



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

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI VEHICULO
ELÉCTRICO DE DRIFTING DENOMINADO “CRAZY KART”**

**AUTORES: TAPIA GUERRERO, GABRIEL ALEJANDRO
VELÁSQUEZ ALBÁN DIEGO ANDRÉS**

**DIRECTOR: ING. VILLAVICENCIO, ÁNGELO
CODIRECTOR: ING. OLMEDO, FERNANDO**

SANGOLQUÍ

2015

CERTIFICADO



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el trabajo de titulación, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI VEHICULO ELÉCTRICO DE DRIFTING DENOMINADO “CRAZY KART”” realizado por los señores GABRIEL ALEJANDRO TAPIA GUERRERO y DIEGO ANDRÉS VELÁSQUEZ ALBÁN, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto nos permitimos acreditarlo y autorizar a los señores GABRIEL ALEJANDRO TAPIA GUERRERO y DIEGO ANDRÉS VELÁSQUEZ ALBÁN para que lo sustenten públicamente.

Quito, 3 de diciembre de 2015

Ing. Ángelo Villavicencio
DIRECTOR

Ing. Fernando Olmedo
CODIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, TAPIA GUERRERO GABRIEL ALEJANDRO, con cédula de identidad N° 0503222044 y VELÁSQUEZ ALBÁN DIEGO ANDRÉS, con cédula de identidad N° 1720620481 declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI VEHICULO ELÉCTRICO DE DRIFTING DENOMINADO “CRAZY KART””** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Quito, 3 de diciembre de 2015

Gabriel Alejandro Tapia Guerrero

C.C: 0503222044

Diego Andrés Velásquez Albán

C.C: 1720620481

AUTORIZACIÓN



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

AUTORIZACIÓN

Nosotros, TAPIA GUERRERO GABRIEL ALEJANDRO y VELÁSQUEZ ALBÁN DIEGO ANDRÉS, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI VEHICULO ELÉCTRICO DE DRIFTING DENOMINADO “CRAZY KART”” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Quito, 3 de diciembre de 2015

Gabriel Alejandro Tapia Guerrero

C.C: 0503222044

Diego Andrés Velásquez Albán

C.C: 1720620481

DEDICATORIA

A mi madre, quien me impulso a seguir esta carrera y no dudo ni un solo momento en brindarme todo su apoyo para cumplir mi sueño. A ella que es y será mi principal motivación para salir adelante.

Gabriel Alejandro Tapia Guerrero

DEDICATORIA

A mis padres Elsa y Máximo, por ser mi guía, no solo durante la carrera sino durante toda mi vida, por todos sus sabios consejos que me impulsan a querer ser alguien mejor cada día y que me invitan a soñar en grande.

A mis hermanos Máximo y María Victoria por su constante apoyo, preocupación y por ser un gran ejemplo a seguir.

A mis sobrinos María Sol y Cesar Antonio que a pesar de tenerlos lejos siempre están presentes en mi vida.

A mi abuelita por estar siempre pendiente de mí y por todo su cariño.

Diego Andrés Velásquez Albán

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme estar donde estoy, a toda mi familia, en especial a mis padres, hermana y abuelos, que con constancia y carácter supieron enseñarme y llenarme de valores para enfrentar los desafíos de la vida y a aprender que se pueden alcanzar todas las metas.

Gabriel Alejandro Tapia Guerrero

AGRADECIMIENTO

A Dios por la bendición de tener salud, de tener una familia y de poner tanta gente buena en mi camino que de una u otra forma influyeron en que pueda alcanzar esta meta.

A mi padre por ser mi principal inspiración para seguir esta carrera.

A mi familia por siempre apoyarme con todas las decisiones que he tomado y estar siempre dispuestos a brindarme su apoyo.

A los ingenieros Ángelo Villavicencio y Fernando Olmedo por su apoyo, guía y sugerencias durante toda la realización de este proyecto.

A todos los amigos que hice durante la carrera, por todo su apoyo y ayuda durante este camino, por todos los momentos compartidos que estarán siempre presentes en mi memoria y por todos los momentos que quedan por compartir.

Diego Andrés Velásquez Albán

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4 ALCANCE.....	4
1.5 OBJETIVOS	5
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
CAPITULO 2.....	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 BREVE RESEÑA SOBRE VEHÍCULOS DE RECREACIÓN ELÉCTRICOS.....	7
2.1.1 GO KARTS.....	7
2.1.1.1 CONCEPTO DE GO KART	7

2.1.1.2	HISTORIA DE LOS GO KARTS	7
2.1.1.3	EVOLUCIÓN DE LOS GO-KARTS	9
2.1.2	LOS CRAZY KARTS	10
2.1.3	IMPLEMENTACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LOS KARTS Y SUS BENEFICIOS	11
2.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO	13
2.2.1	TIPO DE MOTOR	14
2.2.2	POTENCIA	14
2.2.3	TORQUE	14
2.2.4	VELOCIDAD MÁXIMA	14
2.2.5	TIPO DE TRANSMISIÓN	15
2.2.6	DIMENSIONES	15
2.2.7	PLAZAS	16
2.2.8	BATERÍAS	16
2.2.9	PESO A SOPORTAR	16
2.3	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS	16
2.3.1	EL CHASIS	16
2.3.2	LA BANDEJA DEL CHASIS	17
2.3.3	EL ASIENTO	17
2.3.4	LA DIRECCIÓN	18
2.3.5	PEDALES DE ACELERACIÓN Y FRENO	19
2.3.6	EL MOTOR	19
2.3.6.1	REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR	20
2.3.7	LAS BATERÍAS	20
2.3.8	EL EJE DE TRANSMISIÓN	21
2.3.8.1	RODAMIENTO	21
2.3.8.2	ESTRELLA O CATALINA	22
2.3.8.3	CADENA DE TRANSMISIÓN	22
2.3.9	RUEDAS Y NEUMÁTICOS	23
2.4	ESTRUCTURAS DE VEHÍCULOS	24
2.4.1	MONOCASCOS	24
2.4.2	TUBULARES	25
2.5	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	25
2.6	MOTORES ELÉCTRICOS, CONTROLADOR Y BATERÍAS	28

2.6.1 MOTORES ELÉCTRICOS	28
2.6.1.1 MOTORES TIPO SERIE	29
2.6.1.2 MOTORES TIPO SHUNT	30
2.6.1.3 MOTORES DE IMÁN PERMANENTE	30
2.6.2 CONTROLADORES	31
2.6.2.1 CONTROLADORES DE ESTADO SOLIDO.....	32
2.6.2.2 CONTROLADORES ELECTRÓNICOS	32
2.6.2.3 CONTROLADORES MULTISWITCHING	33
2.6.3 BATERÍAS.....	34
2.6.3.1 TIPOS DE BATERÍAS	34
2.6.3.1.1 BATERÍAS DE PLOMO	35
2.6.3.1.2 BATERÍAS DE NÍQUEL – CADMIO	36
2.6.3.1.3 BATERÍAS DE NÍQUEL – HIDRURO METÁLICO.....	36
2.6.3.1.4 BATERÍAS DE IONES DE LITIO	37
2.6.3.1.5 BATERÍAS DE POLÍMERO DE LITIO.....	37
2.6.3.1.6 BATERÍAS DE CLORURO DE SODIO	38
CAPITULO 3.....	39
CÁLCULOS	39
3.1 REQUISITOS Y RESTRICCIONES DE UN AUTO ELÉCTRICO	39
3.2 DISEÑO DE CHASIS.....	41
3.2.1 CALCULO ESTÁTICO	41
3.2.1.1 VIGA TRANSVERSAL	42
3.2.1.2 VIGA LONGITUDINAL.....	44
3.2.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL	46
3.2.3 SELECCIÓN DEL PERFIL.....	47
3.2.4 VALIDACIÓN Y MODELADO DEL CHASIS.....	49
3.2.4.1 ESTUDIO DEL CHASIS.....	50
3.3 SELECCIÓN DEL MOTOR.....	53
3.3.1 CALCULO DEL TORQUE.....	53
3.3.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR	56
3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	58

3.4.1 DISEÑO DE RUEDAS DENTADAS	58
3.4.2 CALCULO DEL LARGO DE LA CADENA.....	59
3.5 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN	60
3.6.1 DISEÑO DE LA BARRA DE DIRECCIÓN.....	67
3.7 SELECCIÓN COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	70
3.7.1 SELECCIÓN DE BATERÍAS.....	70
3.7.1.1 CONEXIÓN DE LAS BATERÍAS	71
3.7.2 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR.....	72
3.7.3 SELECCIÓN DEL PEDAL.....	73
3.7.4 ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA	74
CAPITULO 4.....	75
FABRICACIÓN	75
4.1 MÉTODO DE FABRICACIÓN.....	75
4.1.1 MAQUINARIA NECESARIA.....	75
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	78
4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE CHASIS.....	78
4.2.1.1 DOBLADO DE TUBOS	78
4.2.1.2 PROCESO DE SOLDADURA DEL CONJUNTO	80
4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE FRENO DE MANO	81
4.2.2.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENO DE MANO.....	82
4.2.2.1.1 CUERPO DEL SISTEMA FRENO DE MANO	82
4.2.2.1.2 MANGO DEL SISTEMA FRENO DE MANO	84
4.2.2.1.3 EJE DEL SISTEMA FRENO DE MANO	85
4.2.2.1.4 RUEDAS DEL SISTEMA FRENO DE MANO.....	86
4.2.2.1.5 RODAMIENTOS DEL SISTEMA DE FRENO DE MANO	87
4.2.2.2 ENSAMBLE TOTAL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA FRENO DE MANO.....	87
4.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	89
4.2.3.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	89
4.2.3.1.1 SOPORTE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	89
4.2.3.1.2 CUERPO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	90

