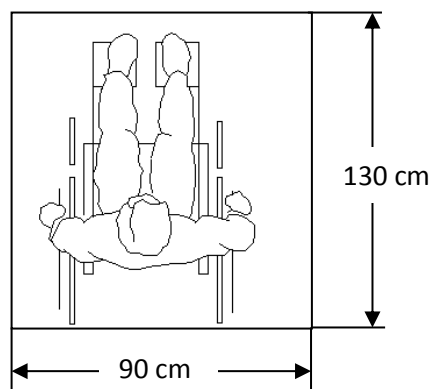


Figura 12 Medidas Mínimas para Habitáculo de Monoplaza

Fuente: <http://www.cadforum.cz/catalog>; Cotas de medidas: Los Autores.

De igual manera debemos considera la altura mínima de la cabina del vehículo, para que la persona pueda ingresar, tener una buena postura en la silla de ruedas y buena visibilidad del entorno, alcanzando sin mayor esfuerzo los diferentes mandos o accesorios del vehículo para lograr operarlo de la mejor manera posible.

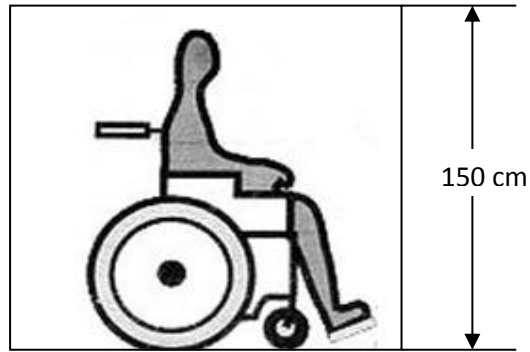


Figura 13 Medidas Mínimas para Habitáculo del Monoplaza

Fuente: <http://www.minusval2000.com>; Cotas de medidas: Los Autores

Una de las mayores ventajas es lo fácil y accesibles que es. Desde el principio hasta el final del viaje, está en tu propia silla de ruedas. Simplemente se tiene que abrir y cerrar la puerta trasera y luego rodar por la rampa. Por razones de seguridad, se fija la silla de ruedas a una estación de acoplamiento antes de arrancar el motor, y por otro lado para la salida del mismo será por donde ingreso pero saldrá de forma trasera, puesto que no existe espacio para que pueda girar dentro del mismo vehículo, considerando esta la mejor opción ya que esta maniobra se la realizara únicamente con el vehículo completamente estacionado de forma segura.

En consideración de la rampa de ingreso tomaremos en cuenta el mínimo ángulo con respecto a la longitud de la misma para que así el ingreso sea mucho más fácil y requiera el menor esfuerzo posible por parte de la persona discapacitada.

Como conclusión para el dimensionamiento de nuestro prototipo tenemos que basarnos en los datos investigados en este capítulo, ya que de esta manera lograremos tener medidas referenciales para marcar una partida en el diseño, a medida que se vaya adelantando y creando el diseño se tendrán que realizar modificaciones y ajustes, las mismas que pueden variar cuando se haga la inserción de los elementos del vehículo, teniendo claro que las dimensiones que se impongan ahora serán consideradas como posibles, más no como definitivas.

1.8 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DEL VEHICULO ELECTRICO PARA PERSONAS PARAPLEJICAS

1.8.1 ANTECEDENTES

Al momento de proyectar el nuevo vehículo eléctrico se debe de tomar en cuenta una serie de factores encaminados a obtener un producto que cumpla con las siguientes características:

- Potencia significativa.
- Economía de consumo.
- Estética.
- Seguridad.
- Habitabilidad.
- Confort.

- Ergonomía.

Debido a que nuestro vehículo estará destinado a una población determinada y su objetivo principal es prestar un servicio, mas no generar utilidades, pondremos principal atención a factores relacionados con la funcionalidad, comodidad y seguridad del ocupante.

Por otro lado la dificultad de adoptar procesos de construcción modernos debido a los costos elevados, falta de tecnología y poca demanda nos ha llevado a diseñar cada una de las piezas y componentes de tal manera que la construcción se la pueda realizar de una manera sencilla y artesanal, es decir sin la necesidad de materiales, herramientas, máquinas y tecnologías de costos elevados, con un proceso de construcción sencillo y plenamente aplicable al nivel tecnológico actual del país.

1.8.2 DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARROCERÍA

El tipo de carrocería que nosotros definiremos será proyectado como una carrocería del tipo VEHICULO TURISMO URBANO MONOVOLÚMEN, ya que desde un principio nuestro objetivo principal fue el de que nuestro prototipo sirviera como medio de transporte urbano para personas con paraplejia.

Al ser monoplaza sus dimensiones son las más reducidas, la velocidad y la potencia necesarias son mínimas, con las leyes de tránsito actuales en el país los automóviles no podrán exceder la velocidad máxima de 50Km/h en la zona urbana y 90Km/h en carreteras, por lo cual no existe la necesidad de un tipo de carrocería más robusta o de mayor potencia.

La carrocería a diseñar deberá cumplir con las siguientes características generales:

- Volumen mínimo.
- Fácil aparcamiento.
- Amplio espacio interior.
- Bajo consumo energético.

1.8.3 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y SUS OBJETIVOS

El diseño de la carrocería deberá ser en primer lugar funcional y cumplir con su misión principal, la cual es servir de medio de transporte a las personas con paraplejía, para tal efecto deberá estar dotado de varios sistemas de asistencia automática como son: sistema de apertura y cierre de la puerta de ingreso (puerta posterior), sistemas de accionamiento de la rampa de acceso, sistema de anclaje de la silla de ruedas, entre otros, que aseguren la funcionalidad y ergonomía.

El diseño deberá prestar las condiciones de seguridad necesarias en caso de situaciones de funcionalidad extrema como: sobrecarga de peso, aceleración extrema, frenado brusco, curvas a máxima velocidad, impactos en caso de accidentes. Para tal efecto deberá contar con un estudio y análisis estructural que sustente y justifique la resistencia de la estructura y la integridad del ocupante en las condiciones antes mencionadas.

Deberá contar con los espacios interiores necesarios para alojar: al pasajero (hombre + silla de ruedas), al sistema de propulsión, y demás sistemas necesarios para el control y funcionamiento del vehículo.

El diseño deberá ser agradable, visualmente atractivo, y de una construcción relativamente sencilla que no requiera de herramientas especiales ni procesos de construcción y mantenimiento costoso.

El diseño final deberá tener un precio de producción inferior a los modelos actuales existentes en el mercado internacional, adaptado a nuestra economía.

1.8.4 DIMENSIONES DEL CHASIS DE NUESTRO VEHÍCULO ELÉCTRICO

En este punto proyectaremos las dimensiones internas y externas mínimas de nuestro chasis con la finalidad de hacer referencia a lo que se quiere construir, sin dejar de lado que durante el proceso de diseño del mismo será necesario

realizar algún tipo de ajuste o variación de acuerdo a lo que estimemos conveniente para mejorar el producto.

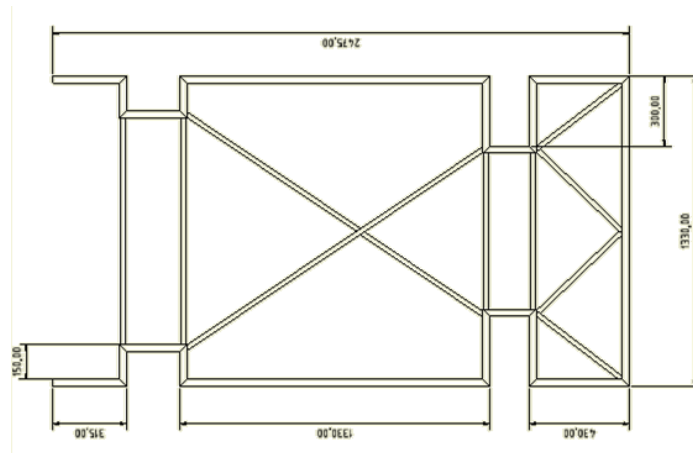


Figura 14 Boceto y Dimensiones del Chasis

Fuente: Los Autores

En cuanto a la parte superior del chasis las dimensiones mínimas se determinaron en base a modelos existentes en el mercado con características y funciones similares.

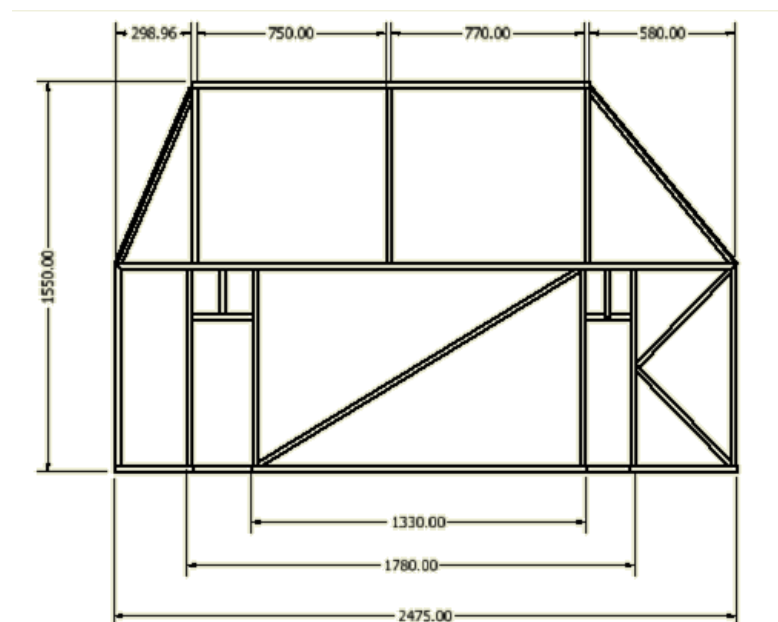


Figura 15 Boceto del Chasis

Fuente: Los Autores

En la siguiente tabla se muestran las posibles dimensiones interiores y exteriores básicas del automóvil, estas dimensiones no son las definitivas debido a que en el transcurso del diseño deberemos realizar correcciones y modificaciones necesarias para la funcionalidad del mismo.

Tabla 1 Dimensiones Tentativas del Vehículo

Fuente: Los Autores

Dimensiones	Medida en mm
Largo	2350
Ancho	1300
Alto	1500

1.8.5 SUPERFICIES DE CIRCULACIÓN

Las superficies de circulación que se han concebido para el vehículo eléctrico influyen mucho en nuestro diseño debido a que se ha tomado como perímetro de circulación el casco urbano de la ciudad el mismo que en su mayoría son vías de concreto y caminos de asfalto; no se tomará en cuenta vías de segundo orden o caminos que estén en malas condiciones de circulación, siendo nuestro vehículo netamente para transporte dentro de una ciudad.

1.8.6 REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES

La estructura del vehículo eléctrico debe contar con barras laterales, arcos de seguridad y demás elementos estructurales que actúen como protección y atenuantes de los efectos de un accidente como vuelco o choque. Para esto la estructura del vehículo deberá de poseer los siguientes elementos:

- Arco principal.
- Arco frontal.
- Arco contra vuelco.
- Protecciones laterales
- Protecciones frontales.
- Bastidor

El conjunto de: arcos antivuelco, barras laterales y barras longitudinales son los elementos que actúan como una coraza que protege al pasajero y los elementos internos del vehículo y a la vez sirve de punto de anclaje y sujeción para otros elementos como faros, limpiaparabrisas, etc.

Mientras que el bastidor es aquella estructura que está destinada a soportar todos los pesos importantes que actúan sobre el vehículo, además sirve de soporte y sujeción de los principales sistemas mecánicos como la transmisión, suspensión, etc.

1.8.7 ESTUDIOS CUANTITATIVOS

Mediante este estudio cuantitativo vamos a realizar una aproximación a lo más cercano posible, con el número de personas que tienen este tipo de capacidades especiales en el Ecuador, gracias a la información e investigación que se realizó en el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS).

Esta grandiosa institución brinda información referente al tema, pero lo hace de una manera muy generalizada, de todos modos sirve como referencia para analizar lo que nos hemos propuesto en este ítem. En la siguiente tabla detallamos el cuadro de discapacidades a nivel de todo el Ecuador.

Tabla 2 Personas con Discapacidad Carnetizadas

Fuente: CONADIS

CAPACIDADES	AUDITIVA	FISICA	INTELECTUAL	LENGUAJE	PSICOLOGICO	VISUAL	TOTAL
PROVINCIAS							
Azuay	1670	10332	2630	214	396	1885	17127
Bolívar	591	1686	725	82	77	548	3709
Carchi	877	2112	567	64	221	450	4291
Cañar	608	2417	828	134	190	540	4717
Chimborazo	1614	3940	1836	88	118	905	8501
Cotopaxi	830	3035	1265	186	154	829	6299
El Oro	1028	6607	2772	116	640	1403	12566

Esmeraldas	577	4522	1668	108	195	1222	8292
Galápagos	19	77	48	3	7	19	173
Guayas	5434	31186	10787	583	2042	7311	57343
Imbabura	1737	3206	1059	102	216	768	7088
Loja	1137	4344	2586	72	486	1246	9871
Los ríos	750	7960	1994	160	273	1379	12516
Manabí	2407	19625	3520	182	2844	4453	33031
Morona	225	1394	391	51	101	458	2620
Napo	345	1295	339	43	46	384	2452
Orellana	239	1353	283	46	107	580	2608
Pastaza	208	770	258	11	54	226	1527
Pichincha	5602	18792	5836	499	1472	4540	36741
Santa Elena	521	3033	812	58	148	597	5169
Std. Tsachilas	528	3513	919	70	290	662	5982
Sucumbíos	292	1637	516	50	129	556	3180
Tungurahua	1341	3310	1568	115	223	679	7236
Zamora	248	1091	426	37	79	240	2121
Total	28828	137237	43633	3074	10508	31880	255160

Luego de esto, para determinar un número más aproximado en personas que sufren paraplejia, recurrimos a investigar en los centros de rehabilitación para discapacitados que existen en la ciudad de cuenca con lo cual obtuvimos los siguientes resultados que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3 Personas con Paraplejia en la Ciudad de Cuenca

FUENTE: CAIZALUISA, Luis. Tesis de Pregrado. Diseño, construcción e implementación de un sistema de control por vía inalámbrica del acelerador en el vehículo GMC para la conducción de personas con paraplejia. Página 14.

Institución	Pacientes parapléjicos
José Carrasco Arteaga	12
Hospital Vicente Corral Moscoso	41
Centro de rehabilitación medico de Cuenca	15
CEDOPS Cuenca	5
CEPRODIS Cuenca	34
CONADIS Azuay	22
Hospital Militar de Cuenca	13
Centro de salud Carlos Elizalde	4
TOTAL	146

1.9 FACTORES A TOMAR EN CONSIDERACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Para poder obtener la información necesaria con respecto al diseño de nuestro prototipo por parte de los posibles usuarios, se aplica una encuesta a cierta población determinada, para cual la estructura de la encuesta es la siguiente:

1.9.1 ENCUESTA A REALIZAR

Objetivo:

Buenos días/tardes;

Teniendo en cuenta la falta de recursos para movilización a las distintas personas con capacidades especiales exclusivamente con paraplejia, se ha creído conveniente elaborar una serie de preguntas las cuales, en coordinación con la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, servirán para determinar aspectos importantes y relevantes en la construcción de un Vehículo Eléctrico para personas con paraplejia.

Instrucciones:

El siguiente cuestionario consta de 14 preguntas, las cuales deben ser leídas con claridad, revisar las opciones dadas y seleccionar la que usted crea conveniente.

Marque la alternativa seleccionada con una X dentro del espacio dado.

No es necesario incluir su nombre en la presente encuesta, solo complete los datos de edad y género que se describe a continuación.

PREGUNTAS:

Edad: _____

Género: M F

Cuando usted se moviliza, ¿qué utiliza?

BUS

TAXI

OTRO VEHICULO

NO SE MOVILIZA

¿Existe alguna persona para que le ayude cuando necesita moverse de un lugar a otro en la ciudad?

SIEMPRE

OCACIONALMENTE

RARA VEZ

NUNCA

¿Se encuentra satisfecho/a con el medio de transporte público que se ofrece en la actualidad para personas con discapacidad?

SI

NO

RARA VEZ

DESCONOCE

Si su respuesta es SI, ¿señale con qué frecuencia utiliza el transporte público?

DIARIO

SEMANAL

MENSUAL

OTRO especifique: _____

¿Qué distancia media recorre para llegar a su destino?

MENOS DE 10 KM

DE 10 A 30 KM

DE 30 A 50 KM

MÁS DE 50 KM

¿Cree Ud. que es importante integrar un sistema de transporte especial para personas que utilizan sillas de ruedas?

SI NO

¿Le gustaría conducir su propio vehículo, y moverse de forma sencilla sin ayuda de otras personas?

SI NO

¿Cómo le gustaría conducir su vehículo?

SOLO

ACOMPAÑANDO/A

NO LE GUSTARIA CONDUCIR

¿Cree necesaria la existencia de un compartimiento destinado a guardar equipaje ligero en el vehículo?

SI NO

¿Señale una de las siguientes opciones que cree que sería más útil para su movilización?

Modificar un vehículo comercial y realizar adaptaciones para el uso específico de personas parapléjicas o,

Diseñar y Construir un vehículo direccionado al uso exclusivo de una persona parapléjica donde no debe abandonar su silla de ruedas para ingresar y conducir el vehículo

¿Cree conveniente que el vehículo sea exclusivamente eléctrico?

SI NO

OTROS -----

¿Qué nivel de confort considera que debería tener su vehículo?

ALTA MEDIA BAJA

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar Ud. Por un vehículo eléctrico adaptado a sus comodidades de manejo?

MENOS DE 10000 USD

ENTRE 10000 Y 15000 USD

ENTRE 15000 Y 20000 USD

MAS DE 20000 USD

Debido a que el vehículo es un prototipo para circulación urbana.

¿Considera admisible una velocidad máxima en un rango de 40 a 50 Km/h?

SI

NO

1.9.2 MARCO MUESTRAL

Las encuestas están dirigidas a personas que registran tener problemas para movilizarse de manera individual. Las personas con problemas importantes de movilidad se hallan en una clara situación de desventaja con respecto a otras personas para realizar de manera cotidiana sus actividades diarias sin estar dependiendo de alguien, de todos modos ahí la necesidad de articular un sistema de transporte que permita la superación de todas estas limitaciones en el campo automotriz.

Forma de selección de la muestra

De acuerdo a lo investigado en centros de atención a personas que sufren de paraplejia, tenemos una población de 146 personas, las cuales haciendo referencia que nuestro vehículo será para transportarse dentro del perímetro urbano de la ciudad de Cuenca, satisface las necesidad a tomar en cuenta para el tipo de personas a muestrear.

$$n = \frac{N\sigma^2z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2z^2}$$

Ecuación 1.1 Fórmula para Calcular el Tamaño de la Muestra

Fuente: SUÁREZ, Mario, (2011), Interaprendizaje de Estadística Básica

Dónde:

- n = el tamaño de la muestra
- N = tamaño de la población
- σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5

- Z = valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza que equivale 1,96 (mas usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.
- e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

$$n = \frac{146 * 0,5^2 * 1,96^2}{(146 - 1)0,09^2 + 0,5^2 * 1,96^2}$$

$$n = 66$$

1.9.3 ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

El análisis que realizamos a continuación se basa en las diferentes preguntas hechas a distintas personas que presentan problemas de discapacidad dentro de la ciudad de Cuenca, estas preguntas nos permitirán observar el problema que se presenta al momento de movilizarse este grupo de personas antes mencionadas.

Cuando usted se moviliza, ¿qué utiliza?

Tabla 4 Resultados de Encuesta Pregunta N°1

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
Bus	0
Taxi	49
Otro vehículo	15
No se moviliza	1

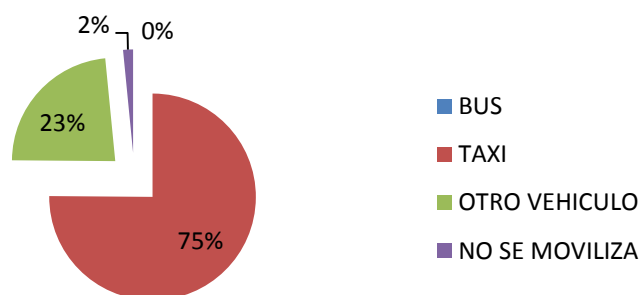


Figura 16 Resultados de Encuesta Pregunta N°1

Fuente: Los Autores

Se puede identificar de manera clara que 75% de la población encuestada utiliza el servicio de taxi como medio de transporte, mientras que el 23% utiliza otro vehículo y solamente un 2% no se moviliza, lo mismo que nos da por referencia que se prefiere el uso de un medio de transporte personal, ya que el uso del taxi viene a ser un servicio personalizado a gusto del usuario.

¿Existe alguna persona para que le ayude cuando necesita moverse de un lugar a otro en la ciudad?

Tabla 5 Resultados de Encuesta Pregunta N°2

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuestas
Siempre	18
Ocasionalmente	19
Rara vez	26
Nunca	2

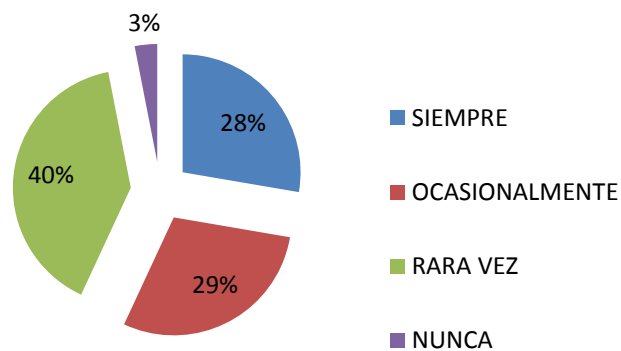


Figura 17 Resultados de Encuesta Pregunta N°2

Fuente: Los Autores

Al momento de moverse el 40% de encuestados nos dicen que rara vez existe una persona que los ayude, mientras que el 29% dice que ocasionalmente cuenta con una persona que lo ayude, el 28% siempre tiene una persona que lo ayude y un 3% no cuenta con una persona que lo ayude al momento de moverse.

¿Se encuentra satisfecho/a con el medio de transporte público que se ofrece en la actualidad para personas con discapacidad?

Tabla 6 Resultados de Encuesta Pregunta N°3

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
SI	0
NO	62
RARA VEZ	2
DESCONOCE	1

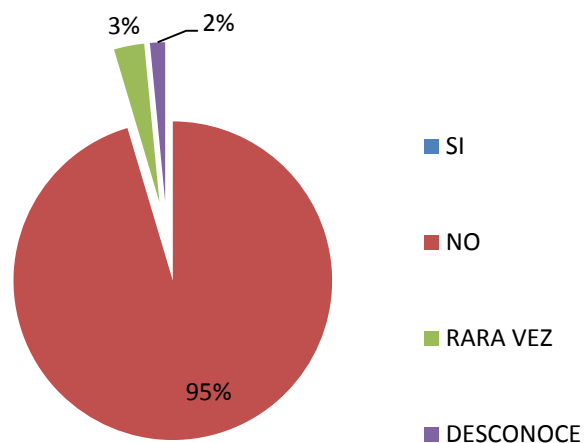


Figura 18 Resultados de Encuesta Pregunta N°3

Fuente: Los Autores

Se puede reconocer fácilmente que habitualmente las personas que utilizan silla de ruedas no se encuentran satisfechos con el transporte público actual, debido a que no existe un servicio cómodo y accesible para este grupo vulnerable, rechazando así el uso de este medio ya que es dirigido en su totalidad a personas que no tienen discapacidad o la tienen en un porcentaje mínimo.

Si su respuesta es SI, ¿señale con qué frecuencia utiliza el transporte público?

Tabla 7 Resultados de Encuesta Pregunta N°4

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
DIARIO	0
SEMANAL	0
MENSUAL	0
OTRO especifique	0

La mayoría de personas no han utilizado el transporte público.

¿Qué distancia media recorre para llegar a su destino?

Tabla 8 Resultados de Encuesta Pregunta N°5

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
MENOS DE 10 KM	37
DE 10 A 30 KM	26
DE 30 A 50 KM	2
MAS DE 50 KM	0

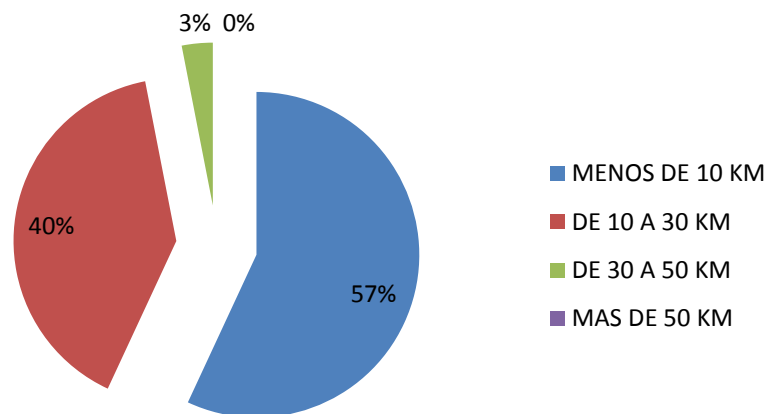


Figura 19 Resultados de Encuesta Pregunta N°5

Fuente: Los Autores

Al momento de transportarse el 57% recorre menos de 10 km, el 40% se desplaza de 10 a 30 km, un 3% se moviliza de 30 a 50 km, no existen personas que se transporten más de 50 km

¿Cree Ud. que es importante integrar un sistema de transporte especial para personas que utilizan sillas de ruedas?

Tabla 9 Resultados de Encuesta Pregunta N°6

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuestas
SI	65
NO	0

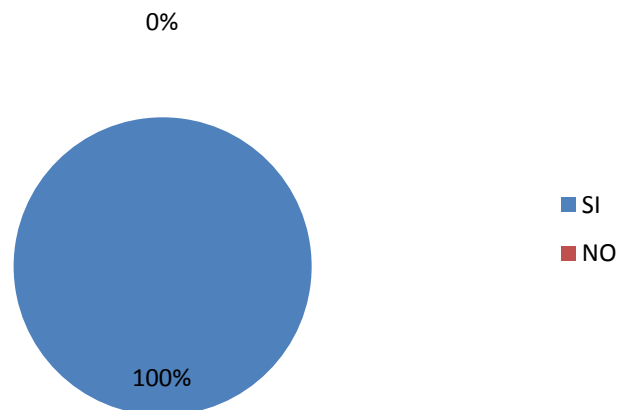


Figura 20 Resultados de Encuesta Pregunta N°6

Fuente: Los Autores

El 100% de la población encuestada coincide en que se debería implementar un medio de transporte para facilitar la movilidad de personas con discapacidad.

¿Le gustaría conducir su propio vehículo, y movilizarse de forma sencilla sin ayuda de otras personas?

Tabla 10 Resultados de Encuesta Pregunta N°7

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
SI	65
NO	0

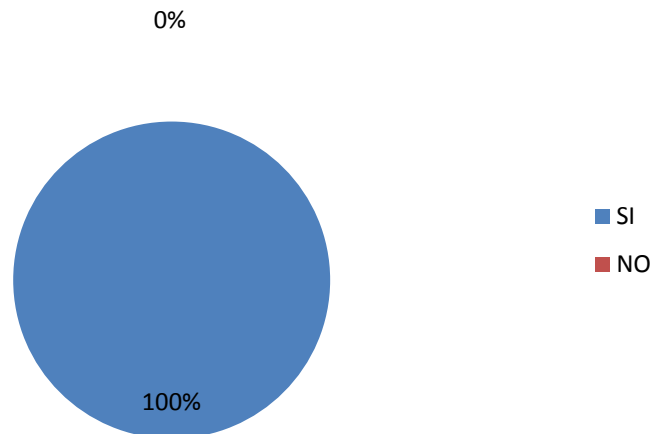


Figura 21 Resultados de Encuesta Pregunta N°7

Fuente: Los Autores

El 100% de la población encuestada nos han logrado dar respuesta afirmativa respecto al uso de un vehículo propio, el mismo que le podrá brindar la autonomía necesaria para lograrse transportar de la mejor manera y valiéndose únicamente de sí mismo, esto aclara el panorama a la importancia y necesidad de implementar un medio de transporte exclusivo para este grupo vulnerable

¿Cómo le gustaría conducir su vehículo?

Tabla 11 Resultados de Encuesta Pregunta N°8

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
SOLO	49
ACOMPañADO/A	16
NO LE GUSTARIA CONDUCIR	0

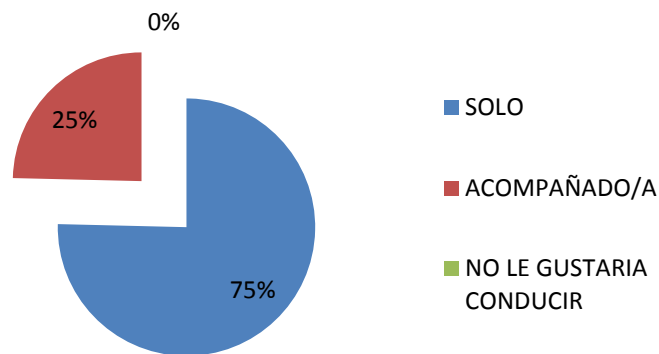


Figura 22 Resultados de Encuesta Pregunta N°8

Fuente: Los Autores

El 75% de encuestados coinciden que les gustaría movilizarse en su vehículo solos, mientras el 25% dice que les gustaría estar acompañados por terceros.

¿Cree necesaria la existencia de un compartimiento destinado a guardar equipaje ligero en el vehículo?

Tabla 12 Resultados de Encuesta Pregunta N°9

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
SI	64
NO	1

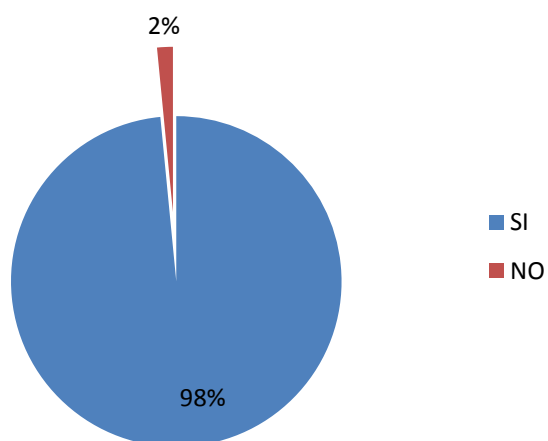


Figura 23 Resultados de Encuesta Pregunta N°9

Fuente: Los Autores

El 98% de los encuestados están de acuerdo con la existencia de un compartimiento para equipaje en el vehículo y tan solo un 2% no cree conveniente este espacio.

¿Señale una de las siguientes opciones que cree que sería más útil para su movilización?

- a. Modificar un vehículo comercial y realizar adaptaciones para el uso específico de personas paraplégicas o,
- b. Diseñar y Construir un vehículo direccionado al uso exclusivo de una persona paraplégica donde no debe abandonar su silla de ruedas para ingresar y conducir el vehículo

Tabla 13 Resultados de Encuesta Pregunta N°10

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
a	3
b	62

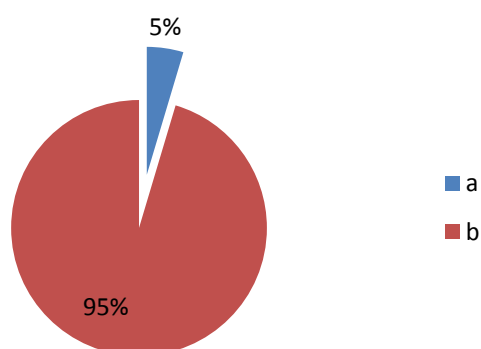


Figura 24 Resultados de Encuesta Pregunta N°10

Fuente: Los Autores

El 95% de los encuestados les gustaría que el vehículo sea diseñado y construido exclusivamente para su uso sin tener que abandonar su silla de ruedas y tan solo un 5% les gustaría acoplar un vehículo comercial para su uso.

¿Cree conveniente que el vehículo sea exclusivamente eléctrico?

Tabla 14 Resultados de Encuesta Pregunta N°11

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
SI	60
NO	5
OTROS	0

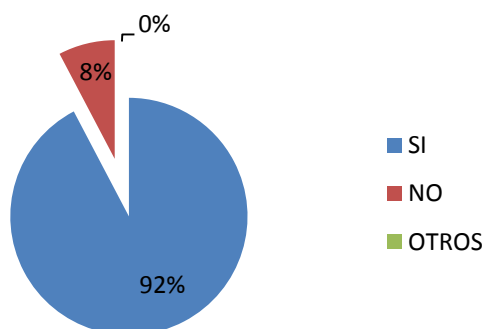


Figura 25 Resultados de Encuesta Pregunta N°11

Fuente: Los Autores

El 92% de los encuestados están de acuerdo y creen necesario que el vehículo sea totalmente eléctrico mientras que tan solo un 8% de la población encuestada requiere que el vehículo sea de un combustible alternativo.

¿Qué nivel de confort considera que debería tener su vehículo?

Tabla 15 Resultados de Encuesta Pregunta N°12

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
ALTA	10
MEDIA	40
BAJA	15

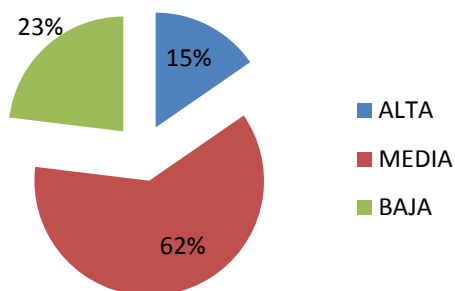


Figura 26 Resultados de Encuesta Pregunta N°12

Fuente: Los Autores

De la población encuestada tenemos que un 62 % le gustaría que el vehículo este dotado de un confort medio y por otro lado un 23 % opta por un confort bajo y tan solo un 15% de la población opta por un confort alto.

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar Ud. Por un vehículo eléctrico adaptado a sus comodidades de manejo?

Tabla 16 Resultados de Encuesta Pregunta N°13

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
MENOS DE 10000 USD	35
ENTRE 10000 Y 15000 USD	30
ENTRE 15000 Y 20000 USD	0
MAS DE 20000 USD	0

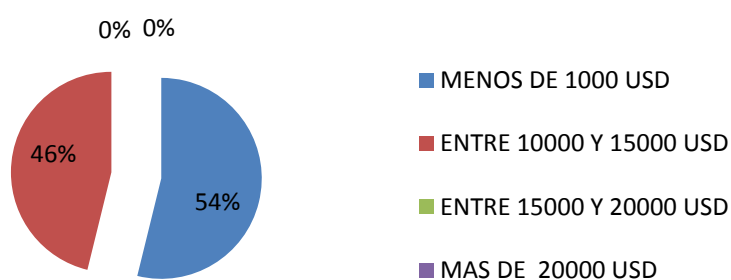


Figura 27 Resultados de Encuesta Pregunta N°13

Fuente: Los Autores

De las encuestas realizadas el 54% de la población opta por un precio que sea menor de 10000 dólares, un 46% de dicha población opta por un precio que oscila entre los 10000 y 15000 mil dólares.

Debido a que el vehículo es un prototipo para circulación urbana. ¿Considera admisible una velocidad máxima en un rango de 40 a 50 Km/h?

Tabla 17 Resultados de Encuesta Pregunta N°14

Fuente: Los Autores

Opción	Numero de encuetas
SI	65
NO	0

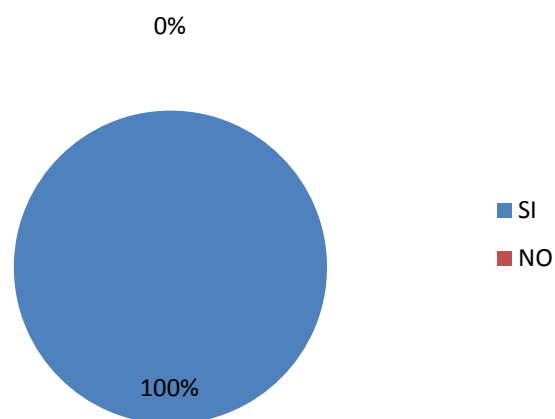


Figura 28 Resultados de Encuesta Pregunta N°14

Fuente: Los Autores

Puesto que el vehículo es para uso en la ciudad y por lo que el índice de velocidad recomendada oscila entre los 40 y 50 km por hora, el 100% de la población está de acuerdo con este rango de velocidad.

Luego de haber realizado la investigación de campo adecuada por medio de encuestas, podemos concluir que los resultados obtenidos son exitosos, siendo aceptada por los posibles usuarios de este prototipo las diferentes características establecidas para el diseño del mismo teniendo así conformidad con respecto a su espacio, velocidades máximas, combustible a utilizar y costos aceptables para su adquisición.

CAPITULO

2

CAPITULO II

2 ANÁLISIS DE LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En este Capítulo de Análisis De Legislación Nacional e Internacional de Vehículos Eléctricos, se tratarán aspectos importantes que serán determinantes a la hora de aplicar normas y distintos aspectos referentes a la construcción técnica, seguridad de nuestro Vehículo Eléctrico. En primer lugar analizaremos las diferentes Normativas Nacionales e Internacionales las cuales nos darán a conocer las diferentes seguridades en los distintos sistemas eléctricos que dispondrá nuestro prototipo.

Como segundo punto y siendo el más importante se realizarían las pruebas de seguridad y las respectivas conclusiones en base a nuestro prototipo, las cuales serán importantes para determinar la protección y seguridad de nuestro conductor, se realizara también un análisis detallado sobre la respectiva ubicación de las baterías y sobre sus riesgos al momento de Impacto, y como tercer punto nos enfocaremos en aplicar las distintas Normas al Diseño y Construcción de nuestro Vehículo Eléctrico.

2.1 ANÁLISIS DE NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos representan una tecnología bastante diferente a la de los vehículos convencionales actuales que tienen un motor de combustión interna (MCI). El uso de diferentes sistemas que se utilizan, tales como las baterías, trae consigo una serie de riesgos; así que tenemos los siguientes temas de interés de estudio:

- Seguridad en el sistema eléctrico: aspectos eléctricos y mecánicos.
- Seguridad en la batería: aspectos eléctricos, mecánicos y químicos.
- Seguridad en la recarga de baterías.
- Seguridad en los conectores.
- Seguridad con el cableado

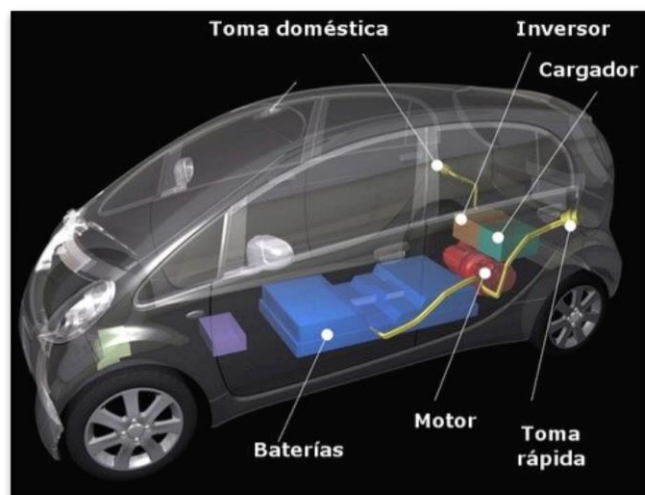


Figura 29 Esquema de un Vehículo Eléctrico

Fuente: <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/coches-electricos-que-son-y-como-funcionan>.

Regulaciones existentes.

Debido a que los vehículos eléctricos no están ampliamente establecidos en los países Europeos ni de América, no existe todavía una legislación especialmente dirigida a ellos. Sin embargo se tienen que seguir numerosas directivas, regulaciones y normas que se expondrán a continuación:

Normas

Según la normativa técnica ecuatoriana INEN 1323¹⁶ “los materiales aceptados para la construcción de la carrocerías deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las normas INEN correspondientes vigentes, en caso de no existir dichas normas deberán utilizarse los reglamentos equivalentes de conocido prestigio tales como: American Society for Testing Materials (ASTM), Deutsches Institut für Normung o Instituto Alemán de Normalización (DIN), Japanese Industrial Standards (JIS), y el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI).”

¹⁶INEN 1323, Vehículos automotores, carrocerías de vehiculos: requisitos, 2009.

La normativa titulada NORTH AMERICAN SPECIFICATION FOR THE DESIGN OF COLD FORMED STEEL STRUCTURAL MEMBERS de la American Iron and Steel Institute (AISI), nos indica una serie de aceros aplicables para la construcción de estructuras metálicas, según la norma INEN 1323 y la normativa internacional se permite el uso de perfiles de acero estructural acero ASTM A500, para la construcción de estructuras de chasis.¹⁷

El borrador internacional de las normas ISO/DIS 6469.2.2 se titula “Automóviles eléctricos - Especificaciones”. Este borrador está todavía incompleto aunque formula algunas recomendaciones de seguridad. Dentro de las ISO, los vehículos eléctricos están incluidos en el comité TC22/SC21.

Proyectos de Normas Europeas 50066 trata de “Mini-acoplamiento para la interconexión del equipo principal eléctrico de automóviles eléctricos”. La cual es utilizada para el equipo auxiliar de calentamiento del motor, sobre todo en países del norte de Europa, aunque también puede ser utilizado para la recarga de batería.

La norma alemana Deutsche Industrie Normen (DIN) / Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) 0122; trata del equipamiento eléctrico de un automóvil eléctrico. Esta norma está ampliamente dedicada a la definición de

¹⁷ <http://www.ce.jhu.edu/cfs/cfslibrary/AISI-S100-07%20Specification.pdf>, consultado el día 10 de octubre del 2013.

valores nominales y procedimientos de ensayo, aunque también recoge aspectos relacionados con la seguridad.

Existe un borrador de norma Europea sobre “requerimientos eléctricos de camiones impulsados por baterías” (CEN/TC 150/WG 4 N 75) desde ahora CEN/N 75. Este borrador reemplazará eventualmente la directiva ECC 86/663, y está dirigida también al vehículo industrial.

Directivas del comité internacional electromecánico

Muchas de las directivas del comité internacional electromecánico (IEC)¹⁸ se pueden aplicar directamente a los automóviles eléctricos, estando la mayoría relacionadas con el equipo de seguridad del vehículo (luces, etc.).

Publicaciones del comité internacional electromecánico

El comité internacional electromecánico¹⁹ (IEC) ha preparado varias publicaciones relacionadas con los automóviles eléctricos:

- IEC 718 (1992). Equipamiento eléctrico para la alimentación de energía a los vehículos de carretera impulsados por baterías.
- IEC 783 (1984). Cables y conectores para automóviles eléctricos.

¹⁸www.circulaseguro.com/tag/coches-electricos – España

¹⁹<http://www.copant.org/web/guest/catalogo-de-normas-regionales> , consultado el día 10 de Octubre del 2013

- IEC 784 (1984). Instrumentación para automóviles eléctricos.
- IEC 785 (1984). Máquinas rotativas para automóviles eléctricos.
- IEC 786 (1984). Controladores para automóviles eléctricos.

Estándares de recarga rápida

Los modelos de recarga, definidos en la norma IEC 61851²⁰ (desarrollada por la “International Electrotechnical Commission”), que emplearán los vehículos eléctricos en España se pueden clasificar en cuatro niveles de carga que se mencionan a continuación:

- **Modo 1.** Carga en base de toma de corriente de uso no exclusivo: conexión del VE a la red de corriente alterna con una intensidad máxima permitida de hasta 16 A.

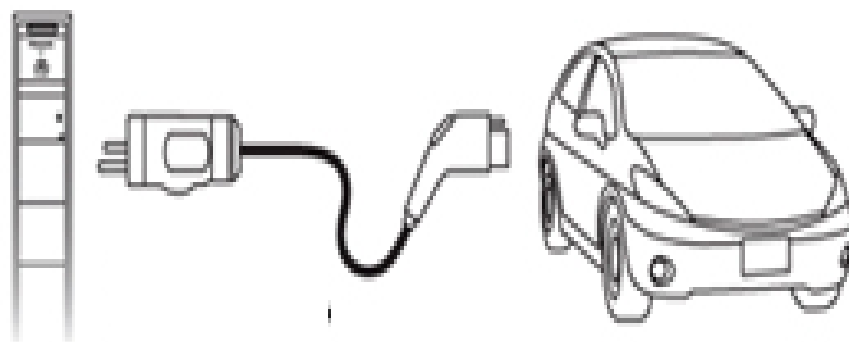


Figura 30 Esquema del Modo 1

Fuente: <http://guide.jsae.or.jp/topics/4395/>

²⁰

http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=IEC+61851-1+Ed.+2.0+b%3A2010#.UWN1or_G_IM, consultado el día 10 de Octubre del 2013.

- **Modo 2.** Base de toma de corriente estándar de uso no exclusivo con protección incluida en el cable: conexión del VE a la red de corriente alterna con una intensidad máxima de recarga permitida de hasta 32 A.

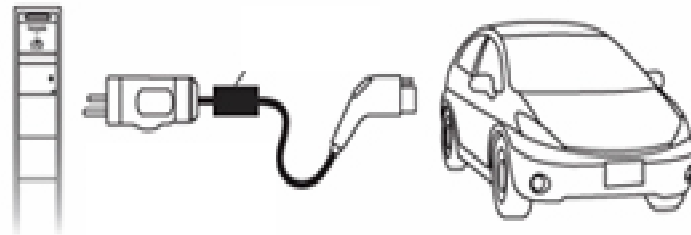


Figura 31 Esquema del Modo 2

Fuente: <http://guide.jsae.or.jp/topics/4395/>

- **Modo 3.** Toma de corriente especial para uso exclusivo a la recarga del vehículo eléctrico: conexión del VE a la red de corriente alterna con una intensidad máxima de recarga permitida de hasta 32 A (posiblemente ampliable a 64 A).



Figura 32 Esquema del Modo 3

Fuente: <http://guide.jsae.or.jp/topics/4395/>

- **Modo 4.** Conexión de corriente continua: este modelo está pensado para la recarga rápida, con intensidades de corriente de hasta 400 A.

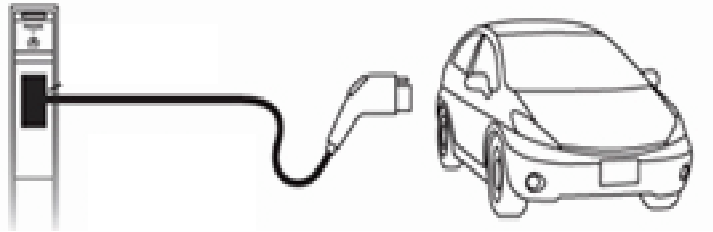


Figura 33 Esquema del Modo 4 (Hasta 400A)

Fuente: <http://guide.jsae.or.jp/topics/4395/>

Según el tipo de recarga los vehículos eléctricos se pueden dividir en varios niveles:

- DC - Baja potencia. Menor de 20kW
- AC - Baja potencia. Potencia máxima de recarga 3,7kW.
- AC - Media y alta potencia. Potencia mayor o igual que 3,7kW.
- DC -Media potencia: 20-50kW
- DC - Alta potencia: por encima de 50kW

Recarga en corriente continua y corriente alterna

La mayoría de estos vehículos tienen un dispositivo que realiza la recarga, contiene un convertidor que transforma la corriente alterna de la red en corriente continua, esta a su vez es la que permite realizar la recarga de la batería. Los sistemas de recarga rápida de corriente continua no necesitan de este tipo de elementos en el vehículo

Para cargas en corriente alterna (modos 1, 2 y 3) todos los equipos se sitúan en el vehículo. Para cargas en corriente continua (modo 4) todo o parte del equipo está situado fuera del vehículo, en la estación de carga.

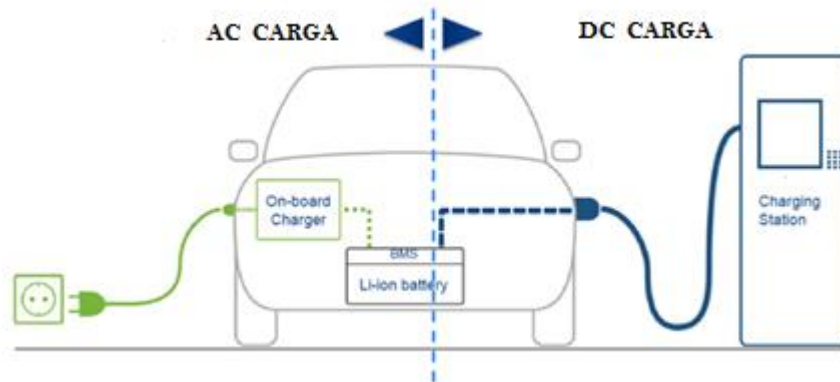


Figura 34 Esquema de Carga en Corriente Alterna y Continua

Fuente: <http://www.tecmovia.com/2013/01/22/>

Sistema combo Coupler

El estándar de recarga rápida Combo Coupler se está impulsando desde Europa, concretamente a partir de un grupo formado por fabricantes alemanes de vehículos (Audi, BMW, Daimler, Porsche, Volkswagen). Este sistema de recarga se encuentra actualmente en fase borrador, esperando que aparezca publicado oficialmente en la norma IEC 62196-3 (finales de 2012, principios de 2013). Se busca que el tipo de enchufe resultante de la norma IEC 62196-3 sea compatible con el estándar

americano SAE J1772. Se está trabajando en dos tipos de prototipos²¹ distintos de cargadores “Combo Coupler”:

- **Tipo 1**, un combinado de corriente continua y corriente alterna monofásica “Combo Coupler” (600 V / 200 A)

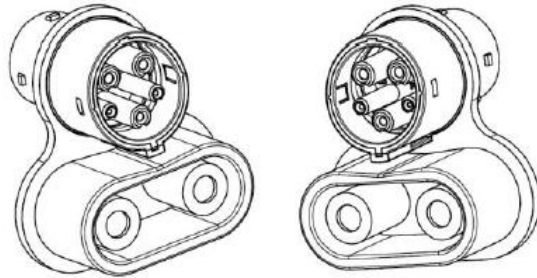


Figura 35 Cargador Combo Coupler (600 V/ 200A)

Fuente: [http://www.tecmovia.com/2013/01/22/Folleto Virtual - Focus Group on European Electro-Mobility/](http://www.tecmovia.com/2013/01/22/Folleto%20Virtual%20-%20Focus%20Group%20on%20European%20Electro-Mobility/).

- **Tipo 2**, un combinado de corriente continua y corriente alterna trifásica “Combo Coupler” (850 V / 200 A)

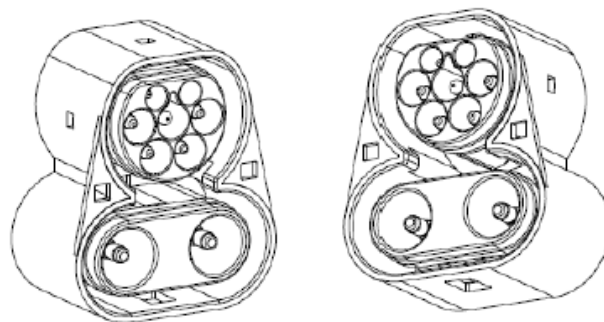


Figura 36 Cargador Combo Coupler (850 V/ 200A)

Fuente: [http://www.tecmovia.com/2013/01/22/Folleto Virtual - Focus Group on European Electro-Mobility/](http://www.tecmovia.com/2013/01/22/Folleto%20Virtual%20-%20Focus%20Group%20on%20European%20Electro-Mobility/).

²¹ [http://www.tecmovia.com/2013/01/22/Folleto Virtual - Focus Group on European Electro-Mobility/](http://www.tecmovia.com/2013/01/22/Folleto%20Virtual%20-%20Focus%20Group%20on%20European%20Electro-Mobility/), consultado el día 14 de octubre 2013.

2.1.1 SEGURIDAD ACTIVA

La seguridad activa vehicular se traduce en el conjunto de elementos y sistemas ubicados en el automotor para que el usuario del mismo se encuentre protegido de todo daño o riesgo en caso de un accidente de tránsito. Estos dispositivos dotan a los vehículos de los más altos niveles de seguridad y de mejores condiciones para una conducción adecuada.²²

Seguridad Activa: Precedentes

Con la presencia de este tipo de seguridad se busca que se disminuya el riesgo de accidentes que se pueden producir durante el uso regular y habitual del vehículo, por lo cual los dispositivos y elementos que lo conforman deben garantizar que el conductor no sufra perturbaciones en la marcha del vehículo, y además que se facilite la manipulación de los mandos que permiten que éste pueda circular. La seguridad activa según el Manual de la Técnica BOSCH (1999)²³ se clasifica en:

²²<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1160/6/CAPITULO%20I.pdf>

²³Robert Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, Editorial Reverte, 1999.