4.2.3.1.3 BARRA DE DIRECCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	91
4.2.3.1.4 ADAPTADOR PARA VOLANTE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	92
4.2.3.1.5 RODAMIENTOS DE LA BARRA DE DIRECCIÓN	93
4.2.3.2 ENSAMBLE TOTAL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	94
4.2.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	95
4.2.4.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	95
4.2.4.1.1 EJE PARA LLANTA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	95
4.2.4.1.2 LLANTA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	96
4.2.4.1.3 SELECCIÓN DE CATALINA DE TRANSMISIÓN.....	97
4.2.4.1.4 SELECCIÓN DEL MOTOR	98
4.2.4.1.5 SELECCIÓN DE CADENA DE TRANSMISIÓN	98
4.2.4.2 ENSAMBLE TOTAL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	99
4.2.5 SELECCIÓN DE ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE CONFORT	100
4.2.5.1 SELECCIÓN DE VOLANTE.....	100
4.2.5.2 SELECCIÓN DE ASIENTO.....	101
4.2.5.3 BASES PARA ASIENTO.....	101
4.2.5.4 CUBIERTA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	102
4.2.5.5 CUBIERTA DEL CHASIS.....	103
4.2.5.6 CUBIERTA DE BATERÍAS Y CONTROL.....	104
4.2.6 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL.....	104
4.2.6.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL	104
4.2.6.1.1 CONTROLADOR PARA MOTOR DC	104
4.2.6.1.2 PEDAL DE CONTROL EFECTO HALL.....	105
4.2.6.1.3 BATERÍAS RECARGABLES.....	106
4.3 MONTAJE DE COMPONENTES.....	106
4.3.1 MONTAJE DE RUEDAS DE SOPORTE.....	106
4.3.2 MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENO DE MANO	107
4.3.3 MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	108
4.3.4 MONTAJE DE ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE CONFORT.....	109
4.3.4.1 MONTAJE DEL VOLANTE	109
4.3.4.2 MONTAJE DEL ASIENTO	110
4.3.4.3 MONTAJE DE LA CUBIERTA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	110

4.3.5 MONTAJE DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN.....	111
4.3.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS.....	112
4.3.7 MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL.....	113
4.3.7.1 MONTAJE DE BATERÍAS EN SERIE.....	113
4.3.7.2 CABLEADO DEL DRIVER.....	114
4.3.7.3 CABLEADO DEL PEDAL.....	115
4.3.7.4 MONTAJE Y CONEXIÓN DEL DRIVER, MOTOR Y PEDAL.....	115
4.3.8 COLOCACIÓN DE ELEMENTOS ESTÉTICOS.....	116
CAPITULO 5.....	118
PRUEBAS DE CAMPO.....	118
5.1 ESTABILIDAD.....	118
5.2 DIRECCIÓN.....	119
5.3 MANIOBRABILIDAD.....	120
5.4 VELOCIDAD MÁXIMA.....	121
5.5 ACELERACIÓN.....	122
5.6 FRENO.....	122
5.7 BARRA DE DERRAPES.....	123
5.8 RUEDAS.....	123
5.9 AUTONOMÍA DE LA BATERÍA.....	124
5.10 TIEMPO DE CARGA DE LAS BATERÍAS.....	125
CAPITULO 6.....	126
ANÁLISIS DE COSTOS.....	126
6.1 COSTOS DIRECTOS.....	126
6.2 COSTOS INDIRECTOS.....	128
6.3 COSTO TOTAL.....	129
CAPITULO 7.....	130

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
7.1 CONCLUSIONES	130
7.2 RECOMENDACIONES	132
BIBLIOGRAFÍA.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades del acero ASTM A36	47
Tabla 2 Catalogo de tubo estructural cuadrado ASTM A36	48
Tabla 3 Parámetros mínimos necesarios para selección de motor	57
Tabla 4 Tiempos utilizados para el cálculo de velocidad	121
Tabla 5 Costos directos de componentes mecánicos	126
Tabla 6 Costos directos de componentes electrónicos	128
Tabla 7 Costos indirectos de componentes electrónicos	128
Tabla 8 Costos de servicios indirectos.....	129
Tabla 9 Costo total del proyecto	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vehiculo Carson Go-Kart.....	7
Figura 2 Primeros diseños de Go-Karts.....	8

Figura 3 Cross Kart en pista de tierra. Fuente: (De Souza, 2006)	9
Figura 4 Microkart en pista de asfalto.	10
Figura 5 Kermani, Inventor de los Crazy Karts.	10
Fuente: (Anderson, 2013)	10
Figura 6 Chasis de un Crazy Kart. Fuente: (Borja Moya, 2014).	17
Figura 7 Bandeja del chasis.....	17
Figura 8 Asiento de un Go-Kart.....	18
Figura 9 Volante y barra de dirección.....	19
Figura 10 Motor eléctrico.....	19
Figura 11 Batería para vehículos.....	21
Figura 12 Rodamiento con su respectivo soporte.....	21
Figura 13 Catalina de una moto.	22
Figura 14 Cadenas de transmisión.....	23
Figura 15 Neumático usado en crazy karts.....	23
Figura 16 Estructura monocasco en Formula 1.....	24
Figura 17 Estructura Tubular.	25
Figura 18 Tomas Edison y uno de los primeros vehículos eléctricos.....	26
Figura 19 Tesla S.....	27
Figura 20 Estación de carga súper rápida en Estocolmo.....	27
Figura 21 Monoplaza utilizado en la formula E.....	28
Figura 22 Motor tipo serie.....	29
Figura 23 Motor tipo Shunt.	30

Figura 24 Motor de imán permanente.....	31
Figura 25 Controlador sólido.....	32
Figura 26 Controlador electrónico.....	33
Figura 27 Controlador Multiswitching.....	34
Figura 28 Batería de plomo.	35
Figura 29 Batería de níquel – cadmio.	36
Figura 30 Batería de níquel – hidruro metálico.	36
Figura 31 Batería de lones de litio.	37
Figura 32 Batería de polímero de litio.....	38
Figura 33 Baterías de cloruro de sodio.....	38
Figura 34 Modelo del Crazy Kart en un software de simulación.....	39
Figura 35 Modelo del chasis del Crazy Kart en un software de simulación	40
Figura 36 Sistema directriz del Crazy Kart.....	40
Figura 37 Sistema motriz del Crazy Kart	40
Figura 38 Diseño del chasis	41
Figura 39. Identificación de las vigas en la configuración del chasis.....	42
Figura 40 Esquema representativo viga transversal	42
Figura 41 Diagrama de cuerpo libre y de momentos	43
Figura 42 Esquema representativo de la viga longitudinal.....	45
Figura 43 Diagrama de cuerpo libre y de momentos	45
Figura 44 Esquema de dimensiones de perfil cuadrado.....	49
Figura 45 Modelo del chasis	50

Figura 46 Aplicación de cargas y sujeciones al chasis del Crazy Kart	51
Figura 47 Tensión de Von Mises con aplicación de peso en el chasis.....	52
Figura 48 Desplazamientos resultantes con aplicación de peso en el chasis.	52
Figura 49 Distribución del factor de seguridad con aplicación de peso en el chasis.	53
Figura 50 Motor eléctrico seleccionado	57
Figura 51 Representación gráfica del eje de transmisión.....	60
Figura 52 Representación simplificada del eje	60
Figura 53 Diagrama de cuerpo libre.....	61
Figura 54 Diagrama de momentos para el tramo AB del eje de transmisión.....	62
Figura 55 Diagrama de momentos para el tramo BC del eje de transmisión.....	63
Figura 56 Diagrama de momentos para el tramo CD del eje de transmisión.....	64
Figura 57 Esquema del eje de transmisión	65
Figura 58 Sistema de dirección del Crazy Kart	66
Figura 59 Baterías seleccionadas	71
Figura 60 Esquema de conexión en serie de las baterías.....	72
Figura 61 Controlador seleccionado	73
Figura 62 Pedal de efecto Hall seleccionado	73
Figura 63 Diagrama de conexiones eléctricas	74
Figura 64 Dobladora manual de tubos.....	76
Figura 65 Equipo de soldadura SMAW.....	76