- **Seguridad de marcha.-** Tiene por objeto garantizar el correcto funcionamiento dinámico del vehículo en los mecanismos de dirección, frenos, suspensión y conjuntos de transmisión de las ruedas.
- **Seguridad en la percepción de señales.-** Se determina por el buen estado y aplicación de los dispositivos de iluminación, dispositivos acústicos de advertencia y medidas de visión.
- **Seguridad de servicio.-** Establece la facilidad que brinda el vehículo para poder manipular los mandos y controles durante la conducción de manera confortable.

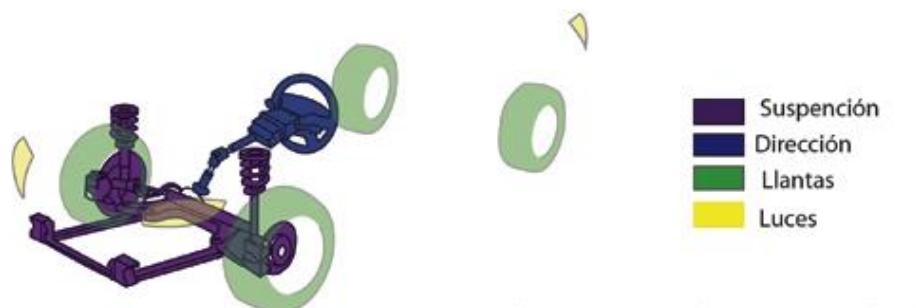


Figura 37 Elementos de Seguridad Activa

Fuente: <http://www.solomaneja.com/formacion-on-line/los-accidentes-de-trafico-y-la-magnitud-del-problema/15-seguridad-activa-y-pasiva-coche-2>.

2.1.2 ANÁLISIS DE SEGURIDAD PASIVA

La seguridad de este tipo tiene la finalidad de disminuir las consecuencias posteriores a un accidente, para esto se debe tener en cuenta el comportamiento de la estructura del vehículo en el momento del impacto y luego del mismo; y además la utilización de mecanismos y elementos que detengan o disminuyan la evolución del accidente. La seguridad pasiva según el Manual de la Técnica BOSCH (1999)²⁴ se clasifica en:

- **Seguridad interior.-** Tiene como objetivo precautelar el estado de supervivencia de los ocupantes del vehículo cuando se provoca un accidente buscando reducir el impacto y facilitando la liberación de los accidentados, dentro de las medidas de protección se tiene el comportamiento de la deformación de la carrocería, sistemas de sujeción, fijación de parabrisas, elementos de protección, etc. “En los últimos años, la industria mundial del acero ha llevado a cabo varios proyectos cuyo propósito era demostrar el uso de la nueva generación de aceros avanzados de alta resistencia para reducir la masa del vehículo, un factor clave para la eficiencia del combustible, y para mejorar el rendimiento de choque y estructurales , a costos accesibles para la producción de alto volumen; estos proyectos, el Órgano Ultra Light Acero Auto (ULSAB), los cierres Ultra Light Steel Auto (ULSAC),

²⁴Robert Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, Editorial Reverte, 1999.

ultraligeros acero Suspensiones Auto (ULSAS), y el Ultra Light Acero Auto Body - Conceptos avanzados de los vehículos (ULSAB-AVC) han contribuido considerablemente al añadir para el uso efectivo de los clientes automotrices de la industria de acero de acero en la construcción de vehículos seguros”.²⁵

- **Seguridad exterior.-** Es la que busca reducir las lesiones de las personas que al estar involucradas en el accidente no son ocupantes del vehículo, por lo que en este caso influye cómo se comporta la carrocería ante el impacto y la forma exterior que tiene la misma. El acero es un material con una capacidad única, inherente para absorber un impacto, y por lo tanto para difundir la energía del choque. El acero puede ser diseñado para plegarse como un acordeón.²⁶ Dentro de las medidas de seguridad se debe considerar la disposición y aplicación de elementos como faros, limpiaparabrisas, manecillas, etc.

2.1.3 ANÁLISIS DE SEGURIDAD TERCIARIA

La seguridad terciaria incluye los sistemas que comienzan a actuar después de que el accidente se produzca y tratan de conseguir que la gravedad de éste sea la menor posible. Con medios rápidos de

²⁵<http://www.worldautosteel.org/why-steel/safety/>

²⁶ <http://www.worldautosteel.org/why-steel/safety/vehicle-safety-and-steel/> . Consultado el día 14 de octubre del 2013

actuación se puede conseguir que la gravedad del accidente sea la menor posible.

Algunos de los sistemas de seguridad terciaria tratan de evitar que en un accidente pueda originarse un incendio. Para ello se han diseñado depósitos de combustible que evitan que los diferentes líquidos del vehículo lleguen a derramarse tras la producción de un accidente o dispositivos que cierran la inyección de combustible al detectar un impacto.

Otros sistemas evitan que el habitáculo se convierta en una trampa mortal para sus ocupantes en un accidente. Los nuevos diseños en los automóviles permiten que las puertas se abran sin dificultad tras un accidente. Al mismo tiempo, las hebillas de los cinturones deben permitir una fácil y rápida apertura para evitar que los ocupantes del vehículo queden atrapados en su interior.

2.2 PRUEBAS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Según normas que rigen la comercialización de vehículos eléctricos a nivel mundial y nacional, todos los vehículos en todos los modelos posibles de fabricación deben cumplir con premisas y superar cierto tipo de ensayos de seguridad antes de ponerse a la venta. De este modo se proporciona un estándar

mínimo de seguridad obligatorio para todos los Vehículo Eléctrico, Híbridos y de Combustión Interna.

En esta Compilación de requerimientos, nos basaremos en las organizaciones que se mencionan a continuación:

- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)
- Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos EURO NCAP
- Centro de Experimentación y Seguridad Vial CESVI (Argentina)
- LATINCAP

Pruebas

Crash Test según el Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos EURO NCAP

Según Euro NCAP toma en cuenta tres aspectos a considerar importantes al analizar la seguridad en vehículos: la protección de adultos, la protección de los ocupantes infantiles y la protección de los peatones, en nuestro caso la valoración más importante será la seguridad para la persona con discapacidad. Para ello se tomara en cuenta el resultado de cuatro ensayos de impacto que Euro NCAP lleva a cabo, frontal, posterior, lateral y ensayo de poste.

La Protección del conductor que estará situado en su silla de ruedas marca el punto importante de este análisis. Los puntos se adjudican por los ensayos de impacto frontal, posterior, lateral y de poste. Además, se ofrecen modificadores para ampliar la evaluación con el fin de abarcar el área de contacto de la rodilla. La protección de nuestro conductor se completa con el resultado del ensayo de latigazo cervical que en este caso por la disponibilidad de la silla de ruedas y sabiendo que no cuenta con un apoyo para dicha zona, se realizara otro tipo de adaptaciones para que en dichas pruebas se verifique que no sufrirá lesiones que repercutan su integridad física.

Ensayos a Realizar

La seguridad es un elemento clave en la decisión de compra para adquirir cualquier tipo de vehículos. Por ley, todos los nuevos modelos de coches deben superar ciertos ensayos de seguridad antes de ponerse a la venta. De este modo, la legislación proporciona un estándar mínimo de seguridad obligatorio para los coches nuevos. El objetivo de Euro NCAP consiste en instar a los fabricantes a superar estos requisitos mínimos.

A continuación daremos una breve explicación de cómo se realizaran los distintos tipos de ensayos de choque según esta organización Euro NCAP y sobre cómo se dan las valoraciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

2.2.1 IMPACTO FRONTAL

El ensayo de impacto frontal se basa en el desarrollado por el Comité Europeo para el incremento de la seguridad en los vehículos como base para la legislación, aunque la velocidad de impacto se ha aumentado en 8 km/h. El impacto frontal tiene lugar a 64 km/h (40 mph), el coche choca contra una barrera deformable con solape parcial.²⁷

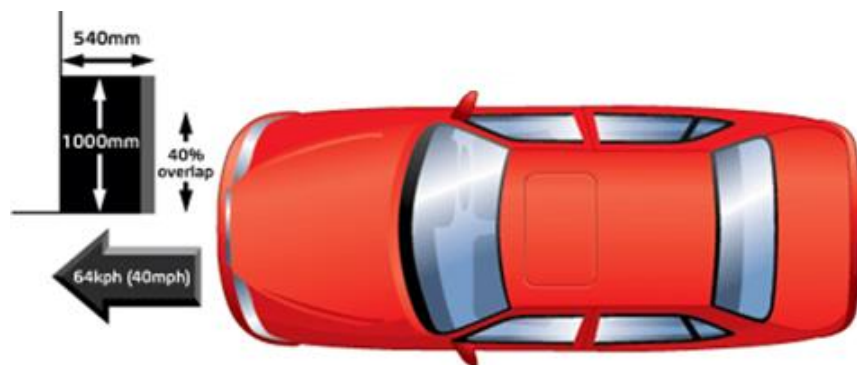


Figura 38 Pruebas de Impacto Frontal.

Fuente: www.euroncap.com

²⁷ www.euroncap.com, Consultado el día 6 de Mayo del 2013

Las lecturas tomadas de los dummies, se utilizan para evaluar la protección con la que cuentan los adultos que ocupan la parte delantera en el caso de este vehículo.

Protección del conductor.



Figura 39 Protección del Conductor.

Fuente: www.euroncap.com

2.2.2 IMPACTO LATERAL DEL VEHÍCULO CONTRA OTRO VEHÍCULO

La segunda configuración de choque más importante es la del impacto lateral del vehículo contra otro vehículo. Euro NCAP simula este tipo de impacto con una barrera deformable móvil (MDB) que impacta contra la puerta del conductor a 50 km/h. La protección ante lesiones se evalúa mediante la colocación de un dumm y el impacto es en el asiento del conductor.²⁸

²⁸ www.euroncap.com, Consultado el día 14 de Octubre del 2013

Pruebas de Impacto Lateral

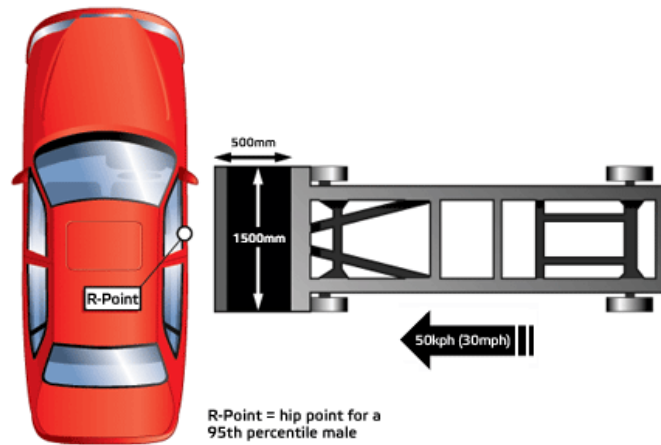


Figura 40 Pruebas de Impacto Lateral

Fuente: www.euroncap.com

Impacto Lateral de Poste

Aproximadamente un cuarto de todas las lesiones graves y mortales se producen en colisiones de impacto lateral²⁹. Muchas de estas lesiones tienen lugar cuando un coche embiste lateralmente a otro o contra un objeto fijo de poco grosor, como un árbol o un poste.

Para fomentar que los fabricantes adapten los dispositivos de protección de la cabeza, se puede realizar el ensayo de poste, si se incorporan estas características de seguridad. En el ensayo, el vehículo

²⁹ www.euroncap.com, Consultado el día 14 de Octubre del 2013

examinado es impulsado a 29 km/h (18 mph) contra un poste rígido. El poste es relativamente estrecho, por lo que la penetración es mayor en la parte lateral del coche.³⁰

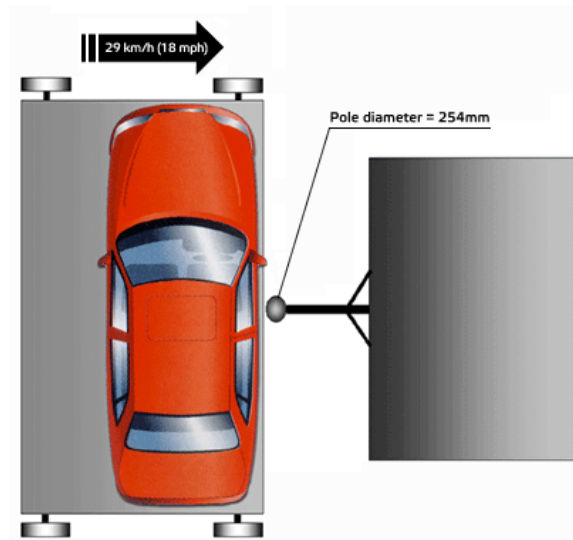


Figura 41 Impacto Lateral Contra un Poste.

FUENTE: www.euroncap.com

2.2.3 LATIGAZO CERVICAL PRODUCIDO POR IMPACTO TRASERO

El latigazo cervical, causado por una distorsión repentina de la columna vertebral o relacionado con ésta, puede provocar síntomas dolorosos y debilitantes durante años. Aunque el latigazo cervical no resulte poco frecuente en los accidentes de impacto frontal y lateral, se produce más a menudo a baja velocidad, en las colisiones traseras. Las

³⁰ www.euroncap.com/siniestros, Consultado el día 6 de Mayo del 2013

lesiones de latigazo cervical resultan difíciles de diagnosticar y de tratar.

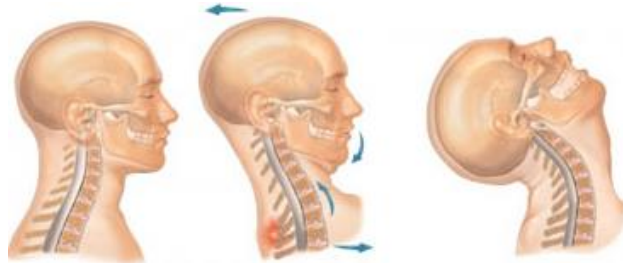


Figura 42 Latigazo Cervical Producido por Golpe Trasero

FUENTE: <http://portalarodar.com.ar/noticiaa>.

Si bien no se entienden perfectamente los mecanismos que provocan las lesiones, se sabe que el diseño del asiento y del reposacabezas puede influir en el riesgo de lesiones. El procedimiento de ensayo aplicado por Euro NCAP fomenta unas mejores prácticas en el diseño del asiento, en particular, una buena protección geométrica del reposacabezas, su facilidad de uso y de ajuste, el bloqueo de protección del reposacabezas y la integridad de la seguridad global.

Crash Test según el Centro de Experimentación y Seguridad Vial

CESVI Argentina es una organización que obtuvo la validación para realizar los nuevos ensayos que requiere el gobierno de Brasil para aquellos vehículos que los fabricantes deseen seguir comercializando a partir del 1 de enero de

2014. Esta organización realiza ensayos basándose en las normas y regulaciones europeas ECE R32 y ECE R34.



Figura 43 Ensayos de Cesvi Argentina

FUENTE: <https://www.cesvi.com.ar/Cesvi/Novidades/Cesvinovedades>.

CESVI Argentina logró la validación de sus ensayos Crash Test CONTRAN 221/97 + CONTRAN 255/07 según las Normas NBR 15240 y 15241, otorgada por el (INMETRO) Instituto Nacional de Metrología y (DENATRAN) Departamento Nacional de Tránsito de Brasil. Este Crash Test es el equivalente a la regulación ECE R32 y Anexo 4 de ECE R34 de las Naciones Unidas³¹.

Ensayo según el Centro de Experimentación y Seguridad Vial.

Consiste en un impacto trasero a una velocidad que oscila entre los 35 y 38 km/h para simular una colisión trasera ocasionada por otro vehículo en

³¹ <https://www.cesvi.com.ar/Cesvi/Novidades/Cesvinovedades>, Consultado el día 15 de Octubre del 2013

movimiento. El objetivo del ensayo es evaluar puntos como: desplazamiento de puntos estructurales (punto R), apertura de puertas y comportamiento de las piezas interiores del vehículo.

La Norma NBR 15240³² establece métodos y requisitos de desempeño para la verificación del comportamiento de la estructura del habitáculo frente a un impacto trasero.

Mediciones y Verificaciones posteriores al Impacto

Medición longitudinal residual de la proyección de los puntos. En caso de desplazamiento el mismo no debe superar los 75mm. Ningún elemento rígido dentro del habitáculo debe presentar riesgo de lesiones serias a pasajeros. Las puertas laterales no deben abrirse producto del impacto.

Excepto en los vehículos que carecen de estructura de techo rígido, después del impacto debe ser posible abrir un número suficiente de puertas para permitir la evacuación de todos los ocupantes y sin tener que recurrir al uso de herramientas.

³² <https://www.cesvi.com.ar/Cesvi/Novidades/Cesvinovedades>, Consultado el día 15 de Octubre del 2013

Se debe verificar la posición de la batería.

Consideraciones importantes sobre las Baterías y sobre el Conductor

- **Circulación normal:** Un completo y avanzado sistema de control mantiene la monitorización y garantiza que cada batería mantenga el voltaje correcto y la temperatura de funcionamiento óptima, regulando el sistema de refrigeración. Esto es importante tanto para la seguridad como para la capacidad de la misma. En caso de cualquier variación, la batería se apaga automáticamente como medida preventiva.
- **Conflicto:** La batería supone un peso añadido capaz de crear nuevas condiciones para la dinámica del vehículo y alterar su comportamiento, por ejemplo, en maniobras de reacción rápidas. Las actuales plataformas y sistemas de frenado pueden adaptarse al aumento de peso.
- **Colisión:** A fin de reducir los efectos de una colisión, la batería está bien protegida y separada de las zonas de absorción de impactos del automóvil, además, ha sido sólidamente encapsulada con el fin de que la batería no se vea afectada, en caso de colisión, se han reforzado las traviesas de acero y otras partes de la estructura que rodea a la batería.

Si la batería sufre daños que provoquen una fuga de gas, unos conductos de evacuación especiales expulsan este gas por la parte inferior del automóvil, de modo que no afecte a los ocupantes del vehículo. En caso

de temperatura extrema, los ocupantes están protegidos por el encapsulamiento de la batería.

- **Después de la colisión:** Además, la batería dispone de un interruptor automático que funciona del mismo modo que un disyuntor de fuga a tierra doméstico. Apaga y aísla la batería si la corriente no fluye en la dirección correcta, por ejemplo, si dos cables han entrado en contacto a consecuencia de un accidente.

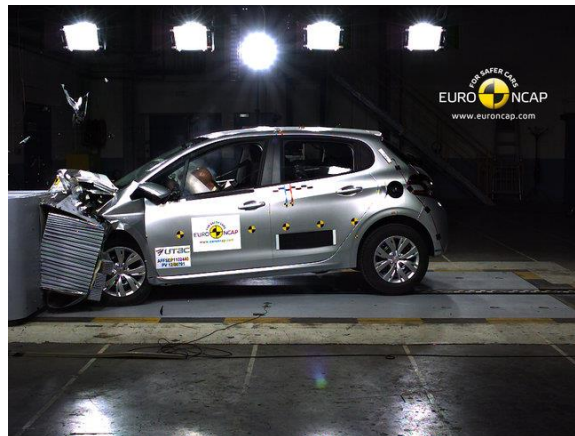


Figura 44 Prueba de Choque

Fuente:<http://www.circulaseguro.com/la-nueva-prueba-de-choque-del-iihs-un-necesario-revulsivo/>.

2.3 ANÁLISIS DE LEYES EN EL ECUADOR APLICADAS AL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En nuestro País y por ende en la ciudad de Cuenca para que nuestro prototipo entre en circulación debe cumplir específicamente con las siguientes Leyes y Reglamentos (ANEXO II) mencionados a continuación:

- LEY DE TRANSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE Y SEGURIDAD VIAL
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1669:1990 Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1115:1990 Vehículos. Equipos de Iluminación y Dispositivos para mantener o Mejorar la Visibilidad.

En base al análisis de las diferentes Normas y Leyes antes mencionadas, realizaremos una ficha de pre chequeo de cumplimiento con lo antes expuesto con la finalidad de ir comparando la Norma y el cumplimiento de nuestro Vehículo Eléctrico.

CAPITULO

3

CAPITULO III

3 DISEÑO Y ANALISIS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

3.1 DEFINICION DEL VEHÍCULO MONOPLAZA

Por plaza entendemos el espacio que posee el vehículo para resistir a las personas que van a bordo de este ya sea como conductor o como pasajero, se puede clasificar a un vehículo de acuerdo a la cantidad de plazas o espacios que posee. Un vehículo monoplaza es aquel que está habilitado para transportar a una sola persona, son vehículos especiales que tienen unas series de características que no se ven en los coches de calle. Suelen ser coches muy bajos, aproximadamente un metro lo que miden desde el suelo, con ello consiguen un mayor agarre a la pista, se usan especialmente para diferentes tipos de competencias en donde pueden ser de cabina abierta o cerrada.

3.2 DEFINICION DE CARROCERIA

La normativa INEN define a carrocería como " Conjunto de estructura, elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas."³³

³³ <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1323.2009.pdf>

La carrocería o latonería de un vehículo es aquella parte exterior o visible en la que reposan los pasajeros o la carga, va asentada en las ruedas. Las carrocerías se diseñan tomando como base una estructura resistente suficientemente capaz de evitar las deformaciones producto de los siguientes esfuerzos estructurales:

- De tracción provocados por la marcha del vehículo, sobre todo en las aceleraciones y frenadas.
- De flexión provocados por el peso total soportado, en particular el que se aplica directamente sobre los ejes delantero y trasero.
- De torsión provocados por el desplazamiento vertical de los ejes cuando el terreno es irregular.

3.2.1 CARROCERIA AUTOPORTANTE

La normativa INEN define la carrocería auto portante como “ Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.”³⁴

La carrocería completa está formada por un conjunto de piezas, estas piezas están unidas entre sí por medio de soldadura por resistencia (puntos) siendo relativamente fácil la sustitución de cualquiera de ellas.³⁵ Soporta todos los conjuntos mecánicos y se auto soporta así misma. Las piezas que deben soportar los mayores esfuerzos se construyen en chapas de mayor grosor.

³⁴ <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1323.2009.pdf>

³⁵ http://www.serina.es/empresas/cede_muestra/304/TEMA%20MUESTRA.pdf

3.2.2 PARTES DE LA CARROCERIA

1. La parte elástica o deformable:

Es la que, en el choque, se encarga de absorber toda la inercia posible, teniendo en cuenta que la tiene que absorber de manera brusca y casi instantáneamente. El grado de deformación (amortiguación del golpe) depende directamente del peso del vehículo y de la deceleración producida (ésta, a su vez, depende de la velocidad del vehículo). También es cierto que el material del que esté fabricada la carrocería tiene que ver en la deformación de la misma.

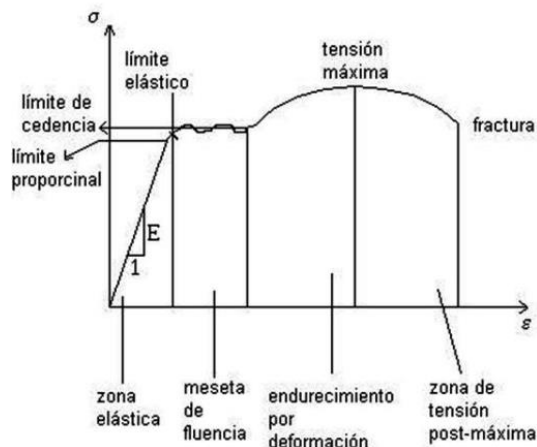


Figura 45 Diagrama Esfuerzo – Deformación

Fuente: <http://apuntescientificos.org/diagrama-tension-deformacion.html>

2. La parte rígida:

Es la que forma el habitáculo (como se llama normalmente), y es donde van alojados los ocupantes y la carga del vehículo. Esta

parte de la carrocería es la que se deforma en menor proporción, y en momentos en que la inercia es demasiado elevada. Esto se debe a que después de un choque debe existir un espacio en el que los ocupantes se puedan mover y, como ya se ha explicado anteriormente, no debe permitir entrar ningún cuerpo extraño al interior del habitáculo con el fin de proteger a los ocupantes y la carga del vehículo. La carrocería es un conjunto coherente y complejo formado por multitud de piezas unidas entre sí. Las técnicas de unión están condicionadas por una serie de necesidades:

- Naturaleza de los materiales que se van a unir, mediante técnicas de unión adecuadas a sus características.
- Necesidades estructurales requeridas, ya que los diversos métodos de unión se comportan de modo muy distinto frente al mismo tipo de solicitaciones.
- Accesibilidad a las distintas zonas, que puede condicionar el método de unión que se vaya a emplear.
- Frecuencia de sustitución de los distintos elementos.
- Grado de libertad que precisan algunas piezas.

A continuación, se muestran una serie de ejemplos para conocer las piezas que integran una carrocería y familiarizarse con la terminología. Para realizar este estudio, se agrupan las piezas en elementos exteriores e interiores.

✓ Elementos Exteriores

Son aquellos que conforman la carrocería exterior; todos son perfectamente visibles sin que haya que desmontar ningún accesorio o pieza. La mayoría suelen ser elementos estéticos, como las puertas, las aletas, los capós, etc. Su misión principal es cerrar huecos y determinar la línea externa de la carrocería. Existen también elementos estructurales como los pilares y los estribos, cuya función es soportar cargas y distribuir los esfuerzos.

✓ Elementos Interiores

Los elementos interiores son la mayoría de las piezas que conforman la carrocería. Suelen quedar ocultos por las piezas exteriores, los accesorios y los tapizados que la recubren. La mayor parte son elementos estructurales, cuya misión es soportar los esfuerzos estáticos debidos al propio peso del vehículo, al de los pasajeros y mercancías que transporte, así como los esfuerzos dinámicos generados por su movimiento (aceleraciones, frenadas, entradas en curva, etc.).

3.3 DEFINICION DE CHASIS

La normativa INEN define al bastidor o chasis como aquel que constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos). El chasis es un marco metálico sobre el cual se montan todos los componentes del vehículo, consta de un bastidor, aporta rigidez y forma a un vehículo, sostiene varias partes mecánicas como el motor, la suspensión, el sistema de escape y la caja de dirección.

En cuanto al comportamiento mecánico hay que decir que el chasis es más rígido que la carrocería, es considerado como el componente más significativo de un automóvil, es un elemento fundamental que da fortaleza y estabilidad al vehículo en diferentes condiciones, es una parte importante del automóvil que permite el armado de los demás componentes. En el momento de una colisión interesa que la carrocería absorba las fuerzas del choque evitando mandar estas hacia el conductor, y también que el chasis se deforme poco para no alterar las características de la conducción.



Figura 46 Chasis Tubular y Carrocería

Fuente: http://laifer588.blogspot.com/2012_10_01_archive.html

3.3.1 CHASIS TUBULAR

Se utilizan principalmente en vehículos de competencia, el chasis tubular de acero, son los que más se emplean como refuerzo de los vehículos ya que es más sencilla su construcción y la determinación de los esfuerzos a los que pueda estar sometido, este tipo de estructuras ofrecen una buena respuesta a los esfuerzos aunque su principal inconveniente es el aumento del peso y la ventaja de un coste mucho más reducido.

Dentro de las estructuras de acero tubulares, la mayoría de ellas son soldadas, aunque existe la posibilidad de optar por uniones atornilladas en ciertas partes del chasis, pero normalmente los equipos no utilizan este tipo de uniones. Otra posibilidad a tener en cuenta es la opción de incluir partes de aluminio en el chasis con la ventaja de la reducción de peso que esto supone.

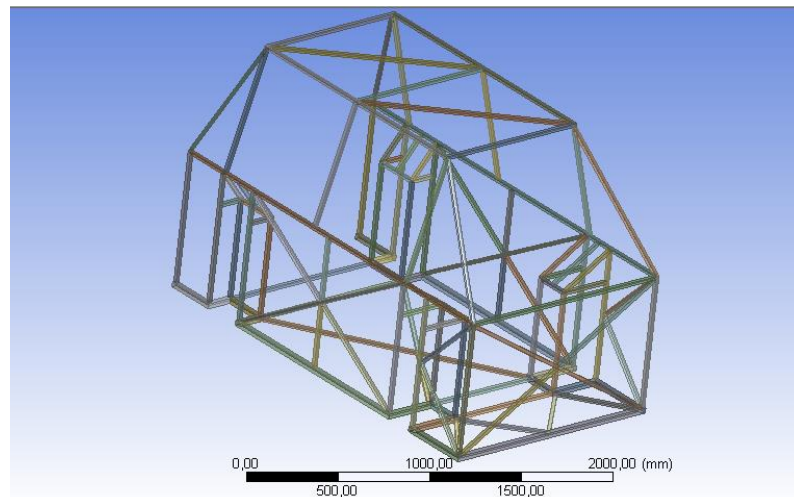


Figura 47 Chasis Tubular

Fuente: Los Autores

3.3.2 ESTUDIO DE NECESIDADES PREVIAS AL DISEÑO

En este punto se estudiara los puntos necesarios para el proceso de diseño del vehículo, para lo cual antes que nada debemos tomar las referencias investigadas en el capítulo 1, ya que en base a los diferentes grados de movilidad y espacio que necesita la persona para ingresar al vehículo se debe establecer el dimensionamiento de la cabina del mismo, de tal manera que pueda ser confortable y sobre todo seguro para el posible usuario.

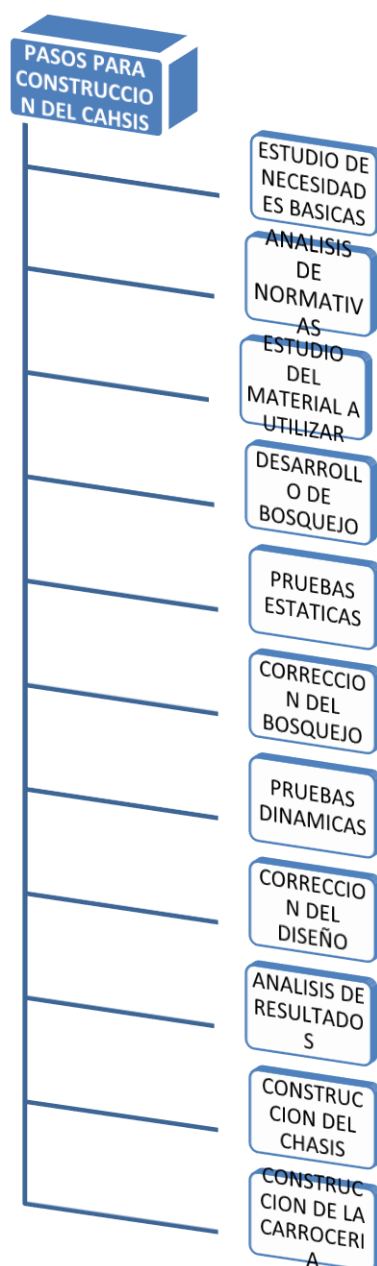
Además de esto teniendo en cuenta la seguridad del ocupante como punto prioritario tenemos que considerar todas las normas existentes para vehículos, tanto en seguridad primaria, secundaria y terciaria, con lo que vamos a garantizar que en el supuesto de un accidente la persona ocupante no se vea comprometida.

3.3.2.1 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

El fabricar un chasis constituirá un hito para nuestro equipo de trabajo, ya que se trata de un elemento que tiene un coste importante y que una vez construido no permite modificaciones. Bajo esta premisa se ha vertebrado un gran proyecto docente que tiene como objetivo final el diseño y construcción de un chasis auto portante de acero estructural.

El chasis permite analizar y estudiar muchos aspectos tecnológicos de vanguardia y demandados actualmente por diferentes áreas de la

industria. Así el diseño del chasis abarca distintas actuaciones que requieren de la realización de distintos proyectos finales de carrera de estudiantes, estos proyectos relacionados entre sí, obligan a que unos a otros se pasen el testigo de sus resultados y comparen experiencias y conclusiones. En esta línea, el proyecto referente al chasis conlleva recorrer el camino que se indica con el esquema siguiente:



3.3.2.2 MASAS PRINCIPALES

Se considera como masas principales a los elementos que afectan en proporción directa al comportamiento dinámico del vehículo, dependiendo del tipo de automóvil la importancia de estas masas van cambiando. Por ejemplo en el caso de un vehículo de turismo la masa del piloto es despreciable en comparación a la masa total del auto, pero en el caso de un monoplaza, la masa y posición del conductor afecta directamente la distribución de masas en el eje delantero y trasero así como el centro de gravedad del automóvil.

Dentro de la construcción se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos principales y relevantes, los mismos que se encuentran en la norma INEN 1323, la cual nos instruye en la construcción para carrocerías.

3.3.2.2.1 CARGAS VIVAS

Corresponde a la carga por ocupación y se la considera como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.³⁶

Para determinar el peso de la estructura final con todos sus componentes, se realiza una suma de todos los componentes que conforman las cargas vivas y las cargas muertas con la finalidad de

³⁶ NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 1

utilizar en los distintos cálculos que se mencionan a continuación, y además de definir las masas principales que se indican en la siguiente tabla para así tener una correcta ubicación de las mismas junto con el espacio suficiente para cada una de ellas.

Tabla 18 Determinación de las cargas vivas.

Fuente: Los autores.

Masa de un ocupante (Kg)	Masa de la silla de auto desplazamiento o silla de ruedas (Kg)	Masa mínima de equipaje a transportarse por el ocupante (Kg)	TOTAL
90	20	30	140 KG

3.3.2.2.2 CARGAS MUERTAS

Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes, es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.³⁷

³⁷ NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 1

Tabla 19 Determinación de las Cargas Muertas

Fuente: Los autores.

Masa de la estructura.(Reporte de Ansys) (Kg)	Pesos adicionales (Bajo un criterio analítico vehicular.) Se considera la suma de todos los sistemas dentro del vehiculo (Kg)	Masa del chasis (Es igual al doble del peso de la estructura)	Carrocería (estimado)	TOTAL
100	100	200	100	500

3.3.2.2.3 CARGAS DE GIRO

Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.³⁸ 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 la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad.

La velocidad crítica que impone la norma es de al menos 90 Km/h, pero en nuestro caso como es un vehículo monoplaza eléctrico diseñado para que no ruede a más de 45Km/h se harán los reajustes necesarios basándonos en la tabla detallada a continuación.

³⁸ NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 1

Tabla 20 Velocidades, radios y peraltes en carretera.

Fuente: Norma INEN 1323

Velocidad (del Vehículo) (Km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)
45	125	8
80	250	
90	35	
95	400	
100	450	

Se utilizara la siguiente fórmula para determinar la carga total de giro:

$$G = \frac{m * v^2}{r_c}$$

Ecuación 3.1 Carga total de Giro

Dónde:

G = Carga de giro, en (N).

m = masa total, en (kg).

v = velocidad del vehículo, en (m/s).

Rc = Radio de curvatura, en (m).

$$G = \frac{(640kg) * (45Km/h)^2}{125m} * \left| \frac{1h}{3600s} * \frac{1000m}{1Km} \right|$$

$$G = 2880 N$$

3.3.2.2.4 CARGAS DE FRENADO

Se asume una desaceleración mayor o igual a $(4m/s^2)$.³⁹ Asumiremos la aceleración de $(4m/s^2)$ porque en este caso, es para un vehículo cuya finalidad, su rodaje se lo realizara en un perímetro urbano.

Se utilizara la siguiente fórmula para determinar la fuerza de frenado:

$$F = m * a$$

Ecuación 3.2 Fuerza de frenado

Dónde:

F = Fuerza de frenado, en (N).

m = Masa del vehículo, en (Kg).

a = desaceleración del vehículo, en $(\frac{m}{s^2})$.

$$F = 640kg * 4(\frac{m}{s^2})$$

$$F = 2560 N$$

³⁹ NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 6

3.3.2.2.5 CARGAS DE ACELERACIÓN

Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.⁴⁰

3.3.2.2.6 CARGA DE RESISTENCIA DE AIRE FRONTAL

Se le aplicara como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal.⁴¹ Se utilizara la siguiente fórmula:

$$Raf = \frac{1}{2} * c_x * \rho_{aire} * A_f * v^2$$

Ecuación 3.3 Resistencia de aire frontal

Dónde:

Raf = Carga por resistencia aerodinámica, en (N).

c_x = coeficiente de resistencia frontal del aire, como mínimo (0.7).

ρ_{aire} = densidad del aire, en (k/m^3)

A_f = área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m^2).

v^2 = velocidad del aire, en (m/s).

⁴⁰ NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 6

⁴¹ NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 6

$$Raf = \frac{1}{2} * (0,8) * (1,225 \text{ Kg/m}^3) * (1,9183\text{m}^2) * (11,11\text{m})^2$$

$$Raf = 116,022 \text{ N}$$

3.3.2.2.7 RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA

Las deformaciones en el techo no debe superar la distancia de 70mm, esto exponiendo al techo una carga del 50% del peso máximo admisible del chasis.⁴² No se tiene un peso máximo admisible para el chasis, por ende se utiliza un criterio de seguridad

$$F = 4 \text{ veces carga maxima del vehiculo}$$

$$F = 4 * (640 \text{ Kg}) * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 25113,6 \text{ N}$$

$$F = 2 \text{ veces carga maxima del vehiculo}$$

$$F = 2 * (640 \text{ Kg}) * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 12556,8 \text{ N}$$

Se utilizara una carga máxima admisible de dos veces, por lo que para nuestro caso y según lo que nos proponemos en nuestro diseño, no se necesita someter a mayor esfuerzo el chasis, al aplicar 4 veces la carga máxima admisible, haríamos un sobredimensionamiento, el cual nos resulta en vano ya que vamos a estipular más de lo requerido para nuestro caso.

⁴² NTE INEN 1323:2009. Vehículos Automotores. Carrocerías. Requisitos. Página 6

3.3.2.2.8 VELOCIDAD CRÍTICA DE VUELCO

Cuando un vehículo describe una trayectoria curva, la fuerza centrífuga, actuando sobre su centro de gravedad, a una altura h desde la superficie de rodadura, origina un esfuerzo lateral, que debe ser compensado por las fuerzas de adherencia entre los neumáticos y el suelo, y un momento de vuelco. Al aumentar la velocidad, se incrementaran ambos efectos por lo que el vehículo puede perder su trayectoria, si la adherencia transversal es sobrepasada, o volcar, en ciertas condiciones. Para una primera apreciación se puede considerar por cualquier situación un desplazamiento de su centro de gravedad, como consecuencia de la flexibilidad de la suspensión, ejerce una influencia despreciable. Así mismo se supondrá que la calzada en la curva dispone de un peralte expresado por su ángulo de inclinación (ζ) respecto a la horizontal.

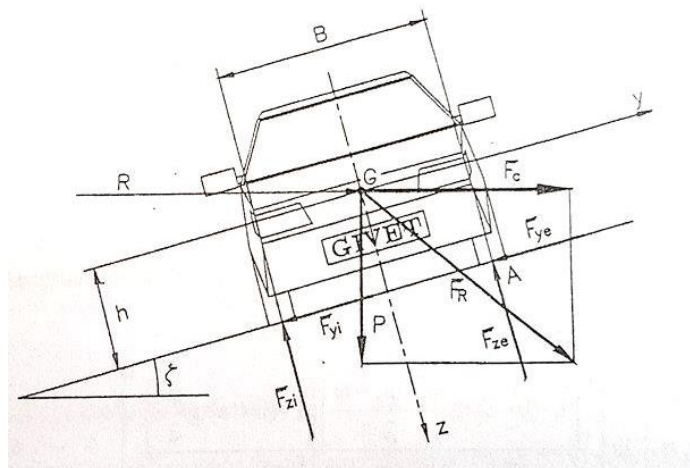


Figura 48 Modelo bidimensional para el cálculo de la velocidad límite de vuelco.

Fuente: Teoría de los Vehículos Automóviles, Aparecido Izquierdo, Madrid,

Noviembre 2001

En donde:

F_{zi}, F_{ze} = fuerzas normales a la superficie de rodadura

F_{yi}, F_{ye} = fuerzas laterales

μ = coeficiente de adherencia entre neumático – piso

✓ **Cálculo aproximado de la velocidad de vuelco.**

La condición límite de vuelco, puede expresarse geoméricamente en la figura 3.12, cuando la resultante, F_r , de las fuerzas que actúan sobre el centro de gravedad del vehículo (P y F_c), corta a la superficie de rodadura en el punto exterior de la huella contacto con el neumático exterior.

Puesto que:

$$F_y = F_c \cdot \text{Cos } \zeta - P \cdot \text{Sen } \zeta \quad [1]$$

$$F_z = P \cdot \text{Cos } \zeta + F_c \cdot \text{Sen } \zeta \quad [2]$$

La condición de vuelco podrá formularse:

$$\frac{F_y}{F_z} = \frac{F_c \text{Cos } \zeta - P \text{Sen } \zeta}{P \text{Cos } \zeta + F_c \text{Sen } \zeta} \quad [3]$$

Teniendo en cuenta que la fuerza centrífuga es:

$$F_c = \frac{P \cdot v^2}{g \cdot R} \quad [4]$$

En donde:

F_c = Fuerza centrífuga

$P = \text{peso}$

$v^2 = \text{Velocidad}$

$R = \text{radio}$

Sustituyendo la ecuación [4] en la ecuación [3] y despejando V, puede obtenerse la velocidad límite de vuelco V_{lv}

$$V_{lv} = \sqrt{gR \frac{\frac{B}{2h} + tg\zeta}{1 - \frac{B}{2h} * tg\zeta}}$$

Ecuación 3.4 Velocidad límite de vuelco con peralte.

Y para el caso de peralte nulo:

$$V'_{lv} = \sqrt{gR \frac{B}{2h}}$$

Ecuación 3.5 Velocidad límite de vuelco con peralte 0

En donde:

$V_{lv} = \text{Velocidad limite de vuelco}$

$V'_{lv} = \text{Velocidad limite sin peralte}$

$\zeta = \text{Angulo de inclinacion}$

$g = \text{Centro de Gravedad}$

$R = \text{radio de la trayeccion del vehiculo}$

$B = \text{via o ancho del vehiculo}$

$h = \text{altura del centro de gravedad}$

Para el caso de nuestro prototipo utilizaremos las siguientes medidas para dicho cálculo.

Datos:

$$l_1 = 0,55m$$

$$l_2 = 0,97m$$

$$h = 0,38m$$

$$\mu = 0,8$$

$$B = 1.33m$$

$$R = 100 m$$

$$\zeta = 0^\circ \text{ y } 15^\circ$$

Cálculos:

$$\mu_{max} < \frac{B}{2h}$$

$$0.8 < \frac{1.33}{2 * 0.38}$$

$$0.8 < 1.75$$

Si $\mu_{max} < \frac{B}{2h}$, en este caso podemos deducir que nuestro vehículo tiende a derrapar antes a que a volcarse. Este caso de turismos y de vehículos industriales circulando sobre calzadas con adherencia no muy elevadas.

- Vamos a suponer un peralte aproximado de 15° sobre la calzada con la finalidad de determinar la velocidad de vuelco.

$$V_{lv} = \sqrt{gR \frac{\frac{B}{2h} + tg\zeta}{l - \frac{B}{2h} * tg\zeta}}$$

$$V_{lv} = \sqrt{(9.82m/s^2)(100m) \left(\frac{\frac{1.33m}{2 * 0.38m} + \tan 15}{1 - \left(\frac{1.33}{2 * 0.38} * \tan 15 \right)} \right)}$$

$$V_{lv} = \sqrt{(982m^2/s^2) \left(\frac{0.9}{2.48} \right)}$$

$$V_{lv} = \sqrt{353.52 m^2/s^2}$$

$$V_{lv} = 18.80 m/s$$

$$V_{lv} = 68 Km/h$$

- Vamos a suponer un peralte de 0

$$V'_{lv} = \sqrt{gR \frac{B}{2h}}$$

$$V_{lv} = \sqrt{(9.82m/s^2)(100m)(1.75)}$$

$$V_{lv} = \sqrt{1718 m^2/s^2}$$

$$V_{lv} = 41.45 m/s$$

$$V_{lv} = 149.23 Km/h$$

3.3.2.3 REPARTICION DE MASAS PRINCIPALES DEL VEHÍCULO.

El objetivo es evitar un cambio considerable en la geometría de la suspensión al momento de realizar una aceleración o desaceleración brusca. Una mala distribución de masa procura que el centro de gravedad del vehículo varíe continuamente provocando una inestabilidad en la vía urbana, este fenómeno se debe a que todas las reacciones que intervienen en el vehículo dependen del CG.

Tabla 21 Masas principales del Prototipo V. E.

Fuente: Los autores.

#	Elementos	Masa (Kg)	Tipo de Cargas
1	Conductor	90	Cargas vivas
2	Silla de Auto desplazamiento	15	
3	Carga Adicional del pasajero	35	
4	Motor Eléctrico	20	Cargas Muertas
5	Dirección	2	
6	Sistema de Frenos	4	
7	Batería Eléctrica	18	
8	Neumáticos	7,5	
9	Torsen y soportes	7,5	

Para poder realizar este tipo de repartición es necesario que el centro de gravedad del vehículo se encuentre en la mitad de los dos ejes para analizar se considerara a los cuerpos como una estructura sencilla por facilidad de cálculo y para poder establecer el volumen que van a ocupar en la estructura.

Se iniciara bosquejando la parte inferior del chasis asignándole medidas conforme nuestro criterio de diseño.

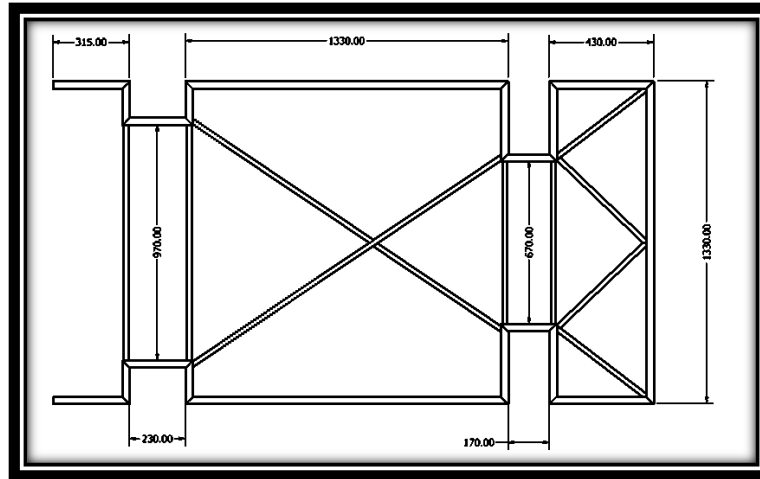


Figura 49 Bosquejo del piso del chasis. Vista Superior

Fuente. Los Autores

3.3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL CHASIS

Para proceder al dimensionamiento geométrico del CHASIS tomamos los siguientes datos o lineamientos generales, el largo, ancho y alto del vehículo, y otras medidas de la estructura siendo parámetros ya establecidos y descritos en los capítulos anteriores (Capítulo I, páginas: 22, 23, 27,28). Así como también criterios de espacio de acuerdo a los elementos de los diferentes sistemas a ser instalados en el vehículo tales como suspensión, dirección y frenos los cuales deben estar fijos o anclados a los diferentes soportes del chasis. Con todos estos planteamientos realizaremos un bosquejo el cual determine hacia donde queremos llegar, no se realiza con medidas sino simplemente nos proporciona una idea general de lo que se quiere obtener.

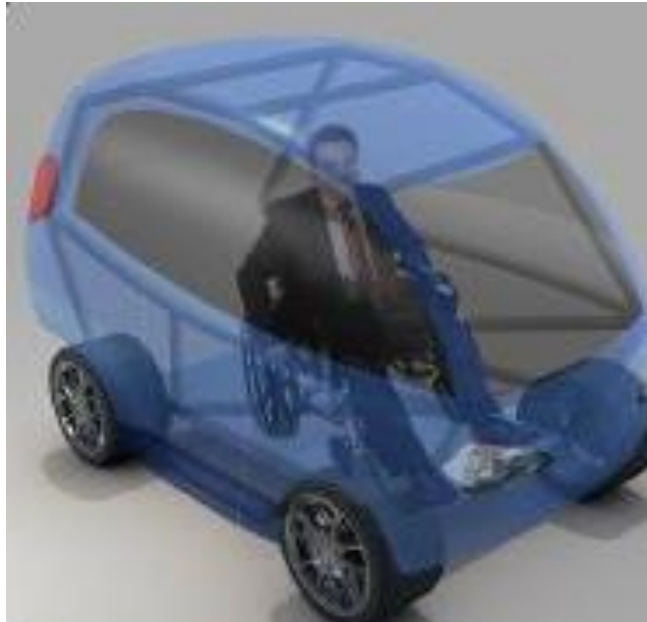


Figura 50 Bosquejo del chasis

Fuente. Los autores.

Luego nos centraremos en construir un bosquejo más detallado tomando en cuenta que es una estructura tubular y se tratará de realizar un dibujo en isometría en el que se pueda visualizar un chasis tubular, cuyo propósito es obtener los análisis respectivos así como también los puntos de anclaje de los diferentes sistemas del vehículo.

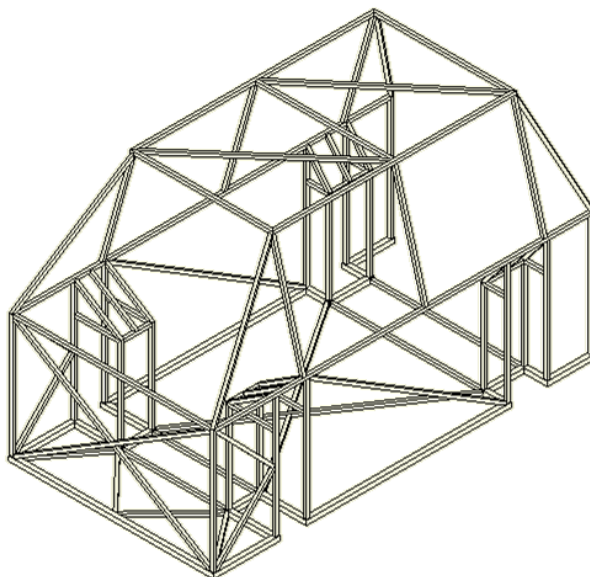


Figura 51 Dimensionamiento del Chasis Tubular en Inventor 2013

Fuente. Los Autores

3.3.3.1 MATERIALES A UTILIZAR

Según la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1323 “los materiales aceptados para la construcción de la carrocería de buses deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las normas NTE INEN correspondientes vigentes, en caso de no existir dichas normas deberán utilizarse los reglamentos equivalentes de conocido prestigio tales como ASTM. DIN. JIS. ANSI.”⁴³

La normativa titulada NORTH AMERICAN SPECIFICATION FOR THE DESIGN OF COLD FORMED STEEL STRUCTURAL MEMMBERS de la AISI (American Iron and Steel Institute) nos indica una serie de aceros aplicables para la construcción de estructuras metálicas, según la norma INEN 1323 y la normativa internacional se permite el uso de perfiles de acero estructural acero ASTM A500, para la construcción de estructuras de chasis de buses.

Tabla 22 Características del Acero Estructural ASTM A500.

Fuente: NTE INEN 2415, Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales. Requisitos, 2009.

⁴³ INEN 1323, Vehículos automotores, carrocerías de buses requisitos, 2009.

CARACTERITICAS	UNIDADES	VALOR
Densidad	$\frac{g}{cm^3}$	7870
Módulo de Young	GPa	200000
Coeficiente de Poisson	Su	0,29
Límite de Elasticidad	MPa	350000
Resistencia Máxima a la Tracción	MPa	420
Conductividad Térmica	$\frac{W}{mK}$	52000
Expansión Lineal	$\frac{su}{c}$	0,000012
Calor Específico	$\frac{J}{Kg.K}$	0,486

3.3.3.1.1 ENSAYO DE TRACCION DEL MATERIAL A UTILIZAR

Este ensayo consiste en realizar una prueba de tracción en el material, es decir someterlo a esfuerzos axiales y poder obtener sus características hasta llegar al punto de ruptura. Para este ensayo es necesario tener una probeta normalizada del material a utilizar, en nuestro caso de un tubo estructural de sección cuadrada. Según la Norma INEN 109 preparamos nuestra probeta para el respectivo ensayo.

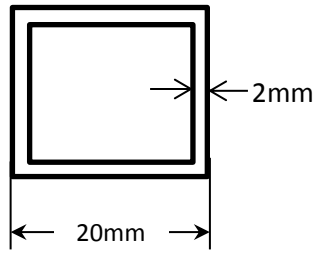


Figura 52 Sección Transversal del tubo

Fuente: Los Autores

Para poder obtener las medidas necesarias de la probeta según la norma, es necesario encontrar el Área de la Sección Transversal del tubo a utilizar, teniendo:

$$A_t = (20 * 2) * 2 + (16 * 2) * 2$$

$$A_t = 144mm^2$$

Luego de calcular el Área Transversal de nuestro material, vamos a obtener la longitud mínima necesaria de la probeta para realizar el ensayo teniendo:

$$L = \sqrt{A_t} * 11,3$$

$$L = \sqrt{144} * 11,3$$

$$L = 135,6mm$$

Por norma debemos redondear esta cantidad al inmediato superior múltiplo de 5, teniendo:

$$L = 140\text{mm}$$

Se intrdujo un buje de acero de una longitud de 10mm en cada extremo de las probetas, con el fin de que las mordazas del banco de ensayo no deformen los puntos de sujeción de la probeta; como se muestra en la figura:



Figura 53 Probetas para ensayo

Fuente: Los Autores

Una vez colocada la probeta, se la asegura de manera correcta con el fin de que no exista resbalamiento y por lo tanto no afecte en los resultados que se obtendran.



Figura 54 Montaje de la probeta

Fuente: Los Autores

El ensayo finaliza una vez que se llega al punto de ruptura de la probeta, tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 55 Fractura de la probeta

Fuente: Los Autores

Luego de someter la probeta a esfuerzos de tracción podemos comparar la deformación que ha tenido la misma con respecto a una probeta de las mismas características y medidas sin ser sometida a dichos esfuerzos.



Figura 56 Montaje de la probeta

Fuente: Los Autores

Al finalizar el ensayo, obtuvimos los siguientes resultados, los mismos que nos dan la información necesaria para poderlo analizar y a su vez decidir utilizar en la construcción de nuestro chasis.

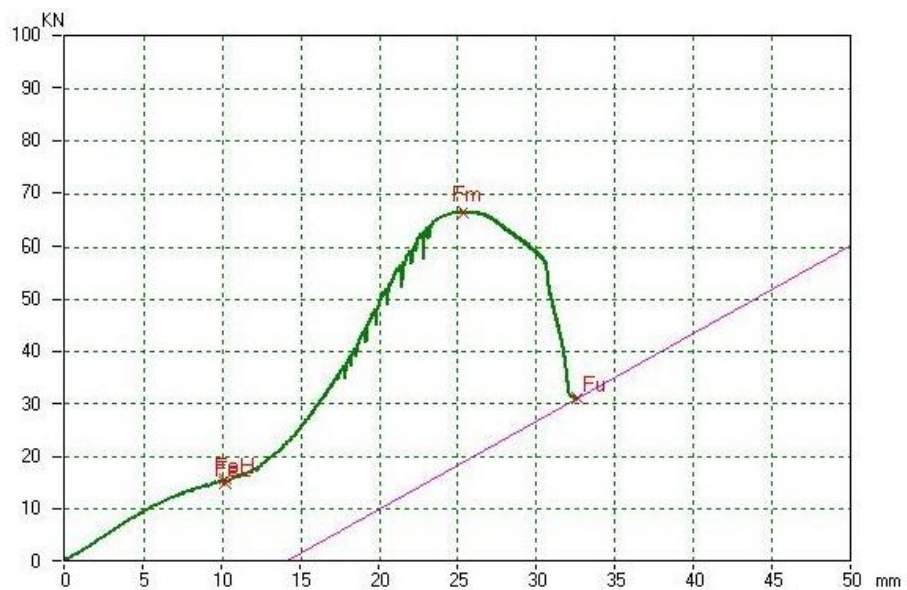


Figura 57 Resultados del Ensayo

Fuente: Los Autores

En la figura 3.14 podemos observar el diagrama de esfuerzos como resultado de este ensayo con el material escogido, obteniendo el Punto de Fluencia, el Esfuerzo Máximo y finalmente el Punto de Fractura.

Tabla 23 Resultados de ensayo de Tracción

Fuente: Los Autores

Alargamiento A %:	12.62 %	
Carga máxima Fm:	66.41 KN	Rm: 452.4 N/mm ²
Carga de ruptura Fu:	31.14 KN	
Carga de fluencia sup. FeH:	15.63 KN	ReH: 106.5 N/mm ²
Carga de fluencia inf. FeL:	14.82 KN	ReL: 101 N/mm ²

Con los datos obtenidos en este ensayo, y conociendo los puntos críticos, esfuerzos que puede resistir, y su porcentaje de deformación; podemos concluir con la norma señalada en el Capítulo 2, página 56 que hace referencia a las Regulaciones y Normas que debe cumplir nuestro diseño, siendo esta parte específica para la construcción del chasis, incluido en la Norma INEN 1323 para el acero ASTM A500, tomándolo como idóneo para el proceso de diseño y construcción del prototipo.

3.3.4 SIMULACIONES DEL CHASIS


3.3.4.1 INTRODUCCION A LA SIMULACIÓN

El tipo de análisis necesario exige describir la deformación de los materiales, las simulaciones están sustentadas en el comportamiento del acero específicamente, por esto se ha detallado en capítulos anteriores las propiedades mecánicas y el criterio de falla correspondiente del acero.

Como registro de la interacción con el software Ansys 14.5.7 se detalla el proceso de armado del modelo para cada uno de los casos de impacto.

3.3.4.2 CAD Y MALLA

Se partió del diseño del chasis del Vehículo Eléctrico, que fue generada en el software Autodesk Inventor 2013, y se importaron dándoles la propiedad de superficies medias en el software Ansys 14.5.7

Con la geometría optima alcanzada, se llevó acabo la generación del mallado, adoptando la opción Body  Body Sizing Sizing. Mediante un tamaño de elemento de mínimo 5mm y máximo 7mm, todo el chasis fue mallado en conjunto, conservando la conectividad de todos

sus elementos; haber procedido de esta forma se logró que todos los elementos fueran validados por los estándares del programa.

Sizing	
Use Advanced Size Function	On: Curvature
Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Span Angle Center	Coarse
Curvature Normal Angle	7,0 °
Min Size	5,0 mm
Max Face Size	7,0 mm
Growth Rate	Default
Minimum Edge Length	3,324e-002 mm

Figura 58 Datos del Sizing

Fuente: Los autores

Los resultados han sido satisfactorios ya que se obtuvo una malla de alta calidad, en la cual los elementos presentan una buena relación de aspecto.

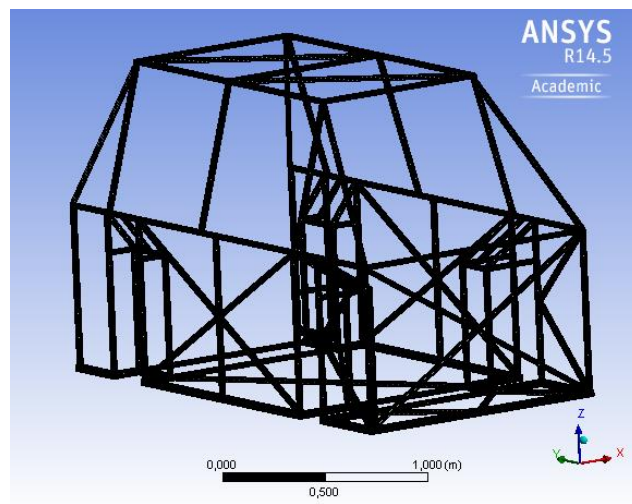


Figura 59 Malla de elementos finitos (Vista Isométrica)

Fuente: Los Autores

Todo lo descrito es necesario para garantizar la convergencia del método a cada paso de tiempo y la estabilidad numérica durante todo el proceso de cálculo.

La malla generada se compone de 127787 nodos y 128886 elementos, con una calidad de elementos del 95%.

Defaults	
Sizing	
Inflation	
Patch Conforming Options	
Advanced	
Defeaturing	
Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	127460
<input type="checkbox"/> Elements	128513
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	0,103119103777424
<input type="checkbox"/> Max	0,999640033204417
<input type="checkbox"/> Average	0,956014301601742
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,071218190041975

Figura 60 Estadísticas del mallado.

Fuente: Los Autores.

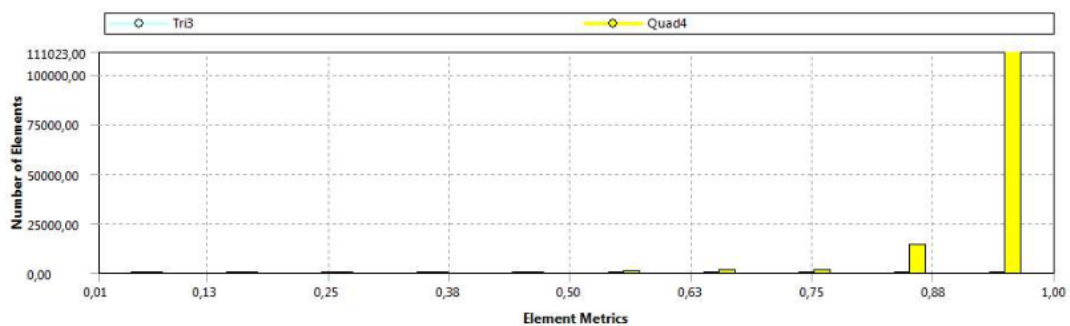



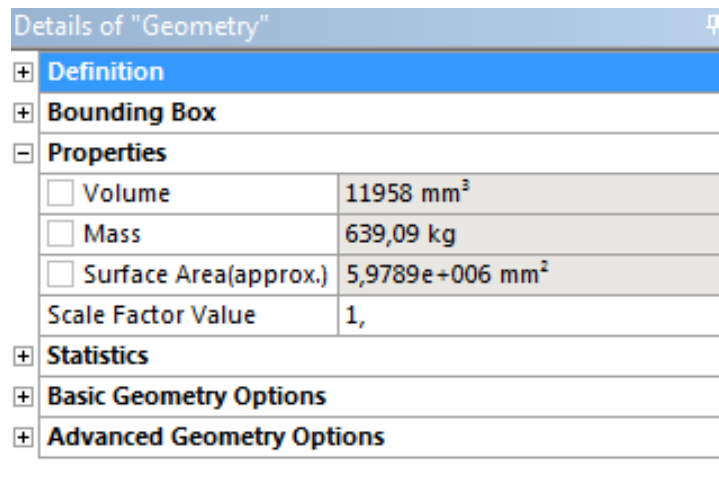
Figura 61 Calidad del mallado

Fuente: Los Autores

3.3.4.3 PREPARACIÓN PARA LOS CASOS DE IMPACTO

El primer paso que damos para todas las simulaciones consiste en importar la geometría creada desde el software Autodesk Inventor 2013, para seguir con el mallado en el software utilizado en las pruebas de impacto. Para todas las simulaciones se ha considerado una situación crítica, es por esto que se utilizaron estructuras analíticamente rígidas (muro, poste y chasis del Vehículo Eléctrico), con el fin de que se transmita el 100% de la carga del impacto al chasis.

Seguido se asignó la masa en la opción  **Point Mass** un total de 640 kg, que fue distribuida uniformemente en todo el chasis.



Details of "Geometry"	
+ Definition	
+ Bounding Box	
- Properties	
<input type="checkbox"/> Volume	11958 mm ³
<input type="checkbox"/> Mass	639,09 kg
<input type="checkbox"/> Surface Area(approx.)	5,9789e+006 mm ²
Scale Factor Value	1,
+ Statistics	
+ Basic Geometry Options	
+ Advanced Geometry Options	

Figura 62 Masa total asignada del Vehículo Eléctrico

Fuente: Los Autores.

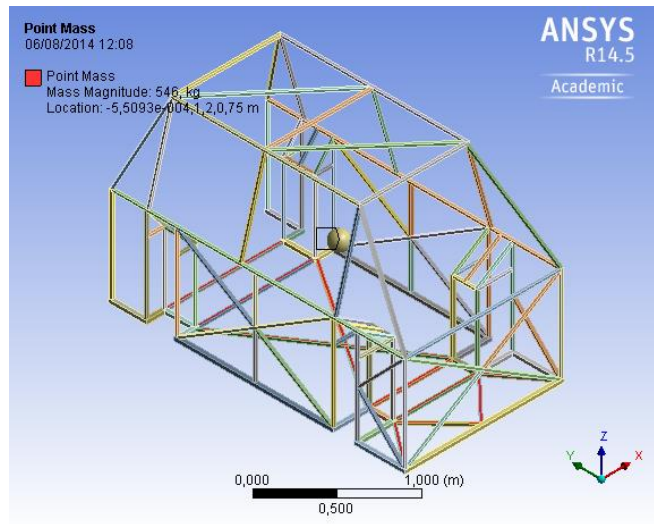


Figura 63 Masa total distribuida en todo el chasis de Vehículo Eléctrico.

Fuente: Los Autores.

3.3.4.4 SIMULACIÓN DE CARGAS ESTÁTICAS

La simulación estática trata de colocar sobre la estructura computarizada cada una de las fuerzas que intervienen sobre el prototipo del V.E. totalmente cargado sin movimiento, esto según la normativa INEN 1323 vigente en el Ecuador, estas cargas son: las vivas, las muertas y la de resistencia de la estructura.

3.3.4.4.1 ANALISIS DE RESISTENCIA A LA ESTRUCTURA

A continuación se encuentra la dirección, posición y magnitud de la carga de la resistencia de la estructura sobre el modelo convencional, misma que se aplica sobre el techo según pide la normativa.

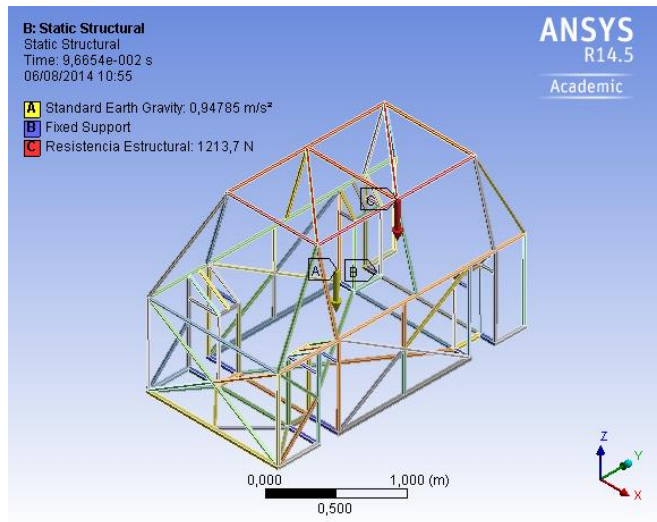


Figura 64 Aplicación de la carga

Fuente. Los Autores

Deformación Total

En la siguiente figura se indica la deformación total de 9,734 mm correspondientes a la carga aplicada en la estructura del techo de nuestro prototipo del V.E.

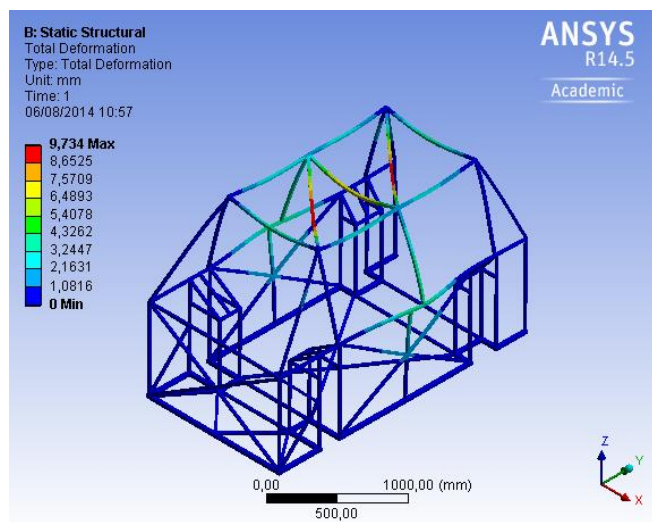


Figura 65 Deformación total de la estructura.

Fuente. Los Autores

Equivalente de Von-Mises

En la siguiente figura observamos el equivalente de Von Mises frente a la carga de la resistencia de la estructura donde el esfuerzo máximo es de 998.18 MPa en las uniones, valor que no se tomara en cuenta porque el software no reconoce las uniones como partes soldadas, entonces el valor a considerar es de 110.91 MPa que es el valor real del coeficiente de Von Mises en la estructura.

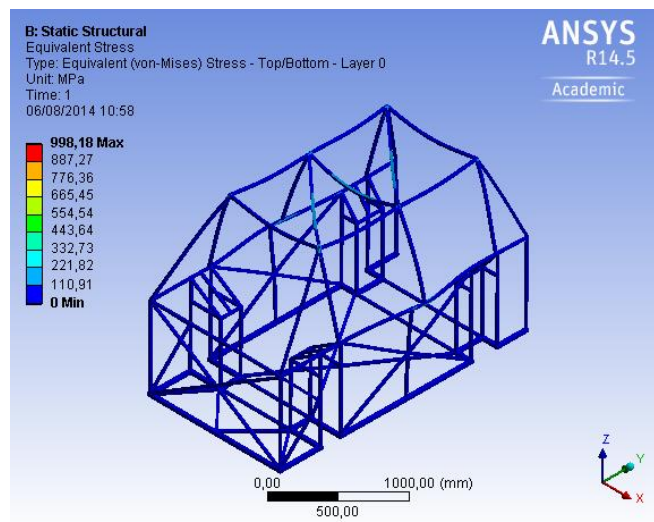


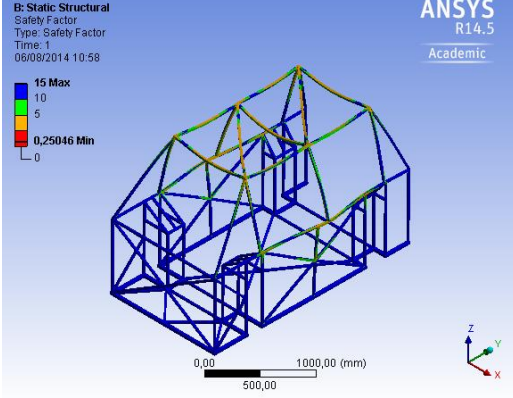
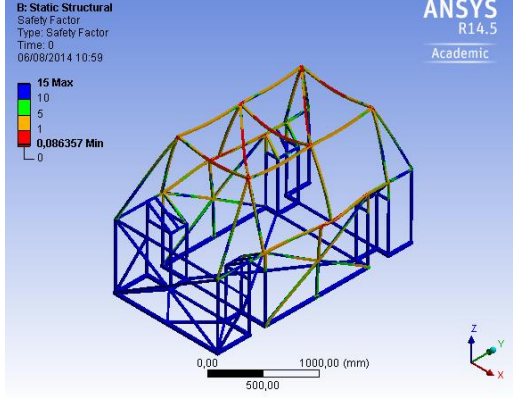
Figura 66 Esfuerzo equivalente de Von Mises de la estructura

Fuente. Los Autores

Ahora analizaremos el factor de seguridad en distintos casos:

Tabla 24 Factor de Seguridad

Fuente. Los autores

<p align="center">Factor de seguridad de la estructura</p>	<p align="center">Factor de seguridad de fatiga</p>
	
<p>Factor de seguridad frente a la carga de resistencia de la estructura con un valor mínimo de 0.25046</p>	<p>Factor de seguridad a la fatiga del material, el valor mínimo es 0,0863 MPa</p>

Conclusiones:

Tabla 25 Análisis de resultados.

Fuente. Los autores

RESULTADOS OBTENIDOS			
Deformación	Esfuerzo	Factor de	Factor de

máxima	equivalente de von mises	seguridad a la carga	seguridad por fatiga
9,734 mm	110.91 MPa	Min: 0.25046 Max: 15	Min: 0.0863 Max: 15

Al aplicar las cargas sobre nuestra estructura se puede apreciar una deformación máxima de 9,734 mm la cual se encuentra dentro del valor establecido por las normativas establecidas y según los análisis de espacio de supervivencia que se hicieron, no influirá para que nuestro ocupante sufra daños mayores. El valor del coeficiente de Von Mises es admisible ya que indica que el material de la estructura no presenta mayor riesgo de que llegue al límite de la fluencia, el factor de seguridad es un valor adimensional donde lo máximo se da en toda la estructura con un valor mínimo de 0.25046, el factor de fatiga del material de acuerdo a la carga soportada presenta un valor mínimo de 0.0863 y un valor máximo de 15.

3.3.4.4.2 ANALISIS DE CARGAS VIVAS Y MUERTAS

A continuación se dispone de la dirección posición y magnitud de la carga estática viva y muerta de la estructura sobre el modelo convencional, misma que se aplica sobre el piso según la normativa.

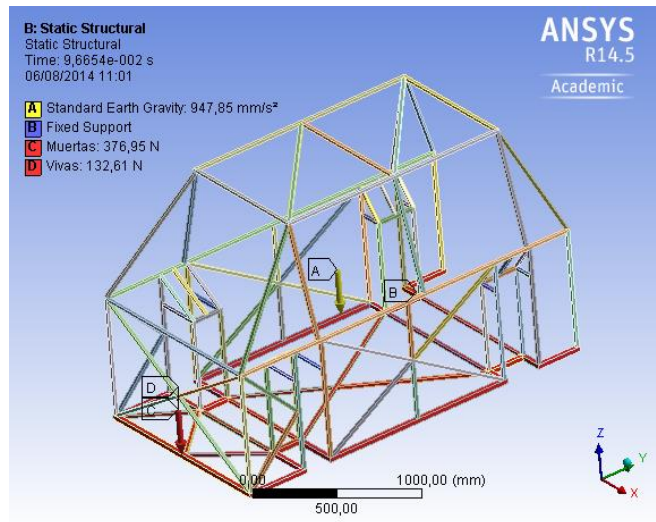


Figura 67 Aplicación de la carga

Fuente. Los Autores

Deformación Total

En la siguiente figura la deformación total frente a la carga estática de la estructura con una deformación máxima de 1,78 mm en el piso.

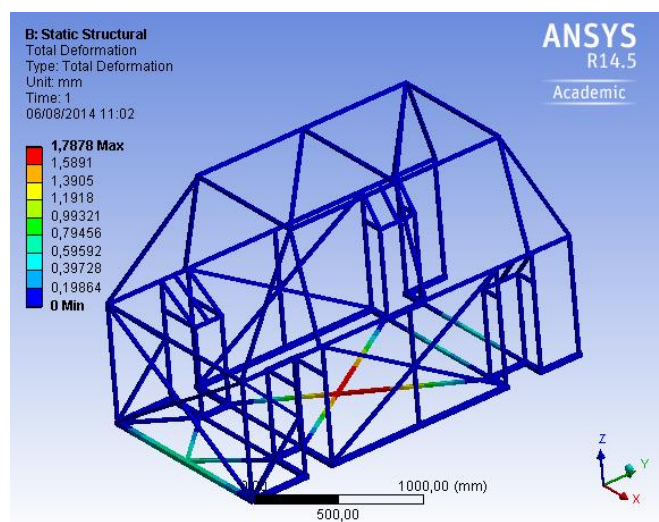


Figura 68 Deformación de la estructura

Fuente. Los Autores

Equivalente de Von-Mises

En la siguiente figura se aprecia el esfuerzo equivalente de Von Mises frente a la carga estática de la estructura donde el esfuerzo máximo es 79,936 MPa en las uniones, valor que no se tomara en cuenta puesto que el software no reconoce las uniones como partes soldadas, entonces el valor a considerar es 42.375 MPa que es el valor real del coeficiente de Von Mises.

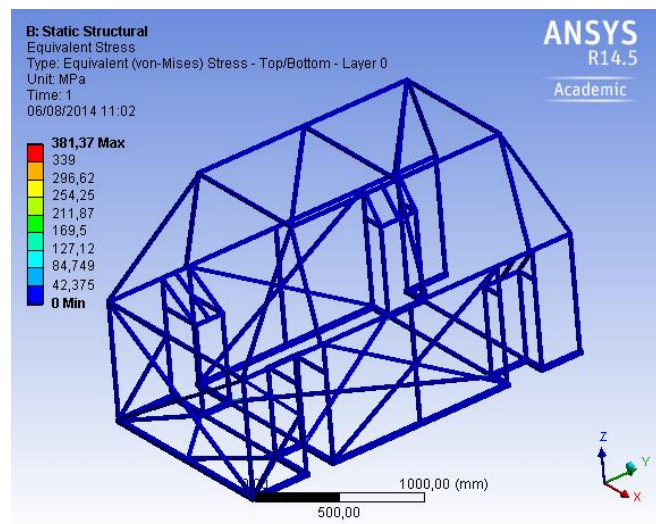


Figura 69 Esfuerzo equivalente de Von Mises

Fuente. Los Autores

Ahora analizaremos el factor de seguridad en distintos casos:

Tabla 26 Factor de seguridad

Fuente: Los autores

<p align="center">Factor de seguridad de la estructura</p>	<p align="center">Factor de seguridad de fatiga</p>
<p>Factor de seguridad frente a la carga de resistencia de la estructura con un valor mínimo de 0.6555</p>	<p>Factor de seguridad a la fatiga del material, el valor mínimo es 0,2260 MPa</p>

Conclusiones:

Tabla 27 Análisis de resultados

Fuente. Los autores

RESULTADOS OBTENIDOS			
Deformación máxima	Esfuerzo equivalente de von	Factor de seguridad a la	Factor de seguridad por

	mises	carga	fatiga
1.78 mm	42.375 MPa	Min: 0.6555 Max: 15	Min: 0.2260 Max: 15

La estructura al aplicar cargas vivas y muertas presenta una deformación máxima de 1.78 mm en el piso de nuestro prototipo del V.E. lo cual indica que es un valor aceptable ya que no invade la zona de supervivencia, el valor del coeficiente de Von Mises es admisible ya que indica que el material de la estructura no presenta un mayor riesgo de que llegue al límite de fluencia, el factor de seguridad es óptimo para toda la estructura excepto en las uniones con un valor mínimo de 0.6555; en cuanto al factor de seguridad por fatiga es similar al factor de seguridad teniendo un valor mínimo de 0.2260 mm.

3.3.4.4.3 SIMULACIÓN DE CARGAS DE GIRO Y FRENADO

La simulación trata de colocar sobre la estructura las fuerzas que intervienen sobre el chasis en movimiento, estas cargas son: la carga de giro, de frenado/aceleración brusca y aerodinámica, mismas que se han calculado para poder colocarlas sobre la estructura como cargas estáticas simulando el fenómeno dinámico a generarse en la estructura

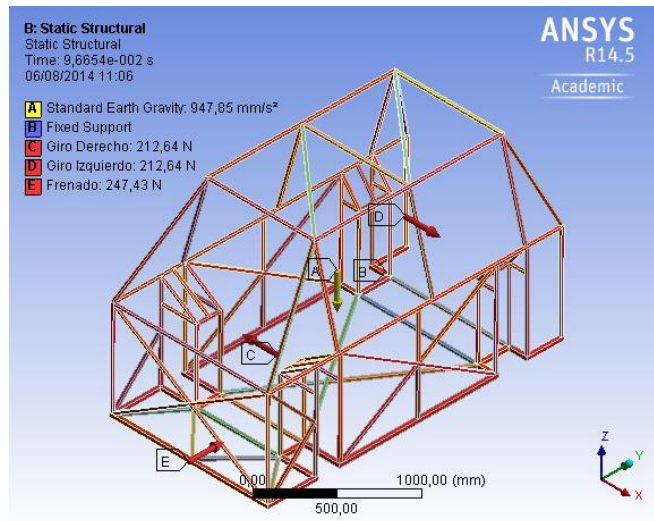


Figura 70 Aplicación de la carga

Fuente. Los Autores

Deformación Total

La siguiente figura se encuentra en deformación total frente a las cargas dinámicas de la estructura con una deformación de 2.299 mm en el frente.

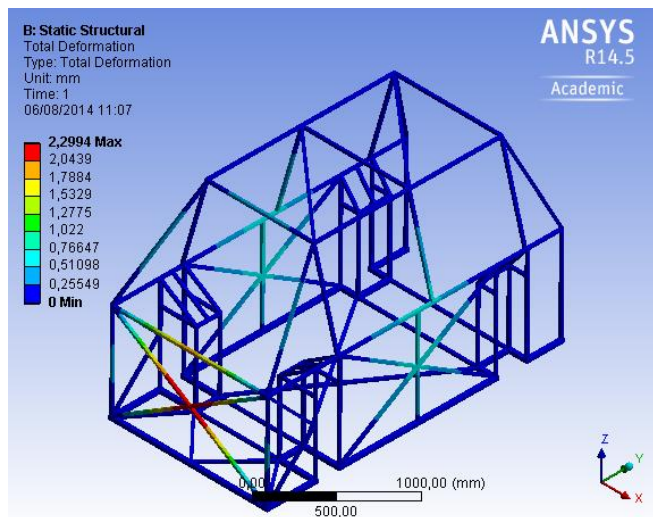


Figura 71 Deformación de la estructura

Fuente. Los Autores

Equivalente de Von-Mises

En esta imagen observamos el esfuerzo de Von Mises frente a las cargas dinámicas de la estructura donde el esfuerzo máximo es 254.73 MPa en las uniones, valor que no se tomara en cuenta porque el software no reconoce las uniones como partes soldadas, entonces el valor a considerar es 28.303 MPa que es el valor real del coeficiente de Von Mises de la estructura.

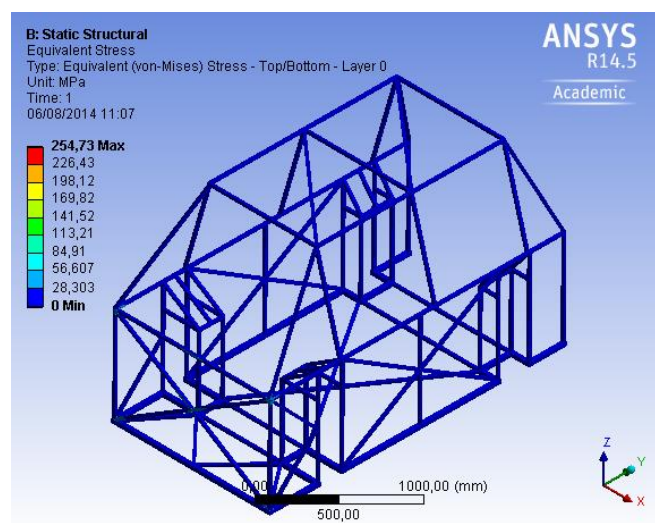


Figura 72 Equivalente de Von-Mises

Fuente: Los autores

Ahora analizaremos el factor de seguridad en distintos casos:

Tabla 28 Factor de seguridad

Fuente: Los autores

Factor de seguridad de la estructura	Factor de seguridad de fatiga
<p>B: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 06/08/2014 11:08</p> <p>ANSYS R14.5 Academic</p> <p>15 Max 10 5 0.98143 Min 0</p> <p>0,00 500,00 1000,00 (mm)</p>	<p>B: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 0 06/08/2014 11:08</p> <p>ANSYS R14.5 Academic</p> <p>15 Max 10 5 0.3384 Min 0</p> <p>0,00 500,00 1000,00 (mm)</p>
<p>Factor de seguridad frente a la carga de resistencia de la estructura con un valor mínimo de 0.9814</p>	<p>Factor de seguridad a la fatiga del material, el valor mínimo es 0,3384 MPa</p>

Conclusiones:

Tabla 29 Análisis de resultados

Fuente. Los autores

RESULTADOS OBTENIDOS			
Deformación	Esfuerzo	Factor de	Factor de

máxima	equivalente de von mises	seguridad a la carga	seguridad por fatiga
2.299 mm	28.303 MPa	Min: 0.9814 Max: 15	Min: 0.3384 Max: 15

Al analizar la respuesta de la estructura soportando las cargas aerodinámicas se tiene una deformación máxima de 2.299 mm en la parte frontal, valor que no afecta dentro del espacio de supervivencia, el valor del coeficiente de Von Mises es admisible ya que indica que el material de la estructura no presenta mayor riesgo de que llegue al límite de fluencia, el factor de seguridad frente a estas cargas es óptimo en toda la estructura excepto en las uniones con un valor de 0.9814; el factor de seguridad de fatiga tiene un valor mínimo de 0.3384.

3.3.4.4 RIGIDEZ TORCIONAL

Este valor se toma al ejercer un par torsor en los puntos de anclaje de la suspensión delantera, mientras se fijan los puntos de anclaje de la suspensión trasera como se muestra en la figura. La estructura del Vehículo Eléctrico recibirá cargas dinámicas, las cuales se van a concentrar en el chasis, en su mayoría en los puntos de anclaje de la suspensión los cuales deberían tener un refuerzo para que no se tuerzan y desvíen, causando un daño grave para el manejo del

vehículo. Es por esto que se optara por una rigidez torsional alta sin dejar de lado el costo y el peso de este.

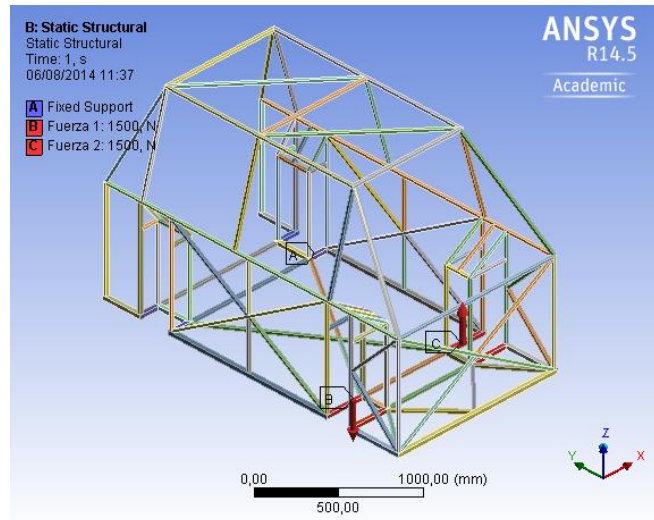


Figura 73 Aplicación de la carga torsora.

Fuente. Los Autores

Deformación Total

Para escoger la carga a la que se sometió el chasis, se tomó en cuenta el factor de seguridad no menor a 2, el cual es suficientemente seguro para el análisis de la rigidez torsional, por lo tanto la fuerza aplicada a cada punto de anclaje de la suspensión fue de 1500 N.

Los valores de deformación total llegan a un máximo de 2,8271mm, los cuales no serán valores de deformación permanente ya que estos esfuerzos no son mayores al límite de fluencia del material.

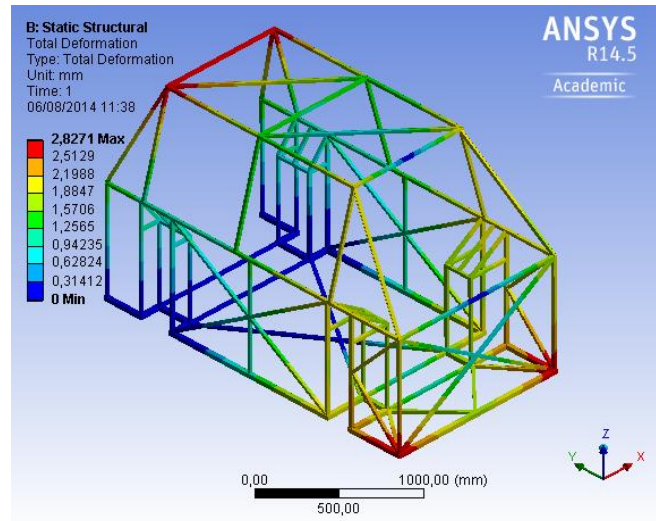


Figura 74 Deformación de la estructura

Fuente. Los Autores

Equivalente de Von- Mises

El esfuerzo Equivalente de Von Mises máximo es de 168.23 MPa valor que no se tomara en cuenta porque el software no reconoce las uniones como partes soldadas, el valor mínimo es de 56.036 el cual es admisible ya que no se acerca al límite de fluencia del material.

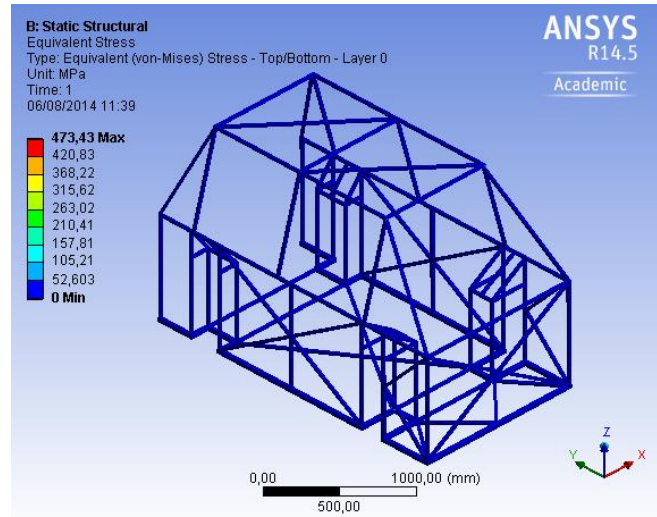


Figura 75 Esfuerzo equivalente de Von Mises

Fuente. Los Autores

Conclusiones:

Al colocar las fuerzas torsoras sobre el chasis de nuestra estructura para analizar la rigidez torsional nos damos cuenta que sufre una deformación máxima de 9.52 mm la cual simulan cargas que se producen por efectos de bacheo , curvas y en general por condiciones que se dan al momento de la conducción, es decir está dentro de un límite aceptable según el análisis de espacio de supervivencia, además el valor del coeficiente de Von Mises es admisible ya que indica que el material de la estructura no presenta mayor riesgo de que llegue al límite de fluencia.

3.3.4.5 SIMULACIÓN DE CARGAS DINÁMICAS

3.3.4.5.1 IMPACTO FRONTAL

Siguiendo los requerimientos de la prueba EURO NCAP para impactar el 40% de la sección frontal del carro, fue creado un muro fijo con un ancho de 0.6m ya que el ancho del chasis mide 1.5m y una altura de 1,5m tal como se observa en la figura.

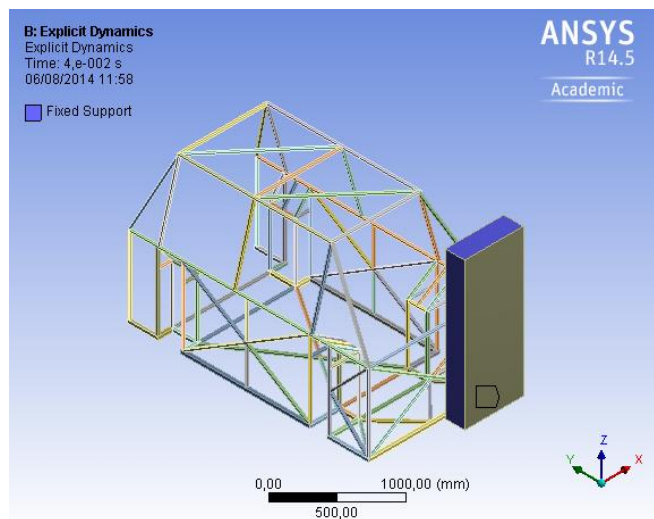


Figura 76 Impacto frontal

Fuente: Los Autores

También se asignó la velocidad del chasis con una velocidad inicial de 45 km/h sobre el eje y, como se muestra en la figura.

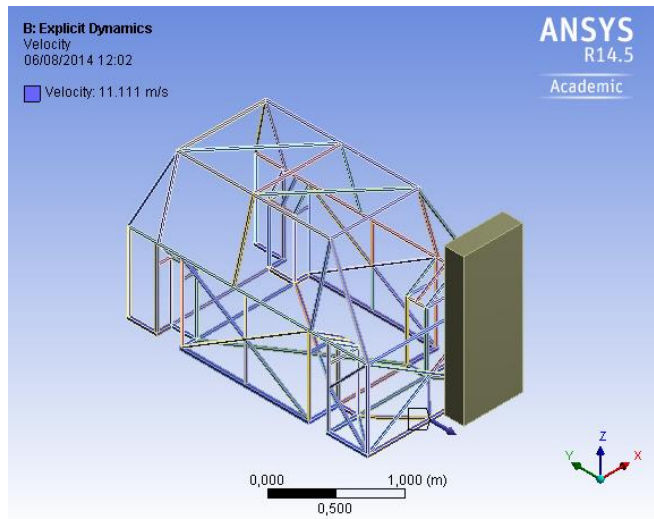


Figura 77 Impacto Frontal

Fuente: Los Autores

Después de esta breve introducción para dicho análisis vamos a comenzar a generar los resultados mediante las condiciones que se mencionaran a continuación.

Deformación Total

El valor máximo de desplazamiento es de 261,58mm que corresponde al lado derecho del vehículo; dado que el lado izquierdo como se muestra en la figura se impacta contra el muro, por lo tanto se puede aseverar que el habitáculo sufrió una invasión de 26cm sobre el lado izquierdo.

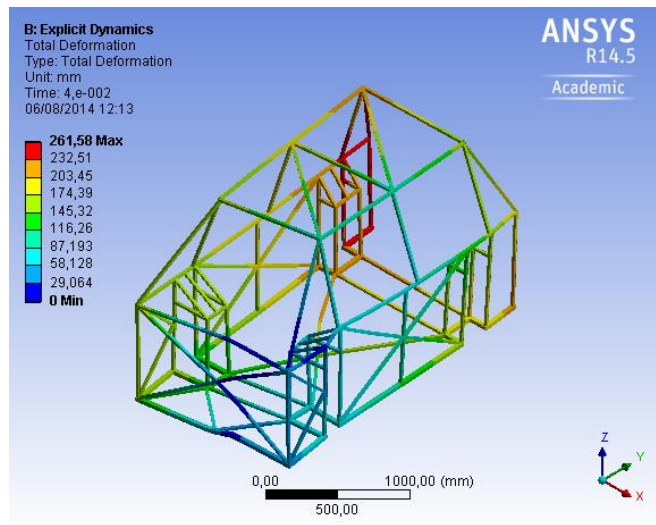


Figura 78 Desplazamiento

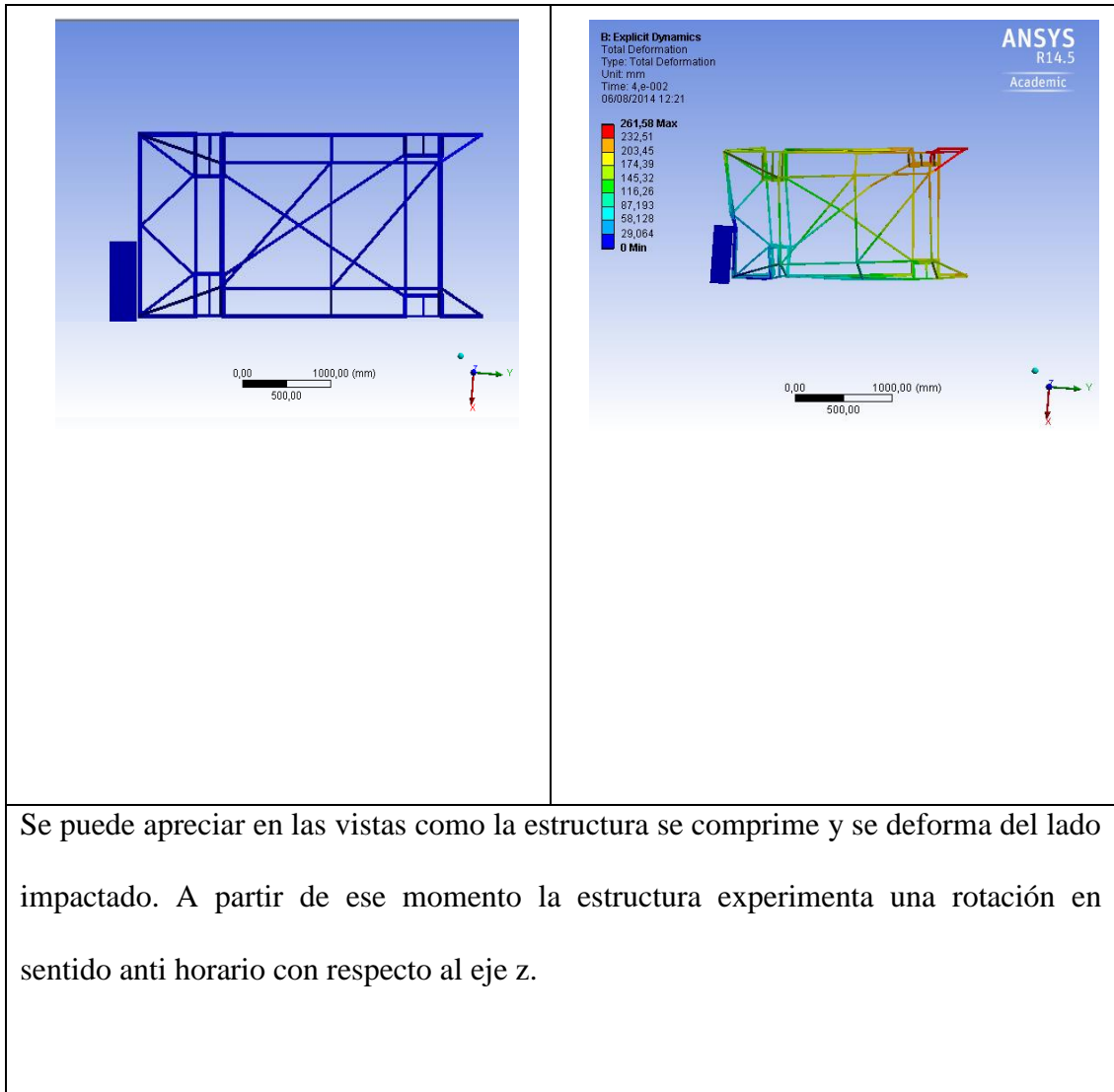
Fuente: Los Autores

Seguido se muestra la estructura en varios planos y al finalizar el momento de impacto con la finalidad de observar y obtener algunas conclusiones:

Tabla 30 Variaciones en el impacto

Fuente: Los autores

t= 0	t = 4.02 ms
------	-------------



El choque no solo tiene repercusiones en el área de contacto, sino también en el techo y en la parte posterior derecha, ya que se la puede tomar como un monocasco, como podemos ver en la figura.

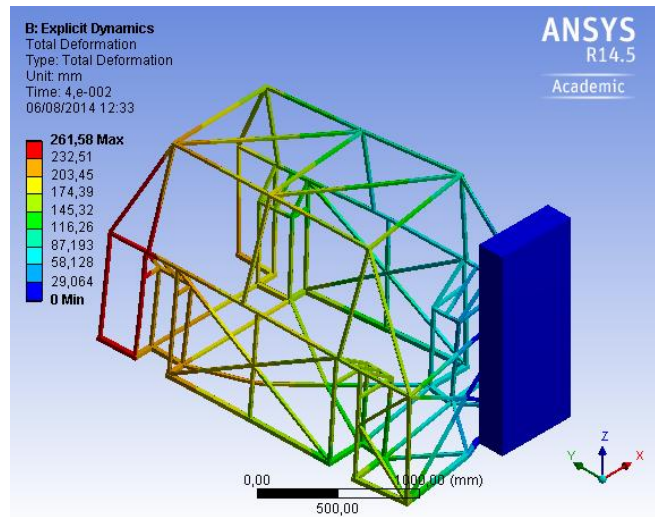


Figura 79 Deformación en toda la estructura

Fuente: Los Autores

La vista muestra una deformación elástica como un mecanismo para disipar la energía, así se puede ver la deformación del techo, confirmando la interacción integral de la carrocería ante el impacto.

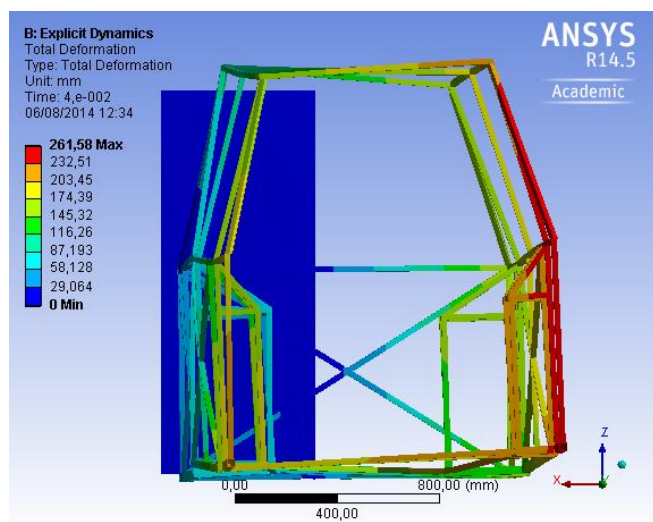


Figura 80 Giro horario con respecto al eje z en $t=4,02\text{ms}$

Fuente: Los Autores

En las pruebas convencionales de impacto frontal se puede ver un ligero levantamiento de la parte trasera del vehículo, esto se debe a que el centro de gravedad del vehículo se encuentra a 85cm sobre el eje z con respecto al piso. El área de contacto entre el muro y el extremo del chasis actúa como un centro de rotación y hace que el centro de gravedad ejerza un momento negativo respecto al eje y, gracias a la cantidad de movimiento inicial y el brazo de palanca. Con todas las explicaciones anteriores se pudo dar evidencia de la dinámica del chasis, visualizando las características del movimiento que lo producen, ahora se va a puntualizar en los esfuerzos a los que se encuentra sometido.

Equivalente de Von-Mises

Se observa en la siguiente figura el esfuerzo equivalente de von Mises frente a las cargas de impacto del chasis, donde el máximo esfuerzo es 694.88 MPa en las uniones, valor que no se tomara en cuenta porque el software no reconoce las uniones como partes soldadas; entonces el valor a considerar es 231.63 MPa que es el valor real del coeficiente de Von-Mises en la estructura.

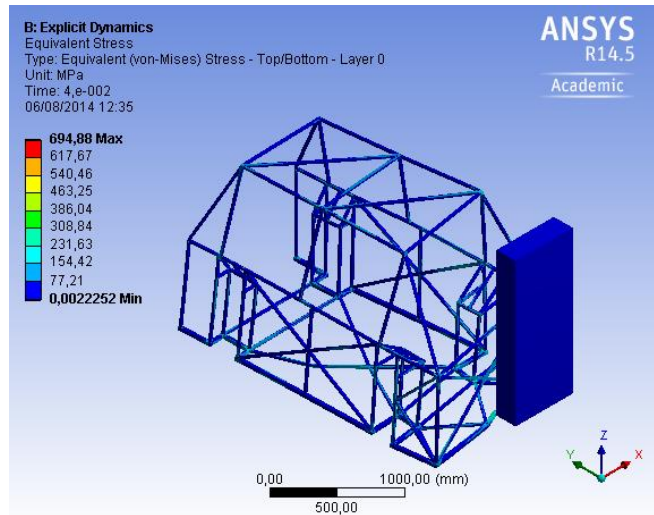


Figura 81 Giro horario con respecto al eje z en $t=4,02\text{ms}$

Fuente: Los Autores

A continuación se presentan las gráficas que muestran el cambio de distintas variables respecto al tiempo (energía cinética, energía interna).

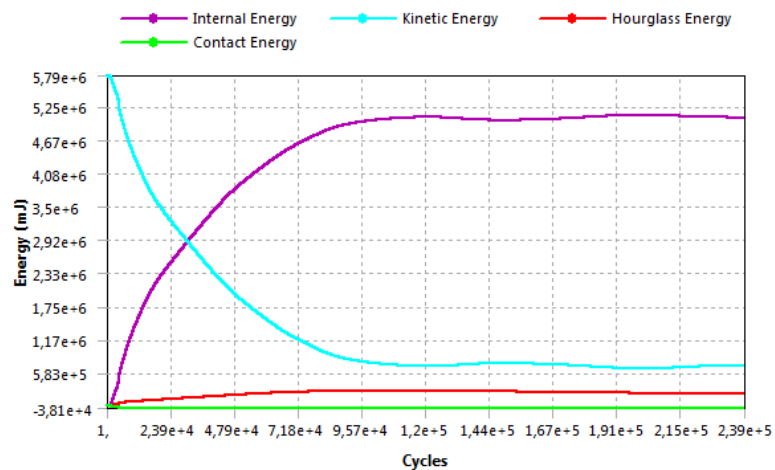


Figura 82 Grafica de resumen de energía.

Fuente: Los Autores.

Esta grafica es muy importante ya que nos permite conocer el estado energético del chasis en todo momento. Se parte entonces de $t=0$; la energía interna se mantiene en 0 y la energía cinética inicial es:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Ecuación 3.6 Energía Cinética

Fuente. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/ke.html>

$$E = 0.5(640kg) \left(12.5 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$E = 5 \times 10^4 J$$

Conforme pasa el tiempo se suscita el intercambio de energía; el carro va deteniéndose, es decir va disminuyendo su energía cinética pero al mismo tiempo va deformándose tanto elástica como plásticamente y eso genera el aumento de la energía interna.