Figura 66 Maquina de torno metálico.....	76
Figura 67 Fresadora vertical	77
Figura 68 Taladro de pedestal	77
Figura 69 Herramienta manual	77
Figura 70 Tubo cuadrado 1" x 3mm.....	78
Figura 71 Medición y preparación para doblado	79
Figura 72 Doblaje de tubo principal del chasis.....	79
Figura 73 Doblado del bastidor base del chasis	79
Figura 74 Soldadura de la parte frontal del chasis	80
Figura 75 Soldadura de partes laterales del chasis	80
Figura 76 Chasis soldado vista superior	81
Figura 77 Chasis soldado vista lateral	81
Figura 78 Componentes del sistema de freno de mano	82
Figura 79 Dimensiones Generales	83
Figura 80 Corte del cuerpo del freno de mano	83
Figura 81 Perforado de agujeros para sujeción de llantas	83
Figura 82 Dimensiones Generales y ensamble.	84
Figura 83 Corte de Tubo redondo ASTM A36.....	84
Figura 84 Unión de tubos redondos ASTM A36.....	85
Figura 85 Dimensiones Generales del eje.	85
Figura 86 Corte del eje en acero 1045.....	86
Figura 87 Rueda de 3"	86

Figura 88 Ensamble total del sistema de freno de mano	88
Figura 89 Soldadura de eje	88
Figura 90 Soldadura de mango	88
Figura 91 Instalación de ruedas.....	89
Figura 92 Dimensiones Generales del soporte.	89
Figura 93 Doblado de tubo cuadrado ASTM A36.	90
Figura 94 Dimensiones Generales y componentes del cuerpo.	90
Figura 95 Fabricación de triángulos del Cuerpo.	91
Figura 96 Dimensiones de cajas de dirección.	91
Figura 97 Barra de dirección.	92
Figura 98 Barra de dirección.	92
Figura 99 Dimensiones del adaptador.	93
Figura 100 Adaptador para volante.	93
Figura 101 Montaje del sistema de dirección.....	94
Figura 102 Unión de barra de dirección con la placa.	94
Figura 103 Montaje de rodamientos SKF 6302.....	95
Figura 104 Dimensiones del eje de transmisión.	96
Figura 105 Eje de transmisión con sus componentes instalados.	96
Figura 106 Llanta de aire.....	97
Figura 107 Catalina Z=55	97
Figura 108 Motor 500W – 36V.....	98
Figura 109 Cadena 1/4” de paso.	98

Figura 110 Montaje del eje de transmisión.	99
Figura 111 Montaje de cadena.	100
Figura 112 Volante seleccionado para el vehículo.....	100
Figura 113 Asiento para el vehículo.	101
Figura 114 Dimensiones generales.	102
Figura 115 Bases para asiento.....	102
Figura 116 Cubierta del sistema de dirección.	103
Figura 117 Dimensiones de la cubierta.....	103
Figura 118 Cubiertas para baterías.	104
Figura 119 Controlador JC – 116.....	105
Figura 120 Pedal de control.....	105
Figura 121 Baterías recargables 12 V	106
Figura 122 Montaje de ruedas.	107
Figura 123 Montaje del sistema de freno de mano.	108
Figura 124 Montaje del acople de volante.	108
Figura 125 Montaje del sistema de dirección.....	109
Figura 126 Montaje del volante.....	109
Figura 127 Montaje del asiento.....	110
Figura 128 Montaje de la cubierta del sistema de dirección.....	110
Figura 129 Dimensiones de soportes del motor.....	111
Figura 130 Montaje del motor.	111
Figura 131 Montaje del freno de disco.....	112

Figura 132 Dimensiones del soporte de la mordaza.	112
Figura 133 Montaje de la mordaza.	113
Figura 134 Cableado para la conexión con fusible de seguridad.	113
Figura 135 Baterías conectadas en serie.	114
Figura 136 Nomenclatura de cables del driver.....	114
Figura 137 Pedal y cableado	115
Figura 138 Montaje del driver	115
Figura 139 Conexión de cables	116
Figura 140 Elementos estéticos agregados al vehículo	116
Figura 141 Vehículo terminado.....	117
Figura 142 Pruebas de estabilidad sin ruedas delanteras.....	118
Figura 143 Colocación del soporte en X.....	120
Figura 144 Radio de giro del vehículo	121
Figura 145 Desgaste de las ruedas posteriores	123
Figura 146 Nuevas ruedas colocadas en el vehículo.....	124
Figura 147 Cargador de baterías.....	125

RESUMEN

Un kart es un vehículo terrestre, sin techo y sin elementos de suspensión, de cuatro ruedas que por lo general es impulsado por un motor a gasolina con fines recreativos o deportivos en el caso del ampliamente conocido karting. Estos vehículos se dieron a conocer en los 60's y a partir de entonces han sufrido varias modificaciones para adaptarlos a nuevos terrenos y condiciones de manejo. Es aquí donde surgen los crazy karts, probablemente la derivación de los karts que más se aleja de su diseño y función original, estos vehículos tienen como finalidad brindar al piloto una nueva modalidad de manejo donde los giros extremos o derrapes toman mucho protagonismo. Constan de tres elementos principales; un chasis en donde se ensamblan todos los componentes mecánicos; las ruedas cuya distribución puede variar de acuerdo al diseño, teniendo siempre una rueda motriz en la parte centro-delantera, ruedas móviles en la parte posterior y ruedas estabilizadoras en los costados, y el motor, en este caso eléctrico, que será el encargado de darle el movimiento al kart. Para que estas máquinas tengan la capacidad de realizar sus giros característicos constan de una barra de derrapes, también conocida como freno de mano por su similitud en forma con el elemento automotriz, esta barra controla el movimiento de las ruedas traseras pues, dependiendo de su posición, permite que estas adquieran una dirección completamente diferente a la dirección del vehículo dada por el piloto a través del volante.

Palabras clave:

- **KART**
- **CRAZY KART**
- **DERRAPE**
- **CHASIS**
- **MOTOR ELÉCTRICO**
- **BARRA DE DERRAPES**

ABSTRACT

A kart is a four-wheeled vehicle, without roof and suspension elements, generally powered by a four or two strokes engine. Its main purpose is recreational but it can be used for competitions too, depending on the model. This vehicles were first created in the 60's and since then, they've suffered all kind of modifications to adapt them for new roads and driving challenges. As one of this modifications, the crazy karts appeared, these vehicles are probably the kart derivation that it's more apart from the original design and purpose, what they're created for is to offer the user a completely new driving mode, where extreme turnings and drifting are the main characters. It's formed by three main elements; the chassis, where all the mechanical elements are assembled, the wheels; with one main wheel on the center, two or three smaller wheels on the back and two wheels on the sides for balancing purposes, and the motor, in this case an electric one to power the kart. In order to have the drifting skills, these vehicles are provided by a drift bar, usually referred as handbrake based on the similarity between this mechanism and the automotive component, this bar controls the back wheels movement, depending on its position, allowing them to acquire a completely different direction that the one given to the vehicle by the pilot.

Key words:

- **KART**
- **CRAZY KART**
- **DRIFTING**
- **CHASSIS**
- **ELECTRIC ENGINE**
- **DRIFT BAR**

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Desde tiempos inmemorables, los seres humanos han buscado y han tenido la necesidad de encontrar formas de recrearse, salir de la rutina diaria y dedicar un tiempo a la realización de actividades, por medio de las cuales puedan relajarse y entretenerse. Las opciones son muy diversas, podríamos decir que son casi infinitas dado que cada persona tiene su forma de pensar y puede encontrar su propia forma de recreación. Dentro de este contexto podemos encontrar que existen varias actividades que se consideran más comunes como por ejemplo las actividades culturales o la realización de actividades deportivas, y es aquí donde encontramos a los vehículos recreativos denominados popularmente como “karts”.

Un *kart* es un vehículo de motor terrestre sin techo, sin elementos de suspensiones y que puede incorporar ciertos elementos de carrocería, con cuatro ruedas, dos delanteras y dos traseras, que están en contacto con el suelo. Las dos ruedas delanteras ejercen el control de la dirección del vehículo mientras que las dos traseras transmiten la potencia y movimiento obtenido de un motor.

Sus partes principales son el chasis (comprendida la carrocería), los neumáticos y el motor.

En el mundo de los karts se puede diferenciar varios tipos de vehículos teniendo cada uno de ellos variantes con respecto a la definición general, por ejemplo:

- Go-kart

- Crosskart
- Cyclekart
- Microkart
- Y los más recientes, los denominados crazy Kart

Los crazy kart son vehículos de diversión o entretenimiento que poseen una llanta delantera motriz y cuatro llantas que sirve de apoyo o control de estabilidad. El Crazy kart es una auténtica máquina de drifting o derrapes propulsada por un pequeño motor eléctrico que puede alcanzar velocidades de hasta 20 km/h y que posee una duración de cerca de 40 minutos con sus baterías de 12 voltios recargables. Incluye un pedal en el pie para acelerar y puede o no incluir frenos. Para lograr el efecto de derrape, cuenta con una barra de derrape o “freno de mano”, que permite giros de 360 grados. Tiene dos modos de conducción: el modo *go-kart* para conducción normal, y el modo *Crazy Kart* para derrapes.