3.3.4.5.2 IMPACTO LATERAL CONTRA UN VEHÍCULO

EURO NCAP establece que el ancho del carro de prueba sea de 1.5m, sin embargo no especifica la altura ni la masa de este. No obstante la dimensión citada es la misma que el ancho del chasis, por lo tanto para complementar la información se optó por tomar la altura de la parte frontal del chasis.

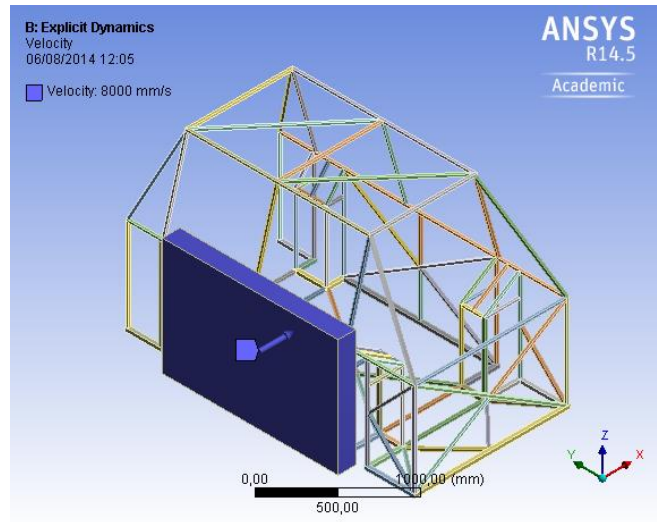


Figura 83 Impacto Lateral

Fuente: Los Autores

Se tiene con esto un muro que impacta con el chasis, con 1.5m de ancho, 1m de alto y 0.2m de ancho. La masa es de 640kg al igual que la del Vehículo Eléctrico, y se mueve con una velocidad de 45km/h sobre el eje Y como se muestra en la figura.

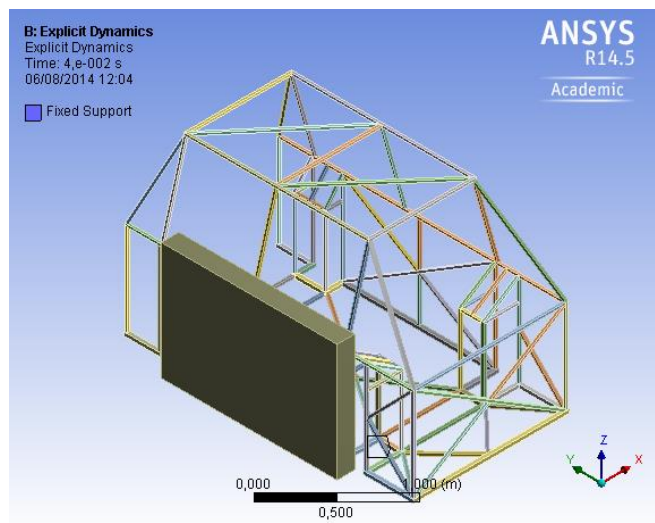


Figura 84 Impacto Lateral.

Fuente: Los Autores

Después de esta breve introducción para dicho análisis vamos a comenzar a generar los resultados mediante las condiciones que se mencionaran a continuación.

Deformación Total

En la figura siguiente se puede mostrar cómo se encuentra ubicada nuestra carrocería ante el impacto lateral, obteniendo así resultados referenciales al desplazamiento que se provoca en la estructura. En esta prueba se puede apreciar que el desplazamiento máximo existente es de 42,7cm en un tiempo de 4 ms, comparando con la escala de deformación;

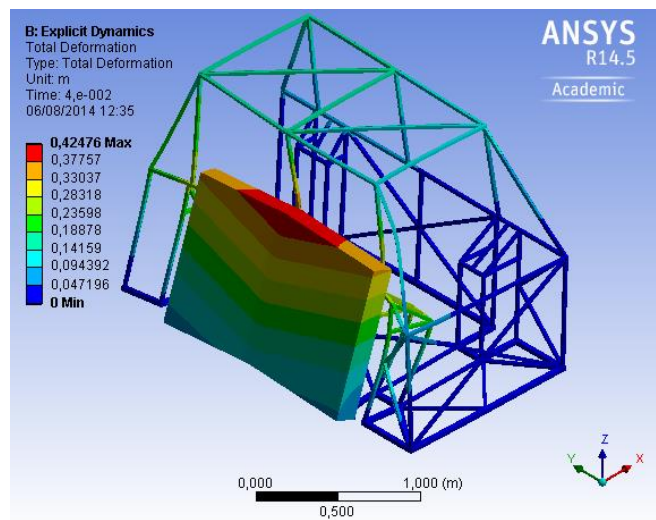


Figura 85 Impacto lateral

Fuente: Los Autores

Al observar claramente las figuras, podemos apreciar el cambio presente en la estructura con respecto al avance de tiempo; los daños existentes en el chasis se los puede denotar claramente, e incluso un cierto avance hasta el punto en el cual se genera la deformación máxima en nuestro chasis.

Equivalente de Von-Mises

Se observa en la siguiente figura el esfuerzo equivalente de von Mises frente a las cargas de impacto del chasis, donde el máximo esfuerzo es 715.55 MPa en las uniones, valor que no se tomara en cuenta porque el software no reconoce las uniones como partes soldadas; entonces el valor a considerar es 238.52 MPa que es el valor real del coeficiente de Von-Mises en la estructura

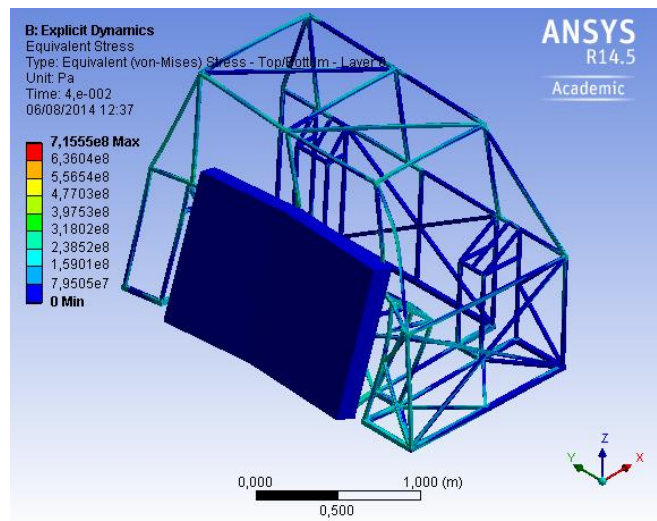


Figura 86 Impacto lateral

Fuente: Los autores

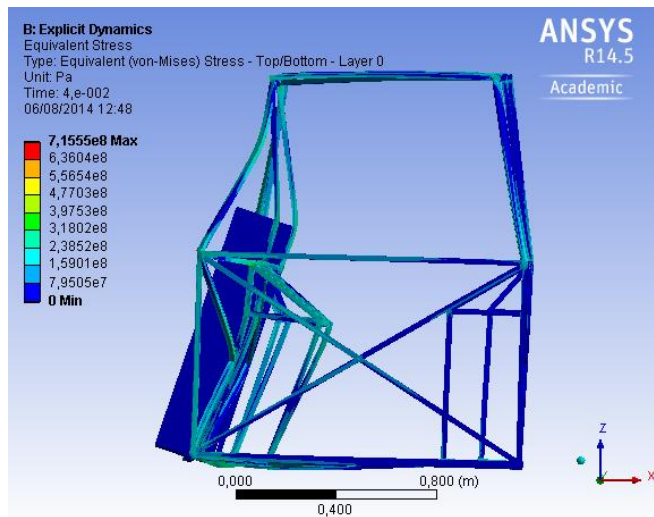


Figura 87 Variación de esfuerzos Impacto Lateral

Fuente: Los Autores

En la figura anterior podemos apreciar el estado energético durante la colisión, partimos de un tiempo $t = 0$; donde la energía interna se conserva en 0.

Con el paso continuo del tiempo se empieza a dar un intercambio de energía; inicia con una disminución de su energía cinética al mismo tiempo que va deformándose tanto elástica como plásticamente, debido a esto se genera el aumento de la energía interna.

A continuación como se describe en la figura se puede denotar en $t \approx 1,97\text{ms}$ las dos energía son iguales, lo que no implica que toda la energía cinética conferida haya sido transformada deformación.

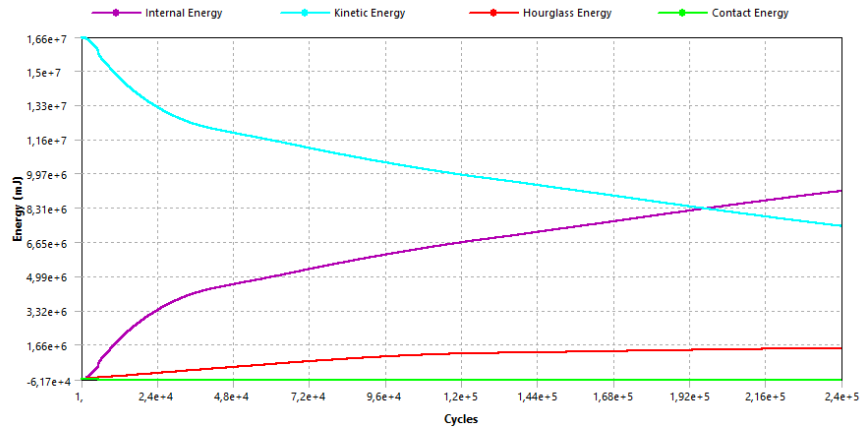


Figura 88 Diagrama de Energías

Fuente: Los autores

3.3.4.5.3 IMPACTO LATERAL CONTRA UN POSTE

A diferencia con la prueba anterior, EURO NCAP detalla que el elemento rígido como es el poste permanece inmóvil mientras que el chasis se desplaza gracias a una mesa móvil.

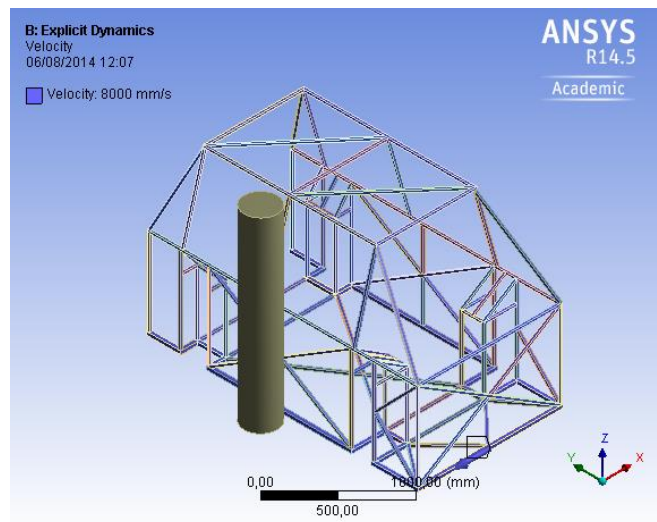


Figura 89 Impacto lateral de poste

Fuente: Los Autores

El impacto debe ocurrir en la ubicación del conductor, a una velocidad de 29Km/h como se muestra a continuación.

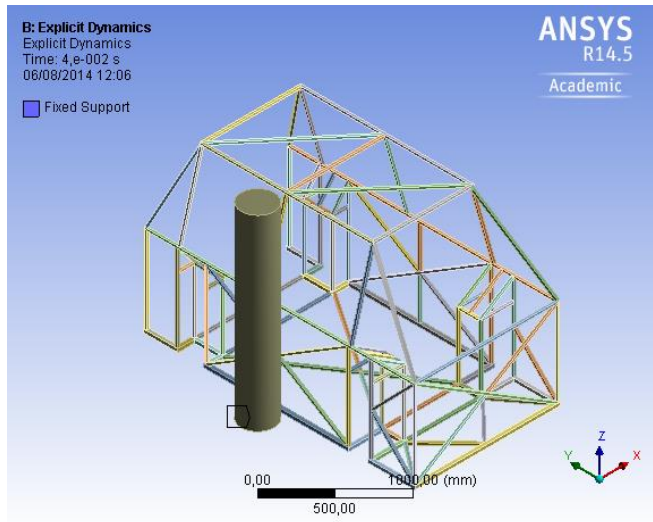


Figura 90 Velocidad de Impacto lateral

Fuente: Los Autores

Después de esta breve introducción para dicho análisis vamos a comenzar a generar los resultados mediante las condiciones que se mencionaran a continuación.

Deformación Total

En la figura siguiente se puede apreciar cómo reacciona el chasis ante este tipo de impacto, dando referencia a los desplazamientos calculados. En esta prueba se puede apreciar que el desplazamiento máximo existente es de 24cm en un tiempo de 3.2ms, confirmando la severidad de la prueba.

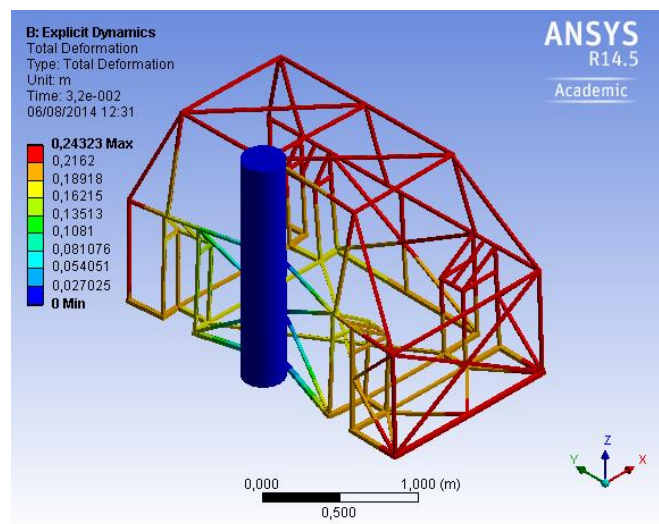


Figura 91 Deformación de Impacto lateral

Fuente: Los Autores

Equivalente de Von-Mises

En la siguiente Figura se puede ver los valores de esfuerzo equivalente de von Mises al cual fue sometida la estructura, de igual manera la progresión de color respectiva en cada esfuerzo.

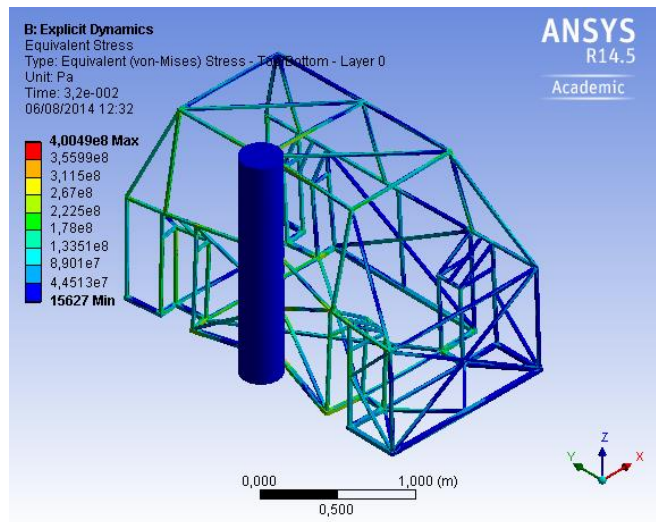


Figura 92 Esfuerzo equivalente de Von Mises

Fuente: Los Autores

El esfuerzo máximo que tenemos es de 400.49 MPa, los cuales no son reales ya que el software no reconoce las uniones como elementos soldados, por lo que el esfuerzo real será de 267,5Mpa, los cuales vienen a ser irrelevantes ya que no presenta mayor estrago en la estructura, dando así la seguridad necesaria al ocupante del vehículo en caso de un accidente.

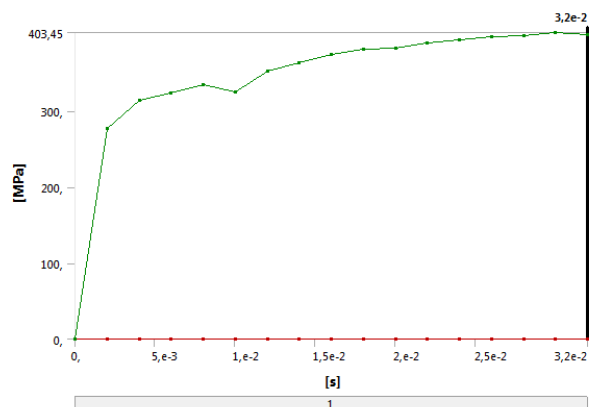


Figura 93 Diagrama de Esfuerzo

Fuente: Los Autores

3.4 SISTEMAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

3.4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROPULSION

El diseño del Sistema Propulsor de este vehículo, se basa en un ciclo de conducción urbana existente, el cual dará las pautas a seguir para el cálculo del motor eléctrico y baterías respectivamente. Existen multitud de ciclos de conducción para el cálculo de las emisiones de vehículos combustión interna, unos representan tráfico muy congestionado como es el NYCC, otros introducen velocidades elevadas representando circulación por vías rápidas y otros son mezcla de los anteriores como el ECE-15. En este caso estamos limitados por la velocidad máxima de 45 km/h.

a) Ciclo de conducción:

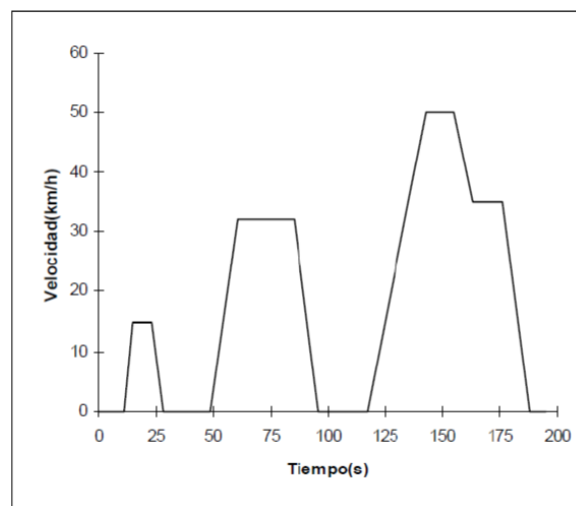


Figura 94 Ciclo Urbano de conducción ECE-15

Fuente: <http://www.comoconsumirmenos.com/2013/09/los-consumos-homologados-iii-como-se.html>.

Tabla 31 Datos descriptivos del ciclo urbano ECE-15

Fuente: Los Autores.

Operación	At(s)	T(s)	V-(km/h)	V+(km/h)	Distancia(m)
Parada	0	0	0	0	0,00
Parada	11	11	0	0	0,00
Aceleración	4	15	0	15	8,33
Velocidad constante	8	23	15	15	41,67
Desaceleración	5	28	15	0	52,08
Parada	21	49	0	0	52,08
Aceleración	12	61	0	32	105,42
Velocidad constante	24	85	32	32	318,75
Desaceleración	11	96	32	0	367,64
Parada	21	117	0	0	367,64
Aceleración	26	143	0	50	548,19
Velocidad constante	12	155	50	50	714,86
Desaceleración	8	163	50	35	809,31
Velocidad constante	13	176	35	35	935,69
Desaceleración	12	188	35	0	994,03
Parada	7	195	0	0	994,03

b) Numero de Ciclos:

De acuerdo a la autonomía de la batería propuesta, se calcula el número de ciclos que completara el vehículo eléctrico.

$$N^{\circ} \text{ de ciclos} = \frac{\text{Autonomía}}{t_{\text{ciclo}}}$$

Ecuación 3.7 Numero de ciclos

Autonomía = Tiempo de autonomía de la batería.

t_{ciclo} = Tiempo de duración de cada ciclo.

$$N^{\circ} \text{ de ciclos} = \frac{120 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}/\text{min}}{195 \text{ s}}$$

$$N^{\circ} \text{ de ciclos} = 37 \text{ ciclos}$$

Se dimensionará la cadena cinemática para una $V_{\max} = 45 \text{ km/h}$.

Para el encontrar la potencia necesaria del motor, primero se calcularan algunos datos importantes del vehículo.

c) Radio del Neumático:

$$r = \frac{1}{2} (\emptyset * 25.4 + 2 * b_n * R_{NA})$$

Ecuación 3.8 Radio del Neumático

r = Radio del neumático

\emptyset = Diámetro del neumático (pulg)

b_n = Anchura de la sección del neumático (mm)

R_{NA} = Relación nominal de aspecto

$$r = \frac{1}{2} (13 * 25.4 + 2 * 0.6 * 130)$$

$$r = \frac{1}{2}(330.2 + 156)$$

$$r = \frac{1}{2}(486.2)$$

$$r = 243.1 \text{ mm}$$

$$r = 0.2431 \text{ m}$$

d) Radio Efectivo

$$r_e = r * (1 - \epsilon)$$

Ecuación 3.9 Radio Efectivo

r_e = Radio efectivo

ϵ = Deslizamiento neumático- pista (0.03)

$$r_e = (0.2431 \text{ m}) * (1 - 0.03)$$

$$r_e = (0.2431 \text{ m} * 0.97)$$

$$r_e = 0.235807 \text{ m}$$

e) Velocidad de la rueda

$$W_r = \frac{v}{r_e}$$

Ecuación 3.10 Velocidad de la rueda

W_r = Velocidad de la rueda

V= Velocidad máxima

$$W_r = \frac{12.5 \frac{m}{s}}{0.235807m}$$

$$W_r = 53.009 \frac{rad}{s}$$

Transformando a RPM

$$53.009 \frac{rad}{s} * \frac{60}{1 \text{ min}} * \frac{1 rev}{2\pi rad} = Rpm$$

$$W_r = 506.19 \text{ Rpm}$$

f) Selección de número de dientes:

Relación de transmisión

$$Rt = \frac{RPM \text{ entrada}}{RPM \text{ salida}}$$

Ecuación 3.11 Relación de transmisión

RPM entrada= Revoluciones máximas de entrada

RPM salida= Revoluciones máximas de salida

$$Rt = \frac{3304}{506.19}$$

$$Rt = 6.527$$

Numero de dientes del piñon:

$$Z1 = 14$$

Numero de dientes de la catalina del eje

$$Rt = \frac{Z2}{Z1}$$

Rt= Relación de transmisión

Z2= Numero de dientes de la catalina

$$Z2 = Rt * Z1$$

$$Z2 = 6.527 * 14 \text{ dientes}$$

$$Z2 \approx 91 \text{ dientes.}$$

g) Cálculo de la velocidad máxima

$$V_{max} = \frac{\pi * RPM_{salida} * r(1-\epsilon)}{30}$$

Ecuación 3.12 Velocidad Máxima

V_{max} = Velocidad máxima del vehículo

RPM_{salida} = Velocidad de la rueda.

$$V_{max} = \frac{\pi * 506.19 \text{ Rpm} * 0.2431\text{m}(1-\epsilon)}{30}$$

$$V_{max} = \frac{\pi * 506.19 \text{ Rpm} * 0.235807\text{m}}{30}$$

$$V_{max} = \frac{\pi * 506.19 \text{ Rpm} * 0.235807\text{m}}{30}$$

$$V_{max} = \frac{374.990}{30}$$

$$V_{max} = 12.499 \frac{m}{s}$$

$$V_{max} = 45 \frac{Km}{h}$$

h) Cálculo de la resistencia a la rodadura:

$$R_r = (f_r * W)$$

Ecuación 3.13 Resistencia a la Rodadura

f_r = Coeficiente resistencia a la rodadura

W = Peso del Vehículo

Tabla 32 Tabla de valores de coeficientes de rodadura de los neumáticos.⁴⁴

Fuente: Los Autores

Tipo de vehículo	Superficies		
	Hormigón o asfalto	Dureza media	Arena
Turismos	0.015	0.08	0.30
Camiones	0.012	0.06	0.25
Tractores	0.02	0.04	0.20

$$f_r = 0.015 + 0.01 \left[\frac{V}{100} \right]^{2.5}$$

$$f_r = 0.016$$

$$R_r = (f_r * W)$$

$$R_r = (0.016 * 4900N)$$

⁴⁴ APARICIO IZQUIERDO, Francisco; VERA ÁLVAREZ, Carlos; DÍAZ LÓPEZ, Vicente. Teoría de los vehículos automóviles, Madrid, Noviembre 2001.

$$R_r = 78.4 \text{ N}$$

$$R_r = 8 \text{ Kg}$$

i) Calculo de la rampa máxima:

En este apartado se calcula la rampa máxima que va a superar el vehículo con las características del motor calculadas anteriormente, utilizando la velocidad máxima que alcanzara, la relación de transmisión, el par máximo y el esfuerzo tractor en el neumático.

j) Calculo del esfuerzo tractor en el neumático:

$$F_t = \frac{M_{max} * R_t * \eta}{r_e}$$

Ecuación 3.14 Esfuerzo Tractor

$F_t =$ *Esfuerzo tractor en el neumático.*

$M_{m\acute{a}x} =$ *Par máximo.*

$\eta =$ *Rendimiento de la transmisión.*

$$F_t = \frac{(25.088\text{N.m}) * (6.527) * (0.95)}{0.235807\text{m}}$$

$$F_t = 555.536\text{N}$$

k) Cálculo de la resistencia al movimiento:

$$R_m = R_a + P * \text{sen } \theta$$

Ecuación 3.15 Resistencia al Movimiento

$R_m =$ Resistencia al movimiento.

$R_a =$ Resistencia aerodinámica.

$P =$ Peso de la motocicleta.

$\theta =$ Inclinación máxima.

l) Calcula de la resistencia Aerodinámica:

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

Ecuación 3.16 Resistencia Aerodinámica

$\rho =$ Densidad del aire.

$C_x =$ Coeficiente de resistencia aerodinamica.

$A_f =$ Area frontal.

$V =$ Velocidad máxima.

m) Calculo de Área frontal:

$$A_f = h * a$$

Ecuación 3.17 Área Frontal

$h =$ Altura

$a =$ Ancho

$$A_f = (1.5m) * (1.3m)$$

$$A_f = 1.95m^2$$

$$R_a = \frac{1.225 \frac{Kg}{m^3}}{2} * (0.45) * 1.95m * (12.5 \frac{m}{s})^2$$

$$R_a = \left(0.5374 \frac{Kg}{m}\right) * (156.25 \frac{m^2}{s^2})$$

$$R_a = 83.96N$$

Tenemos:

$$R_m = F_t$$

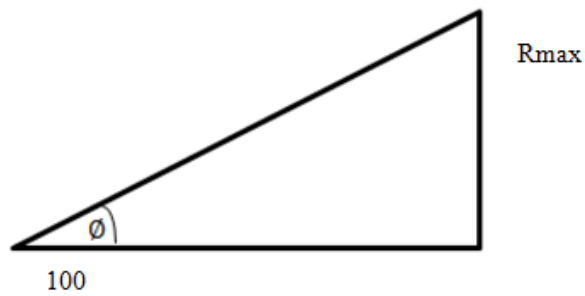
Entonces:

$$R_a + P * \text{sen } \theta = \frac{M_{max} * R_t * \eta}{r_e}$$

$$83.96 + (500) * \text{sen } \theta = 555.536\text{N}$$

$$\text{sen } \theta = 0.1534$$

$$\theta = 8.82$$



$$\text{Tan } \phi = \frac{R_{max}}{100}$$

$$\text{Tan } \phi * 100 = R_{max}$$

$$\text{Tan}(8.82) * 100 = R_{max}$$

$$R_{max} = 15.51\%$$

n) Relación de Transmisión:

La relación de transmisión de una única marcha, será:

$$R_t = \frac{\pi \cdot n_{max} \cdot r}{30 \cdot V_{max}}$$

Ecuación 3.18 Relación de Transmisión

n_{max} = RPM máximas.

r = Radio del neumático.

V_{max} = Velocidad máxima

$$R_t = \frac{\pi \cdot 3304rpm \cdot 0.243m}{30 \cdot \left(\frac{45 \frac{km}{h}}{3.6} \right)}$$

$$R_t = 6.7$$

Y la relación de transmisión final será: $R_0 = 1$.

En consecuencia, el coeficiente equivalente de masas rotativas será:

$$\gamma_m = 1.04 + 0.0025 * R_t^2 * R_0^2 = 1.04 + 0.0025 * 6.7^2 * 1^2 = 1.15$$

3.4.1.1 POTENCIA DEL MOTOR

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas, existen diferentes tipos de motores eléctricos y cada tipo tiene distintos componentes cuya estructura determina la interacción de los flujos eléctricos y magnéticos que originan la fuerza o par de torsión del motor.

Algunos de los motores eléctricos son reversibles, ya que pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores o dinamo. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras o en automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa adecuadamente o con frenos regenerativos. En esta sección vamos a realizar los cálculos necesarios para determinar la potencia del motor requerida por el vehículo eléctrico diseñado.

a) Cálculo de la potencia del motor:

$$P = \frac{F_t * V}{102 * \eta}$$

Ecuación 3.19 Potencia del Motor

P = Potencia del motor

V = Velocidad maxima

η = Rendimiento del motor

$$P = \frac{59.38 * 12.5 \frac{m}{s}}{102 * 0.8}$$

$$P = \frac{742.25}{81.6}$$

$$P = 9.096 \text{ Kw}$$

b) Calculo del par motor:

$$M_{max} = 9.55 \frac{F_t * V}{n * \eta}$$

Ecuación 3.20 Par Motor

M_{max} = Par motor maximo

n = Numero de revoluciones

$$Max = 9.55 \frac{59.38 * 12.5 \frac{m}{s}}{3448 * 0.8}$$

$$Max = 9.55 \frac{742.25}{2758.4}$$

$$Max = 2.56 \text{ kg} * m$$

$$Mmax = 25.088 \text{ N} * m$$

Para el funcionamiento del Vehículo Eléctrico se ha determinado según el cálculo realizado, utilizar un motor de existencia en el mercado con las siguientes características.

Tabla 33 Datos técnicos del Motor BLDC⁴⁵

Fuente: Los Autores

Características del motor	
Motor	BLDC Motor
Potencia máxima de entrada	11.572 KW a 3304 RPM
Potencia máxima de salida	10.012 KW a 3304 RPM
Par máximo	28.94 N.m a 3304 RPM
Eficiencia	86.5%
Refrigeración	Por aire
Peso	17 Kg
Voltaje	48 V
RPM	3000 – 6000
Diámetro	206 mm
Longitud	170 mm

⁴⁵ [http://www.goldenmotor.com/eCar/HPM10KW%20\(48V\)%20Data.pdf](http://www.goldenmotor.com/eCar/HPM10KW%20(48V)%20Data.pdf)

Tabla 34 Valores característicos del motor⁴⁶

Fuente: Los Autores

Nº	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia de entrada (W)	Torque (N.m)	RPM	Potencia de salida (W)	Eficiencia (%)
1	48.05	16.365	786.33	565.0	3928	232.39	29.6
2	48.05	16.555	795.48	193.3	3927	79.5	10.0
3	48.05	17.375	834.92	373.3	3925	153.24	18.4
4	48.05	18.196	907.95	810.0	3920	332.48	36.6
5	48.05	21.493	1032.74	826.7	3911	338.54	32.8
6	48.05	25.382	1219.61	1553.3	3900	634.35	52.0
7	48.05	30.625	1471.43	2416.7	3882	982.36	66.8
8	48.05	37.135	1784.20	3700.0	3862	1496.27	83.9
9	48.06	44.725	2149.48	4070.0	3841	1636.95	76.2
10	48.11	53.041	2551.98	5186.7	3820	2074.67	81.3
11	48.16	62.097	2990.40	6376.3	3797	2533.98	84.7
12	48.19	71.875	3462.55	7603.3	3772	3003.12	86.7
13	48.23	82.248	3966.55	8873.3	3746	3480.58	87.8
14	48.25	93.200	4497.19	10226.7	3718	3981.44	88.5
15	48.30	104.476	5046.21	11590.0	3692	4480.66	88.8
16	48.24	115.743	5583.46	13023.3	3659	4989.78	89.4
17	48.09	127.607	6136.18	14440.0	3618	5470.57	89.2

⁴⁶ [http://www.goldenmotor.com/eCar/HPM10KW%20\(48V\)%20Data.pdf](http://www.goldenmotor.com/eCar/HPM10KW%20(48V)%20Data.pdf)

18	48.07	139.603	6710.73	15926.7	3587	5982.09	89.1
19	48.07	151.700	7292.72	17460.0	3558	6504.99	89.2
20	48.07	163.813	7874.51	18933.3	3527	6992.45	88.8
21	48.07	175.563	8438.74	20420.0	3500	7483.77	88.7
22	48.04	186.903	8979.46	21816.7	3474	7936.24	88.4
23	47.99	197.253	9465.53	23116.7	3448	8346.21	88.2
24	47.89	206.440	9887.10	24213.3	3423	8678.77	87.8
25	47.81	214.020	10232.30	25130.0	3402	8952.07	87.5
26	47.75	219.720	10492.36	25836.7	3387	9163.22	87.3
27	47.70	224.270	10698.43	26393.3	3374	9324.72	87.2
28	47.66	227.967	10864.89	26833.3	3365	9454.89	87.0
29	47.61	231.223	11009.31	27226.7	3355	9564.97	86.9
30	47.55	234.190	11136.52	27563.3	3347	9660.15	86.7
31	47.50	236.767	11247.21	27896.7	3339	9753.61	86.7
32	47.45	239.167	11347.66	28190.0	3330	9829.60	86.6
33	47.37	241.447	11436.52	29453.3	3321	9894.61	86.5
34	47.29	243.540	11517.01	28696.7	3311	9949.18	86.4
35	47.21	245.120	11572.12	28940.0	3304	1012.33	86.5

Grafico de torque versus eficiencia del motor :

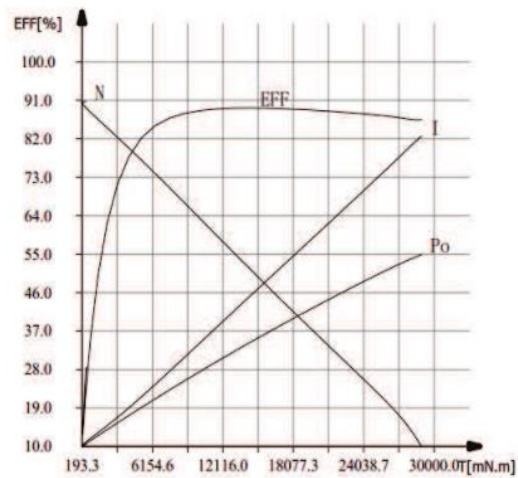


Figura 95 Grafica de Torque vs Eficiencia

Fuente: <http://www.goldenmotor.com/goldshop/product/173.html>

Es un motor de corriente continua sin escobillas (BLDC), es uno de los tipos de motores mas utilizados en los utlimos años.

A los motores (BLDC) se los emplea actualmente en sectores muy importantes de la industria, y aun con mayor impacto en la actualidad , en el campo automotriz.



Figura 96 Motor BLDC

Fuente: <http://www.evworks.com.au/tech/motors/BLDC.gif>

Los motores BLDC tienen la particularidad de no emplear escobillas en la conmutación para la transferencia de energía. En este caso la conmutación se realiza electrónicamente, esta propiedad elimina el problema de los motores eléctricos convencionales con escobillas, los cuales producen rozamiento, disminuyendo el rendimiento del motor, a la vez que desprenden calor, son ruidosos y requieren de mantenimiento frecuente.⁴⁷

Estos motores tienen algunas ventajas frente a los motores con escobillas como son:

- Mejor relación de velocidad por motor
- Mayor respuesta dinámica
- Mayor eficiencia
- Mayor vida útil
- Menor ruido
- Mayor rango de velocidades.

Además, la relación par motor- tamaño es mucho mayor, lo que implica que se pueda emplear en aplicaciones donde se trabaje con un espacio reducido.

Sus desventajas son las siguientes:

- Mayor costo
- Requieren un control más complejo

⁴⁷ <http://www.powertecmotors.com/a0201el.pdf>

Para poder controlar este motor se hace indispensable el uso de un control lógico de estado sólido para poder transformar la energía eléctrica que proporciona la batería en energía mecánica a través del motor (movimiento rotativo), pues se necesita comandar un circuito transistorizado para energizar las tres bobinas del motor con suma precisión bajo una lógica de funcionamiento determinada que se explica a continuación.

Lógica de funcionamiento de un motor BLDC

“Como ejemplo para explicar la lógica de funcionamiento de un motor DC sin escobillas, se utilizó un motor con un rotor (elemento magnético), tres embobinados en el estator y tres foto-transistores encargados de la detección de la posición del rotor.

El rotor del motor se encuentra sujeto a una especie de lámina que va girando con este y que es el objeto que obstruye la luz a los foto-transistores, con lo que se obtiene los estados de los sensores, que determinan las variables de entrada a la lógica que realiza el movimiento”⁴⁸. Esto se ve mejor representado en la Figura

⁴⁸ ESCOBAR Carlos; MARTINEZ José; TELLEZ German. “Control de un motor brushless con frenado regenerativo”. Director: Camilo Otálora. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Departamento de Ingeniería Electrónica. 2005

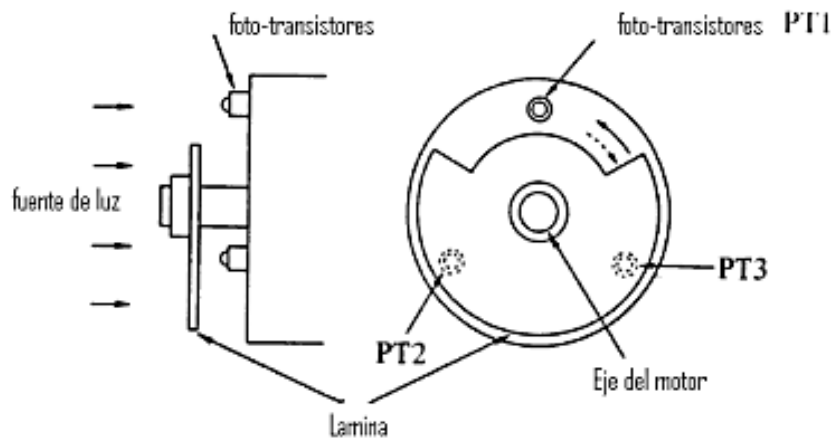


Figura 97 Funcionamiento de un motor BLDC

Fuente: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis89.pdf>

Por ejemplo, en la gráfica se puede observar que mientras PT1 está recibiendo luz, PT2 y PT3 están tapados por la lámina, y de esta forma se sabe en qué posición se encuentra el rotor al momento de la toma de datos.

Una vez se conoce la posición de rotor, se comienza a seguir la lógica secuencial para moverlo a una velocidad determinada, esto se logra energizando las bobinas de estator en diferentes tiempos. Para alimentar a los embobinados se usa un control, seguido de una etapa de salida compuesta por transistores, que cumplan con los requerimientos de la velocidad y potencia, y se hace pasar corriente por las fases dependiendo de la posición del rotor, este esquema se observa en la Figura. Es decir, para el ejemplo que se tomó anteriormente de PT1 prendido, mientras PT2 y PT3 se encuentran apagados, la lógica decide por cual embobinado hacer pasar corriente para que gire en uno u otro sentido.

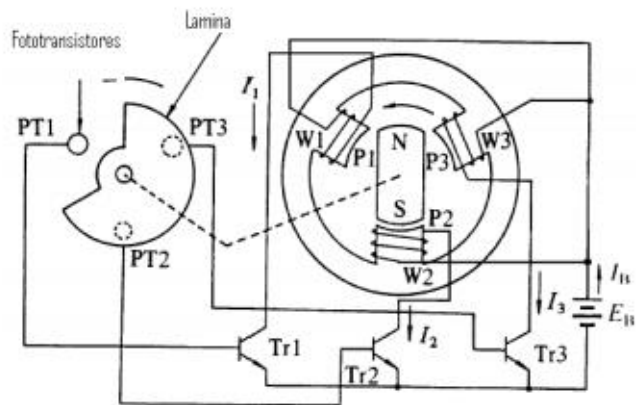


Figura 98 Lógica de funcionamiento del motor BLDC

Fuente: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis89.pdf>

c) CONTROLADOR

El controlador encontrado en el mercado para comandar el motor BLDC tiene las siguientes características:

Tabla 35 Características del controlador del motor BLDC

Fuente: Los Autores

CARACTERISTICAS DEL CONTROLADOR DEL MOTOR BLDC	
MODELO	HPC500H Series(Para motor de 10KW)
RANGO DE VOLTAJE	48V/72V/96V
CORRIENTE NOMINAL (MAX)	600A/500A/400A
PESO	2.9Kg
DIMENSIONES	192x208x77 mm
PARTICULARIDADES	Programable mediante USB, interruptor

de fusibles y censo de temperatura.

d) DIMENSIONES

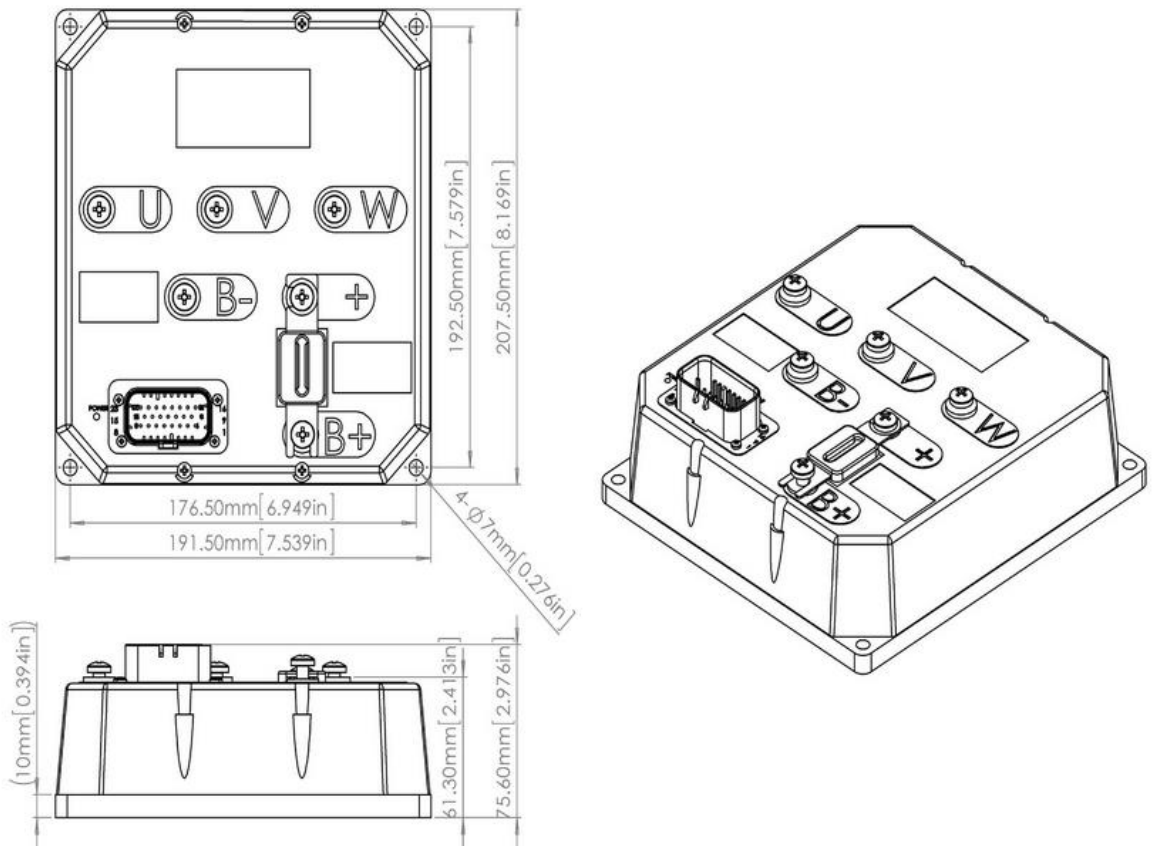


Tabla 36 Dimensiones del controlador del motor BLDC

Fuente: <http://www.goldenmotor.com/goldshop/product/239.html>

3.4.1.2 CAPACIDAD DE BATERIAS

Las baterías son un elemento esencial para el funcionamiento de los vehículos, en este caso siendo un vehículo de accionamiento netamente eléctrico con mayor razón. En el vehículo eléctrico se utilizan dos tipos

de baterías, una de 12v para el circuito de baja tensión, y otra de 48v para el circuito de alta tensión. La capacidad de una batería se refiere a la cantidad de energía que puede almacenar, esta se mide en coulomb (C), y es el producto entre la corriente (A) por el tiempo (t).

$$Q = I * T$$

Ecuación 3.21 Cantidad de Energía

Usualmente se utiliza más el Amperio Hora para medir la cantidad de Energía en una batería (1 Ah= 3600 C). Una batería de 100 Ah es capaz de entregar 10 Amperios durante 10 horas.

a) SISTEMA DE BAJA TENSION

Una batería de plomo ácido tipo gel de 12V 41Ah utilizada en vehículos de turismo comunes, la cual provee energía al sistema de baja tensión, en el que consta el circuito de iluminación, intermitentes, freno, claxon y accesorios del vehículo.



Figura 99 Batería Bosch S3 001 12v. 41ah. 360a 207x175x170mm.

Fuente: <http://bateriastotal.com/bat/es/baterias-bosh/1201-bateria-bosch-s3-001-12v-41ah-360a-207x175x170mm.html>

b) SISTEMA DE ALTA TENSION

Para el sistema de alta tensión se determina la potencia de la batería, necesaria para que el vehículo responda eficientemente al ciclo de conducción escogido.

- ✓ **POTENCIA DE BATERIA:** Con la potencia calculada obtenida para el motor, calculamos la potencia de las baterías:

$$P_{bat} = \frac{P_{ME}}{\eta_{transm} \cdot \eta_{ME}}$$

Ecuación 3.22 Potencia de Batería

P_{ME} = Potencia del motor eléctrico.

η_{transm} = Eficiencia de la transmisión.

η_{ME} = Eficiencia del motor eléctrico.

$$P_{bat} = \frac{9.096kW}{0,9 \cdot 0,8}$$

$$P_{bat} = 12.63 kW$$

Es potencia suficiente para que el motor eléctrico de 10 Kw satisfaga las exigencias del vehículo eléctrico propuesto.

La batería óptima que proporcione esta energía para propulsar el motor del vehículo en este caso, sería una batería de Litio/Fosfato de hierro (LiFePO4) de 48 V 30Ah. “Las baterías de ion de litio con cátodo de LiFePO4, son una variación de las baterías de ion de litio con cátodo de LiCoO2. Son normalmente conocidas por las siglas “LIFE”. La diferencia radica en que éstas usan como material catódico el Fosfato de Hierro.”⁴⁹

La batería de Litio / Fosfato de Hierro es una tipo de batería recargable.

⁴⁹ PEÑA ORDOÑEZ, Carlos. “Estudio de baterías para vehículos eléctricos”. Turtor: Jorge Pleite Guerra. Universidad Carlo III de Madrid, Departamento de Ingeniería Electrónica. 2011

✓ **Ventajas:**

Las ventajas de este tipo de baterías, cuyo nombre significa Lithium Iron Phosphate, son muchas, pero entre ellas:

- Durante toda la vida de la batería, no hay que darle mantenimiento.
- Mantienen todo su potencia hasta el mismo momento de la descarga. Las baterías tradicionales por lo general fluctúan según se les agota su energía. Este tipo de baterías mantiene en el 100% de los casos todo su potencia hasta que ya no pueda más.
- Son bastante seguras, ya que no explotan o incendian con sobrecargas.
- Entre 2,000 y 3,000 ciclos durante 6 a 7 años de vida útil.
- Contienen el doble de la capacidad de energía que baterías de ácido de plomo de tamaño comparable.
- Pueden dejarse a medio cargar por largos períodos de tiempo sin arriesgar arruinar la batería.
- Si se dejan sin darle uso, se descargan extremadamente lentas, por lo que se pueden dejar sin utilizar por largos períodos de tiempo y volver a utilizarlas inmediatamente sin tener que recargarlas.
- Funcionan hasta a 60 grados Celsius (140 grados Fahrenheit) sin disminuir su rendimiento.

- Se pueden instalar en cualquier orientación (de frente, de lado, boca abajo, etc).
- No contiene metales tóxicos.
- Las vibraciones no le afectan, y por tanto no son frágiles como las baterías tradicionales.
- En tan solo 15 minutos se pueden recargar al 90% de su potencia.

Comparando el fosfato de hierro litio, con su antecesor de mayor capacidad el ion de litio, se aprecia que a partir del año la densidad energética en una batería de LiCoO_2 será aproximadamente la misma que una de LiFePO_4 . Después de dos años la densidad energética de batería LiCoO_2 será inferior a una de LiFePO_4 . Esto es debido, a una mayor vida útil por parte de LiFePO_4 .



Figura 100 LFP 48V30AH – Alta Capacidad LiFePO_4 Batería (48V 30AH)

Fuente: <http://www.goldenmotor.com/goldshop/product/256.html>.

- ✓ **Esquema de instalación del sistema propulsor:** En este esquema se utilizaron los colores normalizados SAE para la representación de los componentes que componen el grupo propulsor.

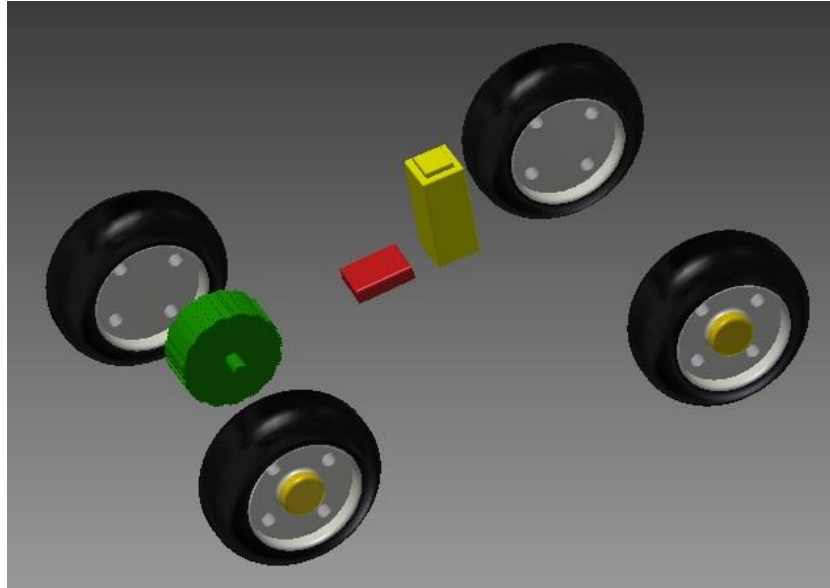


Figura 101 Esquema de instalación del sistema propulsor

Fuente: Los Autores.

c) SIMULACIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN:

Se ha implementado un algoritmo en MATLAB R2013a ® con la simulación de los 37 ciclos que cumplirá el vehículo con una autonomía de 120 minutos de la batería.

A continuación se muestra la gráfica de Potencia-Tiempo obtenida en la simulación.

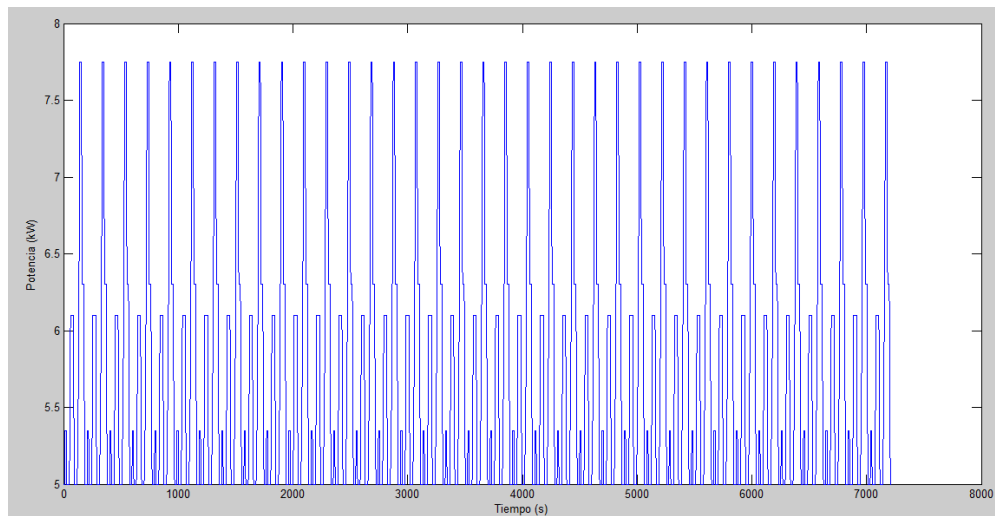


Figura 102 Ciclos de conducción

Fuente: Los Autores.

Observando la gráfica, se puede ver como en cada ciclo (196 segundos) la carga constante no supone ningún incremento de uso de potencia por parte del motor eléctrico.