El Crazy Kart es de bajo mantenimiento por tener una construcción simple, no contamina ni emite humo por tener un motor eléctrico.

En la Universidad de las Fuerzas Armadas se han realizado algunos proyectos similares, tanto de titulación como proyectos de materias específicas, que han tenido como finalidad la construcción de karts, siendo esta la primera vez que se realice un vehículo eléctrico de derrapes como el descrito en este proyecto.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En nuestro país no existen fábricas que se dediquen a la construcción de este tipo de vehículos, lo cual, sumado a las restricciones en cuanto a importaciones hace que sea prácticamente imposible encontrar este artículo en el mercado local. Por otra parte, el producto comercializado en varios

países europeos es únicamente para el uso de niños, por lo que se busca diseñar un vehículo que pueda ser utilizado un adulto promedio.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Por medio de este proyecto lo que se busca es apuntar al diseño y fabricación de vehículos en el país, comenzando por los ya mencionados vehículos de recreación.

En el Ecuador, la construcción de bienes es un ámbito de la industria que siempre se ha visto muy limitado, por décadas hemos visto como nuestro país se encarga de la extracción y exportación de materias primas para la elaboración de productos en el exterior que luego nos vemos forzados a comprar por valores muy elevados que sumados a los altos impuestos que se manejan en el país no resultan una alternativa competitiva en nuestro mercado.

Este proyecto será un gran paso para que la industria nacional empiece a comercializar los vehículos y sus diferentes partes y accesorios. Con esta idea se realizaran prototipos de modelos de varios vehículos de diversión y el fabricante tendrá mejores conclusiones sobre su producto y diseño. Además, posteriormente, se profundizara en el estudio de vehículos propulsados por motores eléctricos que es un tema que cada vez está cobrando más importancia, no solo en nuestro medio, sino en el ámbito mundial.

Por otra parte en el país se viene implementando una política a la que se denomina como “cambio de la matriz productiva”. Lo que el gobierno pretende con esto es agregarle valor a la producción del país, impulsando actividades relacionadas con el conocimiento y la tecnología antes que mantener la dependencia que tiene el país de sus productos de exportación

como el petróleo, el banano y el cacao, que, en un marco de recesión mundial como el que vivimos dejarían de consumirse en gran cantidad en el mercado mundial.

Dentro de este proceso se busca, además, un cambio en la matriz energética, dejando de lado la energía basada en hidrocarburos, que es considerada como una energía cara y sobre todo contaminante, para pasar a la utilización de la energía eléctrica, por lo que se considera oportuna la construcción de este mini vehículo eléctrico, adecuándose así a las tendencias actuales.

Por último, por medio de la realización de este proyecto se evaluarán mejoras respecto a los procesos que son necesarios para la fabricación de vehículos de entretenimiento, en las materias primas y en el diseño en sí.

1.4 ALCANCE

El presente proyecto tiene como finalidad la materialización de un mini vehículo eléctrico de drifting que pueda ser utilizado por un adulto promedio, abarcando todo lo correspondiente al diseño, construcción y montaje del mismo, esto incluye:

- Una etapa de diseño, en donde los autores deberán determinar las características técnicas principales del Crazy Kart, como la utilización de un motor de una sola marcha con velocidad no superior a 20 km/h así como las necesidades que deberá satisfacer, como la de desplazarse sin dificultad sobre terrenos regulares con superficies de tierra, asfalto o cemento. Además, en esta fase se realizará una memoria de cálculos que será el soporte para la posterior construcción del vehículo.

- Una etapa de construcción y montaje, donde se materialicen todos los cálculos realizados en la fase de diseño y cuyo fin es el de construir un vehículo completamente funcional y que se ajuste a los parámetros establecidos previamente. En esta etapa se unen, formando un solo conjunto, el sistema mecánico con el eléctrico, así como los elementos seleccionados ya existentes en el mercado como el motor y las baterías.
- Etapa final de pruebas, donde se analice el correcto funcionamiento del Crazy Kart, en esta etapa se deberán afinar detalles en lo que concierne al manejo del vehículo, maniobrabilidad y estabilidad.

Como resultado final del proyecto tendremos el vehículo en marcha, la memoria de cálculo como sustento así como los criterios de selección de algunos componentes, como el motor y el sistema de transmisión, además de los resultados de las pruebas realizadas para la determinación de las características de manejo y autonomía del Crazy Kart.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño y construcción un mini vehículo eléctrico de drifting denominado "Crazy Kart"

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el chasis y elementos de control de dirección.
- Diseñar el sistema eléctrico del Crazy Kart.
- Seleccionar el tipo de motor a ser utilizado.
- Seleccionar el tipo de batería a ser utilizado.
- Seleccionar los instrumentos de medición de las condiciones de la batería del vehículo.
- Establecer el proceso de montaje de los componentes mecánicos y eléctricos.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 BREVE RESEÑA SOBRE VEHÍCULOS DE RECREACIÓN ELÉCTRICOS

2.1.1 GO KARTS

2.1.1.1 CONCEPTO DE GO KART

El más antiguo y conocido de los vehículos de recreación se denomina Go-Kart (Figura 1), este es un vehículo a motor terrestre que no posee techo ni suspensión, cuenta con cuatro ruedas, dos delanteras encargadas del control de la dirección y dos traseras encargadas de transmitir la potencia y el movimiento de un motor a combustible.



Figura 1 Vehiculo Go-Kart.

Fuente: (Cordova, 2015)

2.1.1.2 HISTORIA DE LOS GO KARTS

Los Go-Karts, y más precisamente el karting, deporte automotor en el que debutan los aspirantes a pilotos de competición, nació en 1956, según la historia, se creó en una base de aviación norteamericana donde los

pilotos, abrumados por el aburrimiento de sus días libres, decidieron fabricar algo que les permitiera entretenerse y aprovechar las instalaciones y facilidades que la base les brindaba. Con este antecedente, algunos materiales en desuso y mucha creatividad, fabricaron el que sería el primer vehículo de recreación motorizado (Figura 2), el vehículo no superaba los 50 km/h pero pronto esta práctica se popularizaría y con esto vendría importantes mejoras en los diseños y las primeras competencias de karting.



Figura 2 Primeros diseños de Go-Karts.

Fuente: (Moleano, 2011)

Llegados los años 60, el deporte se extendería a Europa, en países como Francia e Inglaterra donde también se llevaban a cabo competencias llegando posteriormente a España.

Hoy en día, este deporte y sus vehículos son conocidos en todo el mundo, la evolución de los Go-Karts no ha tenido descanso llegando a tener vehículos que alcancen fácilmente los 150 km/h pero con una seguridad comparable a la de un fórmula uno.

2.1.1.3 EVOLUCIÓN DE LOS GO-KARTS

A lo largo de los 60 años desde la creación de los Go-Karts, estos han sufrido una gran variedad de cambios, no solamente en cuanto potencia, sino en cuanto a diseño y prestaciones.

Con la evolución de los vehículos también llegaría la evolución del deporte, siendo así el Cross kart (Figura 3) el pariente más cercano del karting como lo conocemos, en esta variante se utilizan autos mejor equipados para las competencias que se realizan en terrenos difíciles como la tierra y la nieve. Las variantes más significativas en cuanto a diseño de los automotores es que los vehículos en si son más grandes, en algunos casos pueden ser para dos personas, esto conlleva a la utilización de llantas más grandes y con labrado especial dependiendo del terreno en el que se realicen las competencias, además su estructura incluye una especie de jaula que protege al piloto en caso de un volcamiento.



Figura 3 Cross Kart en pista de tierra.

Fuente: (Pereira, 2015)

El Crosskart se dice que fue inventado en la década de los 80's en Suecia, con la idea de crear algo que sea seguro, barato y fácil de operar pero que entretenga a la persona que lo utilice.

Otra de las variantes de estos vehículos son los denominados Microkart (Figura 4), que se podrían definir como un mini Go-Kart de bajo cilindraje y potencia.



Figura 4 Microkart en pista de asfalto.

Fuente: (Vitar, 2014)

2.1.2 LOS CRAZY KARTS

Un Crazy Kart (Figura 5) es un vehículo de recreación pequeño que combina algunas de las características de sus antecesores, la diferencia esta es sus dos modos de manejo que difieren completamente el uno del otro.



Figura 5 Kermani, Inventor de los Crazy Karts.

Fuente: (Poldre, 2015)

El primer modo de manejo es similar a un Go-Kart común, con la diferencia de que este vehículo puede contar solo con una rueda delantera principal que es la encargada de darle la dirección y cuatro ruedas secundarias más pequeñas que le dan el equilibrio.

El segundo modo es completamente diferente a lo que hemos visto hasta ahora, por medio de una barra de derrapes, un mecanismo similar a un freno de mano, el usuario podrá hacer giros o derrapes de una manera controlada, al soltar la barra el vehículo vuelve al modo normal de manejo.

2.1.3 IMPLEMENTACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LOS KARTS Y SUS BENEFICIOS

La utilización de motores eléctricos en los Karts no es una práctica muy difundida en el deporte profesional pero son ampliamente utilizados entre los diseños amateur de los aficionados ya que presenta una cantidad innumerable de ventajas con respecto a los Karts con motores de explosión, sobre todo en actividades recreativas.

En general se podría decir que un Kart eléctrico garantiza unos márgenes de seguridad muy elevados con respecto a los costos de inversión que por lo contrario son muy reducidos accediendo además a las prestaciones que resultan superiores a las de los karts comunes.

Entre las ventajas más notorias tenemos:

- **CERO EMISIONES**

Un motor eléctrico no emite gases nocivos al medio ambiente a diferencia de los motores alternativos que emiten una gran cantidad de sustancias que pueden ser peligrosas para la salud de las personas.

- NO EXISTE CONTAMINACIÓN AUDITIVA

El sonido emitido por un motor eléctrico es despreciable si lo comparamos con el generado por un motor de explosión, este ruido se puede reducir aún más si se utiliza una banda de transmisión en lugar de una cadena.

- MENORES COSTOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento que requiere un vehículo con motor eléctrico es mucho menor, esto se debe a que las actividades a realizarse se limitan básicamente al control de la carga de la batería de los automotores, presión de los neumáticos, estado de los frenos y tensado de la cadena de transmisión. A diferencia de los motores a gasolina no es necesario cargar combustible, ni cambiar aceite lubricante o filtros, esto además presenta una ventaja ya que el vehículo se conservara más limpio y requerirá menor esfuerzo para mantenerlo de esa forma.

- MENOR COSTO DE LA ENERGÍA

La energía eléctrica tiene un valor mucho más bajo que el de la gasolina. Como ejemplo tenemos que este tipo de vehículos eléctricos tiene 3 baterías de 12V y 12 Ah, esto quiere decir que para cargar completamente las 3 baterías se requiere 0,43 KWh. El valor del KWh en Ecuador está en 9,33 centavos lo cual significa que cada carga tendrá un valor de 4 centavos y será suficiente para que el kart funcione aproximadamente 1 hora.

Por otra parte tenemos que un kart con motor a combustible de características similares podría consumir en promedio 1 litro de gasolina por hora lo cual significaría un costo de 53 centavos dado el actual valor de la gasolina súper de USD 2,02.

Analizando estos datos podemos determinar que el costo de la energía eléctrica es más de 10 veces inferior al de la gasolina, lo cual a gran escala se traduce en un ahorro bastante significativo.

- NO EXISTEN RIESGOS DE ENFERMEDADES PROFESIONALES PARA LOS ENCARGADOS

Los pilotos de estos vehículos están siempre expuestos a una gran cantidad de ruido y agentes contaminantes que podrían desencadenar en enfermedades de tipo respiratorio o incluso auditivo a largo plazo, con la implementación de motores eléctricos, estos riesgos se ven reducidos en una cantidad importante.

Por otro lado, estos vehículos podrían ser utilizados incluso en actividades indoor, es decir en espacios cerrados, ya que al no presentar emisiones de gases ni de ruido son ideales para este propósito.

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO

Las especificaciones del vehículo, son las características técnicas con las que cuenta el mismo o las prestaciones que este entrega al usuario.

En el caso de nuestro vehículo eléctrico va a contar con especificaciones principales como:

- Tipo de Motor
- Potencia
- Torque
- Velocidad Máxima
- Tipo de Transmisión
- Dimensiones

- Plazas
- Batería
- Peso de Soporte

2.2.1 TIPO DE MOTOR

En esta característica se especifica el tipo de motor (por su funcionamiento), el tipo de corriente que este va a utilizar, la marca y procedencia de dicho motor y observaciones principales sobre el arranque y funcionamiento.

2.2.2 POTENCIA

La potencia de un motor eléctrico es un factor importante, ya que de este depende el funcionamiento óptimo del vehículo, se obtiene mediante la multiplicación del torque del motor y la velocidad a la que este gira.

2.2.3 TORQUE

El torque es el momento de fuerza que ejerce el motor sobre el eje de transmisión. Su importancia radica en que es la capacidad que tiene determinado motor para realizar el trabajo. El valor del par motor es directamente proporcional al de la potencia del mismo.

2.2.4 VELOCIDAD MÁXIMA

Es la velocidad que define el desempeño y limitación del vehículo a ser construido, esta es una velocidad tomada bajo ciertas condiciones

específicas creadas o adaptadas para tener una medición aproximada a de funcionamiento cotidiano.

2.2.5 TIPO DE TRANSMISIÓN

Es la característica de forma o mecanismo que utiliza para transmitir la potencia del motor a la rueda para producir el movimiento deseado.

Este puede ser por medio de:

- Cadenas
- Bandas
- Barras
- Cables
- Engranajes
- Ruedas de fricción
- Juntas cardan

2.2.6 DIMENSIONES

Esta es una característica métrica que indica las medidas principales del vehículo como:

- Largo
- Ancho
- Distancia entre eje
- Peso

2.2.7 PLAZAS

Es la cantidad de persona que el vehículo puede llevar con las respectivas comodidades sin poner en riesgo a ningún otro ocupante del mismo, es decir es la capacidad máxima de ocupante. En este caso el número de plazas a diseñar será de 1 persona.

2.2.8 BATERÍAS

Se tiene que especificar el tipo de batería que el vehículo va a ocupar, indicando el voltaje que la batería va a entregar y el número de baterías si este amerita.

2.2.9 PESO A SOPORTAR

El peso a soportar es una medida máxima que el vehículo puede ser cargado, sin tener ningún problema en su estructura y sin afectar al desempeño normal especificado.

2.3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

2.3.1 EL CHASIS

El chasis (Figura 6) es la estructura principal del kart, en esta irán ensamblados todas las partes mecánicas, eléctricas y de la carrocería del vehículo. Está conformado por un conjunto de tubos de acero soldados cuyo diámetro va a depender de las cargas a las que va a estar sometido durante su uso. Por lo general se usan tubos de entre una y una y media pulgada

debido a su resistencia y su flexibilidad para resistir las torsiones del kart dado que no tiene un sistema de amortiguación.

La base de un kart radica en su estructura tubular ya que esta es la que soporta a los elementos y las cargas a las que es sometido el vehículo



Figura 6 Chasis de un Crazy Kart.
Fuente: (Moya, 2014)

2.3.2 LA BANDEJA DEL CHASIS

El chasis cuenta además, en su parte inferior, con una bandeja o piso (Figura 7) que va atornillada o soldada al mismo, su función es la de apoyar los pies y protección para el piloto, normalmente se construye de aluminio o plástico.

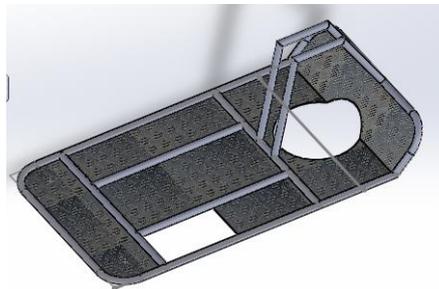


Figura 7 Bandeja del chasis.

2.3.3 EL ASIENTO

El asiento (Figura 8) es el habitáculo del piloto y de su colocación dependerá la postura y el reparto de pesos en el vehículo. Es determinante

en el equilibrio del kart ya que influye directamente en el centro de gravedad.

Los asientos pueden ser de diferentes materiales y diferentes medidas, todo dependerá del piloto, por lo general se los realiza en fibra debido a su peso ligero pero cuando tratamos con vehículos recreativos lo más importante es la comodidad por lo que se podrán añadir otros materiales.



Figura 8 Asiento de un Go-Kart.

Fuente: (TILLET RACING SEATS, 2015)

2.3.4 LA DIRECCIÓN

Al tratarse de un vehículo con una única rueda delantera que controla la dirección, este mecanismo se facilita notablemente y se ve comprendido básicamente por el volante y la barra de dirección (Figura 9).

El volante es el encargado de permitir la maniobrabilidad de la dirección del vehículo y su tamaño dependerá de la ergonomía del piloto.

La barra de dirección por su parte, va acoplada al volante de tal modo que gira para poder desplazar a la rueda delantera en la dirección deseada. Es fabricada, por lo general, de aceros al carbono con tratamiento térmico que son utilizados para ejes, cigüeñales, engranes, etc.



Figura 9 Volante y barra de dirección.

Fuente: (Bazarte, 2003)

2.3.5 PEDALES DE ACELERACIÓN Y FRENO

En un Go-Kart existen dos pedales, algo que difiere con los Crazy Karts que por lo general solo tienen un botón acelerador, uno es el pedal de freno y el otro es el acelerador y son los encargados de transmitir las reacciones de los pies del piloto durante la conducción.