Para el consumo de potencia por parte del vehículo, se tiene que la energía necesaria para completar los 37 ciclos debe ser menor a 10 KWh. A continuación se presenta la descarga de batería en el tiempo, para esta capacidad de la batería:

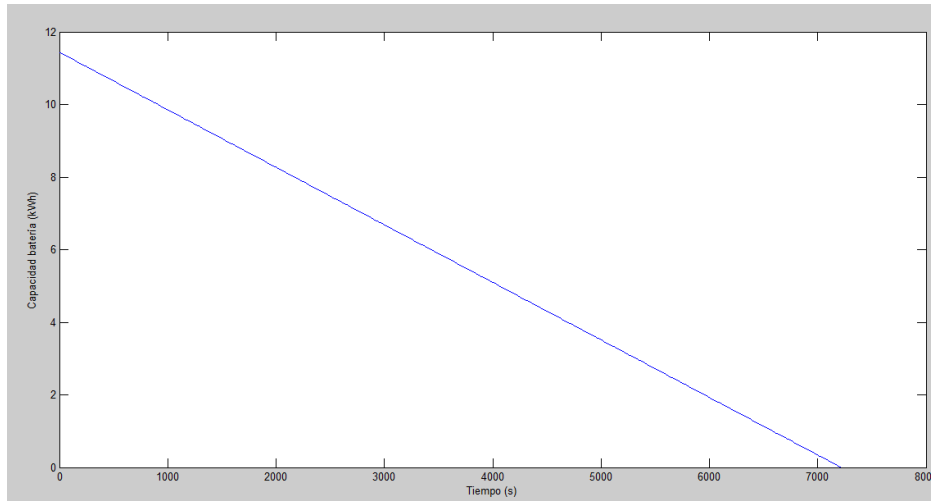


Figura 103 Descarga de la Batería

Fuente: Los Autores.

En esta grafica se observa cómo se descarga la batería en función del consumo de potencia del ciclo de conducción, hasta consumirse por completo al final del trigésimo séptimo ciclo.

3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

3.4.2.1 DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

Para el diseño de los circuitos se parte de circuitos base ya diseñados para vehículos convencionales, tomando en cuenta que son muy sencillos y prácticos a la vez.

CIRCUITO DE ALUMBRADO PRINCIPAL

ANEXO 1

CIRCUITO DE INTERMITENTES

ANEXO 2

CIRCUITO DE LUZ DE FRENO Y RETRO

ANEXO 3

CIRCUITO DE CLAXON

ANEXO 4

CIRCUITO DE LIMPIAPARABRISAS

ANEXO 5

3.4.2.2 CALCULO DE FUSIBLES

En esta sección, vamos a calcular los fusibles, los cuales vamos a utilizar en los distintos circuitos ya diseñados.

Tabla 37 Calculo de fusibles

Fuente: Los Autores

	DATOS TÉCNICOS DE CONSUMIDOR	RESISTENCIA CALCULADA $R_f = \frac{V^2}{P_f}$	INTENSIDAD CALCULADA $I_f = \frac{V}{R_f}$	FUSIBLE CALCULADO
PARA ALUMBRADO DE POSICIÓN	OSRAM COOL BLUE INTENSE 2825 HCBI Potencia Nominal: 5w Tensión nominal: 12v	$R_{f1} = 28.8 \Omega$	$I_{f1} = 0.41 A$	$F_1 = 9.5768 A$
PARA ALUMBRADO DE CRUCE	OSRAM COOL BLUE INTENSE 64150CBI Potencia nominal: 55w Tensión nominal: 12v	$R_{f2} = 2.6181 \Omega$	$I_{f2} = 4.5834 A$	$F_1 = 9.5768 A$

<p>PARA ALUMBRADO DE CARRETERA</p>	<p>OSRAM COOL BLUE INTENSE 64150CBI</p> <p>Potencia nominal 55w</p> <p>Tensión nomina: 12v</p>	$R_{f3} = 2.6181 \Omega$	$I_{f3} = 4.5834 A$	$F_1 = 9.5768 A$
<p>PARA LUCES INTERMITENTES</p>	<p>DIADEM 7507LDA</p> <p>Potencia nominal: 21w</p> <p>Tensión nominal: 12v</p>	$R_{f4} = 6.85 \Omega$	$I_{f4} = 1.75 A$	$F_2 = 1.75 A$
<p>PARA LUZ DE FRENO</p>	<p>ULTRA LIFE 5007ULT</p> <p>Potencia nominal: 5w</p> <p>Tensión nominal: 12v</p>	$R_{f5} = 28.8\Omega$	$I_{f5} = 0.41 A$	$F_3 = 0.41 A$

PARA CLAXON	BOCINA HELLA 002768082 Potencia nominal: 72w Tensión nominal: 12v	$R_{f6} = 2 \Omega$	$I_{f6} = 6 A$	$F_4 = 6 A$
-------------	---	---------------------	----------------	-------------

Fórmula para calcular la resistencia eléctrica

$$R_f = \frac{V^2}{P_f}$$

Ecuación 3.23 Resistencia Eléctrica

Dónde:

R_f = Resistencia del foco

V = Tensión de la batería

P_f = Potencia del foco

Fórmula para calcular la intensidad eléctrica

$$I_f = \frac{V}{R_f}$$

Ecuación 3.24 Intensidad Eléctrica

Dónde:

I_f = Intensidad del foco

3.4.2.3 CALCULO DE SECCIÓN DEL CABLE

Fórmula para el cálculo de la sección de cable a utilizar

$$S = \frac{2 * \rho * L * I}{\Delta V}$$

Ecuación 3.25 Sección del cable

Dónde:

S = Sección del cable

ρ = Resistividad eléctrica

L = Longitud del cable

I = Intensidad máxima

ΔV = Caída de tensión

Datos:

La caída de tensión se permite como máximo un 3% en instalaciones de alumbrado.⁵⁰

$$S = \frac{2 * \rho * L * I}{\Delta V}$$
$$S = \frac{2 * 0.018 * 5m * 9.57A}{(0.03 * 12V)}$$

⁵⁰http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1culo_de_secciones_de_l%C3%ADneas_el%C3%A9ctricas.

$$S = \frac{1,7226}{0.36}$$

$$S = 4.785 \text{ mm}^2$$

Tabla 38 Resistividad térmica de materiales

Fuente: Los Autores

MATERIAL	RESISTIVIDAD a 23°C	MATERIAL	RESISTIVIDAD a 23°C
Plata	1.59 X 10 ⁻⁸	Nicromio	1.50 X 10 ⁻⁶
Cobre	1.68 X 10 ⁻⁸	Carbón	3.5 X 10 ⁻⁵
Oro	2.20 X 10 ⁻⁸	Germanio	4.6 X 10 ⁻¹
Aluminio	2.65 X 10 ⁻⁸	Silicio	6.40 X 10 ²
Tungsteno	5.6 X 10 ⁻⁸	Piel Humana	5.0 X 10 ⁵
Hierro	9.71 X 10 ⁻⁸	Vidrio	10 ¹⁰ X to 10 ¹⁴
Acero	7.2 X 10 ⁻⁷	Hule	10 ¹³ <i>aprox</i>
Platino	1.1 X 10 ⁻⁷	Sulfuro	10 ¹⁵
Plomo	2.2 X 10 ⁻⁷	Cuarzo	7.5 X 10 ¹⁷

Tabla 39 Tabla de Equivalencias AWG⁵¹

Fuente: Los Autores

⁵¹ <http://www.comunidadelectronicos.com/articulos/awg.html>.

AWG	Diámetro (mm)	Área (mm^2)		AWG	Diámetro (mm)	Área (mm^2)
1	7.35	42.40		16	1.29	1.31
2	6.54	33.60		17	1.15	1.04
3	5.86	27.00		18	1.024	0.823
4	5.19	21.2		19	0.912	0.653
5	4.62	16.80		20	0.812	0.519
6	4.11	13.30		21	0.723	0.412
7	3.67	10.60		22	0.644	0.325
8	3.26	8.35		23	0.573	0.259
9	2.91	6.62		24	0.511	0.205
10	2.59	5.27		25	0.455	0.163
11	2.30	4.15		26	0.405	0.128
12	2.05	3.31		27	0.361	0.102
13	1.83	2.63		28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08		29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65		30	0.255	0.0503

La sección de cable de acuerdo a la tabla de equivalencias AWG es 16.

3.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

Un sistema de frenos consta de:

- Disco de freno.
- Mordaza.

- Pistones y cilindros de freno.
- Pastillas de freno.
- Bomba de freno.

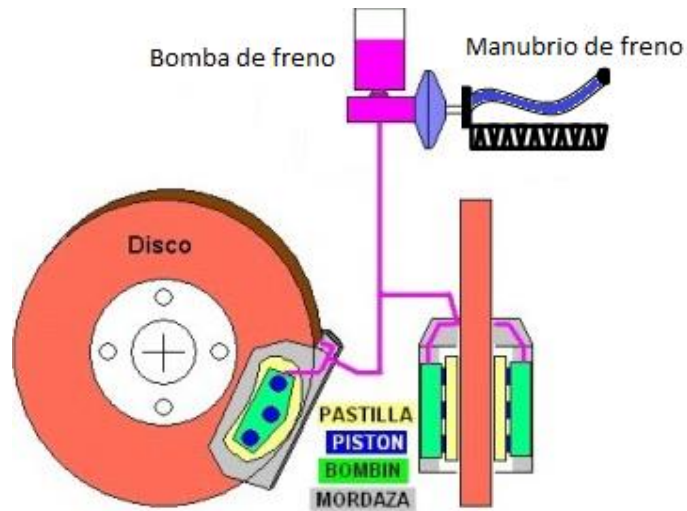


Figura 104 Sistema de frenos de un vehículo

Fuente: Los autores

Para los cálculos de los frenos se considera una velocidad superior a la que alcanza el vehículo para mayor eficiencia.

Velocidad máxima que alcanza el vehículo 50 km/h

Velocidad para calcular distancia y tiempo de parada del vehículo 70 km/h.

a) CALCULO DEL TIEMPO DE FRENADO

Se emplea la velocidad de $70 \frac{Km}{h}$, con un coeficiente de adherencia que varía entre 0,7 y 0,85 dependiendo de las condiciones del terreno y desgaste del neumático.

V= velocidad (m/s)

T_p= tiempo de parada (s)

μ= coeficiente de adherencia

g= gravedad

$$T_p = \frac{V}{\mu * g} + 1$$

Ecuación 3.26 Tiempo de frenado

$$T_p = \frac{70 \frac{Km}{h}}{0.7 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 1$$

$$70 \frac{Km}{h} 1000 \frac{m}{km} \frac{1h}{3600 s} = 19 \frac{m}{s}$$

$$T_p = \frac{19 \frac{m}{s}}{0.7 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 1$$

$$T_p = \frac{19 \frac{m}{s}}{0.7 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 1$$

$$T_p = \frac{19 \frac{m}{s}}{6.9 \frac{m}{s^2}} + 1$$

$$T_p = 2.75 \text{ s}$$

El vehículo se detiene luego de tres segundos aproximadamente de que el conductor acciona la manija de frenos a una velocidad de $70 \frac{Km}{h}$

b) DISTANCIA DE FRENADO

Datos:

$$V = 70 \frac{Km}{h} = 19 \frac{m}{s}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$Ec = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$Trabajo = P * \mu * Df$$

$$P = m * g$$

$$Trabajo = m * g * \mu * Df$$

$$\frac{1}{2} * m * v^2 = m * g * \mu * Df$$

$$Df = \frac{V^2}{2 * g * \mu}$$

$$70 \frac{Km}{h} \frac{1 h}{3600 s} \frac{1000 m}{1 Km} = 19 \frac{m}{s}$$

$$Df = \frac{(19)^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,7}$$

$$Df = \frac{361 \frac{m^2}{s^2}}{15,7 \frac{m}{s^2}}$$

$$Df = 22.9 m$$

Tabla 40 Comparación entre distancia y tiempo de frenado a 50 y 70 km/h

Fuente: Los autores

A velocidad de 50 km/h		A velocidad de 70 km/h
Distancia de frenado	12.29 m	22.9 m
Tiempo de frenado	2.01 s	2.75 s

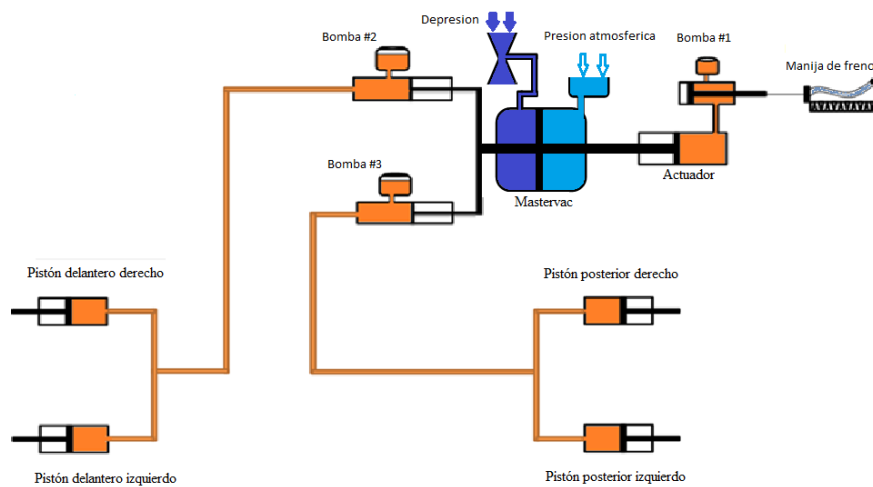


Figura 105 Esquema del sistema de frenos del prototipo vehículo eléctrico

Fuente: Los autores

c) Fuerza de frenado

S= superficie

D= diámetro (cm)

P= presión (N/cm²)

F= fuerza (Newton)

Bomba # 1

Diámetro 1.25 Cm

Longitud total 5 cm

Longitud que recorre el pistón =4 cm

Fuerza aplicada 3.5 libras = 15.57 Newton

$$s = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$s = \frac{\pi * 1.25^2}{4}$$

$$s = 1.23 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{F}{s}$$

$$P = \frac{15.57 \text{ N}}{1.23 \text{ cm}^2}$$

$$P = 12.66 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Al accionar la manija de freno con una fuerza de 3,5 libras se consigue el la bomba numero 1 una presión de $12.66 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$, esta es transmitida

mediante un actuador de las mismas dimensiones hacia el servo el cual trabaja por medio de vacío generado por una bomba eléctrica.

Servo freno

depression 0.6 bar

$= 6 \frac{N}{cm^2}$, *es la depression que genera la bomba electrica*

Diámetro 28 cm

Calculo del área

$$s = \frac{\pi * 28cm^2}{4}$$

$$s = 615.75cm^2$$

Fuerza que se ejerza en el servo

$$F = P * s$$

$$F = 6 \frac{N}{cm^2} * 615.75cm^2$$

$$F = 3694.5 N$$

La fuerza que se ejerce después del servo es la suma de la fuerza de la manija del freno más la fuerza del servo (mastrevac)

$$Fuerza despues del servo = 15.57 N + 3694.5N$$

$$Fuerza despues del servo = 3710.07 N$$

Datos de la bomba #2 y # 3 = diámetro 2.1cm

Carrera del pistón Bomba # 2

carrera del pistón Bomba

3

L = 4 cm

L = 1.2 cm

$$s = \frac{\pi * 2.1cm^2}{4}$$

$$s = 3.46cm^2$$

El área de las dos bombas es $3.46cm^2$

$$P = \frac{13710.07 N}{3.46 cm^2}$$

$$P = 1072.3 \frac{N}{cm^2}$$

$$P = 107.2bar$$

La presión que se genera en las dos bombas es 107.2 bar

Caudal de la bomba # 2 con una carrera de 4 cm

C= caudal (cm^3)

L= carrera (cm)

D= diámetro (cm)

$$C = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$C = \frac{\pi * 2.1cm^2}{4} * 4cm$$

$$s = 13.85cm^3$$

La cantidad de líquido que envía la bomba # 2 es $13.85 cm^3$ con una presión de 107.2 bar

Caudal de la bomba # 3 con una carrera de 1.2 cm

$$C = \frac{\pi * 2.1cm^2}{4} * 1.2cm$$

$$s = 4.154cm^3$$

La cantidad de líquido que envía la bomba # 3 es $4.154cm^3$ con una presión de 107.2 bar provocando que en las mordazas del eje posterior se produzca menor presión entre la pastilla y el disco de frenos, evitando el bloqueo de las ruedas posteriores.

d) Fuerza de frenado que se ejerza en las pastillas

$$s = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$s = \frac{\pi * 5,71cm^2}{4}$$

$$s = 25,61cm^2$$

$$P = \frac{F}{s}$$

$$F = P * s$$

$$F = 1072,3 \frac{N}{cm^2} * 25,61 cm^2$$

$$F = 27461,6 N$$

$$F = 6173,6 \text{ libras fuerza}$$

Partiendo con 3,5 libras fuerza que ejerce el conductor al accionar el freno y pasando por diferentes bombas que componen el sistema se consigue un aumento de la fuerza que se utiliza en las pastillas para detener al disco de frenos de 6173,6 libras fuerza, esta fuerza se va a utilizar en los frenos del eje delantero, mientras que para los frenos del eje posterior se utilizara el 30% de la fuerza obtenida, consiguiendo un reparto de frenado de 70% para el eje delantero y 30% para el eje posterior.

e) Selección de Discos

Después de haber realizado los cálculos necesarios para la fuerza de frenado, procedemos con la selección de discos o tambores para el sistema de freno.

En los cálculos anteriores dividimos de manera equitativa la fuerza necesaria hacia a cada una de las ruedas es por esta razón que vamos a ocupar el mismo sistema tanto para el eje delantero como para el posterior, al haber calculado con el diámetro del pistón de 5,71cm; procedemos a buscar el sistema completo que más se aproxime a esta medida.

Seleccionando así el kit de frenos delantero del vehículo Suzuki Forza I, seleccionándolo tanto para el eje trasero como para el eje delantero teniendo los siguientes datos:

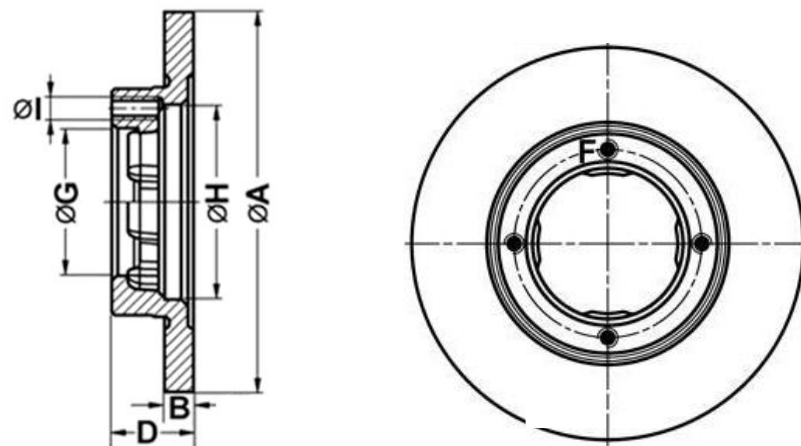


Figura 106 Disco de Freno

Fuente: <http://recambios-coche.oscaro.es/>

Tabla 41 Referencias de disco

Fuente: <http://recambios-coche.oscaro.es/>

A	B	D	F	G	H	Θ
215mm	10mm	33mm	4	86mm	106mm	12 mm

f) CÁLCULO DE REPARTO DE FRENO

Para poder realizar el cálculo del reparto de frenado debemos considerar todas las fuerzas y esfuerzos a los cuales es sometido el vehículo en el momento de dicho frenado, de igual manera se debe considerar la resistencia aerodinámica para de esta manera no cometer ningún error en el momento de repartición óptima.

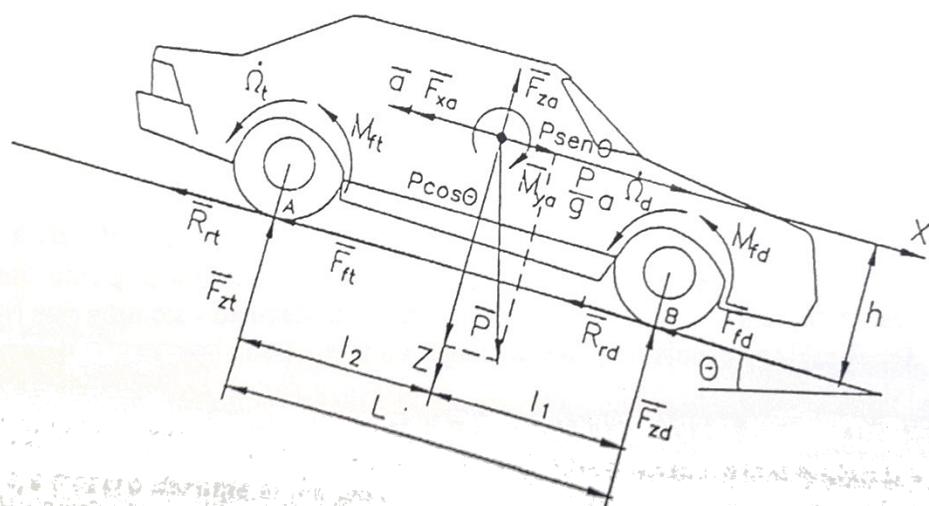


Figura 107 Modelo de Cuerpo Libre de un Vehículo de Dos Ejes para el Estudio del Frenado

Fuente: Teoría de los Vehículos Automóviles, Aparecido Izquierdo, Madrid, Noviembre 2001

Tomando en cuenta esfuerzos y resistencias expresadas en la figura 3.6, con respecto a los puntos A y B obtenemos:

$$F_{zd} = \frac{P l_2 \cos \theta + \left(\frac{P}{g} a - P \sin \theta - F_{xa} \right) h}{L} \quad 52$$

$$F_{zt} = \frac{P l_1 \cos \theta - \left(\frac{P}{g} a - P \sin \theta - F_{xa} \right) h}{L} \quad 53$$

En donde:

F_{zd} = Cargas dinamicas que soportan las ruedas

P =Carga normal a la superficie de rodadura

l_2 = Longitud

g = gravedad

a = aceleración

F_{xa} = Resistencia aerodinamica al avance

h = altura

Para la aplicación de estas fórmulas vamos a suponer lo siguiente:

- $\theta > 0$ en subidas, y;
- $\theta < 0$ en bajadas.

⁵² Aparicio, Francisco; Vera, Carlos; Díaz, Vicente; Teoría de los Vehículos Automóviles; Madrid 2001

⁵³ Aparicio, Francisco; Vera, Carlos; Díaz, Vicente; Teoría de los Vehículos Automóviles; Madrid 2001

Encontrando así el equilibrio de las fuerzas que a su vez nos permite establecer:

$$\frac{P}{g} a - P \sin \theta - F_{xa} = F_{fd} + F_{ft} + R_{rd} + R_{rt} = F_f + F_r^{54}$$

En donde:

F_{xa} = Resistencia aerodinamica al avance

F_{fd} = fuerza de frenado delantera

F_{ft} = fuerza de frenado posterior

F_f = fuerza de frenado total

F_r = fuerza de rodadura

Considerando que:

$$F_f = \mu P$$

$$R_r = P \cos \theta f_r$$

$$\cos \theta \approx 1$$

Al sustituir en F_{zd} y F_{zt} , tenemos:

⁵⁴ Aparicio, Francisco; Vera, Carlos; Díaz, Vicente; Teoría de los Vehículos Automóviles; Madrid 2001

$$F_{zd} = \frac{Pl_2}{L} + \frac{hP}{L} [\mu + f_r]$$

$$F_{zt} = \frac{Pl_1}{L} - \frac{hP}{L} [\mu + f_r]$$

Donde;

$\frac{Pl}{L}$ Representa la carga estática en el eje; 2 para el eje delantero
y 1 para el eje trasero.

$\frac{hP}{L} [\mu + f_r]$ Representa la transferencia de carga desde el eje
trasero hacia el eje delantero.

Vamos a denominar el esfuerzo de frenado que actúa sobre las ruedas
delanteras y traseras como:

$$K_{fd} = \frac{F_{fd}^s}{F_f^s}$$

$$K_{ft} = \frac{F_{ft}^s}{F_f^s}$$

Dónde:

F_{fd}^s = Fuerza de Frenado en el eje

$$F_f^s = \text{Fuerza de Frenado Total}$$

Sumando las dos fuerzas de frenado tenemos:

$$K_{fd} + K_{ft} = \frac{F_{fd}^s + F_{ft}^s}{F_f^s} = 1$$

Al ser igual a 1 expresamos que la suma de las dos fuerzas va a ser igual al 100% que equivale a la fuerza total de frenado; además de esto el superíndice s, hace referencia al esfuerzo proporcionado por el sistema de frenos.

Para poder tener un aprovechamiento óptimo de las cargas dinámicas F_{zd} y F_{zt} , durante el proceso de frenado debe cumplirse que:

$$\frac{F_{fd}^a}{F_{fd}^s} = \frac{F_{ft}^a}{F_{ft}^s}$$

Siendo F_{fd}^a y F_{ft}^a los valores de las fuerzas de frenado que son limitadas por la adherencia.

Teniendo así como reparto óptimo de las fuerzas de frenado la siguiente expresión:

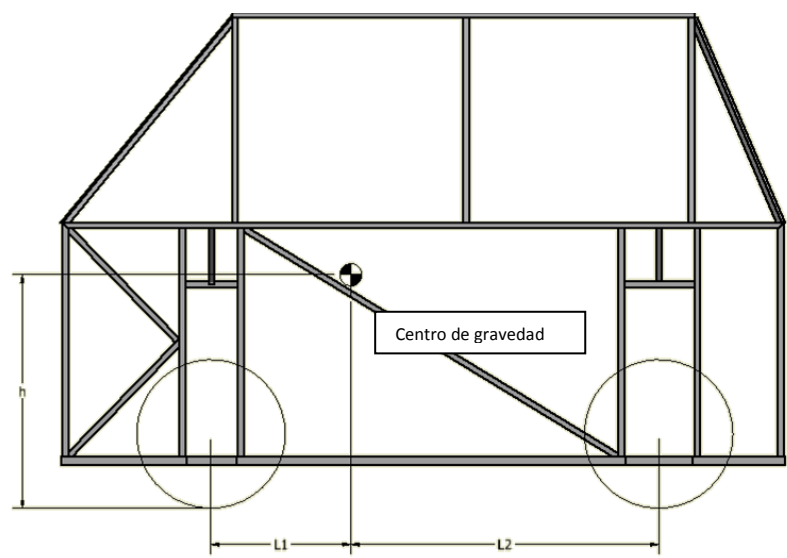
$$\frac{K_{fd0}}{K_{ft0}} = \frac{F_{fd}^s}{F_{ft}^s} = \frac{F_{fd}^a}{F_{ft}^a} = \frac{\mu F_{zd}}{\mu F_{zt}}$$

Y sustituyendo en F_{zd} y F_{zt}

Teniendo así la Ecuación de Reparto Optimo de Frenado.

$$\frac{K_{fd0}}{K_{ft0}} = \frac{l_2 + h(\mu + fr)}{l_1 - h(\mu + fr)}^{55}$$

Con las medidas obtenidas de nuestro vehículo continuamos con el cálculo del centro de gravedad y el reparto de frenado.



⁵⁵ Aparicio, Francisco; Vera, Carlos; Díaz, Vicente; Teoría de los Vehículos Automóviles; Madrid 2001

Figura 108 Centro de gravedad

Fuente: Los Autores

g) Calculo del centro de gravedad.

Para obtener los pesos en cada una de las ruedas estimamos una relación de 55% para el eje delantero y 45% para el eje posterior del peso total del vehículo.

En donde:

P1 es el peso en el eje delantero derecho

P2 es el peso en el eje delantero izquierdo

P3 es el peso en el eje posterior derecho

P4 es el peso en el eje posterior izquierdo

Lt es la batalla del vehículo

L1 distancia del eje delantero al centro de gravedad

L2 distancia del eje posterior al centro de gravedad

Datos:

$$P_t = 640 \text{ Kg}$$

$$L_t = L_1 + L_2$$

$$L_t = 1.53 \text{ m}$$

$$P_1 = 176 \text{ Kg}$$

$$P_2 = 176 \text{ Kg}$$

$$P_3 = 144 \text{ Kg}$$

$$P_4 = 144 \text{ Kg}$$

$$L_1 = \frac{P_3 + P_4}{P} * L_t$$

$$L_1 = \frac{144 + 144}{640} * 1,53$$

$$L_1 = 0,69 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{P_1 + P_2}{P} * L_t$$

$$L_2 = \frac{176 + 176}{640} * 1,53$$

$$L_2 = 0,84 \text{ m}$$

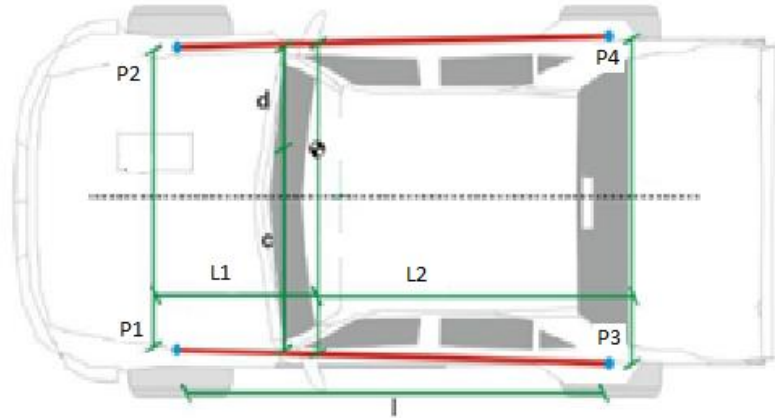


Figura 109 Posición del centro de gravedad y posición de los neumáticos

Fuente: Presentación Ing. Jorge Fajardo

ΔP_D = diferencia de peso del eje delantero con inclinación.

$$\Delta P_D = P_1' + P_2' - P_1 - P_2$$

P_1' , P_2' Es el peso de los neumáticos delanteros con una inclinación de 30° de la calzada

$$P_1' = 186$$

$$P_2' = 186$$

$$\Delta P_D = 186 + 186 - 176 - 176$$

$$\Delta P_D = 20 \text{ kg}$$

h) Cálculo de la altura del centro de gravedad

En donde:

ht es la altura del centro de gravedad

R_{CT} Radio del neumático posterior sin carga

R_{CD} Radio del neumático delantero bajo carga

$$h_t = h_1 + h_2$$

$$h_1 = \frac{\Delta P_D * L_t}{P_t * \tan\theta}$$

$$h_1 = \frac{20 * 1,53}{640 * \tan 30^\circ}$$

$$h_1 = 0,08 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{L_2 * R_{CD} + L_1 * R_{CT}}{L_t}$$

Para obtener R_{CT} , que es el radio del neumático posterior sin carga, obtuvimos los datos del neumático con las siguientes características

Ancho del neumático es de 145 mm

Diámetro R-13 radial



Figura 110 Radio del neumático

Fuente: http://neumatico.org/nippon_comparador.html

Para obtener R_{CD} , es el radio bajo carga del neumático delantero el cual disminuye su diámetro 1,5 cm

Radio de carga

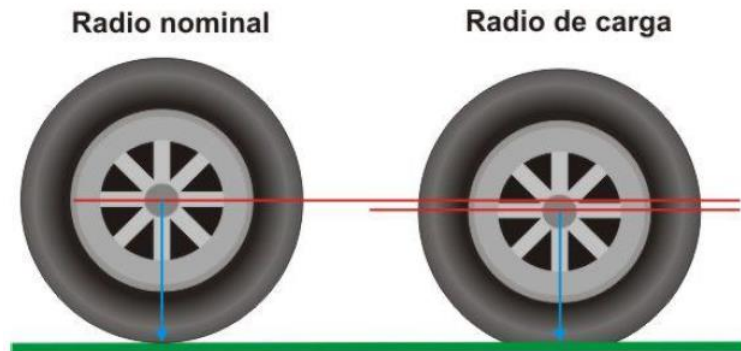


Figura 111 Radio Nominal y de carga del neumático

Fuente: Presentación Ing. Jorge Fajardo

$$R_{CD} = R_{CT} - 1,5cm$$

$$R_{CD} = 0,252 - 0,015$$

$$R_{CD} = 0,237m$$

$$h_2 = \frac{0,84 * 0,237 + 0,69 * 0,252}{1,53}$$

$$h_2 = 0,245m$$

$$h_t = 0,08 + 0,245$$

$$h_t = 0,33m$$

Datos generales para el cálculo de reparto óptimo de frenado:

$$l_1 = 0,69\text{m} \qquad l_2 = 0,84\text{m}$$

$$h = 0,33\text{m} \qquad \mu = 0,7$$

$$f_r = 0.015 + 0.01 \left[\frac{V}{100} \right]^{2.5}$$

Dónde:

0,015 = Coeficiente resistencia a la rodadura en hormigón.

V = Velocidad máxima del vehículo 50 Km/h.

$f_r = 0.016$ Coeficiente Resistencia a la Rodadura.

L1= distancia del eje delantero al centro de gravedad.

L2 = distancia del eje posterior al centro de gravedad.

h o ht = altura al centro de gravedad

μ = Coeficiente de Adherencia

$$\frac{K_{fd0}}{K_{ft0}} = \frac{L_2 + h(\mu + f_r)}{L_1 - h(\mu + f_r)}$$

$$\frac{K_{fd0}}{K_{ft0}} = \frac{0,84 + 0,33(0,7 + 0,016)}{0,69 - 0,33(0,7 + 0,016)}$$

$$\frac{K_{fd0}}{K_{ft0}} = 2,368$$

$$K_{fd0} = 2,368 K_{ft0}$$

$$K_{fd0} - 2,368 K_{ft0} = 0$$

$$K_{fd0} + K_{ft0} = 1$$

$$K_{ft0} = 0,2968$$

$$K_{fd0} = 0,7032$$

Al desarrollar las dos ecuaciones tenemos que el reparto óptimo de frenado en este prototipo es:

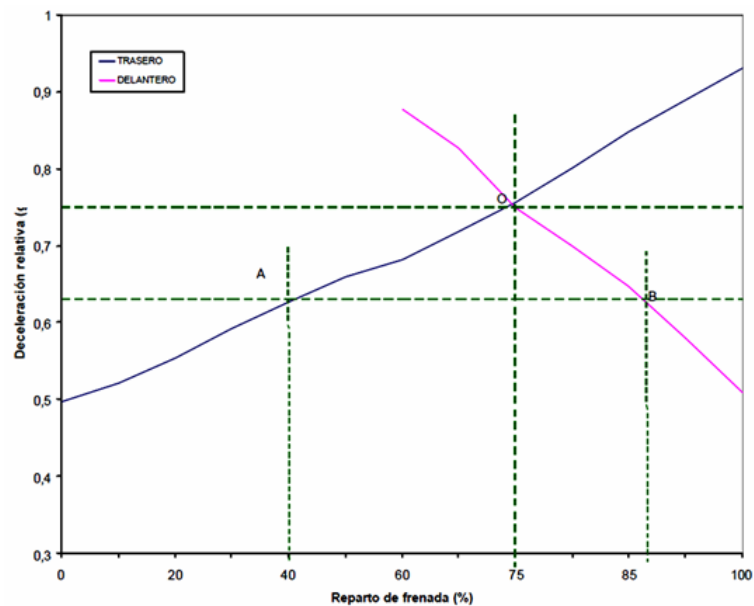
$$K_{ft0} = 29,68\% \text{ Para el eje trasero.}$$

$$K_{fd0} = 70,32\% \text{ Para el eje delantero.}$$

Con el vehículo en posición estática, la masa se reparte entre el eje delantero y el eje trasero. La mayoría de vehículos comerciales, son ligeramente más pesados en la zona delantera que en la posterior. Por la ubicación del motor y el sistema de transmisión en la parte delantera.

El menor peso en el eje trasero implica que el diseño del reparto de fuerzas sea fundamental para no alcanzar el bloqueo de las ruedas traseras, cuando frenamos aparece un momento de cabeceo alrededor del centro de gravedad, que genera una transferencia de carga del eje trasero al eje delantero. Esto significa, que no solo el eje trasero es menos pesado que el delantero, sino que además por dinámica vehicular en el eje trasero y siempre que se accione el freno, se va a descargar fuerza transfiriendo parte de esa carga al eje delantero.

El valor de la transferencia de carga que se produce al frenar del eje trasero al delantero, depende de la altura del centro de gravedad del vehículo y de la batalla del vehículo, es decir, de su distancia entre ejes. Debido a todas estas variables, la fuerza frenante que se aplicará al eje delantero no es igual a la del eje trasero. Lo mismo debe decirse para las fuerzas que se aplican durante la aceleración. Si hiciésemos los cálculos para saber qué porcentaje de la frenada debe de producirse en el eje delantero y cual en el eje trasero, considerando un coeficiente de fricción neumático suelo de valor $\mu = 0,8$. El reparto sería de un 0,75 % de la frenada en las ruedas delanteras; y 0,25 % en las ruedas traseras (Punto O).



O Reparto óptimo de frenado

A Bloqueo de las ruedas posteriores

B Bloqueo de las ruedas delanteras

Figura 112 Reparto optimo de frenado entre ambos ejes

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=curva+de+reparto+de+frenado>

Para un valor de adherencia entre el neumático y el suelo de valor $\mu = 0,7$. El punto O, de intersección de ambas curvas, corresponde al frenado óptimo y, por tanto, a un reparto de esfuerzos de frenado como se ha descrito anteriormente⁵⁶.

En el cálculo desarrollado conseguimos un reparto de frenado de 70% para el eje delantero y 30 % para el eje posterior, estando dentro del límite optimo, asegurando un frenado correcto y recomendado, sabemos que con estos valores primero llega a bloquearse el eje delantero y luego el posterior, esto se evita colocando un regulador en el sistema de frenos

i) Disco de freno

El freno de disco es un sistema de frenado usado normalmente para ruedas de vehículos, en el cual el disco solidario con la rueda que gira es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción (las pastillas) que ejercen sobre ellos una fuerza suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del vehículo en movimiento, en calor, hasta detenerlo o reducir su velocidad.

⁵⁶ <http://www.monografias.com/trabajos89/fuerzas-desarrolladas-frenado-vehiculos-dinamica/fuerzas-desarrolladas-frenado-vehiculos-dinamica.shtml>



Figura 113 Disco de freno

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-405139648-discos-de-frenos-delanteros-para-suzuki-forsa-_JM

j) Mordaza

La mordaza es el soporte de las pastillas y los pistones de freno. Las mordazas flotantes, también denominadas "mordazas deslizantes", se mueven en relación al disco; un pistón a uno de los lados empuja la pastilla hasta que esta hace contacto con la superficie del disco, haciendo que la mordaza y con ella la pastilla de freno interior se desplacen. De este modo la presión es aplicada a ambos lados del disco y se logra la acción de frenado.



Figura 114 Mordazas

Fuente: Los autores

k) Pistón de freno.

Los pistones cuentan con una fijación que va alrededor y sellos que impiden el escape de la presión ejercida por el líquido de frenos, a través del cual son accionados. La mordaza lleva un conducto por el cual entra el líquido de frenos y eso hace que la mordaza empuje la pastilla contra el disco produciendo el frenado



Figura 115 Pistón de freno

Fuente: Los autores

l) Pastillas de frenos.

Las pastillas están diseñadas para producir una alta fricción con el disco. Deben ser remplazadas regularmente, y muchas están equipadas con un sensor que alerta al conductor cuando es necesario hacerlo.



Figura 116 Pastillas de freno

Fuente: Los autores

m) Bomba de freno.

La bomba de freno es la encargada de crear la fuerza necesaria para que los elementos de fricción frenen el carro convenientemente.

Al presionar la manija de freno, se desplaza los elementos interiores de la bomba, generando la fuerza necesaria para frenar el carro, básicamente, la bomba es un cilindro con diversas aperturas donde se desplaza un émbolo en su interior, provisto de un sistema de estanqueidad y un sistema de oposición al movimiento, de tal manera que, cuando cese el esfuerzo, vuelva a su posición de reposo. Los orificios que posee la bomba son para que sus elementos interiores admitan o expulsen líquido hidráulico con la correspondiente presión.



Figura 117 Bomba de freno del manubrio del vehículo eléctrico

Fuente:

http://brajovic.cl/carro/index.php?main_page=product_info&products_id=2695

3.4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

La suspensión del vehículo tiene como objetivo hacer un avance cómodo para el ocupante, cumpliendo con sus cualidades primordiales que son:

- **Elasticidad.-** Absorbiendo las irregularidades de la calzada sin transmitir las hacia el vehículo.
- **Amortiguación.-** Evita el balanceo excesivo del vehículo dotando así estabilidad al mismo.

Existen varios tipos de suspensión en el mercado cada uno de ellos con sus diferentes características y diseños; siendo actualmente el más utilizado e ideal para nuestro prototipo el sistema de Muelles Helicoidales

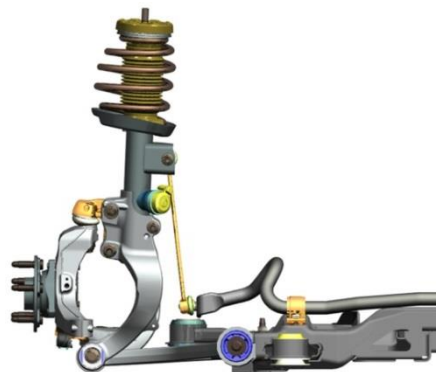


Figura 118 Sistema de Suspensión de Muelles Helicoidales

Fuente: http://www.hispaniatecnica.com/images/Muelles_y_amortiguadores

Este tipo de suspensión al ser independiente para cada neumático, tiene la gran ventaja que los movimientos y oscilaciones de una rueda no afecta a otra rueda, manteniendo contacto con la calzada independientemente de la maniobra o terreno por el que se esté cruzando; además de esto con este sistema, el movimiento que se produce en las ruedas no es transmitido al chasis con tanta dureza como sucedería con otros sistemas. Es por esto que se ha ocupado este tipo de suspensión en nuestro prototipo, también se puede acotar la facilidad de este sistema para realizar su respectivo mantenimiento.

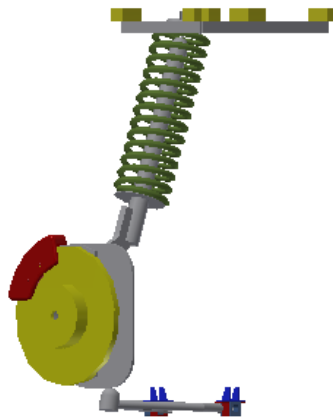


Figura 119 Sistema de Suspensión completa prototipo

Fuente: Los autores

El sistema consta de:

- **Muelle.-** No es más que un hilo de acero enrollado en forma de hélice el mismo que tiene un diámetro de 10 a 15mm, este diámetro depende de las características del muelle.

La flexibilidad de este muelle depende mucho del diámetro del hilo, número de espiras, ángulo de inclinación y calidad del

acero; la función principal de este es recoger las irregularidades del terreno y absorberlas en forma de deformación.



Figura 120 Muelles Helicoidales

Fuente:



<http://www.aficionadosalamecanica.net/muelles-tipos.jpg>

Figura 121 Muelles Helicoidales prototipo

Fuente: Los autores

- **Amortiguadores.-** Son los encargados de transformar la deformación del muelle en energía calorífica, calentando un fluido en el interior del amortiguador que al tener que pasar por ciertos pasos estrechos. Estos amortiguadores pueden ser de fricción o hidráulicos, en el caso específico de nuestro

sistema utilizaremos los hidráulicos, por ser más utilizados en la actualidad, y más fácil de obtenerlos.

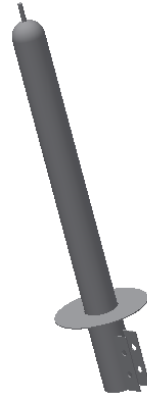


Figura 122 Amortiguador Hidráulico prototipo

Fuente: Los autores

- **Brazo Oscilante.-** Su finalidad es controlar los diferentes movimientos longitudinales existentes en las ruedas, producidas por aceleraciones y frenadas fuertes, además de esto, permite otorgar movimientos verticales libres en las ruedas, los mismos que se presentan por las diferentes irregularidades en la calzada.

Además de esto sirve también como lazo de unión entre la mangueta y el chasis del vehículo, dando de igual manera el apoyo más adecuado entre el neumático y la calzada influyendo de manera directa en la estabilidad y la dirección del vehículo.

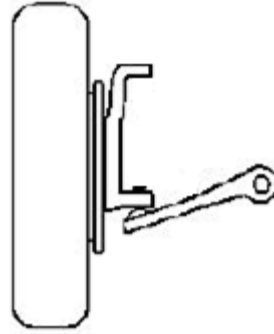


Figura 123 Brazo Oscilante

Fuente: <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/sistema-de-suspension.html>

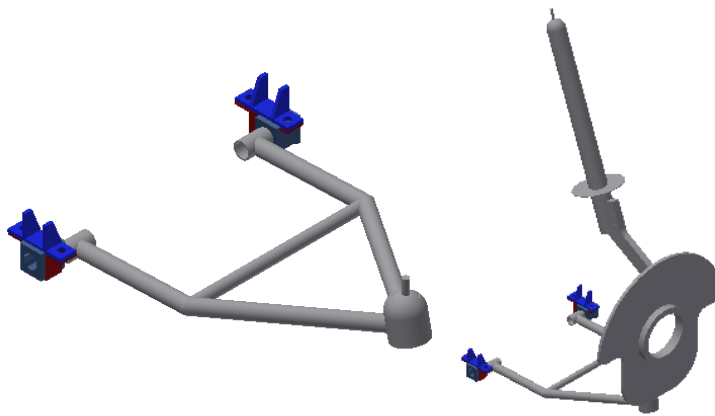


Figura 124 Brazo Oscilante Prototipo

Fuente: Los autores

Con estos componentes podremos dotar a nuestro prototipo con la suspensión correcta, cumpliendo de esta manera los objetivos de confort y seguridad a nuestro vehículo.



Figura 125 Sistema de suspensión prototipo

Fuente: Los autores

La suspensión en un vehículo es la responsable de mantener siempre las ruedas en continuo contacto con la calzada, absorbiendo así las vibraciones y los diferentes movimientos resultantes por el desplazamiento del vehículo, con el fin que estos golpes no sean transmitidos hacia el chasis.

a) Acotaciones previas para el Diseño del Sistema de Suspensión.

Antes de proceder al diseño de nuestro sistema, primero debemos conocer cuál es el comportamiento de una persona ante las posibles vibraciones y movimientos que puedan existir en el vehículo, ya que de esto dependerá el confort y la facilidad de conducción del mismo.

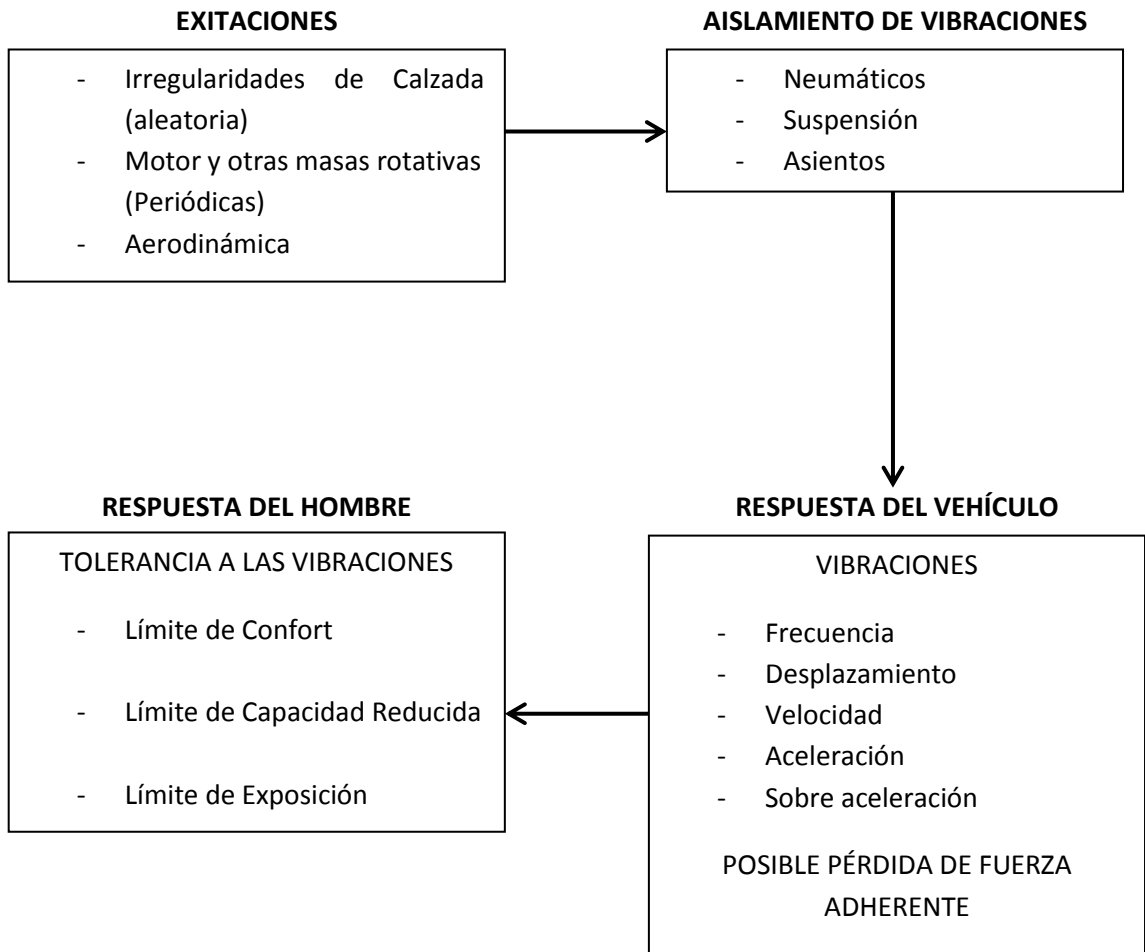


Figura 126 Elementos que Influyen en la Incomodidad Cinética Vibratoria (ICV)

Fuente: SAE-J Data Manual

b) Respuestas del Cuerpo Humano a las Vibraciones

La exposición del cuerpo a vibraciones se produce cuando se transmiten movimientos oscilantes de una estructura, ya sea con respecto al suelo o a un asiento; la respuesta a este movimiento por parte del cuerpo tiende a ser muy variable, puesto que va a depender de las siguientes características:

- Frecuencia
- Dirección
- Intensidad
- Duración

Estas vibraciones pueden llegar a causar diferentes reacciones en el cuerpo que pueden ser desde una molestia simple, hasta llegar a alteraciones fuertes en la persona, pasando por obstrucción de tareas simples como leer, hasta llegar a afectar la precisión en el desarrollo de movimientos o de rendimiento por causa de fatiga.

Antes de continuar con los análisis de respuestas por el cuerpo humano, debemos diferenciar los significados entre Vibración y Frecuencia, puesto que en la mayoría de los casos se llegan a confundir.

- La Frecuencia es un estado de vibración.
- La Vibración es una pulsación de onda, que tiende a repetirse en ciclos.

Es decir; la frecuencia es el número de ciclos o repeticiones existentes durante la vibración.

Existe una gran gama de frecuencias que producen diferentes efectos tanto en las personas como en los vehículos; frecuencias que son producidas desde valores mínimos hasta 0,5Hz y valores máximos que oscilan desde los 20 Hz a 200Hz.

Tabla 42 Respuesta del Cuerpo Humano a la Vibración

Fuente: SAE-J Data Manual

FRECUENCIAS EN HZ		EFECTOS PRODUCIDOS	
		SOBRE PERSONAS	SOBRE AUTOMOVILES
MUY BAJAS	< 0,5	Sensación de mareo con grandes amplitudes
BAJAS	DE 0,5 A 4	1,2 a 2	Modos de baja frecuencia en la masa suspendida y del conjunto: movimiento vertical, cabeceo, balanceo y guiñada.
		1 a 2	
		1 a 3	

En nuestro caso hemos seleccionado el análisis de frecuencias MUY BAJAS y BAJAS, puesto que para el diseño se tomará en cuenta la Frecuencia del Movimiento Vertical al Paso Humano, el mismo que viene desde 1,2 hasta 2 HZ.

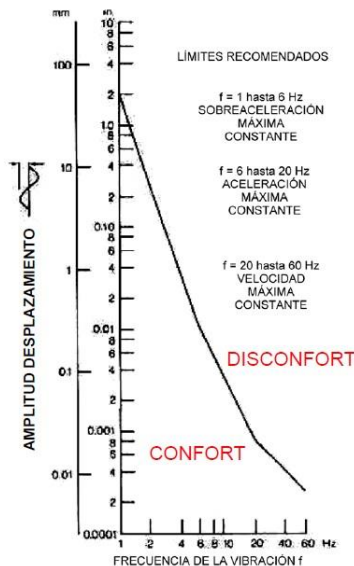


Figura 127 Criterio de Confort Vertical.