2.3.6 EL MOTOR

Un motor eléctrico (Figura 10) es una máquina compuesta por un estator y un rotor que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra por medio de la acción de los campos magnéticos generados por sus bobinas. La corriente directa transformada por los motores proviene de una batería

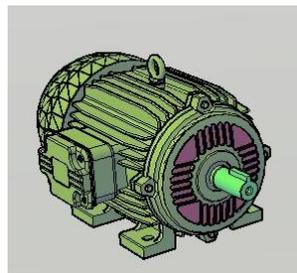


Figura 10 Motor eléctrico.

Fuente: (Rodríguez, 2010)

Este tipo de motores presenta una gran cantidad de ventajas con respecto a los motores de explosión, algunas de las más importantes son:

- Entregan la misma potencia con un peso más reducido.
- Se pueden construir de cualquier tamaño o forma.
- Su rendimiento es muy elevado, por lo general está en un 75%.
- No emite gases contaminantes.
- No tiene marchas.
- No necesita de sistemas complementarios (refrigeración, arranque, escape.)

2.3.6.1 REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR

Existen dos formas de variar la velocidad en un motor eléctrico, la primera es variando la frecuencia mediante un equipo electrónico especial y la segunda, la cual es posible en los motores de devanado separado, variando la polaridad gracias al diseño del motor

2.3.7 LAS BATERÍAS

Una batería o acumulador eléctrico (Figura 11) es un dispositivo que consiste en varias celdas electroquímicas que pueden convertir energía química en energía eléctrica. Cada una de las celdas tiene dos electrodos sumergidos en un electrolito, uno positivo y uno negativo que permiten que los iones se muevan entre ellos y de esta forma la corriente fluye fuera de la batería

El principio de funcionamiento de las baterías, denominado REDOX (reducción – oxidación), es un proceso en el cual uno de los componentes se oxida (pierde electrones) y otro se reduce (gana electrones), es decir, sus componentes no se gastan, simplemente cambian de estado

dependiendo de las circunstancias, ya sean el cierre del circuito externo para la carga o la aplicación de una corriente durante la carga.



Figura 11 Batería para vehículos.

Fuente: (Bruno, 2012)

2.3.8 EL EJE DE TRANSMISIÓN

Es una barra de acero, maciza o hueca cuyo grosor puede variar entre una y dos pulgadas dependiendo del chasis. Esta va atornillada al bastidor por medio de dos o más soportes. Su función es la de fijar la rueda, recibir el movimiento del motor a través de una cadena y proporcionar un buen giro de la rueda por medio de los rodamientos adecuados.

2.3.8.1 RODAMIENTO

Los rodamientos (Figura 12), cumplen el papel de dar un libre giro al eje de transmisión, para el caso de los crazy karts, delantero. Alrededor de ellos se encuentra un soporte que los fija al chasis y los mantiene en la posición adecuada



Figura 12 Rodamiento con su respectivo soporte.

Fuente: (Milan, 2005)

2.3.8.2 ESTRELLA O CATALINA

Este elemento es el encargado de transmitir el movimiento del motor al eje de transmisión y por consiguiente a la rueda con una determinada relación de transmisión. Dicha relación va a estar dada por el número de dientes de la catalina (Figura 13), así como por su diámetro lo cual es directamente proporcional a la velocidad de salida del eje y por lo tanto a la velocidad que va a tener el vehículo.



Figura 13 Catalina de una moto.

Otro aspecto que varía al cambiar la relación de transmisión es el par de fuerza aplicado, para que este par sea el correcto se deberá realizar un análisis para así determinar si será posible vencer el peso del kart y empezar el movimiento.

2.3.8.3 CADENA DE TRANSMISIÓN

Una cadena de transmisión (Figura 14) es un elemento formado de varios eslabones que transmite el movimiento entre ruedas dentadas, en este caso particular será la encargada de transmitir el movimiento del motor al eje de transmisión. La cadena debe tener la dimensión apropiada ya que no cuenta con elementos tensores (la tensión se puede graduar desplazando el motor) por lo que su longitud deberá ser la adecuada variando la cantidad de eslabones.



Figura 14 Cadenas de transmisión.

Fuente: (RODAMONT, 2013)

2.3.9 RUEDAS Y NEUMÁTICOS

En conjunto, neumáticos y aros (Figura 15), sirven para la dirección del kart y se encargan de transmitir la potencia del motor sobre la superficie en la que el vehículo está rodando

El neumático en si es un elemento de caucho que recubre a la rueda cuya función es permitir un contacto adecuado con la superficie en la que se desliza, garantizando así una correcta adherencia y fricción facilitando el arranque, frenado y dirección.

Existe una gran cantidad de neumáticos entre los cuales se puede elegir dependiendo del terreno y sus condiciones, así, será muy diferente el neumático utilizado para tierra a un neumático utilizado para pavimento mojado.



Figura 15 Neumático usado en crazy karts.

Fuente: (Baive, 2010)

2.4 ESTRUCTURAS DE VEHÍCULOS

La estructura del vehículo, marco o cuerpo es una de las partes más importantes, ya que es el bastidor o el lugar en donde se van a sostener todos o la gran mayoría de partes q conforman el proyecto.

La estructura es un marco metálico que puede o no soportar carrocería, si cuenta con esta y es soldada será una estructura “autoportante” y si esta es sujeta con pernos se denomina “carrocería independiente”.

En vehículos de menor tamaño y vehículos deportivos se tiene dos tipos de estructuras como son; monocascos y tubulares.

2.4.1 MONOCASCOS

En este tipo la estructura (Figura 1.16) forma parte de la carrocería, es decir es construido de una sola pieza el chasis y el habitáculo del conductor.

Esta técnica de diseño de la estructura base es de mucha utilidad en los vehículos del mercado actual, en donde se predomina el espacio y la construcción por medio de procesos de soldadura, brindando fortaleza y rigidez al conjunto.



Figura 16 Estructura monocasco en Formula 1.

Fuente: (Bustos, 2013)

2.4.2 TUBULARES

Los vehículos de estructura tubular tienen una construcción sencilla y ayuda a una forma más fácil de reconocer los esfuerzos a los que está sometido.

Esta estructura (Figura 1.17) es la más usada en prototipos como el que se va a diseñar, ya que es una estructura ligera, de gran rigidez y resistente, dando una gran relación de peso resistencia.

Este tipo de estructura es usada en vehículos deportivos desde mediados del siglo XX, inicialmente usada y creada por el carroceros italiano Touring en 1937. Utiliza para la estructura una serie de tubos finos formando un tipo de red unidos por distintos procesos de soldadura, pudiendo ser de cobertura completa o parcial al piloto.



Figura 17 Estructura Tubular.

Fuente: (Garzon, 2012)

2.5 TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Un vehículo eléctrico se define como un automóvil propulsado por uno o varios motores eléctricos los cuales proporcionan la tracción a las ruedas de los mismos. Los vehículos eléctricos (Figura 18), aunque parezca increíble, fueron unos de los primeros automóviles en producirse, incluso antes de los

autos con motor Otto o Diesel, estos autos aparecieron aproximadamente en 1832 como creación del escocés Robert Anderson.



Figura 18 Tomas Edison y uno de los primeros vehículos eléctricos.

Fuente: (Smithsonian, 2006)

Los vehículos eléctricos gozaron de cierta popularidad alrededor de los principios de 1900 cuando las baterías fueron mejoradas allanando el camino para su fabricación. Eran coches considerados para las clases altas y de fácil manejo pero poco a poco su popularidad disminuyó siendo los vehículos eléctricos relegados a trabajos como montacargas, elevadores, etc.

Los vehículos eléctricos resaltan y por su alto rendimiento (entre el 60 y el 85%), frente al rendimiento de un vehículo con un motor alternativo (rendimiento de aproximadamente 20%).

En cuanto a las baterías del vehículo, el presente y futuro parece estar en las baterías de ion de litio, estas son fabricadas cada vez con mayor densidad de carga y cada vez tienen vidas útiles más extensas que permiten mover motores más potentes y que han permitido incluso a tener más de 450 km de autonomía en ciertos vehículos deportivos, por ejemplo, el Tesla S (Figura 19)



Figura 19 Tesla S

Fuente: (Wit, 2015)

Actualmente se está haciendo una gran campaña para impulsar el uso de vehículos eléctricos, pues, se dice que el futuro de la movilidad urbana debe estar encabezado por los vehículos eléctricos para el 2030, esto se debe a que existe una necesidad que se ve reflejada en las ventas especialmente en los mercados europeos. En Ecuador, los vehículos eléctricos están a punto de entrar al mercado y sus precios libres de impuestos apuestan a ser una gran competencia en el mercado local.

En nuestro mercado casero podemos ver que se está llevando a cabo un impulso importante por parte de las empresas para el conocimiento de estas nuevas tecnologías, además de que se están brindando las ayudas necesarias para la adquisición de autos eléctricos, pero, aun faltaría un amplio desarrollo de infraestructuras y la creación de estaciones de carga rápida (Figura 20). Sin los avances mencionados no es posible un adecuado desarrollo de este medio de transporte, algo que ya ocurre alrededor de toda Europa.



Figura 20 Estación de carga súper rápida en Estocolmo.

Fuente: (Jurvetson, 2013)

Pero los vehículos eléctricos están yendo incluso más allá del transporte comercial y público, la FIA ha creado una nueva categoría de competición para este tipo de autos y se denomina como fórmula E, utiliza monoplazas eléctricos (Figura 21) y fue creada con la intención de servir como laboratorio de investigación y desarrollo de esta tecnología, así como para promover su utilización y aumentar su popularidad. La temporada inaugural está en marcha y terminara a mediados del 2015. En esta temporada inicial todos los equipos usaran el mismo auto, un Spark-renault SRT 01E.



Figura 21 Monoplaza utilizado en la formula E.

Fuente: (AFP, 2014)

2.6 MOTORES ELÉCTRICOS, CONTROLADOR Y BATERÍAS

2.6.1 MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos son transformadores de energía eléctrica en energía mecánica y posteriormente en movimiento. Este motor en un vehículo eléctrico es el corazón o la parte central del proyecto, ya que si el no existiría el movimiento.

Estos dispositivos tienen un alto torque por lo que no es necesario que exista una caja de cambios, para que regule la potencia. También poseen eficiencias relativamente altas entre 90 y 95 %.

En la actualidad, y en especial en nuestro país los motores eléctricos están incursionando de manera rápida en la mayor parte de oferta automotriz que se oferta, ya sea para evitar la contaminación o para aprovechar la energía generada en el Ecuador.

Para aplicaciones de bajo costo y de tamaños relativamente pequeños se recomienda los motores eléctricos de corriente continua, entre los cuales tenemos:

- Motores tipo serie
- Motores tipo Shunt
- Motores de imán permanente

2.6.1.1 MOTORES TIPO SERIE

El motor tipo serie, es un dispositivo que funciona con una conexión de devanado en serie. Se caracteriza por desarrollar un alto torque con revoluciones bajas, también que se puede manejar el sentido de giro con la polaridad de la fuente, pero con la desventaja de desarrollar velocidades bajas.

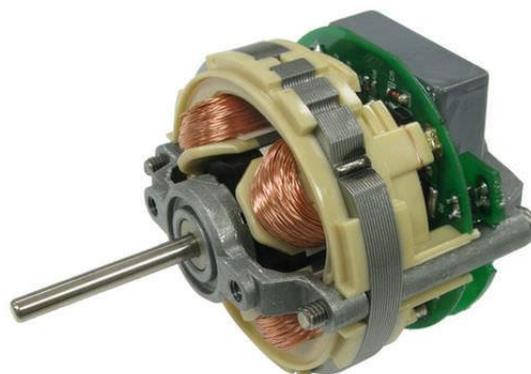


Figura 22 Motor tipo serie.

Fuente: (JONHSON ELECTRIC, 2015)

Este motor (Figura 22) utiliza su propia armadura como medio de transporte de la corriente y siempre se debe controlar la carga para no embalar al motor.

2.6.1.2 MOTORES TIPO SHUNT

Este motor (Figura 23) a lo contrario del anterior posee la conexión de devanados de armadura y campo en paralelo, teniendo como características velocidades superiores, pero torque bajo, ya que maneja gran cantidad de corriente de movimiento o excitación.



Figura 23 Motor tipo Shunt.

Fuente: (Daware, 2014)

Para realizar un cambio de dirección en este motor se procede a cambiar la polaridad de la bobina de la armadura o del campo ya que se encuentran en paralelo,

2.6.1.3 MOTORES DE IMÁN PERMANENTE

El motor de imán es el clásico y simple motor eléctrico, conservando la teoría de creación del mismo donde el imán produce el flujo magnético para generar el movimiento.

Este tipo de motor (Figura 24) depende en gran parte del material que forma el circuito magnético, teniendo como características tamaño pequeño, peso relativamente bajo, y la capacidad de generar gran potencia, también posee características buenas de velocidad, torque.



Figura 24 Motor de imán permanente.

Fuente: (Waard, 2011)

2.6.2 CONTROLADORES

Los controladores son aquellos que funcionan conjuntamente con el motor y las baterías del vehículo eléctrico, ya que de este depende el desempeño y el funcionamiento del prototipo a realizar.

Para que el motor pueda regular y controlar su velocidad en el momento que el usuario desee y además poder regular el torque del mismo, se tiene que contar con dispositivos electrónicos o controladores.

Se posee varios tipos de controladores con diferentes características y tecnología, de los cuales se tiene los siguientes:

- Controladores de estado solido
- Controladores electrónicos
- Controladores Multiswitching

2.6.2.1 CONTROLADORES DE ESTADO SOLIDO

A finales de la década del 60 se desarrolla un modelo de controlador (Figura 25) denominado de estado sólido, los mismo que tienen como principal función cambiar rápidamente de encendido a apagado para variar la velocidad del motor.



Figura 25 Controlador sólido.

Fuente: (Rhoades, 2012)

Este motor posee una frecuencia de conmutación baja, lo que le hace crear un sonido audible por el ser humano, ya que a mayor conmutación el motor opera más suave o sin mayor sonido audible.

2.6.2.2 CONTROLADORES ELECTRÓNICOS

Este dispositivo utiliza un módulo de ancho de pulso que envía cortas señales de corriente al motor para realizar el control. Este dispositivo también posee sensores de control de sobre corriente y condiciones de sobrecalentamiento, para conservar el equipo sin llegar al daño.

Este controlador (Figura 26) corta su funcionamiento si existe baja tensión, es decir si la carga de las baterías se encuentran descargadas, en donde se debe buscar una corriente exterior o una carga a la batería.



Figura 26 Controlador electrónico.

Fuente: (YONGKANG MINGYANG, 2015)

El apagado por exceso de temperatura es una medida de seguridad, ya que al poseer partes sensibles al daño por el calor es de gran importancia el control de la temperatura de operación, muchos controladores cuentan con alertas sonoras para avisar al usuario.

2.6.2.3 CONTROLADORES MULTISWITCHING

Los controladores Multiswitching en un controlador que no posee limitación de velocidad, funciona con un cambio o variación de diversas tensiones existentes en la fila de baterías que componen el controlador.

Este tipo de controlador (Figura 27) al poseer varias baterías divididas exactamente entre sí con la particularidad que en el inicio o arranque se activa el primer grupo y de esta manera siguiendo su orden se incrementa periódicamente. El número de secciones por lo general indica el número de velocidades en el controlador.

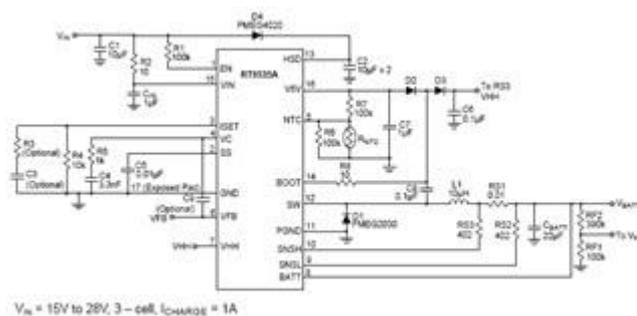


Figura 27 Controlador Multiswitching.

Fuente: (RICHTEC, 2015)

2.6.3 BATERÍAS

Las baterías o acumuladores eléctricos son componentes esenciales para la implementación y funcionamiento de los vehículos eléctricos, sean esto de gran capacidad y escala como pequeñas adaptaciones y prototipos.

Los vehículos eléctricos, tienen en las baterías a un gran aliado, como es la gasolina en los motores alternativos, ya que estas son las encargadas de almacenar la energía en espacios pequeños.

Las baterías contienen acumuladores que realizan reacciones electroquímicas, transformando la energía química almacenada en energía o electricidad disponible para cualquier utilidad dependiendo del voltaje generado.

2.6.3.1 TIPOS DE BATERÍAS

Por las características naturales de la reacción electroquímica interna, existen varios tipos de baterías a ser utilizadas en vehículos pequeños, entre las cuales tenemos:

- Baterías de plomo
- Baterías de níquel – cadmio
- Baterías de níquel – hidruro metálico
- Baterías de iones de litio
- Baterías de polímero de litio
- Baterías de cloruro de sodio

2.6.3.1.1 BATERÍAS DE PLOMO

Estas baterías son las más comunes y las de mayor aplicación, ya sea en vehículos eléctricos, híbridos y de combustión interna (Figura 28).



Figura 28 Batería de plomo.

Fuente: (Denker, 2004)

Este tipo es utilizado por lo general como batería de arranque en motores de automóviles tradicionales, ya que para su carga cuentan con implementos adicionales que transforman en movimiento en energía eléctrica.