Fuente: SAE-J Data Manual

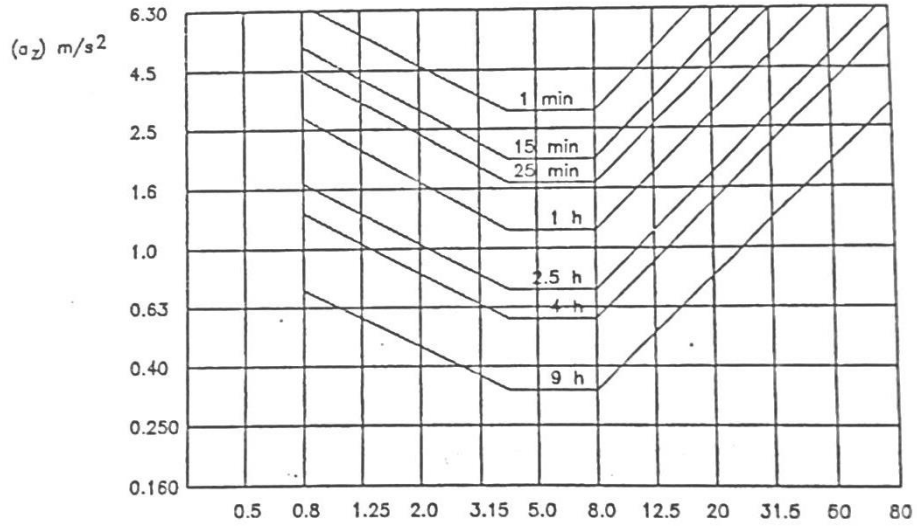


Figura 128 Límite de Capacidad Reducida por Fatiga en Vibraciones Verticales.

Fuente: ISO-2361

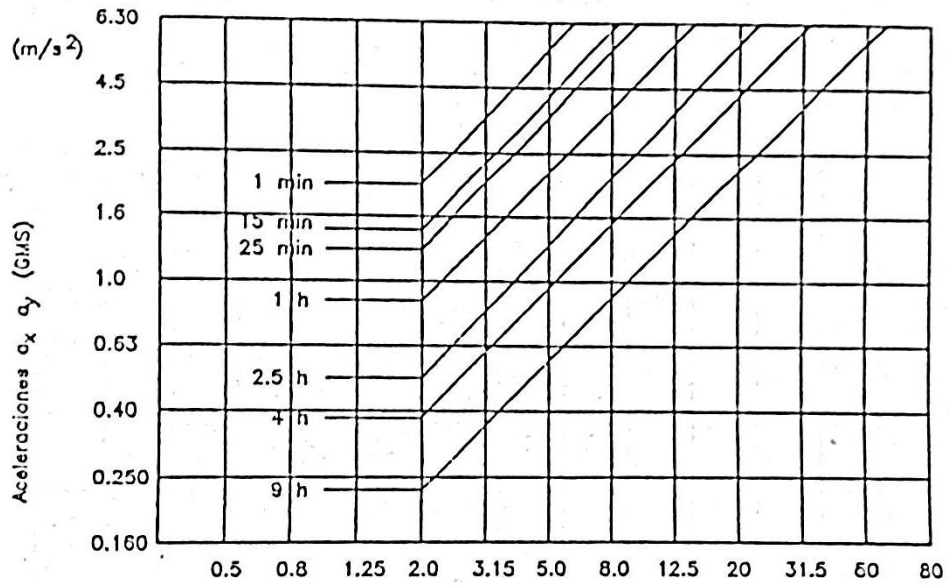


Figura 129 Límite de Capacidad Reducida por Fatiga en Vibraciones Horizontales.

Fuente: ISO-2361

El límite de Capacidad Reducida por Fatiga, nos indica la barrera a partir de la cual se presenta un decadencia de capacidades en la persona para realizar de manera eficaz un trabajo que en nuestro caso sería la de conducir un vehículo.

c) Modelo del Sistema de Suspensión $\frac{1}{4}$

Este modelo del sistema de suspensión se denomina $\frac{1}{4}$ puesto que se considera el análisis en un neumático ($\frac{1}{4}$ de vehículo) y al ser un sistema independiente se puede aproximar de esta manera, además consideramos el movimiento con un solo grado de libertad.

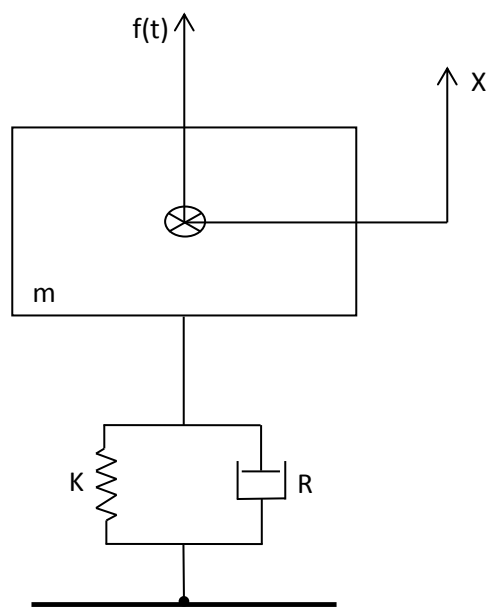


Figura 130 Modelo de Un Grado de Libertad para Presentar la Suspensión de $\frac{1}{4}$ de Vehículo

Fuente: Teoría de los Vehículos Automóviles, Aparicio, Francisco; Madrid 2001

La ecuación de movimiento del sistema es:

$$M\ddot{x} + R\dot{x} + Kx = F(t)^{57}$$

Donde:

M = Masa [Kg].

K = Constante de Rigidez.

R = Coeficiente de Amortiguamiento.

F(t) = Fuerza variable en el tiempo que actúa sobre la masa.

Haciendo $F(t) = 0$, es decir obtenemos la ecuación homogénea tenemos:

$$M\ddot{x} + R\dot{x} + Kx = 0$$

Tomando en cuenta la teoría de Ecuaciones diferenciales, se puede asumir que la solución a esta ecuación es del tipo $x = Xe^{\omega t}$, donde ω es constante, que se determina obteniendo las derivadas \dot{x} , \ddot{x} .

Sustituyendo esto en la ecuación anterior tenemos:

$$(M\omega^2 + R\omega + K) * Xe^{\omega t} = 0$$

La ecuación no trivial de esta ecuación se obtiene haciendo:

$$M\omega^2 + R\omega + K = 0$$

O lo que es lo mismo:

⁵⁷ Aparicio, Francisco; Vera, Carlos; Díaz, Vicente; Teoría de los Vehículos Automóviles; Madrid 2001

$$\omega^2 + \omega \cdot \frac{R}{M} + \frac{K}{M} = 0$$

Esta es la ecuación característica del sistema y tiene como soluciones:

$$\omega_{1,2} = -\frac{R}{2M} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2M}\right)^2 - \frac{K}{M}}$$

Y de la solución de la ecuación homogénea tenemos:

$$x(t) = Ae^{\omega_1 t} + Be^{\omega_2 t}$$

Donde A y B son constantes que dependen de las condiciones Iniciales

La ecuación $\omega_{1,2} = -\frac{R}{2M} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2M}\right)^2 - \frac{K}{M}}$, proporciona las frecuencias fundamentales del sistema y para el caso de que el amortiguamiento fuera nulo, es decir $R = 0$, tendríamos:

$$\omega_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{K}{M}}$$

que es un número complejo con parte real nula.

Por otra parte si sustituimos en la respuesta de la ecuación homogénea con los valores obtenidos de $\omega_{1,2}$; tenemos:

$$x(t) = e^{-\left(\frac{R}{2M}\right)t} [Ae^{It} + Be^{-It}]$$

Siendo:

$$I = \sqrt{\left(\frac{R}{2M}\right)^2 - \frac{K}{M}}$$

El primer término, $e^{-\left(\frac{R}{2M}\right)t}$, es una función decreciente exponencial con el tiempo.

El valor de I depende de que los valores numéricos dentro del radical sean positivos, nulos o negativos.

Por las respuestas de las ecuaciones diferenciales se sabe que si los valores dentro del radical son positivos o nulos, el exponente de e, es real, caso contrario será un número imaginario.

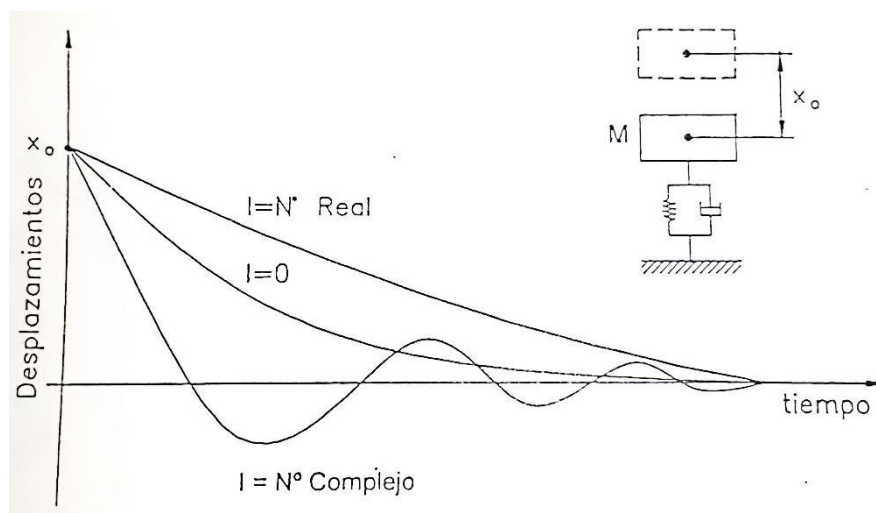


Figura 131 Variación del Desplazamiento en Función del Tiempo para Diferentes Valores del Amortiguamiento

Fuente: Teoría de los Vehículos Automóviles, Aparicio, Francisco; Madrid 2001

Como se puede observar en la figura 131, la masa M parte siempre desde x_0 , y en función de I , realiza su movimiento vertical de una u otra manera dependiendo de cualquiera de los tres casos posibles, teniendo:

$I =$ Número real, el movimiento vertical no es oscilatorio, y la masa M desciende lentamente hasta el equilibrio.

$I = 0$, el movimiento vertical tampoco es oscilatorio, y la masa M desciende más rápido hasta el equilibrio.

$I =$ Número Imaginario, la masa M realiza el movimiento vertical de forma oscilatoria hasta alcanzar el equilibrio.

En base al análisis de la figura anterior podemos denotar que para obtener un movimiento oscilatorio el valor de I debe ser un número imaginario, el mismo que se puede obtener si se cumple únicamente que:

$$\left(\frac{R}{2M}\right)^2 < \frac{K}{M}$$

En el caso que $I = 0$, se tiene:

$$\left(\frac{R}{2M}\right)^2 = \frac{K}{M}$$

El sistema tiene amortiguamiento crítico cuando se despeja el valor de R en $\left(\frac{R}{2M}\right)^2 = \frac{K}{M}$ teniendo:

$$R = 2M \cdot \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$R = 2 \cdot \sqrt{K \cdot M}$$

A este valor de R se le denomina crítico y en adelante lo consideraremos como R_{CRI} ; en los vehículos el valor de R siempre debe ser menor que R_{CRI} , por lo tanto los valores de ω_1 y ω_2 deben ser siempre complejos.

$$\omega_{1,2} = \sigma + i \cdot \omega_n$$

Donde:

$$\sigma = -\frac{R}{2M}, \text{ que será el Factor de Amortiguamiento, y}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{M} - \left(\frac{R}{2M}\right)^2}, \text{ que es la frecuencia fundamental de la vibración}$$

del sistema amortiguado.

Si se define ξ como el cociente entre R y su valor crítico R_{CRI} , el factor de amortiguamiento puede expresarse de la siguiente manera:

$$\sigma = -\frac{R}{R_{CRI}} \cdot \omega$$

$$\sigma = -\xi \cdot \omega$$

donde, ω es la frecuencia fundamental del sistema no amortiguado, es decir:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

que al sustituir tenemos que:

$$\sigma = -\frac{R}{2M}$$

d) Pre dimensionamiento de la Suspensión.

Por estudios realizados sobre confort, y datos expuestos anteriormente (respuestas del cuerpo humano a vibraciones), tendremos como datos que:

- La Frecuencia Fundamental para el Sistema de Suspensión debe ser alrededor de 1Hz.
- Su amortiguamiento debe tener un valor $\xi = 0,25$.

Tomando en cuenta que el amortiguamiento modifica el valor de la frecuencia tenemos que:

$$\omega = \frac{\sqrt{\frac{K}{M}}}{2\pi}$$

Con $\omega = 1\text{Hz}$ y despejando K, tenemos:

$$K = 4 \cdot \pi^2 \cdot M$$

Una vez pre dimensionado el valor de K, considerando un valor inicial de $\xi = 0,25$, tenemos que:

$$\xi = \frac{R}{R_{CRI}} = 0,25$$

Despejando R, tenemos:

$$R = 0,25 \cdot R_{CRI}$$

$$R = 0,25 \cdot 2\sqrt{K \cdot M}$$

Sabiendo los valores para K y R, se puede calcular la frecuencia del sistema de amortiguamiento que en Hz es:

$$\omega_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M} - \left(\frac{R}{2M}\right)^2}$$

Considerando que nuestro prototipo tiene un peso de 650Kg tenemos que:

$$K = 4 \cdot \pi^2 \cdot 640 \quad R = 0,25 \cdot 2\sqrt{16170368} \quad \omega_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{25266,2}{640} - \left(\frac{2042,04}{2 \cdot 640}\right)^2}$$

$$K = 25266,2 \frac{N}{m} \quad R = 2010,62 \frac{N \cdot s}{m} \quad \omega_n = 0,9676 \text{ Hz}$$

Una vez pre dimensionados los valores característicos del sistema, se pasa a simular su comportamiento resolviendo la ecuación diferencial de movimiento del sistema de suspensión con los valores de K y R calculados

$$640\ddot{x} + 2010,62\dot{x} + 25266,2x = -6376,5$$

Resolución Ecuación Homogénea:

$$640\ddot{x} + 2010,62\dot{x} + 25266,2x = 0$$

Transformando a la ecuación auxiliar tenemos:

$$640m^2 + 2010,62m + 25266,2 = 0$$

$$m = \frac{-2010,62 \pm \sqrt{2010,62^2 - 4 \cdot 640 \cdot 25266,2}}{2 \cdot 640}$$

$$m = \frac{-2010,62 \pm \sqrt{-60638879}}{1280}$$

$$m_{1,2} = -1,6 \pm 6,1i$$

$$Y_H = e^{-1,6x}(C_1 \cos 6x + C_2 \sin 6x)$$

$$Y_p = r(x)$$

$$r(x) = -6272x^0$$

$$Y_p = -6272$$

$$\dot{Y}_p = 0$$

$$\ddot{Y}_p = 0$$

$$Y_p = -\frac{6272}{25266,2}$$

$$Y_p = -0,25$$

$$Y_G = e^{-1,6x}(C_1 \cos 6x + C_2 \sin 6x) - 0,25$$

$$\dot{Y}_G = e^{-1,6x}(6C_2 \cos 6x - 6C_1 \sin 6x) - 1,6e^{-1,6x}(C_1 \cos 6x + C_2 \sin 6x)$$

Tomaremos como condiciones iniciales $Y(0) = 0$ y $Y'(0) = 0$, puesto que analizamos que nuestro sistema parte desde el reposo y tanto su desplazamiento como su velocidad van a ser 0 en un tiempo igual a 0, teniendo así:

$$0 = e^{-1,6*0}(C_1 \cos(6 * 0) + C_2 \sin(6 * 0)) - 0,25$$

$$0 = 1(C_1) - 0,25$$

$$C_1 = 0,25$$

$$0 = e^{-1,6*0}(6C_2 \cos(6 * 0) - 6 * (0,25) * \sin(6 * 0)) - 1,6e^{-1,6*0}((0,25) * \cos(6 * 0) + C_2 \sin(6 * 0))$$

$$0 = 6C_2 - \frac{2}{5}$$

$$C_2 = 0,067$$

$$Y_G = e^{-1,6x}(0,25 * \cos 6x + 0,067 * \sin 6x) - 0,25$$

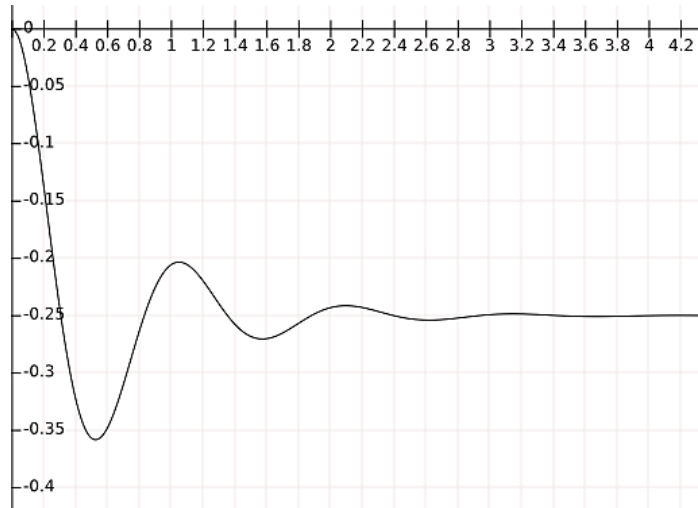


Figura 132 Desplazamiento Vertical de la Masa Suspendida con Un Grado de Libertad

Fuente: Los Autores

En la figura 132 se representa el desplazamiento de la masa M, la respuesta de este sistema se puede dividir en dos partes:

- Transitoria: Dura aproximadamente 2,8s y tiene su pico a 0,5s; con un valor de -0,36m de caída de la masa.
- Permanente: Entre los 2,8 y 4,2 segundos no hay prácticamente movimiento donde se considera permanente, ya que alcanza un valor

constante de $-0,25\text{m}$; esta deformación es estática debido al peso de la masa suspendida.

Al obtener la derivada de nuestra ecuación podremos obtener la velocidad de la masa suspendida teniendo que:

$$Y_G = e^{-1,6x}(0,25 * \cos 6x + 0,067 * \sin 6x) - 0,25$$

$$Y'_G = e^{-1,6x}(0,402 * \cos 6x - 1,5 * \sin 6x) - 1,6e^{-1,6x}(0,25 \cos 6x + 0,067 \sin 6x)$$

Obteniendo la siguiente gráfica:

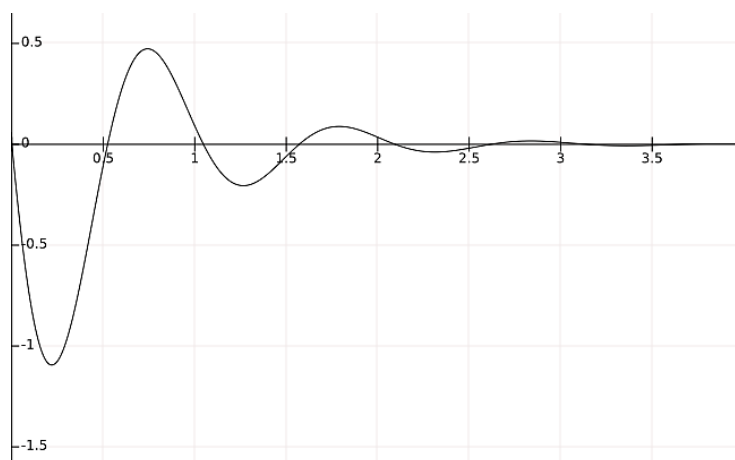


Figura 133 Velocidad de la Masa Suspendida

Fuente: Los Autores

Se puede observar claramente en la figura 133 que la velocidad de la masa en un instante tiene una caída rápida como si se tratara de un cuerpo y de igual manera presenta un incremento positivo, oscilando cada vez menos hasta alcanzar su punto de equilibrio alrededor de los 3,5 segundos.

Al obtener la derivada de nuestra ecuación de velocidad podemos obtener la aceleración de la masa suspendida teniendo que:

$$Y_G = e^{-1,6x}(0,25 * \cos 6x + 0,067 * \sin 6x) - 0,25$$

$$Y'_G = e^{-1,6x}(0,402 * \cos 6x - 1,5 * \sin 6x) - 1,6e^{-1,6x}(0,25 \cos 6x + 0,067 \sin 6x)$$

$$Y''_G = -2,56e^{-1,6x}(0,25 * \cos 6x + 0,067 * \sin 6x) - e^{-1,6x}(0,036 * \cos 6x + 2,41 * \sin 6x) - 3,2e^{-1,6x}(0,402 * \cos 6x - 1,4 * \sin 6x)$$

Obteniendo la siguiente gráfica:

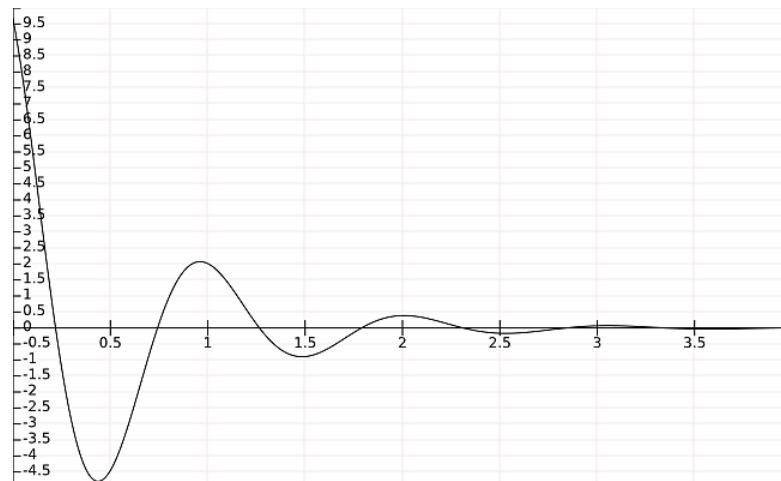


Figura 134 Aceleración de la Masa Suspendida

Fuente: Los Autores

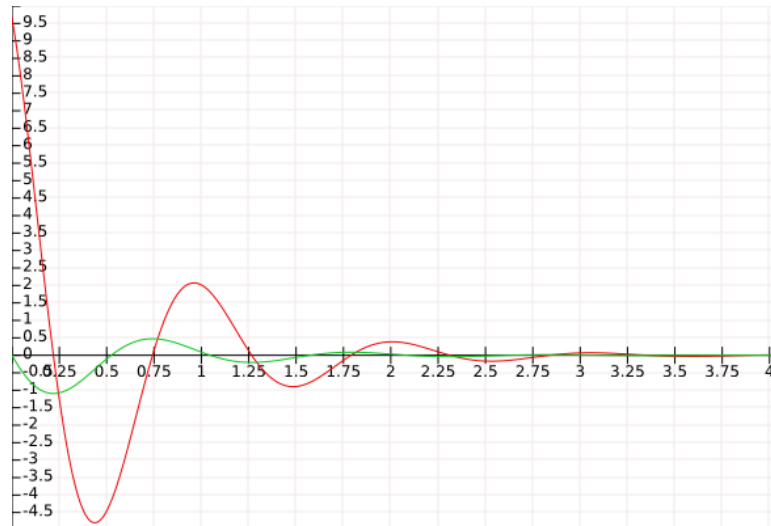


Figura 135 Velocidad y Aceleración de la Masa Suspendida

Fuente: Los Autores

Se puede observar claramente que en el primer instante la aceleración (rojo) de la masa es aproximada a la de la gravedad, por lo mismo que crea un desfase con respecto a la velocidad (verde).

e) Función de Transferencia

La ecuación $M\ddot{x} + R\dot{x} + Kx = F(t)$, es la representación del sistema de suspensión en un grado de libertad con respecto al tiempo.

Se puede obtener una ecuación equivalente que nos permita determinar el dominio de la frecuencia, esto se puede conseguir mediante transformada de Laplace, esta transformada nos permite convertir nuestra ecuación diferencial en una algebraica, teniendo así que la primera nos representa el modelo con respecto al tiempo y la segunda con respecto a la frecuencia.

Aplicando Laplace a nuestra ecuación diferencial tenemos:

$$\ell[M\ddot{x} + R\dot{x} + Kx] = M[s^2 \cdot X(s) - s \cdot x(0) - \dot{x}(0)] + R[s \cdot X(s) - x(0)] + K \cdot X(s)$$

$$\ell[M\ddot{x} + R\dot{x} + Kx] = (M \cdot s^2 + R \cdot s + K) \cdot X(s) - M \cdot s \cdot x(0) - M \cdot \dot{x}(0) - R \cdot x(0)$$

$$\mathcal{L}[F(t)] = F(s)$$

De esta manera nuestra ecuación diferencial se transforma en:

$$[M \cdot s^2 + R \cdot s + K] \cdot X(s) = F(s) + (M \cdot s + R) \cdot x(0) + M \cdot \dot{x}(0)$$

Siendo $x(0)$ y $\dot{x}(0)$ el desplazamiento y la velocidad en el instante inicial $t = 0$, y considerando que estas condiciones iniciales son nulas para nuestra ecuación, tenemos:

$$(M \cdot s^2 + R \cdot s + K) \cdot X(s) = F(s)$$

Suponiendo que no existe una fuerza exterior, es decir que $F(s) = 0$, podemos definir que los valores de s en la ecuación anterior, son las frecuencias fundamentales del sistema.

Obteniendo:

$$B(s) = M \cdot s^2 + R \cdot s + K$$

Que puede escribirse de la siguiente manera:

$$B(s).X(s) = F(s)$$

Donde:

$F(s)$ Representa, en el dominio de la frecuencia, la función de fuerza $F(t)$

$X(s)$ Representa, en el dominio de la frecuencia, la respuesta del sistema

$x(t)$

De la ecuación anterior se puede deducir que la respuesta al dominio, en el dominio de la frecuencia puede definirse como:

$$X(s) = \frac{F(s)}{B(s)}$$

Donde su función de transferencia será:

$$H(s) = \frac{1}{B(s)}$$

Utilizando esta expresión, la respuesta del sistema en el dominio de la frecuencia, puede obtenerse por medio del producto entre la función de transferencia y la excitación del sistema, obteniendo:

$$X(s) = H(s).F(s)$$

Es decir, la función de transferencia relaciona la transformada de Laplace de la respuesta del sistema, con la transformada de Laplace de una excitación del sistema, siempre y cuando las condiciones iniciales sean igual a cero, y además de esto no exista alguna excitación externa, lo que significa que nuestra ecuación debe ser igual a cero.

$$H(s) = \frac{X(s)}{F(s)}$$

Volviendo a la ecuación $(M \cdot s^2 + R \cdot s + K) \cdot X(s) = F(s)$, se plantea la ecuación de transferencia como:

$$H(s) = \frac{1}{B(s)}$$

$$H(s) = \frac{1}{M \cdot s^2 + R \cdot s + K}$$

Que se puede expresar como:

$$H(s) = \frac{\frac{1}{M}}{s^2 + s \cdot \frac{R}{M} + \frac{K}{M}}$$

El denominador de nuestra expresión no es otra cosa más que la ecuación característica del sistema de suspensión, cuyas raíces ya las calculamos anteriormente al resolver la ecuación diferencial, teniendo:

$$s_{1,2} = -\frac{R}{2M} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2M}\right)^2 - \frac{K}{M}}$$

f) Aplicación de la Función de Transferencia en el diseño de la Suspensión

Normalmente el sistema de suspensión está influenciado por una excitación exterior que es la irregularidad de la calzada, la misma que puede simularse como una entrada de velocidad, $\dot{x}_0(t)$, en la parte inferior del modelo; obteniendo un sistema de la siguiente manera:

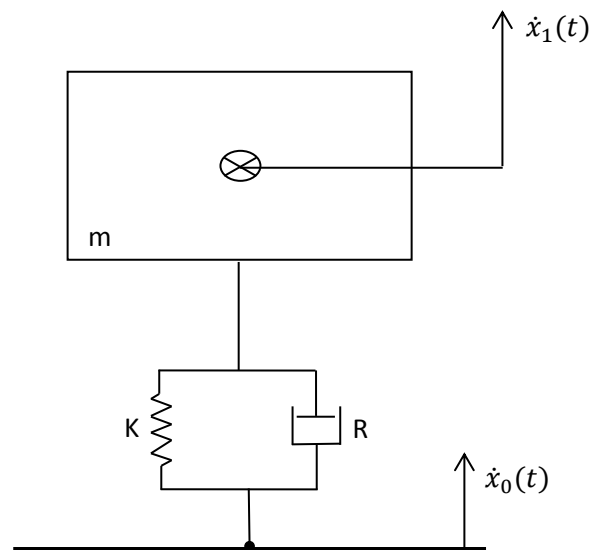


Figura 136 Modelo de un grado de libertad

Fuente: Teoría de los Vehículos Automóviles, Aparicio, Francisco; Madrid 2001

Del sistema anterior podemos obtener la ecuación diferencial siguiente:

$$m\ddot{x}_1 + R(\dot{x}_1 - \dot{x}_0) + K(x_1 + x_0) = -m \cdot g$$

Se puede determinar que la transferencia entre $x_1(t)$ y la excitación $x_0(t)$, hay que considerar que la ecuación de transferencia es única entre una respuesta y una excitación siempre y cuando las demás excitaciones son nulas y sus condiciones iniciales de igual manera.

Al anular la excitación exterior obtenemos:

$$m\ddot{x}_1 + R(\dot{x}_1 - \dot{x}_0) + K(x_1 + x_0) = 0$$

Y al aplicar la transformada de Laplace a nuestra ecuación tenemos que:

$$m[s^2x_1(s) - sx_1(0) + \dot{x}_1(0)] + R[sx_1(s) - x_1(0) - sx_0(s) + x_0(0)] + kx_1(s) - kx_0(s) = 0$$

Como todas las condiciones iniciales de nuestro sistema son nulas nuestra ecuación quedará de la siguiente manera:

$$ms^2x_1(s) + Rsx_1(s) - Rsx_0(s) + kx_1(s) - kx_0(s) = 0$$

$$(ms^2 + Rs + k)x_1(s) - (Rs + k)x_0(s) = 0$$

Finalmente tendremos nuestra ecuación de transferencia entre $x_1(s)$ y $x_0(s)$:

$$H(s) = \frac{x_1(s)}{x_0(s)}$$

$$H(s) = \frac{Rs + k}{ms^2 + Rs + k}$$

La función de transferencia es un número complejo, cuyo módulo es la relación entre amplitudes de la respuesta y la excitación, cuyo argumento es el desfase existente entre ambas señales.

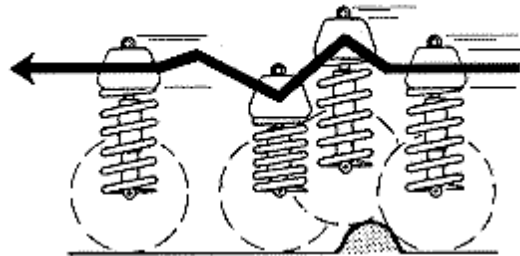


Figura 137 Excitación Externa en el Sistema de Suspensión

Fuente: Sistemas y Componentes del Chasis, Martínez Luis

En la figura 3.x, suponemos que en nuestro sistema existe una excitación externa nada por la irregularidad de la calzada de manera senoidal, con una amplitud x_0 y frecuencia ω_1 ; por lo que suponemos que la respuesta de nuestro sistema es otro desplazamiento senoidal con la misma frecuencia, pero con una amplitud x_1 , por lo que tendremos una función de transferencia de la siguiente manera:

$$H(\omega_1) = A + Bi$$

Cuya amplitud de respuesta es:

$$x_1 = \left(\sqrt{A^2 + B^2}\right) x_0$$

Con un desfase entre la respuesta y la excitación

$$\Phi = \arctan\left(\frac{B}{A}\right)$$

g) Aplicación de la Función de Transferencia

Para poder analizar nuestra función de transferencia primero debemos encontrar $H(s)$, esto lo hacemos aplicando los valores anteriormente encontrados:

$$K = 25266,2 \frac{N}{m} \quad R = 2010,62 N \cdot \frac{s}{m} \quad m = 640Kg$$

Teniendo que:

$$H(s) = \frac{2010,62s + 25266,2}{640s^2 + 2010,62s + 25266,2}$$

Al introducir nuestra ecuación de transferencia en la aplicación de simulink en Matlab



Obtenemos la siguiente gráfica:

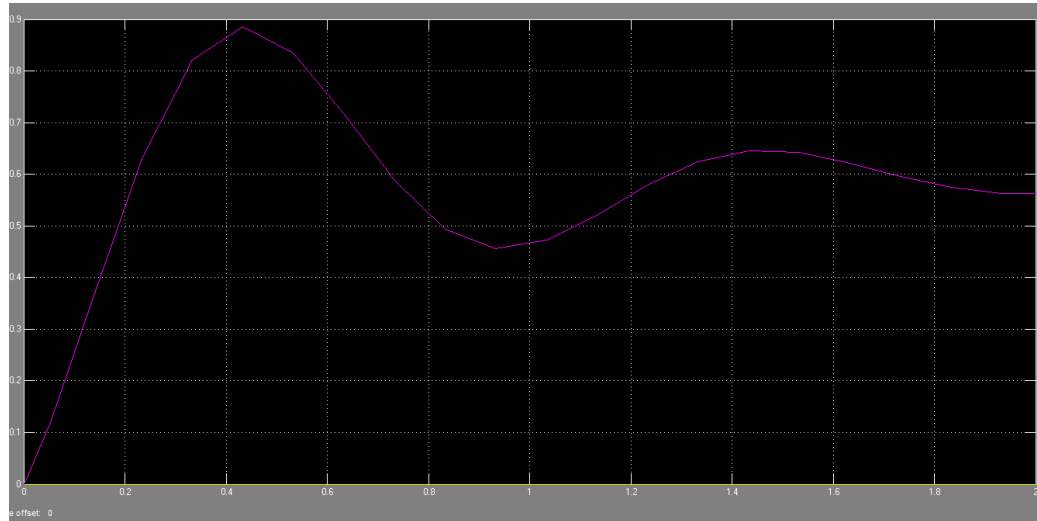


Figura 138 Comportamiento Sistema de suspensión

Fuente: Los Autores

De esta manera hemos logrado analizar el comportamiento de nuestro sistema diseñado, tomando en cuenta el factor humano con el fin que sea una suspensión adecuada en cuanto a confort y los límites de capacidad aceptados por el cuerpo humano.

3.4.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Es el conjunto de mecanismos que tiene la misión de orientar las ruedas delanteras para tener el control del vehículo

Pensando en el confort en el momento de la conducción se ha establecido que este sistema se realiza por medio de un timón de dirección tipo moto, desde donde se maneja todo el vehículo, es decir dirección, aceleración, freno, indicadores de dirección alumbrado etc.

Se considera el empleo del sistema de dirección utilizado en las motocicletas y combinarlo con la tirantearía del Go Kart por la facilidad que brinda al momento de realizar maniobras, por el alcance al timón.

Elementos que conforman el sistema de dirección

- Timón
- Columna de la dirección
- Varillas y rotulas de la dirección
- Manguetas

a) TIMON

Es el elemento que reemplaza al volante de la dirección y con el vamos a guiar al vehículo, en este componente van acoplados los mecanismos de aceleración, freno, direccionales, luces de cruce y carretera.



Figura 139 Timón de dirección

Fuente: <http://www.ubergizmo.com/2012/07/kenguru-drive-from-wheelchair-electric-car-offers-a-solution-to-mobility-related-challenges/>

b) COLUMNA DE DIRECCION

La columna de la dirección está compuesta por un eje de acero que se encuentra fijado al chasis mediante puntos de anclaje por medio de chumaceras, en la parte superior va acoplado el timón de dirección mientras que en la parte inferior va sujeta a la tirantearía de la dirección



Figura 140 Chumacera.

Fuente: <http://aasuministros.com.mx/que-es-una-chumacera.html>

c) VARILLAS Y RÓTULAS DE DIRECCIÓN

Acopladas a la columna de dirección, permiten dar movimiento a las ruedas. Las varillas de dirección admiten una graduación de longitud gracias a sus extremos roscados y las tuercas que lo limitan.

Variando su longitud se puede modificar la convergencia o divergencia de las ruedas delanteras



Figura 141 Tirantearía de dirección

Fuente: http://dc415.4shared.com/doc/l2aB_EQc/preview.html

d) MANGUETAS

Las manguetas de las ruedas se acoplan a los soportes del bastidor y a las varillas de dirección y en ellas se encajan las ruedas delanteras. También en las manguetas se colocan un conjunto de separadores, en aros, que sirven para ajustar la anchura de la vía delantera, un punto importante en el reglaje



Figura 142 Manguetas de dirección prototipo

Fuente: Los autores



Figura 143 Dirección completa del prototipo

Fuente: Los autores

Calculo de la fuerza que ejerce el conductor sobre el timón de dirección

x Distancia del punto medio de contacto de la rueda al eje de giro.

SR Scrub radius (Camber).

MT Mechanical trail (Caster).

Mr Suma de momento en las ruedas delanteras.

Nf Fuerza normal en las ruedas delanteras.

μ Coeficiente de fricción del neumático.

m_p Masa del vehículo con piloto.

g Aceleración de la gravedad.

f Repartimiento del peso, en el eje delantero

Mv Momento en el timón.

i Relación entre el giro del volante y de las ruedas.

Fv Fuerza del piloto sobre el timón.

Dv Longitud del timón.

$$x = \sqrt{SR^2 + MT^2}$$

$$x = \sqrt{0,078^2 + 0,045^2}$$

$$x = 0,090 \text{ m}$$

$$Nf = m \times g \times f$$

$$Nf = 65,2 \times 9,81 \times 0,7$$

$$Nf = 447,7 \text{ N}$$

$$Mr = Nf \times \mu \times x$$

$$Mr = 255,84 \times 1,2 \times 0,090$$

$$Mr = 48,4 \text{ Nm}$$

$$Mv = \frac{Mr}{i}$$

$$R_{trans} = \frac{\text{Angulo de giro del timon}}{\text{Angulo de giro de las ruedas}}$$

$$R_{trans} = \frac{50}{20} = 2,5$$

$$Mv = \frac{48,4}{2,5}$$

$$Mv = 19,3 \text{ Nm}$$

$$Fv = \frac{Mv}{dv}$$

$$Fv = \frac{19,4}{0,65}$$

$$Fv = 29,7 \text{ N}$$

e) Geometría de la dirección:

Se entiende por la alineación de la dirección de un vehículo a la condición geométrica que tienen que cumplir todos los órganos que afectan a la dirección, para determinar la posición de las ruedas en movimiento sobre el terreno, ya sea en línea o en curvas. Estas condiciones, determinadas por la geometría de giro y la geometría de las ruedas, hacen que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor con precisión y haciendo la conducción suave y segura.

f) Geometría de giro:

Cuando un vehículo toma una curva, la trayectoria que toman las ruedas directrices es distinta en ambas, ya que ellas tienen distinto radio de curvatura. Por lo tanto, si la orientación dada a ambas ruedas fuera la misma, daca una de ellas giraría perpendicular al eje de giro con distinto centro de rotación y tomaría la misma trayectoria, ocasionando que una de las ruedas sea arrastrada por la otra produciendo un deslizamiento lateral en ella. Para que esto no ocurra se adopta la geometría de Ackerman, que consigue dicho efecto con bastante aproximación se la orientación de los brazos de la dirección es tal, que si prolongaciones se cortan en la mitad del eje trasero.

g) Condición de Ackerman:

Esta condición se utiliza para definir la geometría exacta que las ruedas delanteras y directrices deberían adoptar durante un giro; indicando que cuando un vehículo toma una curva, la rueda interior gira alrededor de un círculo más pequeño que la rueda exterior.

Existen dos expresiones que se conocen como condición de Ackerman y ángulo de Ackerman, las cuales se pueden deducir de la siguiente manera:

$$\cot(\delta_e) = \frac{(R + \frac{b}{2})}{L} ; \cot(\delta_i) = \frac{(R - \frac{b}{2})}{L}$$

Restando estas obtenemos la ecuación de Ackerman.

$$\cot(\delta_e) - \cot(\delta_i) = \frac{(R + \frac{b}{2})}{L} - \frac{(R - \frac{b}{2})}{L} = \frac{b}{L}$$

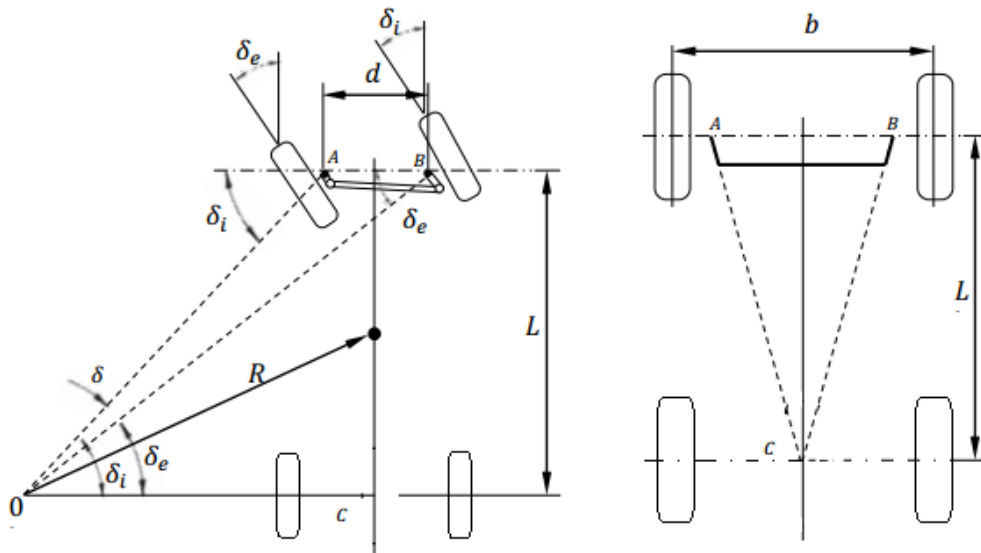


Figura 144 Geometría de giro y condición de ackerman

Fuente: Los Autores

A continuación obtendremos los ángulos de giro teóricos óptimos para las ruedas. Utilizando la ecuación de condición de Ackerman, se despeja el ángulo interior, quedando así en función del ancho de la vía (b), la distancia entre ejes (L) y del ángulo que es una variable.

$$\delta_i = \tan^{-1} \left(\frac{L \tan \delta_e}{L - b \tan \delta_e} \right)$$

Dónde:

b= ancho de vía

L= distancia entre ejes

δ_i = Angulo de giro externo

δ_e =Angulo de giro interno

Calculo:

Datos:

b= 1.47 (m)

L= 1.53 (m)

$$\delta_i = \tan^{-1} \left(\frac{L \tan \delta_e}{L - b \tan \delta_e} \right)$$

Tabla 43 Relación de ángulos de giro de las ruedas delanteras

Fuente: Los autores

δ_e	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	22,00
δ_i	0,00	5,46	11,98	19,84	29,23	33,43

En la tabla se puede observar que a medida que se van incrementando los ángulos, la diferencia entre ellos es más grande. Estos ángulos son constantes e independientes del radio de giro.

Ahora procedemos a calcular el trapecio de dirección adecuado para obtener la correlación de los ángulos.

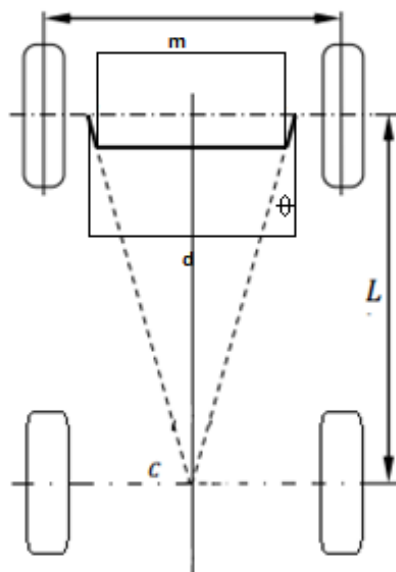


Figura 145 Trapecio de la dirección

Fuente: Los Autores

Del trapecio se puede apreciar que:

$$\tan \theta = \frac{\frac{d}{2}}{L} = \frac{d}{2L}$$

Dónde:

θ = Angulo de orientacion de los brazos de la dirección.

d = 1470 mm : Distancia entre los ejes de los pivotes de la direccion de las manguetas de las ruedas.

L = 1530 mm

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{1470}{3060} \right) = 25,66^\circ$$

También se tiene que la longitud de la barra de acoplamiento de la direccion (m) es de:

$$m = d - 2k \sin \theta$$

Donde k es la longitud de las palancas de acoplamiento, las cuales miden 178 mm debido al tipo de mangueta utilizada.

$$m = 1470 - (2 \times 178 \times \sin 25,66^\circ)$$

$$m = 1315,84 \text{ mm}$$

h) Angulo de giro máximo:

Al estudiar este mecanismo, es posible determinar el ángulo de giro máximo. Este ángulo viene determinado de forma que las ruedas puedan girar describiendo un círculo de radio igual a 7,3m, de acuerdo a la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) de 1994, para el diseño de un vehículo utilitario.⁵⁸

$$\tan \delta_e = \frac{2L}{(r_{\text{máx}} + b)} \quad ; \quad \tan \delta_i = \frac{2L}{(r_{\text{máx}} + b)}$$

Dónde:

$r_{\text{máx}}$ = Radio de curvatura máximo del vehículo.

$$\tan \delta_e = \frac{2 \times 1530}{(7300 + 1470)}$$

$$\delta_e = \tan^{-1}(0,34)$$

⁵⁸ <http://www.aashtojournal.org/Pages/DailyUpdate.aspx>

$$\delta_e = 19,23^\circ$$

$$\tan \delta_i = \frac{2 \times 1530}{(7300 - 1470)}$$

$$\delta_i = \tan^{-1}(0,34)$$

$$\delta_i = 27,7^\circ$$

i) Geometría de las Ruedas:

Para que el funcionamiento del sistema de dirección sea el correcto y se logre que las ruedas obedezcan fácilmente al volante siendo así la dirección segura y de fácil manejo, las ruedas directrices deben obedecer algunos aspectos fundamentales en su configuración, llamados cotas de dirección.

j) Angulo de salida:

Se llama ángulo de salida al ángulo que forma la prolongación del eje pivote, sobre el que gira la rueda para orientarse, con la prolongación del eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda y cuyo vértice coincide A`. Este ángulo suele estar comprendido entre 5° y 10°, siendo en la mayoría de los vehículos de 6° a 7°. Esta disposición del pivote en los vehículos reduce el esfuerzo a realizar para la orientación de la rueda ya

que, como se puede observar, si el eje del pivote u el eje vertical de la rueda fuesen paralelos, el esfuerzo a realizar para orientar la rueda vendría determinado por el par resistente.

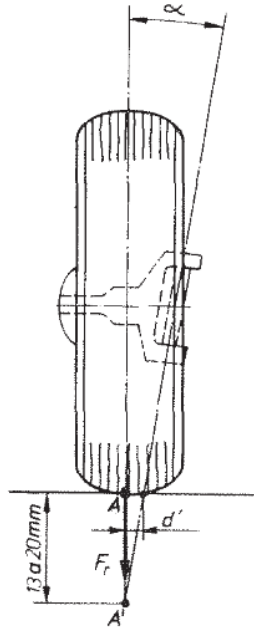


Figura 146 Ángulo de salida

Fuente: Los autores

$$C_R = F_r \cdot d$$

Dónde:

C_R = Par resistente o esfuerzo a realizar para orientar la rueda (kgf)

F_r = Resistencia de rodadura (kgf)

d= brazo del par o distancia entre ejes (m)

Peso que descansa sobre la rueda:

$$P_r = \frac{P_t}{4}$$

Donde:

$$P_r = \text{Peso sobre la rueda}$$

$$P_t = \text{Peso total}$$

$$P_r = \frac{640}{4}$$

$$P_r = 160 \text{ kgf}$$

k) Resistencia a la rodadura en la rueda.

$$F_r = P_r \cdot fr$$

Dónde:

$F_r =$ Resistencia a la rodadura en la rueda.

$P_r =$ Peso en la rueda.

$fr =$ Coeficiente de rodadura de los neumaticos.

$$F_r = 160 \cdot 0,9$$

$$F_r = 144$$

$$C_R = F_r \cdot d$$

$$C_R = 144 \cdot 0,05$$

$$C_R = 7,2 \text{ kgf.m}$$

El esfuerzo de orientación se realiza sobre las dos ruedas motrices entonces:

$$C_{Rt} = C_R \cdot 2$$

$$C_{Rt} = 7,2 \cdot 2 = 14,4 \text{ kf.m}$$

1) Desplazamiento de la barra de acoplamiento para que la rueda alcance el ángulo máximo de giro:

Con las distancias de los elementos de la dirección y los ángulos máximos de giro de los neumáticos, utilizamos el método gráfico con la ayuda del software INVENTOR para encontrar el desplazamiento necesario de la barra de acoplamiento hacia cada lado, para que la dirección cumpla con los ángulos de giro requeridos en cada neumático. En este caso como vemos en la figura, la distancia requerida a desplazarse es de 7cm.

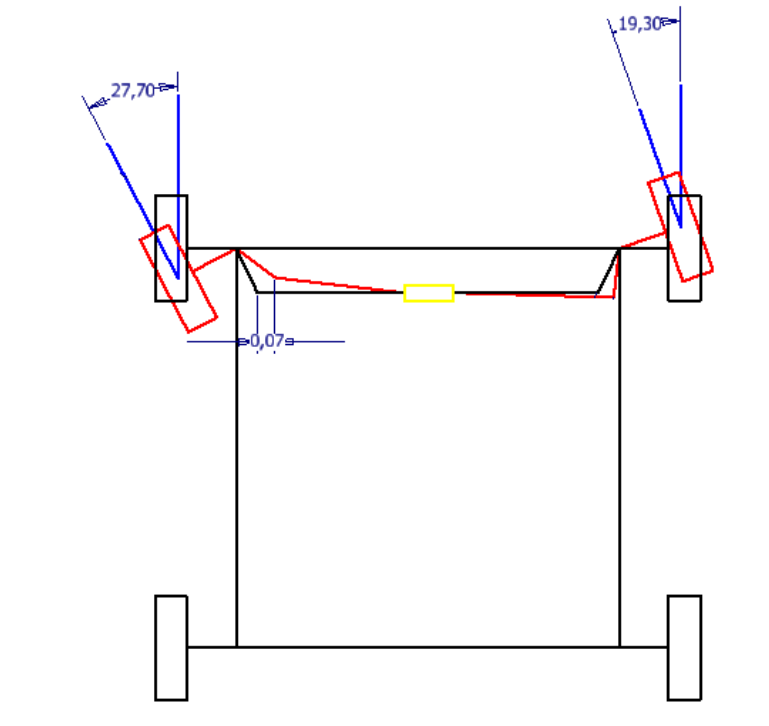


Figura 147 Ángulos De Giro En Los Neumáticos Y Desplazamiento Requerido De La Cremallera

Fuente: Los Autores

m) Relación de transmisión de la dirección:

En toda sistema de dirección la relación de desmultiplicación, viene dado por la relación entre el ángulo descrito por el volante, y el ángulo obtenido en las ruedas directrices.⁵⁹

⁵⁹ Tecnología Automoción 5. Formación profesional. Segundo Grado. Tercer Curso. 1981 Edebé

$$R_d = \frac{A}{B}$$

Dónde:

R_d = Relación de transmisión de dirección.

A = Angulo de descrito en el volante

B = Angulo obtenido en las ruedas directrices.

$$R_d = \frac{A}{B}$$

$$R_d = \frac{45}{27,7}$$

$$R_d = 1,6:1$$

n) Diseño del mecanismo piñón-cremallera.

Una vez conocida la distancia que debe desplazarse la cremallera para que la rueda pueda girar los $27,7^\circ$ requeridos, tenemos los datos requeridos para diseñar el conjunto piñón-cremallera. Además se busca que la

relación de transmisión sea de 1,6 a 1, es decir, que 45° de giro en el volante giren la rueda 27,7°.

Calculo del radio primitivo del piñón:

$$R_p = \frac{P}{2 \cdot \pi}$$

$$P = 8 \cdot d$$

Dónde:

d= Distancia recorrida por la cremallera para girar la rueda interior 27,7°

P= Perímetro de la circunferencia primitiva del piñón.

R= Radio primitivo del piñón.

$$R_p = \frac{P}{2 \cdot \pi}$$

$$R_p = \frac{4 \cdot 70}{\pi}$$

$$R_p = 89,1 \text{ mm}$$

Una vez conocido el radio primitivo del piñón se puede diseñar el piñón y la cremallera, que cumplan con las condiciones.

o) Relación de esfuerzo a transmitir:

Como se sabe, el par de giro es igual a la fuerza por el radio, la desmultiplicación del esfuerzo esta en función de los diámetros del volante y de la rueda directriz del mecanismo de la dirección, resultando fuerzas aplicadas obtenidas inversamente proporcionales a los radios de giro correspondientes, ya que el momento del esfuerzo de dirección ha de ser igual al momento resistente del mecanismo de dirección.⁶⁰

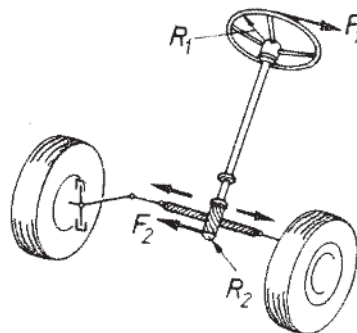


Figura 148 Relación de esfuerzos a transmitir.

Fuente: Tecnología Automoción 5. Formación profesional. Segundo Grado. Tercer Curso. 1981 Edebé

⁶⁰ Tecnología Automoción 5. Formación profesional. Segundo Grado. Tercer Curso. 1981 Edebé

$$F1 = \frac{F2 \cdot R2}{R1}$$

$$F2 = C_R$$

$$R2 = R_p$$

Dónde:

F1 = Fuerza ejercida en el volante

R1 = Radio del volante

C_R

= Par resistente o esfuerzo a realizar para orientas la rueda (kgf)

R_p = Radio primitivo del piñon (m)

$$F1 = \frac{C_R \cdot R_p}{R1}$$

$$F1 = \frac{14,4 \cdot 0,089}{0,3}$$

$$F1 = 4,27 \text{ kgf}$$

3.4.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE ACCESO

El vehículo consta de una única puerta, situada en la parte trasera del vehículo, desde donde accede directamente en silla de ruedas al habitáculo, esta puerta puede abrirse y cerrarse por control remoto.



Figura 149 Sistema de acceso al interior del vehículo

Fuente: <http://kenguru-car.com/es/index.html>

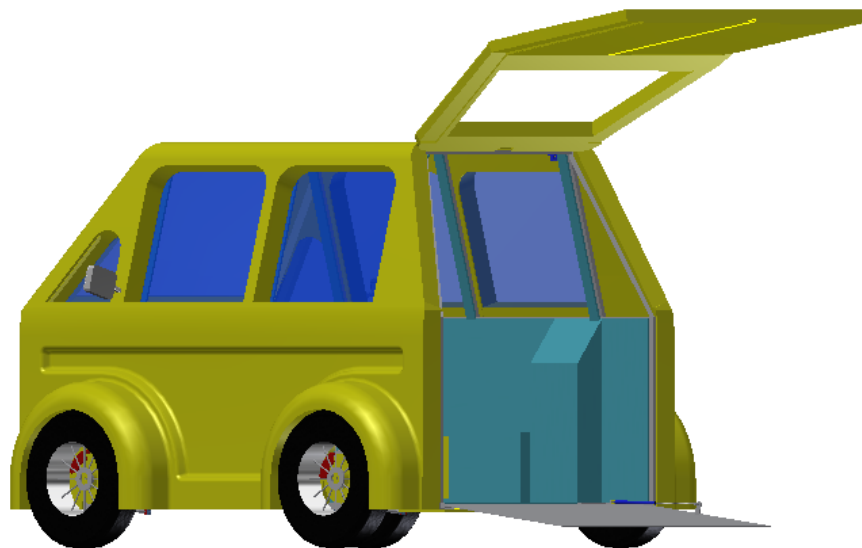


Figura 150 Sistema de acceso al interior del vehículo prototipo

Fuente: Los autores

La apertura de la puerta es por medio de un motor el mismo que va a facilitar que la puerta se eleve lo suficiente para que el usuario ingrese.

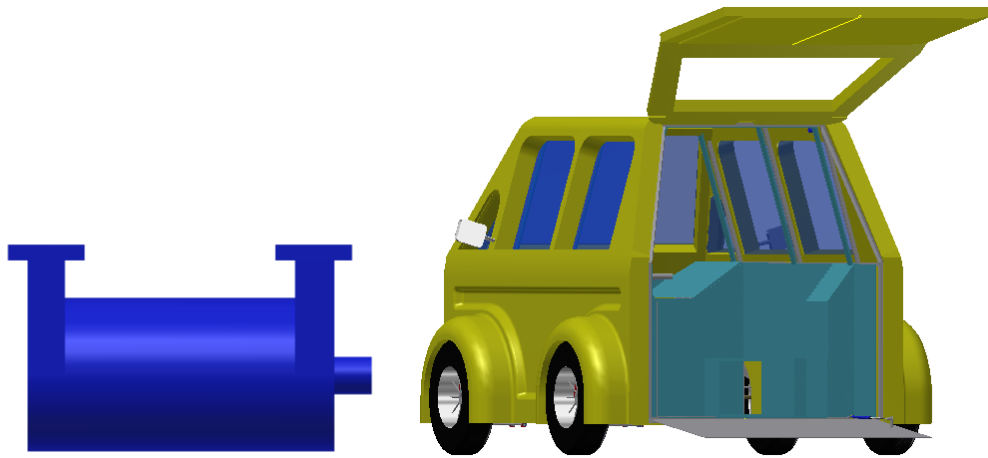


Figura 151 Apertura de la puerta por medio de un motor eléctrico prototipo

Fuente: Los autores

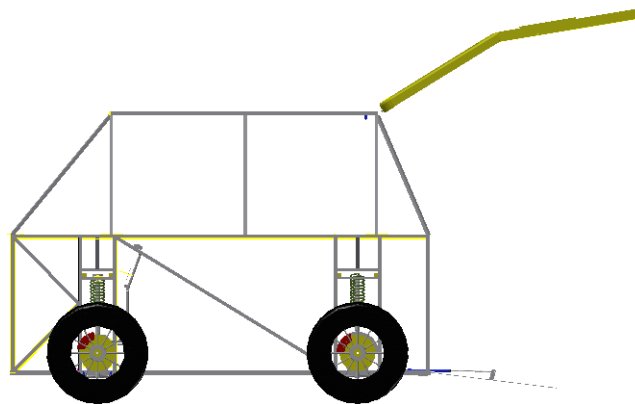


Figura 152 Vista lateral de apertura de puerta prototipo

Fuente: Los autores

Para el ingreso de la silla de ruedas se utiliza una rampa la misma va a tener una dimensión de 177.43 mm con una inclinación de 70.067° , esta se va a utilizar un actuador con servo motor con las siguientes características.

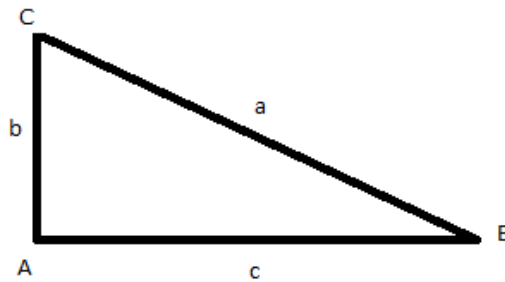


Figura 153 Triangulo Rectángulo

Fuente: Los autores

$$\text{sen}B = \frac{b}{a}$$

$$\text{sen}B = \frac{166.8}{177.43}$$

$$B = \sin^{-1} \frac{166.8}{177.43}$$

$$B = 70.067$$

El LA22 es un actuador lineal especialmente diseñado con una pequeña dimensión para facilitar su uso en la Automatización Industrial, Maquinaria Agrícola y Aplicaciones de Rehabilitación, gracias a sus reducidas dimensiones exteriores y el diseño lineal, el LA22 es muy adecuado para aplicaciones donde el espacio de instalación es limitado, por ejemplo en Sillas de Ruedas.

Max. Empuje: 400 N.

Max. Velocidad: 37 mm/s.⁶¹

⁶¹ http://www.directindustry.es/prod/linak/cilindros-electricos-servomotor-dc-7052-867637.html#product-item_867623



Figura 154 Actuador con servo motor

Fuente:<http://www.linak-latinamerica.com/productos/linear-actuators.aspx?product=LA22>

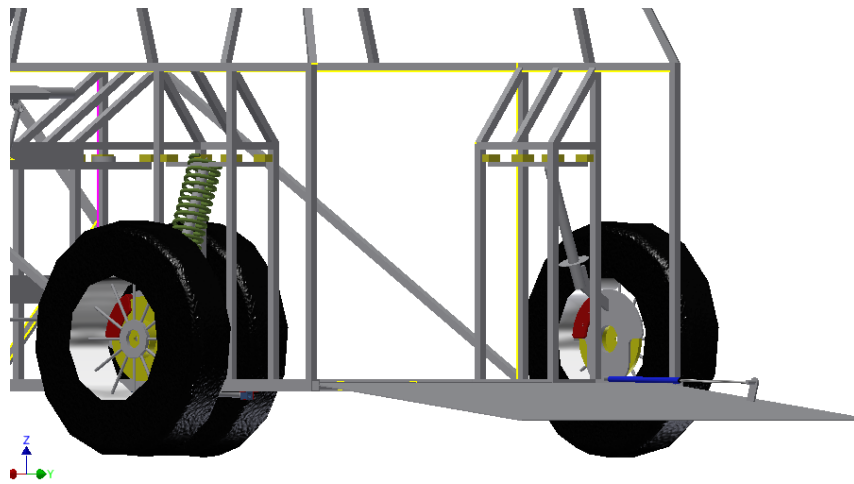


Figura 155 Apertura de la rampa de acceso prototipo

Fuente: Los autores



Figura 156 Actuador con servo motor prototipo

Fuente: Los autores

Componentes externos e internos auxiliares del vehículo.

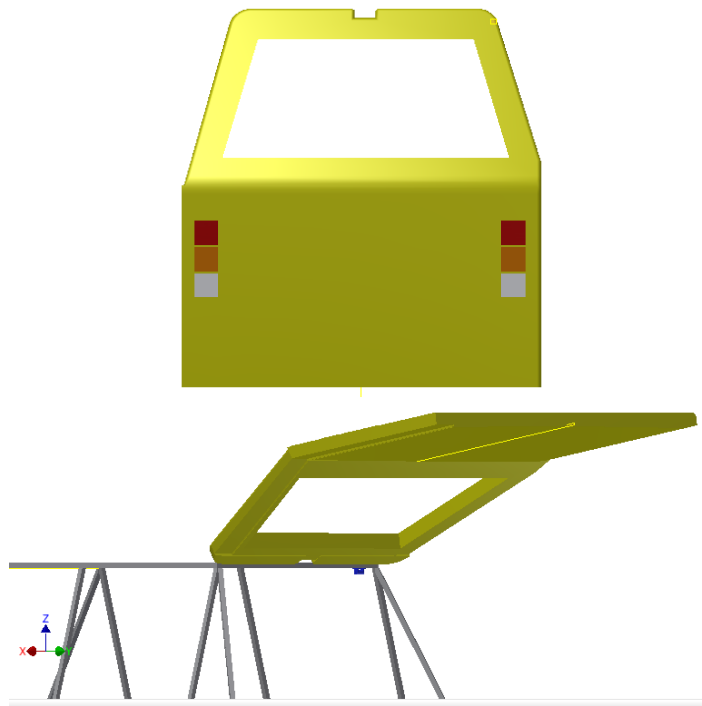


Figura 157 Diseño de puerta de acceso prototipo

Fuente: Los autores



Figura 158 Diseño del frente del vehículo prototipo

Fuente: Los autores

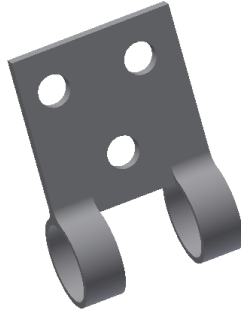


Figura 159 Diseño de bisagra para la puerta prototipo

Fuente: Los autores



Figura 160 Diseño retrovisor prototipo

Fuente: Los autores

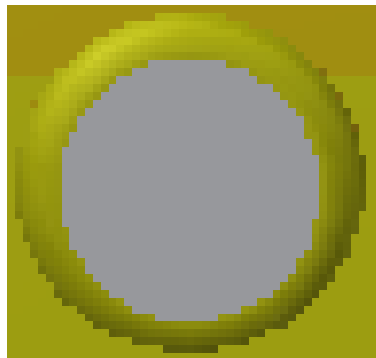


Figura 161 Diseño de faro prototipo

Fuente: Los autores



Figura 162 Diseño del neumático prototipo

Fuente: Los autores

3.5 DISEÑO DE CARROCERIA

Realizamos el ensamblaje de los elementos modelados, con las justificaciones necesarias que aseguran su correcto funcionamiento, para realizar el ensamblaje se unieron piezas modeladas en el software establecido. Procedimos a ensamblar la estructura tubular que da forma al chasis.

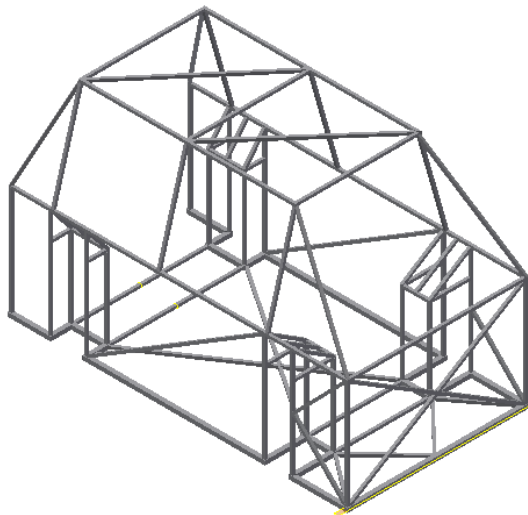


Figura 163 Estructura tubular prototipo

Fuente: Los autores

Luego que hemos colocado la estructura que corresponde al chasis, tomando en cuenta que todas sus partes se unan correctamente, continuamos con el ensamblaje del modelado de los paneles en el interior del habitáculo de la carrocería, con el fin de brindar confort al usuario.

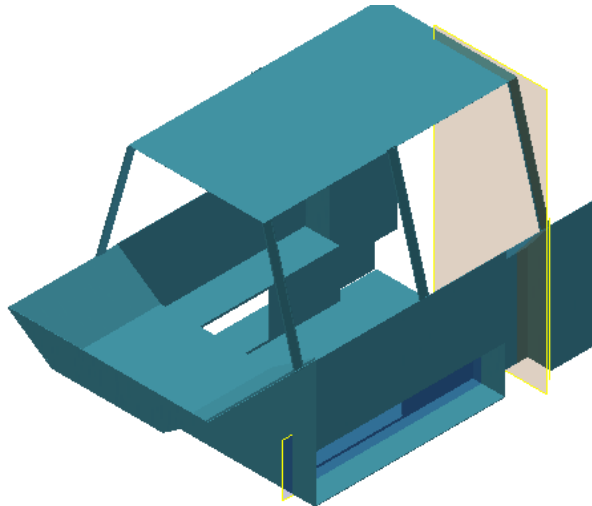


Figura 164 Panel interior prototipo

Fuente: Los autores

Establecido ya el diseño interno del prototipo procedemos a ensamblar los vidrios laterales, delantero y posterior, en donde los vidrios posterior, delantero y dos vidrios que forman parte de cada uno de los costados son fijos, mientras que un vidrio que corresponde a cada uno de los costados es móvil lo cuales van a permitir el ingreso de aire al interior del vehículo el sistema de apertura puede ser eléctrico o manual



Figura 165 Parabrisas delantero prototipo

Fuente: Los autores



Figura 166 Parabrisas posterior prototipo

Fuente: Los autores



Figura 167 Ventanas laterales prototipo

Fuente: Los autores

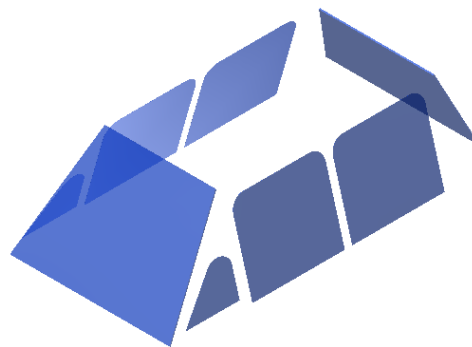


Figura 168 Vista isométrica de todas las ventanas prototipo

Fuente: Los autores

Luego que hemos colocado los paneles internos y los vidrios correspondientes en la parte interior del vehículo, comprobando que no exista ningún tipo de irregularidad al momento del ensamble, continuamos con el acople de los paneles externos (carrocería), tomando en cuenta los espacios correspondientes a retrovisores y luces en general para facilitar su colocación.

CAPITULO

4

CAPITULO 4

4 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PROTOTIPO MONOPLAZA PARA UNA PERSONA PARAPLÉJICA

4.1 INTRODUCCIÓN

El chasis de un vehículo es la estructura en la que se montan y sujetan los demás componentes, soporta cargas y ofrece protección en caso de accidente.

Una vez realizados los diferentes modelados en el software de simulación ANSYS (14.5) de la estructura, iniciando con un diseño simple hasta obtener el definitivo, se procedió a la impresión de los planos para su respectiva construcción, dando así cumplimiento a los diferentes objetivos planteados.

Para el proceso de construcción del chasis tomaremos en cuenta tres parámetros fundamentales:

- **Ligereza.-** La misma consiste en obtener una disminución de consumo de energía por ende un aumento de potencia.

- **Rigidez.-** Es el factor más importante en el momento de construcción, ya que se debe conseguir una estructura resistente a impactos y así salvaguardar la integridad física del conductor.
- **Economía.-** En el momento de construcción el factor económico se torna variable ya que al ser un prototipo los costos aumentan, y al momento de fabricar en serie los costos tienden a disminuir.

El proceso de construcción consiste en recortar el material dando dimensiones y ángulos correctos para así continuar con el acople de todas las partes que conforman la estructura.

Mediante puntos de suelda realizamos las primeras uniones; para comprobar que los ángulos existentes entre tubos sean los ideales utilizamos una escuadra y así tener la medida exacta establecida en el plano.

Una vez comprobadas las medidas requeridas se continúa con los cordones de soldadura para que de esta manera la estructura quede con la forma y consistencia planteada.



Figura 169 Chasis tubular de un vehículo eléctrico

Fuente: Los autores

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

4.2.1 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

El chasis al ser la parte más importante en el vehículo, se debe realizar un buen proceso de construcción, por lo cual cumpliremos los siguientes pasos:

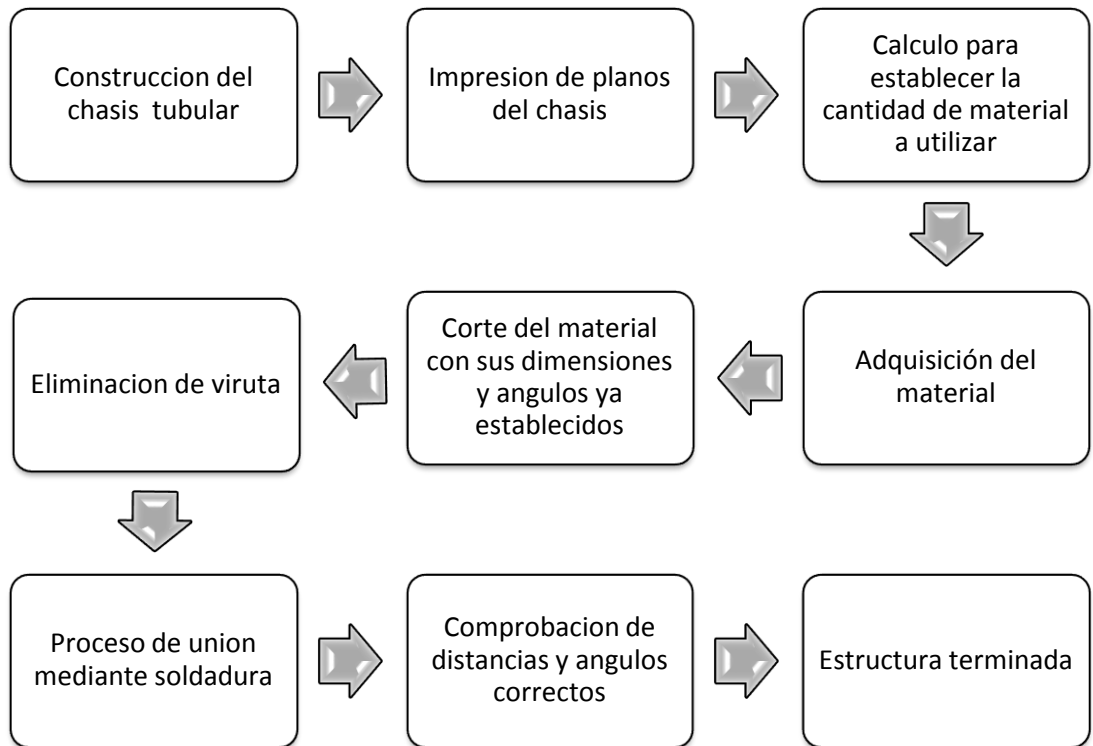


Figura 170 Proceso de Construcción del Chasis

Fuente: Los autores

Una vez determinada la geometría y el material a utilizar gracias a las simulaciones se ha determinado utilizar un acero estructural con las siguientes características:

- Para la base del chasis se utiliza un acero estructural A 500 con perfil cuadrado de 30 x 30mm con un espesor de 3mm.
- Para la parte superior de la estructura se utiliza un acero estructural A 500 perfil cuadrado de 20 x 20mm con un espesor de 3mm.

Los tubos empleados en la construcción cumplen con la norma NTE INEN 2415 para la fabricación de estructuras.



Figura 171 Forma de los tubos

Fuente: Los autores.

4.3 IMPRESIÓN DE PLANOS

Para la obtención de los planos realizamos el acotamiento necesario en el programa para lograr obtener las dimensiones necesarias.

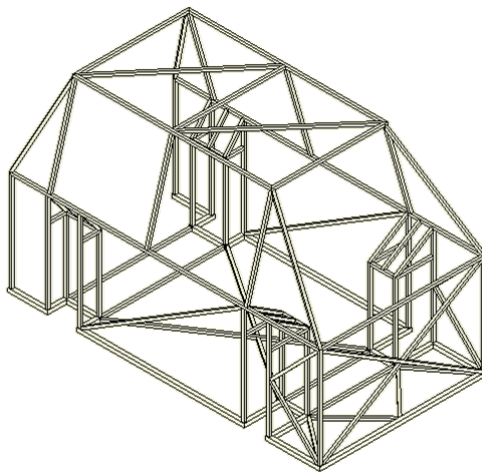


Figura 172 Estructura del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica

Fuente: Los autores

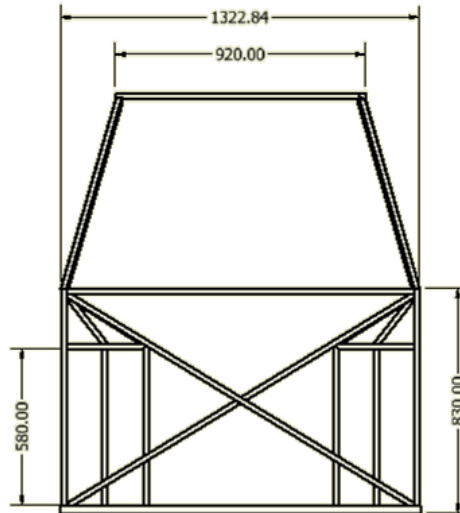


Figura 173 Vista Frontal del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica

Fuente: Los autores

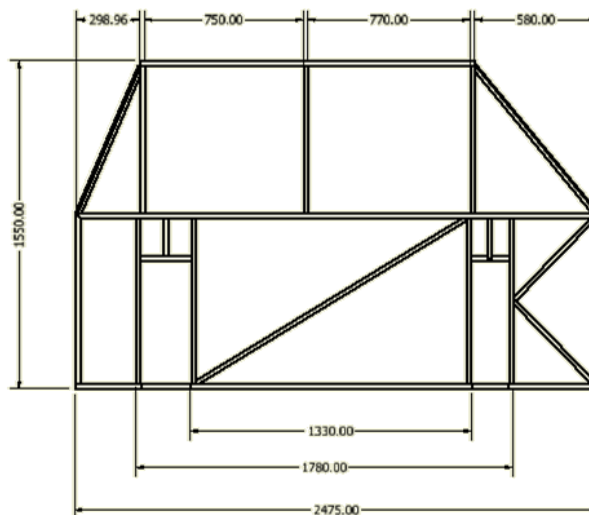


Figura 174 Vista Lateral del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica

Fuente: Los autores

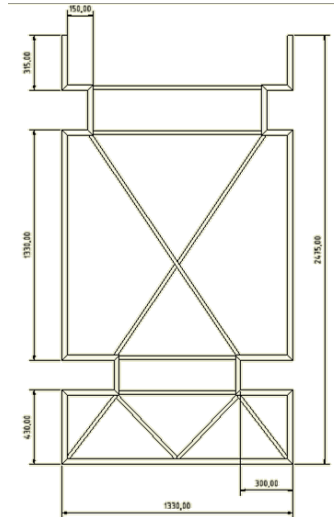


Figura 175 Vista Inferior del Chasis de un Vehículo Prototipo Eléctrico Monoplaza para una Persona Parapléjica

Fuente: Los autores

4.4 SELECCIÓN DE PROCESO DE CORTE Y SOLDADURA

4.4.1 PROGRAMACIÓN DEL PROCESO

El proceso de construcción se planificó de tal forma que al ingresar el material al taller, este sea manejable para mayor comodidad al construir:

1. Selección del tubo
2. Marcado y corte del material para el chasis

3. Preparación de los bordes previo a la unión
4. Unión mediante soldadura
5. Prueba de soldadura
6. Limado de los excesos de unión
7. Pintado

4.4.1.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL

Para adquirir el material se tomó en cuenta:

- Facilidad de consignación en el mercado
- Cumplimiento de la normativa NTE INEN 2415
- Se usa para la construcción de estructuras, principalmente para de carrocerías.

4.4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TUBO

Tabla 44 Dimensiones y características del tubo

FUENTE: http://www.ipac-acero.com/revista-digital/IPAC_catalogo.html

Largo normal	Recubrimiento	Norma de calidad:	Norma de fabricación.	Espesores

6 metros	Negro	ASTM A 500 Gr A,B o C	NTE INEN 2415	Desde 1.5 a 6mm

Otras dimensiones, espesores y largos previa consulta.⁶²

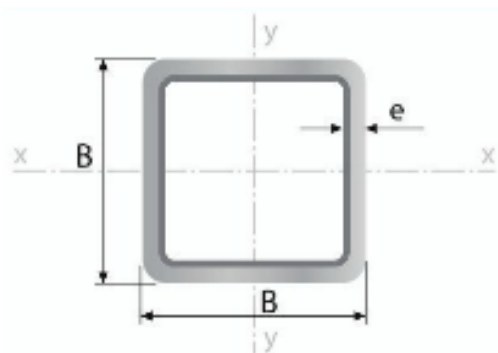


Figura 176 Forma y sección del tubo

Fuente: http://www.ipac-acero.com/revista-digital/IPAC_catalogo.html

B: Medida de cada una de las caras

e: espesor

ASTM A500

⁶² http://www.ipac-acero.com/revista-digital/IPAC_catalogo.html

Es una especificación estándar publicado por la ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) para tubos estructurales de acero al carbono soldados conformado en frío y sin problemas en formas redondas, cuadradas, rectangulares. Es específica para secciones estructurales huecas. Otra norma relacionada es ASTM A 501, es una versión obtenida en caliente del A 500.

ASTM A 500 define cuatro grados de acero al carbono basado principalmente en la resistencia del material.

4.4.1.1.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL TUBO

El tubo de acero se clasifica según el proceso de producción que le da origen, los cuales pueden ser:

- **Perfiles tubulares con costura.-** Se pueden fabricar en sección redonda, cuadrada o rectangular, pueden ser utilizados para transporte de fluidos, gases o para efectos estructurales, se realizan a partir de procesos continuos o de cilindrado de planchas, según los requerimientos de dimensión y espesor del producto esperado. Cuando los perfiles son superiores a 3 mm se denominan secciones huecas estructurales, HSS, (Hollow Structural Sections).

Este tipo de sección tubular (HSS) son conformados en frío, que garantiza una resistencia a la compresión y a la torsión, es por eso que ofrece versatilidad para la fabricación de estructuras, ya que pueden ser doblados, soldados, perforados; a su vez estos tubos son utilizados en la fabricación de diferentes tipos de vehículos y construcción en general; los tubos estructurales HSS son acorde al estándar ASTM A-500 grado B.⁶³



Figura 177 Obtención de la lámina de acero

Fuente: http://teoriadeconstruccion.net/blog/?page_id=2531

- **De producción continua con soldadura por resistencia eléctrica.-** De la bobinas de acero se cortan láminas de acuerdo al desarrollo del perfil tubular a producir, siendo cargado en una línea de conformado en frío, en donde la primera etapa de

⁶³ <http://www.tubo-estructural-hss.com/>

su conformación es preparar los bordes para luego dar la forma del tubo. Donde los excedentes de la soldadura son eliminados por raspadores antes de que se enfríen. La producción de secciones cuadradas o rectangulares se logra posteriormente por deformación con presión lateral del tubo circular.⁶⁴

4.4.1.2 MARCADO Y CORTE DEL MATERIAL DEL CHASIS

Para el marcado del material se consideró las dimensiones de los planos, dejando el espacio correspondiente al espesor de la sierra de corte, obteniendo como resultado final el perfil con sus ángulos y medidas exactas.

Las medidas que se obtuvo están en milímetros.



Figura 178 Trazado de los tubos

Fuente: Los autores

⁶⁴ http://teoriadeconstruccion.net/blog/?page_id=2531

El trazado de los ángulos los realizamos con la ayuda de una escuadra y un graduador.



Figura 179 Trazado de los ángulos

Fuente: Los autores

Con las medidas establecidas se realizaron los cortes rectos y en ángulo con la ayuda de un disco de corte.



Figura 180 Corte de los tubos

Fuente: Los autores



Figura 181 Corte recto y en ángulo del material

Fuente: Los autores



Figura 182 Comprobación de la medida exacta del tubo y su ángulo

Fuente: Los autores

4.4.1.3 PREPARACIÓN DE LOS BORDES PREVIO A LA UNIÓN

El proceso de limado se realizó con el objetivo de tener una unión perfecta entre tubos, esto se consiguió mediante el uso de una piedra de desgaste (esmeril).



Figura 183 Esmerilado de Bordes.

Fuente: Los autores

4.4.1.4 UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA

Antes de proceder a soldar se tuvo que seleccionar el material de unión, el mismo debe ser de igual o mejores características que el material base de la estructura.

4.4.1.4.1 ELECTRODO

Es un alambre o varilla que sirve como material de aporte en el momento de realizar la soldadura por arco.

Electrodo revestido.- Contiene en su interior la varilla o alambre, la misma que está cubierta de un revestimiento químico, el mismo que

forma una capa que protege el baño de fusión en forma de escoria, y a medida que se consume el electrodo va depositando el material de aporte.

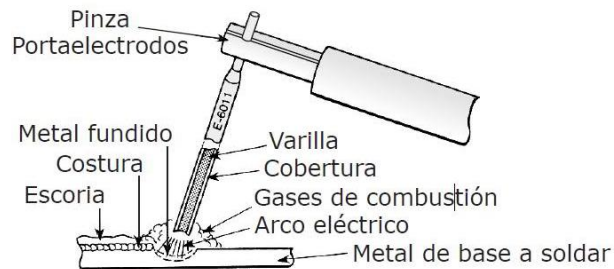


Figura 184 Partes del electrodo

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

4.4.1.4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ELECTRODO

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, o corriente continua, es un electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera penetración.

Aplicaciones

- Reparaciones generales.
- Estructuras.
- Planchas galvanizadas.

Seguridad

Para obtener los mejores resultados, se recomienda un arco de longitud mediana que permita controlar mejor la forma y aspecto del cordón.

Para soldadura de filetes planos y horizontales, se recomienda mantener el electrodo a 45° con cada tubo, oscilándolo en el sentido del avance. El movimiento hacia adelante tiene por objeto obtener buena penetración y el movimiento hacia atrás controla la socavación y la forma del cordón.

En la soldadura vertical se recomienda llevar el electrodo en un ángulo aproximado a 90° , inclinándolo ligeramente en el sentido del avance.

Se debe llevar un movimiento de vaivén, alargando el arco para no depositar metal en el movimiento hacia arriba y luego acortándolo

para depositar en el cráter y así controlar las dimensiones del depósito y la socavación.⁶⁵



Figura 185 Electrodo Base

Fuente: <http://www.indura.com.ec>

Selección del electrodo

Para seleccionar el electrodo se tomó en cuenta las condiciones de trabajo, el tipo y diámetro del electrodo que mejor se adapte a las condiciones de unión del material.

A continuación detallamos diferentes opciones a considerar durante el proceso de soldadura.

⁶⁵ http://www.indura.com.ec/productos_detalle.asp?idq=4230

- Naturaleza del metal base.
- Dimensiones de la sección a soldar.
- Tipo de corriente de la maquina soldadora.
- Posiciones a soldar.
- Tipo de unión y facilidad de fijación.

AWS E: 6011

Es el electrodo apto para soldar un acero estructural al carbono en cualquier tipo de posición, utilizando corriente alterna, mediante un electrodo positivo con revestimiento canela de punto azul.

El revestimiento es tipo celulósico, la rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza, el arco puede ser dirigido en cualquier posición permitiendo altas velocidades de deposición (Soldadura). Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración.

Soldadura MIG (Metal Inerte Gas)

Este tipo de soldadura tiene diferentes aplicaciones, utilizándose principalmente para soldar aluminio, cobre, magnesio, inoxidable y titanio.

Las ventajas que presenta este material es que nos permite obtener un cordón de suelda uniforme, puesto que el electrodo es alimentado continuamente, obteniendo una solidificación rápida.

En nuestro proceso de soldadura se requiere que el material de unión tenga buena penetración para evitar fisuras en las uniones, característica que este material no nos brinda debido al espesor de las piezas a unir.

Es por esta razón que utilizamos una suelda eléctrica ya que la misma nos permite unir el material desde las paredes internas.

En base a investigaciones realizadas en diferentes lugares donde se construyen carrocerías para bus en la ciudad de cuenca, se concluye el uso de soldadura eléctrica con un electrodo 6011 por las características descritas anteriormente.

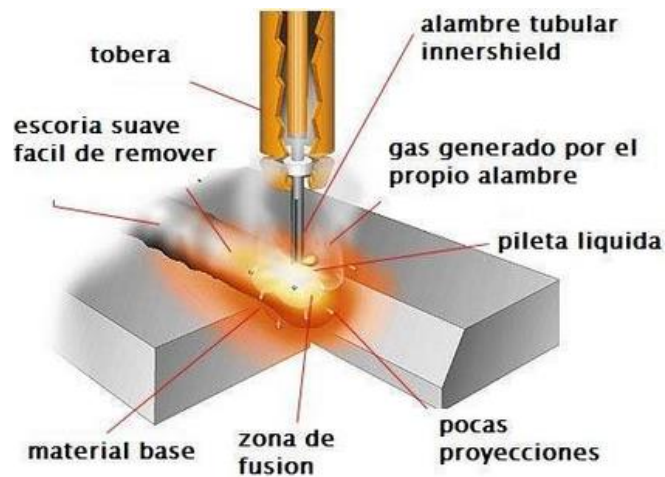


Figura 186 Soldadura MIG

Fuente: <http://soldadura-mig.blogspot.com/>

Soldadura TIG (tungsten inert gas)

Se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado con torio o circonio en porcentajes no superiores a un 2%. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (Punto de Fundición 3410 °C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura son el argón y el helio, o una mezcla de ambos.

El inconveniente para no aplicar este tipo de soldadura es la necesidad de un flujo de gas constante por medio de una instalación de tuberías, y la alta temperatura de fundición que necesita este tipo de soldadura lo cual va a afectar las características del material a soldar.

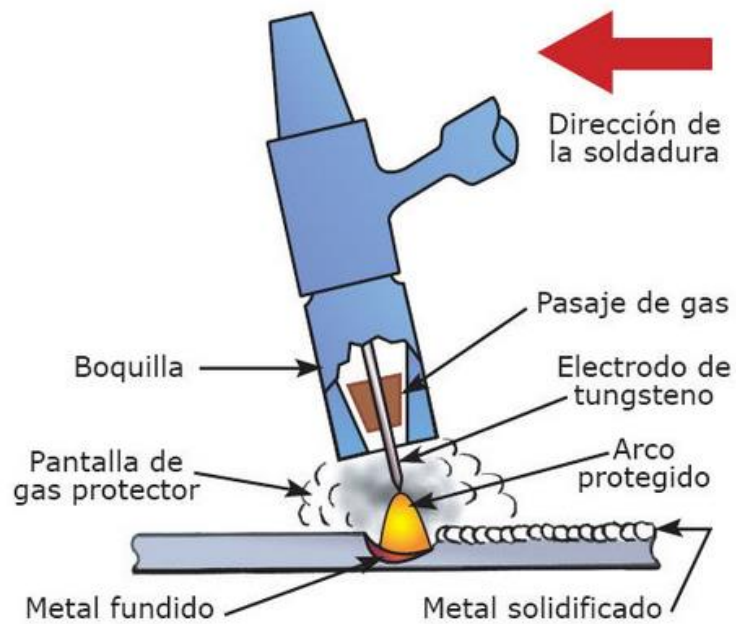


Figura 187 Soldadura TIG

Fuente: <http://www.streetfighterspain.com/viewtopic.php?f=11&t=1736>

4.4.1.4.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD PERSONAL PARA SOLDAR

Siempre utilizar todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar.

- Gorro
- Mascarillas respiratorias para humos metálicos
- Máscara de soldar
- Guantes de cuero
- Polainas y casaca de cuero
- Zapatos de seguridad



Figura 188 Seguridad personal al momento de soldar

Fuente: Los autores

Previa a la unión se procede en una superficie plana (mesa) a comprobar la escuadra; una vez realizado esto continuamos con la suelda de puntos, los mismos que nos permiten unir pieza con pieza; la facilidad que nos brinda un punto de suelda es que se pueden maniobrar los tubos unidos hasta llegar a cuadrarlos con sus ángulos requeridos.



Figura 189 Comprobación de la Escuadra Previo al Punto de Suelda

Fuente: Los autores

Iniciamos con la construcción de la base del chasis debido a que los tubos en sus extremos son de mayor dimensión favoreciendo a que la estructura sea más estable y compacta.

Los tubos que se encuentran en la parte interna de la base de la estructura son de menor grosor para aligerar el peso de toda la estructura.



Figura 190 Base del chasis del vehículo prototipo eléctrico

Fuente: Los autores

Una vez con la base de la estructura armada procedemos a verificar ángulos y distancias; en algunos casos por presencia de calor en el punto de suelda se presentó variación en algunos ángulos, donde se tuvo que corregir la estructura.



Figura 191 Comprobación base de la estructura del vehículo eléctrico.

Fuente: Los autores

Posterior a la comprobación de la base se procedió con el armado de cada uno de los marcos del costado del chasis.



Figura 192 Armado de los costados de la estructura.

Fuente: Los autores

Luego que los marcos de los extremos estaban fijos, procedemos con el armado de las cajas internas, donde se ubicará la suspensión; cabe recalcar que fue en este punto donde se encontraron algunos ángulos y cortes complicados, los mismos que se realizaron con arco de sierra.



Figura 193 Doble ángulo Interior.

Fuente: Los autores



Figura 194 Armado de la Protección de la Suspensión.

Fuente: Los autores



Figura 195 Paredes Laterales Acopladas a la Base.

Fuente: Los autores

A continuación colocamos 4 tubos que conforman el frente del chasis, comprobando que este gana una mayor rigidez.



Figura 196 Parte Frontal Acoplada a la Estructura.

Fuente: Los autores

El paso siguiente fue el acople de los tubos que conforman la parte superior del chasis; esta tiene una forma rectangular dividida en su mitad con un templón en cada cuadro.

Con el marco listo se colocan cada uno de los apoyos (6 en total), con su respectiva inclinación.



Figura 197 Superficie plana de la parte superior

Fuente: Los autores

Posteriormente acoplamos la parte superior a las paredes de la estructura quedando de esta manera más estable y rígida; cabe recalcar que en este proceso se requería acoplar tensores para mantener los ángulos según el plano impreso



Figura 198 Unión de la Parte Superior con las Paredes

Fuente: Los autores

Luego de que toda la estructura está unida mediante puntos de suelda, se procedió a realizar un cordón de soldadura en cada una de las uniones que conforma el chasis, obteniendo de esta manera una estructura fija y con la rigidez que fue diseñada.



Figura 199 Unión de la Estructura Mediante Cordón de Soldadura

Fuente: Los autores

Cordón de soldadura

Se denomina al movimiento que realiza el electrodo conforme se avanza con la soldadura, este movimiento es de oscilación, nosotros empleamos el de zigzag longitudinal el mismo que utilizamos en una posición plana ayudándonos conjuntamente con el electrodo seleccionado, obteniendo así una buena penetración de suelda.

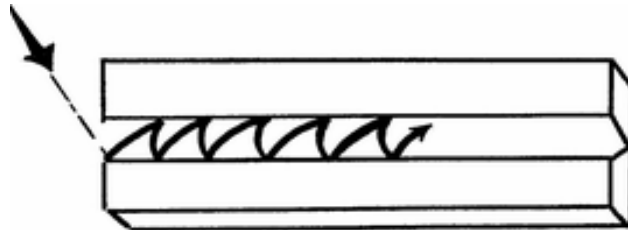


Figura 200 Forma del cordón de soldadura.

Fuente: <http://dc351.4shared.com/doc/It6EaVro/preview.html>

4.4.1.5 PRUEBA DE SOLDADURA

Las pruebas de soldadura son diseñadas para evaluar el efecto de las técnicas de soldadura y la compatibilidad de los metales base y de aporte. Algunas de las pruebas comúnmente utilizadas son:

- **Inspección Visual.-** Es una de las principales pruebas que se desarrollan antes, durante y después de la soldadura donde se toman en cuenta aspectos como, calidad del cordón de soldadura de raíz, preparación de la raíz de la junta antes de soldar, temperatura de precalentamiento, calidad de los cordones de relleno y presentación de la soldadura.
- **Pruebas Destructivas.-** Consisten en verificar, la tensión, doblez tanto transversal como longitudinal y rotura en filetes.

La comprobación de soldadura que realizamos en nuestra estructura fue una prueba no destructiva por medio de tintes penetrantes.

El kit adquirido de líquidos penetrantes está conformado por un spray de color azul, cuyo objetivo es realizar una limpieza de la superficie, el siguiente es de color rojo, el mismo que penetra en las fisuras del cordón, por último tenemos un spray blanco, el mismo que revela las fisuras o imperfecciones que presente la soldadura.



Figura 201 Kit de líquidos penetrantes.

Fuente: <http://okila.net/producto/quimicos-para-pruebas-no-destructivas/>

Antes de proceder con cada una de las pruebas se realizó una limpieza de las superficies de soldadura



Figura 202 Cordón de Soldadura Luego de la Limpieza.

Fuente: Autores

El primer consiste en aplicar el líquido limpiador con el fin de remover las impurezas sin que estas alteren el resultado, se deja actuar durante cinco minutos, el exceso de líquido se limpia antes de aplicar el siguiente líquido, verificando que la superficie este seca en su totalidad.



Figura 203 Aplicación del Líquido Limpiador

Fuente: Autores

Luego aplicamos el siguiente líquido de color rojo, el mismo que es el penetrante, a este se lo deja actuar durante diez minutos puesto que la superficie a analizar es pequeña, también se debe retirar el exceso de líquido presente en el área de la prueba.



Figura 204 Aplicación del líquido penetrante

Fuente: Autores

Por ultimo aplicamos el líquido revelador en una cantidad suficiente que nos permita apreciar las fisuras existentes en la soldadura, dejándolo reposar durante diez minutos.



Figura 205 Aplicación del líquido revelador

Fuente: Los autores.

4.4.1.6 LIMADO DE LOS EXCESOS DE UNIÓN

Con el uso de una pulidora con disco se procedió a remover el exceso de material depositado durante la soldadura, y a su vez con una lija quitamos la suciedad; dejando así un rayado para la aplicación de pintura base anticorrosiva.



Figura 206 Esmerilado del Exceso del Cordón.

Fuente: Los autores.



Figura 207 Lijado de la superficie.

Fuente: Los autores.

4.4.1.7 PINTADO

Con la estructura limpia, procedemos a pintar con una pintura especial que evita la corrosión y el desprendimiento prematuro de la misma.



Figura 208 Pintado de la estructura.

Fuente: Los autores.

5 PARTE FINAL

5.1 CONCLUSIONES

- El diseño de la carrocería del vehículo eléctrico monoplaza, cumple a la perfección con todos los requisitos que se planteó al inicio como objetivo, cuenta con apertura de puertas automática y rampa posterior que da la facilidad para el ingreso del conductor, cuenta con los espacios interiores y dimensiones exteriores necesarias para acaparar con todos los elementos que constituirán del vehículo.
- En nuestro país no existen plantillas normalizadas de personas parapléjicas que nos facilite el diseño del mismo, por lo que este trabajo de tesis tiene como finalidad aportar a futuro interés de personas que bajo normas nacionales e internacionales se trabajó para la asistencia de personas en silla de ruedas.
- Al no existir en el Ecuador una norma técnica que regule la construcción y el análisis estructural de vehículos tipo *turismo urbano* se ha tomado la normativa NTE INEN 1323 (*VEHICULOS AUTOMOTORES CARROCERÍAS DE BUSES*) como base para al análisis estructural, cálculo de cargas y obtención de resultados, concluyendo que la carrocería diseñada cumple con total desahogo los requerimientos estructurales físicos y mecánicos dados en dicha norma.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a aquellos profesionales o estudiantes que tomarán la posta de este proyecto, considerar las características de cada uno de los elementos y los espacios interiores y exteriores diseñados, con la finalidad de evitar sobrecargas en la estructura y falta de espacio interior que pueden provocar fallas importantes en el sistema.
- Al momento de la construcción de la carrocería se recomienda utilizar los materiales y procedimientos de construcción aquí indicados tanto por sus características físicas como mecánicas en base a las cuales se realizó el análisis estructural, ya que de esto depende el correcto comportamiento del conjunto en general y la integridad y seguridad del ocupante.

5.3 BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- Aparicio, F., Vera, C., & López, D. (2001). *Teoría de los Vehículos Automóviles*. Madrid:
- ETS Ingenieros Industriales.
- Dennis Zill. (s.f.). *Matemáticas Avanzadas- Dennis Zill_Cuarta Edicion*. Warren Wright.
- Estadística, F. (s.f.). *Física estadística*.
- Hibbeler, R. C. (2004). MECANICA VECTORIAL PARA INGENIEROS DINAMICA. En R. C. Hibbeler, *DINAMICA, Decima Edicion* (pág. 293). Cuenca: Pearson.
- CHAN, C; CHAU, K.; Modern electric vehicle technology. Oxford University Press. 300 p. Oxford. 2001.s
- RIOS, J; BARRERA, O; Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad. Ediciones Paraninfo, Madrid España. 2011.
- RAJESH, R; Vehicle Dynamics and Control. University of Minnesota, Springer Media. New York 2012.
- Milliken & Milliken; Race car Vehicle Dynamics

Publicaciones:

- Publicaciones de la IEC, Seguridad en Automóviles Eléctricos.

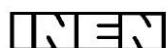
WEB

- CONADIS, 2012, <http://www.conadis.gob.ec/legislacion.htm#legisla>
- CONADIS, 2012, <http://www.conadis.gob.ec/estadisticas.htm#estadis>
- Asamblea nacional constituyente, 2012, http://www.asambleanacional.gov.ec/Documentos/constituci3n_de_bolsillo.pdf.
- <http://www.ant.gob.ec/index.php/licencias/157-licencia-de-conducir-tipo-f-por-primera-vez>
- Agencia nacional de tr3nsito (ANT), 2012, <http://www.ant.gob.ec>
- http://wikihelp.autodesk.com/enu/?adskContextId=TOOLTIP_PARTNEWSKETCHCMD&language=ESP&release=2013&product=Inventor.
- <http://materias.fi.uba.ar/6201/MQCinydinCRpdf.pdf>.
- <http://www.mty.itesm.mx/etie/deptos/m/ma-841/laplace/home.htm>.
- <http://www.mty.itesm.mx/etie/deptos/m/ma-841/laplace/home.htm>
- (<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento.htm>)
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento.htm>:
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento.htm>
- <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/osc.html>.
- <http://apuntescientificos.org/diagrama-tension-deformacion.html>. (s.f.).
- http://laifer588.blogspot.com/2012_10_01_archive.html. (s.f.).
- <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1323.2009.pdf>. (s.f.).

- <http://www.molwick.com/es/movimiento/102-segunda-ley-newton-fuerza.html>
- <http://es.scribd.com/doc/57296123/CINETICA-PLANA-DE-LOS-CUERPOS-RIGIDOS>

5.4 ANEXOS

- Norma INEN 2 292:2010
- Norma INEN 1669:1900
- Encuestas y fotos de encuestados
- Circuito de Alumbrado Principal
- Circuito Intermitente
- Circuito de Luz de Freno y Retro
- Circuito de Claxon
- Circuito Limpia Parabrisas



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 292:2010
Primera revisión

ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y MOVILIDAD REDUCIDA AL MEDIO FÍSICO. TRANSPORTE.

Primera Edición

ACCESIBILITY OF DISABLED PERSONS TO THE ENVIROMENT. TRANSPORTATION.

First Edition

DESCRIPTORES: Personas con discapacidad, transporte.
CO 01-08-410
CDU: 685.38
CIIU: 0000
ICS: 11.180

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y MOVILIDAD REDUCIDA AL MEDIO FÍSICO. TRANSPORTE.	NTE INEN 2 292:2010 Primera revisión 2010-01
---	---	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos generales que deben cumplir los accesos a los diferentes tipos de transporte.

2. ALCANCE

2.1 La norma se aplica en espacios públicos y privados, en áreas urbanas y rurales que permitan la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Transporte terrestre.* Acción y efecto de movilizar o trasladar personas o bienes de un lugar a otro, utilizando vehículos que circulan por vía terrestre, que pueden ser: buses, camiones, camionetas, taxis, etc.

3.1.2 *Transporte aéreo.* Es el traslado de personas o bienes de un lugar a otro que se realiza por vía aérea, y que pueden ser: avión, avioneta, helicóptero, etc.

3.1.3 *Transporte férreo.* Es la acción y efecto de movilizar o trasladar personas o bienes de un lugar a otro, por medio de vehículos que se desplazan por rieles; por ejemplo, ferrocarril, metro, monorriel, etc.

3.1.4 *Transporte marítimo y fluvial.* Es el traslado de personas o bienes de un lugar a otro, por vías marítimas o fluviales.

3.1.5 *Transporte multimodal.* Es el traslado de personas o bienes de un lugar a otro, utilizando dos o más medios de transporte.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los diferentes tipos de transporte: terrestre, aéreo, férreo, marítimo - fluvial y multimodal, han sido creados en función de las necesidades del usuario, por lo que deben cumplir con lo siguiente:

- a) Permitir el acceso de las personas con discapacidad y movilidad reducida y su ubicación física exclusiva dentro del mismo.
- b) Disponer de un área exclusiva para las personas con discapacidad y movilidad reducida, y contar con la correspondiente señalización horizontal y vertical que permita a estas guiarse con facilidad sin la ayuda de otras personas.
- c) Cumplir con las normas técnicas establecidas para el diseño de los espacios físicos de accesibilidad y su adecuada señalización, con la finalidad de permitir que las personas con discapacidad y movilidad reducida, logren integrarse de manera efectiva al medio físico.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Personas con discapacidad, transporte

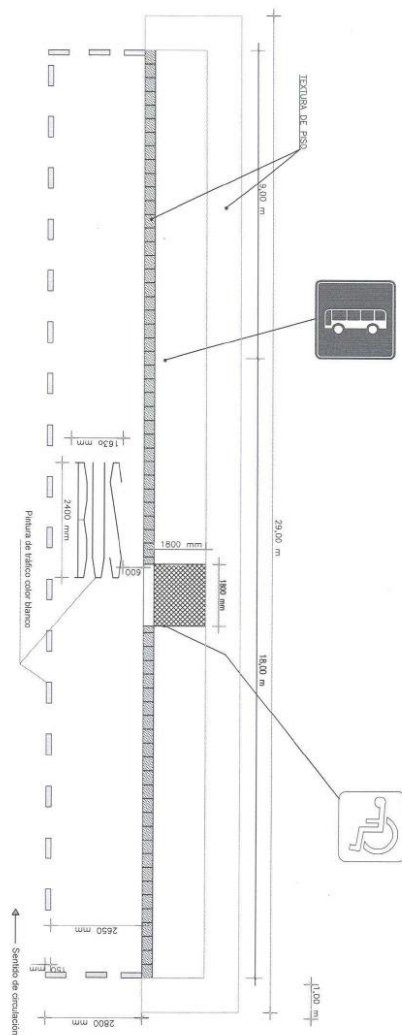
5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Transporte terrestre

5.1.1.1 Paradas de buses. En su definición y diseño se debe considerar un espacio exclusivo para las personas con discapacidad y movilidad reducida, cuya dimensión mínima será de 1 800 mm por lado, ver figura 1. Todas las paradas deben permitir la accesibilidad a las personas con discapacidad y movilidad reducida, cumplir con los requisitos establecidos en el *Reglamento Técnico Ecuatoriano 004. Señalización vial. Parte 2. Señalización horizontal*.

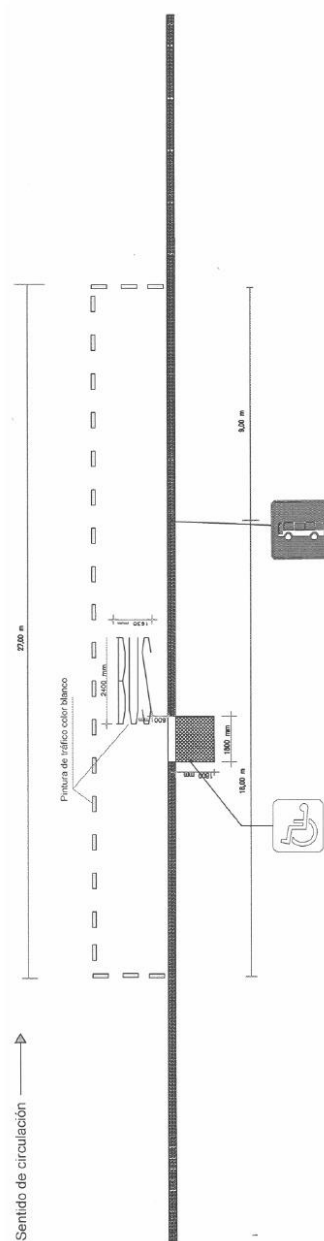
FIGURA 1. Parada de bus



(Continúa)

5.1.1.2 Andenes. Estos deben ser diseñados considerando espacios exclusivos para las personas con discapacidad y movilidad reducida, en cada uno de los accesos al vehículo de transporte, cuya dimensión mínima debe ser de 1 800 mm por lado y ubicados en sitios de fácil acceso al mismo, ver figura 2.

FIGURA 2. Anden



(Continúa)

5.1.1.3 Terminales terrestres. El diseño de terminales terrestres debe cumplir con los requisitos de accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico, para: ascensores, escaleras mecánicas, rampas fijas y rampas móviles, baterías sanitarias, pasamanos, etc., que permitan la fácil circulación de estas personas.

5.1.1.4 Señalización. Ver NTE INEN 2 239. En todos los espacios físicos señalados en los numerales 5.1.1.1, 5.1.1.2 y 5.1.1.3 debe implantarse la señalización horizontal y vertical correspondiente, de acuerdo a los siguientes requisitos:

- a) En los espacios considerados para uso exclusivo de las personas con discapacidad y movilidad reducida, el piso debe ser pintado de color azul de acuerdo con la NTE INEN 439, y además incorporar el símbolo gráfico de discapacidad, según NTE INEN 2 240.
- b) Debe colocarse la señalización vertical que establece el símbolo gráfico utilizado para informar al público que lo señalado es accesible, franqueable y utilizable exclusivamente por personas con discapacidad y movilidad reducida, cuyas características deben cumplir con las NTE INEN 2 240.

5.1.1.5 Vehículos de transporte público terrestre, deben cumplir con la RTE INEN 038 Bus urbano.

- a) Todos los vehículos de transporte público terrestre deben tener, puertas de acceso de ancho libre mínimo de 900 mm y en el interior de los mismos, disponer de espacios exclusivos para personas con discapacidad y movilidad reducida, en la proporción mínima de un asiento por cada 40 pasajeros, los cuales deben estar ubicados junto a las puertas de acceso y/o salida de los mismos.
- b) Los espacios destinados en el interior del vehículo para personas con discapacidad y movilidad reducida, deben contar con la señalización vertical respectiva, de acuerdo a la NTE INEN 2 240, que identifique el uso exclusivo de los mismos.

5.1.1.6 Semaforización. Para una operación óptima y segura del tránsito, las características de localización, diseño, indicaciones y significado legal, serán idénticas para todo sistema instalado en una intersección y cumplir con lo indicado en el Reglamento Técnico Ecuatoriano de Señalización vial. Parte 5. Semaforización.

5.1.2 Transporte aéreo

5.1.2.1 Terminales aéreos. El diseño de los terminales aéreos debe cumplir con los requisitos de accesibilidad para: ascensores, escaleras mecánicas, rampas fijas, rampas móviles, baterías sanitarias, pasamanos, bandas transportadoras, etc., que permitan una fácil circulación de las personas.

5.1.2.2 Salas de preembarque. En las salas de preembarque de los terminales aéreos se debe asignar un espacio exclusivo para personas con discapacidad y movilidad reducida, en la proporción de un espacio por cada 40 pasajeros, y su ubicación debe estar en el lugar más próximo de la manga telescópica o rampa de acceso al avión. Todas las personas con discapacidad deben tener prioridad para embarcar y desembarcar del avión.

5.1.2.3 Señalización. En todos los espacios físicos señalados en los numerales 5.1.2.1 y 5.1.2.2, debe implantarse la señalización vertical correspondiente, utilizando el símbolo gráfico de discapacidad, de acuerdo a la NTE INEN 2 240 y las normas OACI Parte I, DOC 9184-AN/902.

5.1.3 Transporte férreo.

5.1.3.1 Estaciones. En su diseño se debe considerar espacios exclusivos para personas con discapacidad y movilidad reducida, en cada uno de los accesos al vehículo de transporte, cuya dimensión mínima debe ser de 1 800 mm por lado y estar ubicados en sitios de fácil acceso al mismo.

5.1.3.2 Terminales férreos. El diseño de los terminales férreos deben cumplir los requisitos, de accesibilidad para: rampas fijas, rampas móviles, baterías sanitarias, pasamanos y otros, que permitan la fácil circulación de las personas con discapacidad y movilidad reducida.

(Continúa)

5.1.3.3 Señalización. En todos los espacios físicos señalados en los numerales 5.1.3.1 y 5.1.3.2 deben implantarse la señalización horizontal y vertical correspondiente, de acuerdo a las siguientes normas:

- a) Los espacios considerados para uso exclusivo de las personas con discapacidad y movilidad reducida, deben estar pintados de color azul de acuerdo con la NTE INEN 439, a menos que existan razones precisas para usar otros colores, incorporando el símbolo gráfico de discapacidad, de acuerdo a la NTE INEN 2 240.
- b) Debe colocarse la señalización vertical que establece el símbolo gráfico utilizado para informar al público que lo señalizado es accesible, franqueable y utilizable exclusivamente por personas con discapacidad y movilidad reducida, cuyas características deben cumplir con la NTE INEN 2 240.

5.1.4 Transporte marítimo y fluvial

5.1.4.1 Terminales. Su diseño debe cumplir con los requisitos de accesibilidad, para: rampas fijas, rampas móviles, baterías sanitarias, pasamanos y otros, que permitan la fácil circulación de las personas con discapacidad y movilidad reducida.

5.1.4.2 Accesos. Los accesos a vehículos de transporte marítimo y fluvial, deben tener un ancho mínimo de 900 mm y en el interior de los mismos disponer de espacio definidos para personas con discapacidad y movilidad reducida, en una proporción de un espacio por cada 40 pasajeros, los cuales deben estar ubicados en los lugares más próximos a las áreas de embarque y desembarque de pasajeros.

5.1.4.3 Señalización. En los espacios físicos señalados en los numerales 5.1.4.1 y 5.1.4.2, deben implantarse la señalización vertical correspondiente, debiendo colocarse el símbolo gráfico utilizado para informar al público que lo señalizado es accesible, franqueable y utilizable exclusivamente por personas con discapacidad y movilidad reducida, cuyas características deben cumplir con la NTE INEN 2 240.

5.1.5 Transporte multimodal

5.1.5.1 Siendo esta modalidad de transporte la combinación de dos o más sistemas, los diferentes modos de transporte deben cumplir con los requisitos particulares que intervienen en los mismos, de tal forma que permitan a las personas con discapacidad y movilidad reducida hacer uso de esta modalidad de transporte con la facilidad y seguridad necesarias. Adicionalmente el diseño de los espacios físicos debe cumplir con todos los requisitos señalados en cada uno de los modos de transporte que conforman el sistema.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439	<i>Colores, señales y símbolos de seguridad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 239	<i>Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 240	<i>Accesibilidad de las personas al medio físico. Símbolo gráfico. Características generales.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 246	<i>Accesibilidad de las personas al medio físico. Cruces peatonales a nivel y desnivel.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 247	<i>Accesibilidad de las personas al medio físico. Corredores y pasillos características generales</i>
Publicación OACI.	<i>Señales Internacionales para orientación de los pasajeros que utilizan los aeropuertos.</i>
DOC 9184-AN/902 Parte I	<i>Manual de Planificación de Aeropuertos Parte I Planificación general.</i>
Dirección Nacional Tránsito y Transporte Terrestre	<i>Reglamento de señales y signos convencionales de tránsito y manual técnico de señales de tránsito.</i>
<i>Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 038</i>	<i>Bus urbano.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Dirección Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre. *Reglamento de señales y signos convencionales de tránsito y manual técnico de señales de tránsito.* DNT Quito, 1998.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 292 Primera revisión
TÍTULO: ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y MOVILIDAD REDUCIDA AL MEDIO FÍSICO. TRANSPORTE.
Código: CO 01.08-410

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 2001-03-28 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 01237 de 2001-07-13 publicado en el Registro Oficial No. 382 de 2001-08-01 Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico. Transporte.

Fecha de iniciación: 2009-01-14

Fecha de aprobación: 2009-04-29

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Arq. Patricio Villacís (Presidente)
 Arq. Nelson Riofrío A.
 Sr. Patricio Guamán
 Ing. José Chávez
 Lic. Evelyn Peñaherrera
 Sr. Jesus Gómez
 Arq. Sandra Bonilla

 Sr. Jorge Espinel
 Arq. María Victoria López

 Arq. Cristina Gutiérrez
 Sr. Efraín Escobar

 Arq. María Cecilia Paredes C.
 Arq. Juan Cordero
 Ing. Patricio Villena
 Arq. Efrén Bonilla
 Sr. Stalin Basantes
 Dr. Julio Hinojosa
 Arq. Patricia Lagla
 Sr. Marco Antonio Zambrano
 Sra. Patricia Mena
 Sra. Lily Elaine Moreno
 Sr. Patricio Tatés Almeida
 Sra. Marlene Montero
 Arq. Marcelo Salazar
 Arq. Jorge Salazar
 Sra. Gabriela Caluguillín
 Arq. Patricia Mena Lascano
 Sra. María Teresa Donoso
 Srta. Gabriela Caluguillín
 Arq. Marcelo Larrea
 Dra. Diana Molina Yépez
 Arq. Mariela Argoti
 Arq. Luis Fernando Moreno (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

MDMQ- DIR. MET. SALUD
 CENTRO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN S.A.
 FENEDIF
 VICEPRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
 MINISTERIO DE TURISMO
 ANETA
 EMMOP-Q ÁREA DE TRANSPORTE NO
 MOTORIZADO
 ORTOPEDICOS FUTURO
 DIRECCIÓN NACIONAL DE CONTOL DE
 TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL
 CONADIS
 MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO DE LOS
 TSACHILAS
 I. MUNICIPALIDAD DE CUENCA
 I. MUNICIPALIDAD DE CUENCA
 CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO
 EMMOP-Q PARQUES Y JARDINES
 VICEPRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
 CONADIS
 COMEDIS
 VICEPRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
 VICEPRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
 MUNICIPIO DE PASTAZA
 MUNICIPIO DE PASTAZA
 GOBIERNO PROVINCIAL DE PASTAZA
 MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OO.PP.
 COLEGIO DE ARQUITECTOS
 CONCOPE
 EMMOP-QUITO
 FENODIS
 CONCOPE
 COMEDIS
 MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
 MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
 INEN

Otros trámites: *6 La NTE INEN 2 292:2001 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09

Esta NTE INEN 2 292:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 2 292:2001

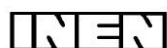
El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2009-10-13

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 096-2009 de 2009-11-27

Registro Oficial No. 107 de 2010-01-13

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1669:2011
Primera revisión

VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES. REQUISITOS.

Primera Edición

SAFETY CLASS FOR ROAD VEHICLES. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, vidrios de seguridad para automotores, parabrisas, lunetas, laterales, techo, requisitos.
SG 05.01-401
CDU: 666.155:666.181:629.11.011.67
CIU: 3620
ICS: 43.040.60

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES. REQUISITOS.	NTE INEN 1669:2011 Primera revisión 2011-09
---	---	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los vidrios de seguridad para automotores terrestres (parabrisas, lunetas, ventanas laterales fijas y móviles), que se fabriquen y/o comercialicen en el país.

2. DEFINICIONES

2.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

2.1.1 *Vidrio de seguridad.* Es aquel vidrio que ha sido procesado o combinado con otros materiales, de tal manera que, si se rompe sea mínima la probabilidad de causar heridas o cortaduras.

2.1.2 *Vidrio de seguridad laminado.* Consiste en dos o más láminas de vidrio, unidas firmemente entre sí, por una o varias capas plásticas transparentes y que al romperse, las piezas de vidrio se mantienen unidas al material plástico y conservan su forma y posición originales.

2.1.3 *Vidrio de seguridad templado.* Es aquel vidrio de seguridad que consta de una sola lámina de vidrio, tratada térmicamente, de manera que al romperse en cualquier punto, la pieza entera se desintegra en fragmentos pequeños (pedazos granulares no cortantes). El vidrio de seguridad templado, no puede cortarse o perforarse después de tratado.

2.1.4 *Parabrisas.* Es el vidrio de seguridad laminado que va en la parte frontal del vehículo.

2.1.5 *Luneta.* Es el vidrio de seguridad laminado o templado que va en la parte posterior del vehículo en un plano paralelo al parabrisas.

2.1.6 *Vidrio lateral.* Vidrio de seguridad laminado o templado que se ubica a los costados del vehículo.

2.1.7 *Vidrio de techo.* Vidrio de seguridad laminado o templado, que se coloca en la parte superior del vehículo.

2.1.8 *Red desempañante.* Líneas metálicas que van en el vidrio para que no se empañen.

2.1.9 *Vidrio lateral delantero.* Es todo aquel vidrio lateral que está colocado por delante del respaldar del asiento delantero del conductor a los costados del vehículo.

2.1.10 *Vidrio lateral posterior.* Es todo aquel vidrio lateral que está colocado por detrás del respaldar del asiento delantero del conductor a los costados del vehículo.

3. CLASIFICACION

3.1 Los vidrios de seguridad para automotores, de acuerdo con el proceso de fabricación, se clasifican en los siguientes tipos:

3.1.1 Laminado

3.1.2 Templado

3.2 Los vidrios de seguridad para automotores, de acuerdo con su ubicación, se clasifican en:

3.2.1 Parabrisas

(Continúa)

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, vidrios de seguridad para automotores, parabrisas, lunetas, laterales, techo, requisitos.

3.2.2 Luneta**3.2.3** Lateral**3.2.4** De techo**4. DISPOSICIONES GENERALES**

4.1 Los vidrios de seguridad deben ser transparentes y no deben causar ningún tipo de distorsión en los objetos vistos a través de ellos. No deben causar ningún tipo de confusión entre los colores de señalización usados en el tránsito vehicular.

4.2 Todos los vidrios de seguridad deben ser de tal naturaleza, que al momento de una eventual fragmentación, el peligro de causar heridas a los ocupantes del vehículo se reduzca al mínimo, y deben ser capaces de soportar el tratamiento normal en el servicio para el cual fueron diseñados.

4.3 El material plástico para vidrio laminado será Polivinil Butiral (PVB) u otro material que le confiera al vidrio las propiedades específicas que exige esta norma.

4.4 No deben ser destinados como parabrisas los vidrios de seguridad de tipo templado.

4.5 Los vidrios de seguridad (parabrisas, lunetas, vidrios laterales y vidrios de techo) deben tener la siguiente zonificación:

4.5.1 *Zona AA.* Es el área de visibilidad del conductor (ver figura 1).

4.5.2 *Zona A.* Es el área de visibilidad del pasajero (ver figura 1).

4.5.3 *Zona B.* Es el área central de la luneta, vidrio lateral y vidrio de techo. En los parabrisas, esta zona se ubica entre la zona A y AA y la zona C ó D (ver figuras 1, 2, 3, 4, 5).

4.5.4 *Zona C.* Es aquella área pintada no recubierta por la moldura cuando el vidrio está instalado. (ver figuras 1, 2, 3, 4, 5).

4.5.5 *Zona D.* Es aquella área no visible al estar el vidrio instalado (ver figuras 1, 2, 3, 4, 5)

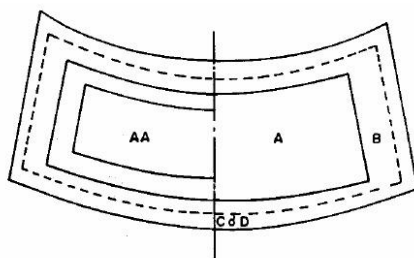
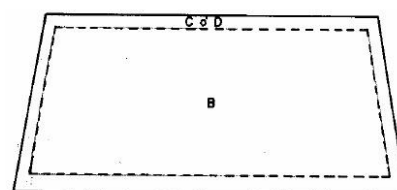
FIGURA 1. Parabrisas**FIGURA 2. Luneta***(Continúa)*

FIGURA 3. Vidrio lateral delantero

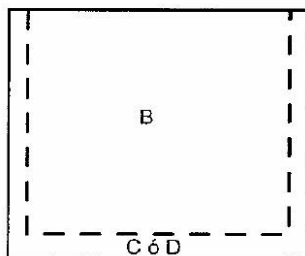


FIGURA 4. Vidrio lateral posterior

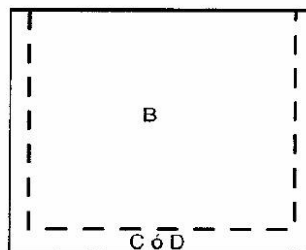
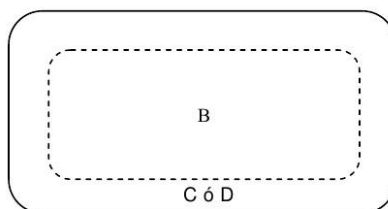


FIGURA 5. Vidrio de techo



5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Los vidrios de seguridad para automotores deben cumplir con los requisitos indicados en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos para vidrios de seguridad

REQUISITOS	LAMINADO	TEMPLADO	METODO DE ENSAYO
Fragmentación		X	NTE INEN 1722*
Impacto con esfera de acero	X	X	NTE INEN 1723*
Impacto de la cabeza ensayo de maniquí (1)	X		NTE INEN 1724*
Impacto con dardo	X		NTE INEN 1725*
Resistencia a alta temperatura	X		NTE INEN 1726*
Transmisión luminosa (2) (3)	X	X	NTE INEN 1727**
Estabilidad luminosa (3)	X	X	NTE INEN 1728**
Resistencia a la abrasión (3)	X	X	NTE INEN 1730*
Resistencia a la humedad	X		NTE INEN 1731**
Distorsión óptica (4)	X	X	NTE INEN 1729**
Defectos visuales	X	X	Numeral 5.12.1**
Dimensionales	X	X	Numeral 5.12.2**

(1) Opcional se aplica a parabrisas, y puede efectuarse si el cliente lo solicita.
 (2) No aplica para vidrios de techo
 (3) Solo aplica para materia prima
 (4) Solo para lunetas
 * Ensayo destructivo ED
 ** Ensayo no destructivo END

(Continúa)

5.1.1.1 Fragmentación. Los vidrios de seguridad templados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1722 deben cumplir con lo siguiente:

a) Se debe considerar que el ensayo ha dado resultados positivos si la fragmentación satisface todas las condiciones dadas a continuación:

a.1) El número de fragmentos encontrados en un cuadrado de 50 mm · 50 mm trazado sobre el área de vidrio que presente fragmentos de mayor tamaño, se encuentre entre 40 y 400, o el peso del fragmento mayor debe ser de un máximo de 4,25 g.

a.1.1) Los fragmentos interceptados por los bordes del cuadrado, se contarán como mitades.

a.1.2) No se controlará la fragmentación de una tira de 20 mm de ancho alrededor de todo el borde y de las perforaciones de las muestras, que representan el marco del vidrio ó dentro de un radio de 75 mm alrededor del punto de impacto.

a.1.3) No son admitidos fragmentos de forma alargada con tamaño superior a los 75 mm.

b) Se debe considerar que un grupo de muestras sometidas a ensayo es satisfactorio, con relación al ensayo de fragmentación si cumple una de las condiciones indicadas a continuación:

b.1) Todos los ensayos llevados a cabo, usando los puntos de impacto prescritos en 6.2 de la NTE INEN 1722, dan un resultado positivo.

b.2) Máximo tres ensayos entre todos aquellos llevados a cabo, usando los puntos de impacto prescritos en 6.2 de la NTE INEN 1722, han dado un resultado negativo, y una serie de ensayos posteriores llevados a cabo sobre un nuevo grupo de muestras no da ningún resultado negativo

5.1.1.2 Impacto con esfera de acero. Los vidrios de seguridad laminados y templados ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1723 deben cumplir con lo siguiente:

a) Vidrio templado

a.1) Se considera que el ensayo de impacto de la esfera de acero ha dado resultados positivos si la probeta de ensayos no se rompe.

a.2) Se considera que un grupo de cuatro probetas sometidas a ensayo, es satisfactorio, si cumple cualquiera de las condiciones dadas a continuación:

a.2.1) No más de una probeta de ensayo da un resultado negativo.

a.2.2) Dos ensayos que han dado un resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos llevados a cabo sobre un nuevo grupo de cuatro probetas no da ningún resultado negativo.

b) Vidrio laminado

b.1) Se considera que el ensayo de impacto de la esfera de acero ha dado un resultado positivo si la esfera de acero no pasa a través del vidrio dentro de los 5 s después del impacto.

b.2) Se considera que un grupo de cuatro probetas sometidas para ensayo es satisfactorio, si se cumplen cualquiera de las condiciones dadas a continuación:

b.2.1) Todos los ensayos dan un resultado positivo.

b.2.2) Un ensayo ha dado un resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos llevados a cabo sobre un nuevo grupo de cuatro probetas no dan ningún resultado negativo.

5.1.1.3 Impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí). Los vidrios de seguridad laminados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1724, deben cumplir con lo siguiente:

(Continúa)

- a) Se considera que el ensayo del maniquí ha dado resultados positivos si se cumplen las condiciones dadas a continuación:
- a.1) Si la muestra se fractura mostrando numerosas rajaduras circulares centradas aproximadamente sobre el punto de impacto, las rajaduras más cercanas deben estar máximo a 80 mm del punto de impacto.
 - a.2) Si las capas de vidrio se adhieren todavía a la intercapa, se permiten unos pocos sitios en los cuales el vidrio se ha despejado dentro de un círculo de 60 mm de diámetro alrededor del punto de impacto, siempre que los fragmentos todavía se adhieran a la intercapa.
 - a.3) En el lado del impacto se aplican las condiciones dadas a continuación:
 - a.3.1) No debe estar expuesta más de 200 mm² de la intercapa.
 - a.3.2) La masa total de las astillas que se despegan no debe exceder los 20 g.
 - a.3.3) Se puede permitir en la intercapa una rajadura máxima de 30 mm de longitud permisible.
- b) Se considera que un grupo de cuatro probetas sometidas para ensayo es satisfactorio si se cumplen cualquiera de las condiciones dadas a continuación:
- b.1) Todos los ensayos dan un resultado positivo.
 - b.2) Un ensayo ha dado resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos realizados en un nuevo grupo de probetas no da ningún resultado negativo.

5.1.1.4 Impacto con dardo. Los vidrios de seguridad laminados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1725, deben cumplir con lo siguiente:

- a) El cuerpo del dardo no debe pasar por completo a través de la probeta.
- b) La probeta de ensayo no debe romperse en piezas grandes separadas.
- c) La lámina intercalada no debe quedar expuesta como resultado de los pequeños fragmentos de vidrio que se separan de la probeta de ensayo, excepto dentro de un radio de 25 mm del punto de impacto; y
- d) No debe existir pérdida de adherencia entre el vidrio y la lámina intercalada en una distancia mayor de 37 mm desde cualquier grieta (se permite el desconchado de la superficie del vidrio opuesta al punto del impacto y adyacente al área de impacto).

5.1.1.5 Resistencia a alta temperatura. Los vidrios de seguridad laminados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1726, deben cumplir con lo siguiente:

- a) Se considera que el ensayo ha dado resultados positivos, si no se forman burbujas u otros defectos a más de 13 mm desde el filo exterior de la probeta de ensayo, o desde cualquier rajadura que pudiera ocurrir durante el ensayo.
- b) Cuando la probeta de ensayo sea cortada de un parabrisas, no deben aparecer burbujas o defectos a más de 15 mm del borde no cortado del parabrisas, o a más de 25 mm del borde cortado de la probeta y a más de 10 mm de cualquier fisura que se forme durante la prueba.
- c) Se considera que un grupo de cuatro probetas sometidas a ensayo de alta temperatura, es satisfactorio si cualquiera de las condiciones dadas a continuación se cumplen:
 - c.1) Todos los ensayos dan resultados positivos.
 - c.2) Un ensayo ha dado un resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos, llevados a cabo en un nuevo grupo de cuatro (4) probetas de ensayo, no da un resultado negativo.

Continúa)

- d) Si el vidrio de seguridad se agrieta hasta tal punto que no puede llegarse a una conclusión definitiva, repetir el ensayo usando un nuevo grupo de 4 probetas.

5.1.1.6 Transmisión luminosa. Los vidrios de seguridad laminados y templados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1727, para la adecuada visibilidad del conductor deben cumplir con lo siguiente:

- a) Los parabrisas laminados y vidrios laterales delanteros no deben presentar una transmisión luminosa menor del 70%.
- b) Los vidrios laterales posteriores y lunetas en vehículos dotados de espejos retrovisores externos a ambos lados del vehículo, no deben presentar una transmisión luminosa menor del 14%. Para vehículos que solo poseen un espejo retrovisor externo, este requisito no debe ser menor del 70%. Este requisito no es aplicable a los vidrios de techo.

5.1.1.7 Estabilidad luminosa. Los vidrios de seguridad laminados y templados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1728, deben cumplir con lo siguiente:

- a) La transmisión luminosa final, determinada después de irradiar las probetas y someterlas a la variación de temperatura, podrá variar máximo el 2% de la transmisión luminosa originalmente medida.
- b) No deben desarrollarse burbujas u otros defectos en la parte irradiada de las probetas.

5.1.1.8 Distorsión óptica. Los vidrios de seguridad laminados y templados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1729, deben cumplir con lo siguiente:

- a) No deben presentar deformaciones sobre las franjas negras horizontales de la pantalla en las zonas AA y A de los vidrios laminados, ni en la zona B para los vidrios laterales posteriores y lunetas. Se exceptúa este defecto en las zonas curvadas.
- b) Se considera que los vidrios ensayados son satisfactorios, si no distorsionan las bandas de la pantalla.

5.1.1.9 Resistencia a la abrasión. Los vidrios de seguridad laminados y templados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1730, deben cumplir con lo siguiente:

- a) Presentar un porcentaje de luz dispersada no mayor del 2 % para cada probeta.

5.1.1.10 Resistencia a la humedad. Los vidrios de seguridad laminados, ensayados de acuerdo con la NTE INEN 1731, deben cumplir con lo siguiente:

- a) No debe desarrollarse ninguna separación del material, salvo pequeñas manchas ocasionales, ninguna de las cuales debe extenderse hacia adentro desde el borde adyacente de la probeta a una profundidad no mayor de 6,35 mm.

5.1.1.11 Defectos visuales. Los vidrios de seguridad laminados y templados al ser sometidos al método visual de inspección normal según el numeral 7.1, deben cumplir con lo establecido en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6.

(Continúa)

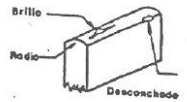
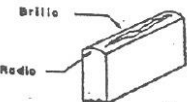
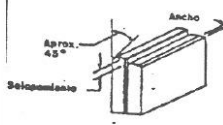
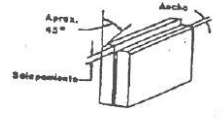
TABLA 2. Defectos visuales. Imperfecciones aceptables

Características	Zona AA/A		Zona B		Zona C	
	Magnitud	Frecuencia	Magnitud	Frecuencia	Magnitud	Frecuencia
Burbujas en el vidrio	Máximo dos de 0,6 mm ó uno de 1,6 mm x 0,20 mm	Separadas	Máximos uno de 2,3 mm de diámetro ó dos de 1,5 mm x 0,3 mm	Separadas	Máximos: uno de 2,3 mm de diámetro ó dos de 1,5 mm x 0,3 mm	Separadas
Burbuja abierta	uno de 0,6 mm diámetro máximo	-----	uno de 0,6 mm diámetro máximo	-----	uno de 1,2 mm ó uno de 0,5 mm x	Separadas
Burbuja en el plástico	uno de 0,6 mm diámetro máximo		dos de 1,5 mm diámetro máximo	Ampliamente separadas	dos de 1,5 mm diámetro máximo	Ampliamente separadas
Puntos luminosos, piedras y partículas de vidrio fundido	uno de 0,6 mm diámetro máximo	-----	dos de 0,8 mm	Ampliamente separadas	Aceptable	
Cabello de ángel	150 mm	En cualquier cantidad	150 mm	En cualquier cantidad	Admisible	En cualquier cantidad
Raya ligera	50 mm	Separadas	75 mm	Separadas	100 mm	Ampliamente separadas
Raya media	25 mm solamente en la zona A		50 mm	Ampliamente separadas	50 mm	Ampliamente separadas
Raya fuerte	No son aceptables en ninguna zona del vidrio a excepción de la zona d		No son aceptables en ninguna zona el vidrio a excepción de la zona D		No son aceptables en ninguna zona el vidrio a excepción de la zona D	
Ojo de buey	No son aceptables		Se permiten siempre y cuando no afecte la funcionalidad del vidrio y no sea visible cuando se evalúe por el método normal de inspección visual		Aceptables	
Rayas en el plástico y marcas de creyón	No son aceptables, si son visibles por el método normal de inspección visual		No son aceptables, si son visibles por el método normal de inspección visual		Aceptables	
Bandas	No son aceptables		No son aceptables		Aceptables	
Plástico faltante	No aplica		No aplica		No aplica	
Penetración de aceite	No aplica		No aplica		No aplica	
Fisura, raspadura, de laminación	No son aceptables		No son aceptables		No son aceptables	
Mancha de estaño	No son aceptables		No son aceptables		No son aceptables	

Los requisitos para la zona D, son que los esfuerzos a los cuales está sometido el vidrio no desmejoren su resistencia mecánica y la penetración de aceite tenga una profundidad máxima de 5,0 mm desde el borde del vidrio, a menos que el plano de diseño especifique lo contrario.

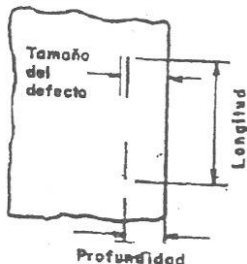

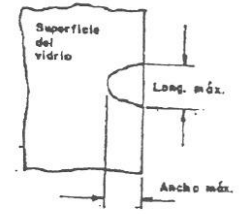
(Continúa)

TABLA 3. Requisitos del tipo de borde

Tipo de borde	Descripción	Dimensiones	tipo de uso	Calidad del borde (Consideraciones esenciales)
I	<p>Borde satinado</p> 	<p>Radios Máx. 6,5 mm Min $\frac{1}{2}$ del espesor del vidrio</p>	<p>Para vidrios templados. Debe ser usado en todos los bordes expuestos.</p>	<p>Brillo en los bordes. Para los bordes del tipo I no se permitirá una zona brillante.</p> <p>Desconchado del borde: Ocasionales y con un tamaño máximo aceptable de 0,5 mm de diámetro.</p>
II	<p>Borde semi-satinado</p> 	<p>Radios Máx. 6,5 mm Min $\frac{1}{2}$ del espesor del vidrio</p>	<p>Para bordes no expuestos y que deslizan en canales</p>	<p>Brillo en los bordes. Este se puede extender, pero no puede extenderse hacia el interior de la superficie.</p> <p>Desconchado del borde: son aceptables (ver imperfecciones aceptables en los bordes)</p>
III		<p>El borde biselado es de aproximadamente 45°</p> <p>Ancho: 0,8 mm a 1 mm</p> <p>Solapamiento: Máx. 1,0 mm</p>	<p>Para vidrio laminado. Este tipo de borde es típico para instalaciones fijas</p>	<p>Desconchado del borde: son aceptables (ver imperfecciones aceptables en los bordes)</p> <p>NOTA: Para el vidrio templado se deben considerar todos los requisitos anteriores a excepción del solapamiento.</p>
IV		<p>El borde biselado es de aproximadamente 45°</p> <p>Ancho: 0,8 mm \pm 0,4 mm</p> <p>Solapamiento: + 0,25 mm - 1,5 mm</p>	<p>Para vidrio laminado. Este tipo de borde es típico para instalaciones cuyo borde de vidrio está cubierto muy poco.</p>	<p>Desconchado del borde: son aceptables (ver imperfecciones aceptables en los bordes)</p> <p>NOTA: Para el vidrio templado se deben considerar todos los requisitos anteriores a excepción del solapamiento.</p>

(Continúa)

TABLA 4. Imperfecciones aceptables en los bordes de los vidrios laminados

Características	Tolerancia	Observaciones
Astillado	No son aceptables	
Marca de molde	Deben ser aprobadas previa acuerdo Cliente-Proveedor	
Plástico faltante	Profundidad máxima: 3 mm Longitud máxima: 100 mm La acumulación total de rechupes no debe exceder los 300 mm por parte	
Exceso de plástico	El exceso de plástico no debe exceder los 0,8 mm y siempre que no interfiera con la instalación del vidrio	
Desconchado del borde: Estas tolerancias aplican si en la calificación del tipo de borde no se tienen ninguna consideración especial	El desconchado del borde es aceptable hasta una longitud máxima de 6 mm a lo largo del borde, con un anillo de 5 mm de longitud máxima dentro de la superficie del vidrio y hasta una profundidad máxima del 10% del espesor del vidrio.	La longitud máxima del desconchado no puede ser superior al borde del tamaño del desconchado especificado 

(Continúa)

TABLA 5. Imperfecciones aceptables en los bordes de los vidrios templados

Características	Tolerancias (para vidrios cuyo borde está cubierta muy poco)	Otros bordes del vidrio	
Marcas de molde	Debe ser aprobado por el cliente	Aceptable solamente en el área "D"	
Marcas de pinza	No son aceptables en un área visible	Aceptable solamente en el área "D"	
Astilladura	No son aceptables	No son aceptables	
Desconchado del borde	<p>No se aceptan desconchados mayores a 5 mm. Entre 4 mm y 5 mm no se aceptan más de cuatro por vidrio y separados entre sí por una distancia no menor a 50 mm.</p> <p>Son permisibles desconchados entre 2,5 mm y 4 mm en grupos de cuatro en 120 mm. Pero no más de cuatro por grupo. Desconchados menores a 2,5 mm son aceptables siempre y cuando los esfuerzos a los cuales está sometido el vidrio no desmejoren su resistencia mecánica</p>	<p>El tamaño máximo del desconchado es de 6,5 mm en la superficie con una profundidad máxima de 1/3 del espesor del vidrio. Desconchados entre 4,0 mm y 6,5 mm nos se aceptan más de cuatro por vidrio y separados entre sí a una distancia no menor a 50 mm.</p> <p>Son permisibles desconchados entre 2,5 mm y 4 mm. En grupos de cuatro en 150 mm, pero no más de cuatro por grupo. Desconchados menores a 2,5 mm no son aceptables siempre y cuando los esfuerzos a los cuales está sometido el vidrio no desmejoren su resistencia mecánica.</p>	<p>La profundidad máxima del desconchado del borde no debe ser superior a 1/3 del espesor del vidrio. El tamaño máximo del desconchado en un vidrio del tipo borde 1 no debe ser mayor a 2,3 mm. La longitud máxima no debe ser superior al doble de lo especificado en el tamaño del desconchado.</p>

TABLA 6. Requisitos de la pintura cerámica

Características	Tolerancias (Para vidrios cuyo borde está cubierto muy poco o está expuesto)	Otros bordes del vidrio
Borde claro o libre de pintura	Del borde del vidrio 1,5 mm como máximo	5 mm máximo si el borde del vidrio está cubierto
Sombra de pintura	No son aceptables usando el método normal de inspección visual	No son aceptables usando el método normal de inspección visual
Poros o vacíos: Circulares:	<p>Poros hasta 1,5 mm son aceptables en grupos de cuatro y ampliamente separados (más de 300 mm).</p> <p>Poros hasta de 1 mm son aceptables si se encuentran separados (a más de 75 mm pero a menos de 300 mm)</p> <p>Poros de 0,5 mm o menores son aceptables si ellos no están aglomerados y no afectan su apariencia</p>	<p>Poros hasta 1,5 mm son aceptables en grupos de cuatro y ampliamente separados (más de 300 mm)</p> <p>Poros hasta de 1 mm son aceptables si se encuentran separados a (más de 75 mm pero a menos de 300 mm)</p> <p>Poros de 0,5 mm o menores son aceptables si ellos no están aglomerados y no afectan su apariencia</p>
Poros o vacíos: Elongados	Poros de 0,5 mm - 4 mm son aceptables ampliamente separados (más de 300 mm)	Poros de 0,5 mm - 4 mm son aceptables ampliamente separados (más de 300 mm)
Borde interno	No objetable usando el método normal de inspección visual	No objetable usando el método normal de inspección visual
Borde externo	Poros vacíos de pintura de hasta 1,5 mm de ancho y 50 mm de longitud, están permitidos pero no más de dos por borde y ampliamente separados.	No hay límites en el área "D"
Área "D"	Poros o vacíos en esta área son aceptables siempre y cuando estos no interfieren con la adhesión y no sean visibles después de instalado en el vehículo.	Poros o vacíos en esta área son aceptables siempre y cuando estos no interfieren con la adhesión y no sean visibles después de instalado en el vehículo.

(Continúa)

5.1.1.12 Dimensionales: Espesor

a) Los espesores medidos a lo largo del borde del vidrio de seguridad, según el numeral 7.2, deben cumplir con lo especificado en la tabla 7.

TABLA 7. Espesores de los vidrios de seguridad

Espesor (mm)	Límite (mm)	
	Mínimo	Máximo
3	2,5	3,6
4	3,7	4,5
5	4,6	5,3
6	5,4	6,5
7	6,6	7,5
8	7,6	8,3

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo. El muestreo para determinar la calidad de los lotes a ser comercializados se efectuarán de acuerdo con la NTE INEN 1721, a menos que exista un acuerdo entre el cliente y el proveedor.

6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 En la muestra extraída se efectuarán los ensayos establecidos para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 5 de esta norma.

6.2.2 Si la muestra ensayada no cumple según lo indicado en la NTE INEN 1721, se toma una segunda muestra y si en esta muestra falla uno de los ensayos indicados, se rechaza el lote.

7. METODO DE ENSAYO**7.1 Método visual de inspección normal**

7.1.1 Resumen. Visualmente el operador establecerá las imperfecciones de los vidrios de seguridad en las zonas AA/A, B y C, la calidad y las imperfecciones de los bordes y de la pintura cerámica.

7.1.2 Instrumental. Fuente de luz difusa natural o artificial.

7.1.3 Preparación de la muestra. La muestra a ensayar consiste de un vidrio de seguridad laminado o templado, completo.

7.1.4 Procedimiento

7.1.4.1 Se coloca la muestra a ensayar a una distancia equivalente a la que hay entre las manos y los ojos del observador, cuando los brazos están totalmente extendidos.

7.1.4.2 Se hace incidir directamente sobre la muestra a ensayar la luz proveniente de la fuente indicada en el numeral 7.1.2 de la presente norma.

7.1.4.3 Se mira perpendicularmente a través de la muestra a ensayar.

7.1.4.4 Se procede a verificar los requisitos enunciados en el numeral 5.1.1.11 de la presente norma.

7.1.5 Informe de los ensayos

7.1.5.1 Nombre y dirección del laboratorio de ensayo

7.1.5.2 Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación

7.1.5.3 Informe del muestreo de acuerdo con la NTE INEN**7.1.5.4** Método aplicado**7.1.5.5** Resultado de la inspección**7.1.5.6** Fecha de la inspección**7.1.5.7** Nombre de la persona que realizó la inspección.**7.2 Determinación del espesor**

7.2.1 *Resumen:* Se mide el espesor en los bordes de los vidrios de seguridad

7.2.2 *Instrumental:* un micrómetro de una capacidad de medición de 10 mm a 20 mm con un intervalo de escala de 0,01 mm .

7.2.3 *Preparación de la muestra:* La muestra a ensayar consiste del mismo vidrio de seguridad laminado o templado completo utilizado en el método visual de inspección normal.

7.2.4 *Procedimiento:* Se toman los espesores de al menos cuatro puntos equidistantes.

8. ETIQUETADO Y EMBALAJE

8.1 Cada vidrio de seguridad debe llevar marcado con caracteres indelebles en un lugar visible por lo menos lo siguiente:

- a) razón social del fabricante o marca comercial,
- b) denominación del tipo de vidrio de acuerdo con el numeral 3,
- c) Identificación del lote de producción
- d) Espesor
- e) Norma Técnica de fabricación del producto,
- d) trazabilidad del producto que permita identificar mes y año de fabricación.

8.2 Los vidrios de seguridad deben embalsarse en forma adecuada, de manera que no sufran deterioros durante el almacenamiento, manipulación y transporte.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1721	<i>Vidrios de seguridad. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1722	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la fragmentación</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1723	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto con esfera de acero</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1724	<i>Vidrios de seguridad. Determinación del comportamiento bajo el impacto simulado de la cabeza. (Ensayo del maniquí).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1725	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia al impacto con dardo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1726	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a alta temperatura</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1727	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la transmisión luminosa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1728	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la estabilidad luminosa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1729	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la distorsión óptica</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1730	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la abrasión</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1731	<i>Vidrios de seguridad. Determinación de la resistencia a la humedad.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Internacional ISO 3537 Road vehicles – Safety glazing materials. Mechanical Tests. International Organization for Standardization. Ginebra, 1999.

Norma Británica BSI BS 5282. *Road vehicles safety glass*. British Standards Institution, London, 1980.

Norma Venezolana COVENIN 199 *Automotriz. Vidrios de seguridad* (3ra. Revisión). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 2000

Norma Sudafricana SABS 1191. Safety Glass for vehicles. High penetration resistant laminated. Safety glass for vehicles. 1997.

Norma Sudafricana SABS 1193. *Toughened safety glass for vehicles*. 2005.

Norma Norteamericana ANSI Z 26.1 *American National Standard for Safety Glazing Materials for Glazing Motor Vehicles Operating on Land Highways-Safety Standard*. American National Standards Institute. Nueva York, 1997.

Norma Oficial Mexicana NOM-146-SCFI-2001, Productos de vidrio – Vidrio de seguridad usado en la construcción – Especificaciones y métodos de prueba. México, D. F. 2001.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1669 **TÍTULO:** VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES. **Código:** SG 05.01-401
REQUISITOS

Primera revisión

<p>ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:</p>	<p>REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1990-03-15 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No 277 de 1990-06-20 publicado en el Registro Oficial No. 471 de 1990-07-03</p> <p>Fecha de iniciación del estudio:</p>
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Vidrios de seguridad en vehículos automotores**

Fecha de iniciación: 2009-01-16

Fecha de aprobación: 2009-06-26

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Galo Espín (Presidente)
 Ing. Adriana López
 Sr. Federico Aguayo
 Ing. Sebastián Aguilar
 Srta. Carolina Morán
 Srta. Erika Escobar
 Ing. Veronica Dután
 Ing. Carlos Carchi
 Ing. Raúl Morales
 Sr. Jorge Salgado Zapata
 Ing. Cecilia Cando
 Ing. Ramiro Gutiérrez
 Srta. Imelda Herrera
 Ing. Moisés Flores
 Ing. Alejandro Játiva
 Lic. Mariana Paredes de Suan
 Sr. Jorge Salgado
 Ing. Adrian Lievano
 Ing. Alex Figueroa
 Ing. Daniel Granados
 Arq. Francisco Ramírez (Secretario Técnico)

CRILAMIT S.A.
 VITEMCO ECUADOR S.A.
 VITEMCO ECUADOR S.A.
 GM-OBBS
 GM-OBBS
 SECURIT-INDUVIT
 CCICEV-EPN
 GLASSVIT
 CRISSETSA
 LA CASA DEL PARABRISAS
 TECNIVIDRIO 2000 S.A.
 AYMESA S.A.
 ECUAVENSA
 FAIRIS C.A.
 DICONVISEK CIA. LTDA.
 POLIVIDRIO
 PARABRISAS J. S.
 DICONVISEK CIA. LTDA.
 GLASSVIT
 SAINT-GOBAIN DE COLOMBIA
 INEN

Otros trámites: ♦⁹ La NTE INEN 1669: 1990, sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución No. 009-2010 de 2010-03-05, publicada en el Registro Oficial No. 152 del 2010-03-17.

Esta NTE INEN 1669:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1669:1990

La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No.11 233 de 2011-08-04

Registro Oficial No. 530 de 2011-09-08

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inenencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen.gob.ec**

DISEÑO DE UN VEHICULO PROTOTIPO ELECTRICO MONOPLAZA PARA UNA PERSONA PARAPLEJICA Y CONSTRUCCION DE SU CHASIS

Objetivo:

Buenos días/tardes;

Teniendo en cuenta la falta de recursos para movilización a las distintas personas con capacidades especiales exclusivamente con paraplejia, se ha creído conveniente elaborar una serie de preguntas las cuales, en coordinación con la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, servirán para determinar aspectos importantes y relevantes en la construcción de un Vehículo Eléctrico para personas con paraplejia.

Instrucciones:

El siguiente cuestionario consta de 14 preguntas, las cuales deben ser leídas con claridad, revisar las opciones dadas y seleccionar la que usted crea conveniente.

Marque la alternativa seleccionada con una X dentro del espacio dado.

No es necesario incluir su nombre en la presente encuesta, solo complete los datos de edad y género que se describe a continuación.

PREGUNTAS:

Edad: 38

Género: M F

1) Cuando usted se moviliza, ¿qué utiliza?

- BUS
TAXI
OTRO VEHICULO
NO SE MOVILIZA

2) ¿Existe alguna persona para que le ayude cuando necesita moverse de un lugar a otro en la ciudad?

- SIEMPRE
OCACIONALMENTE
RARA VEZ
NUNCA

3) ¿Se encuentra satisfecho/a con el medio de transporte público que se ofrece en la actualidad para personas con discapacidad?

- SI
NO
RARA VEZ
DESCONOCE

4) Si su respuesta es SI, ¿señale con qué frecuencia utiliza el transporte público?

- DIARIO
SEMANAL
MENSUAL
OTRO especifique: _____

5) ¿Qué distancia media recorre para llegar a su destino?

- MENOS DE 10 KM
DE 10 A 30 KM
DE 30 A 50 KM
MÁS DE 50 KM

6) ¿Cree Ud. que es importante integrar un sistema de transporte especial para personas que utilizan sillas de ruedas?

- SI NO

7) ¿Le gustaría conducir su propio vehículo, y movilizarse de forma sencilla sin ayuda de otras personas?

- SI NO

8) ¿Cómo le gustaría conducir su vehículo?

- SOLO
ACOMPAÑANDO/A
NO LE GUSTARÍA CONDUCIR

9) ¿Cree necesaria la existencia de un compartimiento destinado a guardar equipaje ligero en el vehículo?

SI NO

10) ¿Señale una de las siguientes opciones que cree que sería más útil para su movilización?

- a. Modificar un vehículo comercial y realizar adaptaciones para el uso específico de personas parapléjicas o,
- b. Diseñar y Construir un vehículo direccionado al uso exclusivo de una persona parapléjica donde no debe abandonar su silla de ruedas para ingresar y conducir el vehículo

11) ¿Cree conveniente que el vehículo sea exclusivamente eléctrico?

SI NO

OTROS -----

12) ¿Qué nivel de confort considera que debería tener su vehículo?

ALTA MEDIA BAJA

13) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar Ud. Por un vehículo eléctrico adaptado a sus comodidades de manejo?

- MENOS DE 10000 USD
- ENTRE 10000 Y 15000 USD
- ENTRE 15000 Y 20000 USD
- MAS DE 20000 USD

14) Debido a que el vehículo es un prototipo para circulación urbana. ¿Considera admisible una velocidad máxima en un rango de 40 a 50 Km/h?

SI NO

Especifique.....

**DISEÑO DE UN VEHICULO PROTOTIPO ELECTRICO MONOPLAZA
PARA UNA PERSONA PARAPLEJICA Y CONSTRUCCION DE SU CHASIS**

Objetivo:

Buenos días/tardes;

Teniendo en cuenta la falta de recursos para movilización a las distintas personas con capacidades especiales exclusivamente con paraplejía, se ha creído conveniente elaborar una serie de preguntas las cuales, en coordinación con la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, servirán para determinar aspectos importantes y relevantes en la construcción de un Vehículo Eléctrico para personas con paraplejía.

Instrucciones:

El siguiente cuestionario consta de 14 preguntas, las cuales deben ser leídas con claridad, revisar las opciones dadas y seleccionar la que usted crea conveniente. Marque la alternativa seleccionada con una X dentro del espacio dado. No es necesario incluir su nombre en la presente encuesta, solo complete los datos de edad y género que se describe a continuación.

PREGUNTAS:

Edad: 22

Género: M F

1) Cuando usted se moviliza, ¿qué utiliza?

- BUS
- TAXI
- OTRO VEHICULO
- NO SE MOVILIZA

2) ¿Existe alguna persona para que le ayude cuando necesita moverse de un lugar a otro en la ciudad?

- SIEMPRE
- OCACIONALMENTE
- RARA VEZ
- NUNCA

3) ¿Se encuentra satisfecho/a con el medio de transporte público que se ofrece en la actualidad para personas con discapacidad?

- SI
NO
RARA VEZ
DESCONOCE

4) Si su respuesta es SI, ¿señale con qué frecuencia utiliza el transporte público?

- DIARIO
SEMANAL
MENSUAL

OTRO especifique: _____

5) ¿Qué distancia media recorre para llegar a su destino?

- MENOS DE 10 KM
DE 10 A 30 KM
DE 30 A 50 KM
MÁS DE 50 KM

6) ¿Cree Ud. que es importante integrar un sistema de transporte especial para personas que utilizan sillas de ruedas?

- SI NO

7) ¿Le gustaría conducir su propio vehículo, y moverse de forma sencilla sin ayuda de otras personas?

- SI NO

8) ¿Cómo le gustaría conducir su vehículo?

- SOLO
ACOMPAÑDO/A
NO LE GUSTARIA CONDUCIR

9) ¿Cree necesaria la existencia de un compartimiento destinado a guardar equipaje ligero en el vehículo?

SI NO

10) ¿Señale una de las siguientes opciones que cree que sería más útil para su movilización?

- a. Modificar un vehículo comercial y realizar adaptaciones para el uso específico de personas paraplégicas o,
- b. Diseñar y Construir un vehículo direccionado al uso exclusivo de una persona parapléjica donde no debe abandonar su silla de ruedas para ingresar y conducir el vehículo

11) ¿Cree conveniente que el vehículo sea exclusivamente eléctrico?

SI NO

OTROS -----

12) ¿Qué nivel de confort considera que debería tener su vehículo?

ALTA MEDIA BAJA

13) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar Ud. Por un vehículo eléctrico adaptado a sus comodidades de manejo?

- MENOS DE 10000 USD
- ENTRE 10000 Y 15000 USD
- ENTRE 15000 Y 20000 USD
- MAS DE 20000 USD

14) Debido a que el vehículo es un prototipo para circulación urbana. ¿Considera admisible una velocidad máxima en un rango de 40 a 50 Km/h?

SI NO

Especifique.....

SIEMPRE

OCCASIONALMENTE

PARA VEZ

NUNCA