2.6.3.1.2 BATERÍAS DE NÍQUEL – CADMIO

Son baterías recargables de uso doméstico e industrial, las mismas que cuentan de un núcleo de hidróxido de níquel (cátodo) y un compuesto de cadmio (ánodo).



Figura 29 Batería de níquel – cadmio.

Fuente: (ENERALCA, 2015)

La característica principal de este tipo de batería (Figura 29) es la capacidad de recarga, aunque son prohibidas por la peligrosidad del cadmio para el medio ambiente.

2.6.3.1.3 BATERÍAS DE NÍQUEL – HIDRURO METÁLICO

Aparecieron en la década del 90, con un tamaño reducido y una duración de 500 ciclos, son utilizadas en aplicaciones pequeñas, como bicicletas, vehículos prototipo.



Figura 30 Batería de níquel – hidruro metálico.

Fuente: (Sweep, 2015)

Estas baterías (Figura 30) tienen gran descarga de energía y gran facilidad de montaje por su tamaño reducido.

2.6.3.1.4 BATERÍAS DE IONES DE LITIO

Son dispositivos creados principalmente para el uso en computadores portátiles y celulares actuales. Son baterías (Figura 31) que poseen una gran capacidad de carga en el tiempo, es decir son de larga duración.



Figura 31 Batería de Iones de litio.

Fuente: (Jaimes, 2013)

En la actualidad se está utilizando en vehículos eléctricos como los prototipos de Kia.

2.6.3.1.5 BATERÍAS DE POLÍMERO DE LITIO

Baterías (Figura 32) de gran capacidad y de dimensiones reducidas, es decir tiene una gran relación de la dimensión con el desempeño. Su capacidad o durabilidad puede variar entre los 1000 y 1200 ciclos con una densidad de 90 WH/Kg.

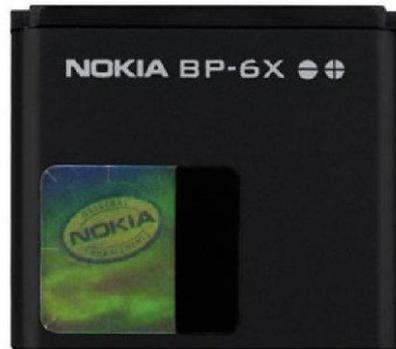


Figura 32 Batería de polímero de litio.

Fuente: (Perez, 2010)

2.6.3.1.6 BATERÍAS DE CLORURO DE SODIO

Las baterías (Figura 33) de cloruro de sodio ofrecen una capacidad energética de aproximadamente 120 Wh/Kg, pero tienen un inconveniente con la disipación de calor ya que funciona a temperaturas que van desde los 250 °C hasta los 350 °C.



Figura 33 Baterías de cloruro de sodio.

Fuente: (Ableiter, 2007)

CAPITULO 3 CÁLCULOS

3.1 REQUISITOS Y RESTRICCIONES DE UN AUTO ELÉCTRICO

El Crazy Kart a ser diseñado (Figura 34) es un vehículo terrestre con 5 ruedas en contacto con el suelo, una de las ruedas tiene un diámetro ampliamente superior al resto y está localizada en la parte delantera central, siendo esta la rueda motriz, que será la encargada de darle movimiento, generado por un motor eléctrico conectado a una batería de litio, y dirección al vehículo.



Figura 34 Modelo del Crazy Kart en un software de simulación

El Crazy Kart deberá estar constituido por tres elementos o conjuntos principales:

- El chasis (Figura 35); elemento encargado de la rigidez y resistencia del conjunto, además es donde el resto de elementos y componentes serán colocados.

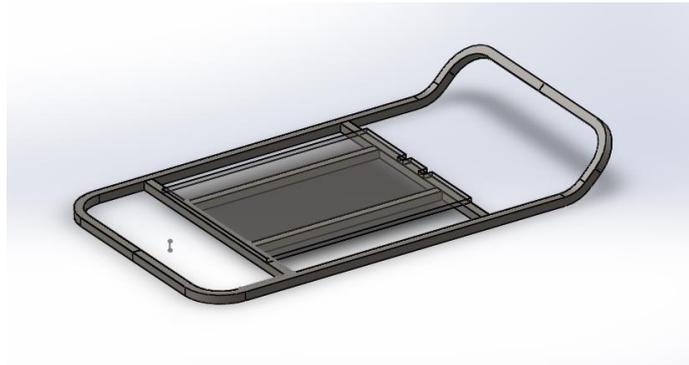


Figura 35 Modelo del chasis del Crazy Kart en un software de simulación

- Sistema directriz (Figura 36); formado por el volante, soportes y rueda motriz, es el encargado de darle dirección al vehículo.

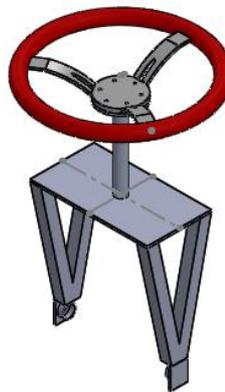


Figura 36 Sistema directriz del Crazy Kart

- Sistema Motriz (Figura 37); encargado del movimiento del vehículo está formado por las baterías, el motor y la transmisión.

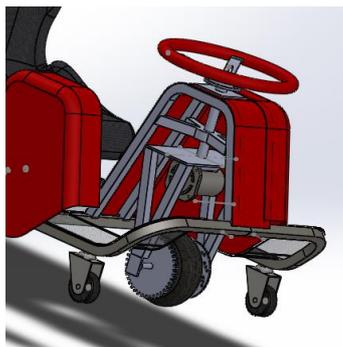


Figura 37 Sistema motriz del Crazy Kart

Como requisitos adicionales se tiene que el vehículo debe desplazarse a una velocidad máxima de 20 km/h y que debe tener una autonomía de por lo menos 30 minutos en funcionamiento.

3.2 DISEÑO DE CHASIS

El chasis del vehículo a construir, es la base de la mayoría de sus componentes por lo tanto tendrá la función de soportar el peso de los mismos así como el peso del conductor.

La geometría del chasis (Figura 38) ha sido previamente definida y en base a este diseño se realizaran todos los cálculos pertinentes para determinar los materiales y perfiles necesarios para su construcción

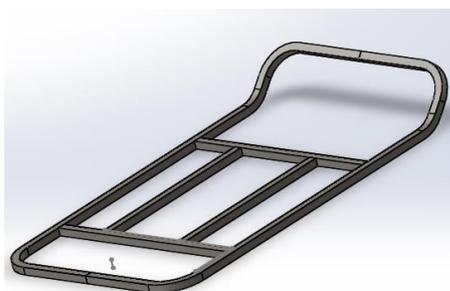


Figura 38 Diseño del chasis

3.2.1 CALCULO ESTÁTICO

Para el cálculo se selecciona la parte más crítica del chasis, en este caso el lugar en donde se va a soportar el peso del conductor, ya que el peso del resto de componentes es insignificante comparado con el del piloto. Para simplificar el cálculo, asumimos 2 situaciones; la primera, que todo el peso del piloto esta aplicado directamente sobre una sola viga transversal del

chasis y la segunda con todo el peso aplicado sobre una de las vigas longitudinales (Figura 39).

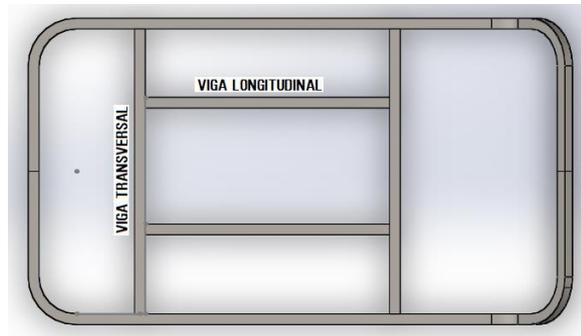


Figura 39. Identificación de las vigas en la configuración del chasis

Para el análisis se procede como una viga empotrada en sus extremos, ya que estos componentes se encuentran soldados.

3.2.1.1 VIGA TRANSVERSAL

Como datos para el cálculo y diseño se tiene que existe una distancia entre apoyos $L = 675 \text{ mm}$ y está sometida a una carga puntual máxima de $P = 90 \text{ Kg}$ (Figura 40).

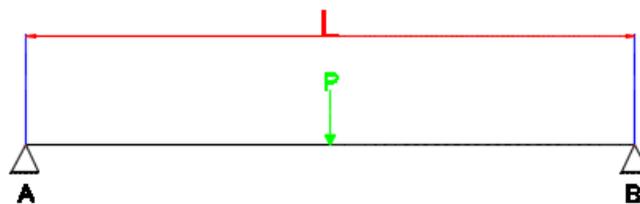


Figura 40 Esquema representativo viga transversal

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE Y DIAGRAMA DE MOMENTOS

En el diagrama de cuerpo libre (Figura 41) se tiene como componentes, la carga $P = 90 \text{ Kg}$, la R_A correspondiente al primer apoyo y la R_B correspondiente al apoyo final. También es necesario realizar en diagrama de momentos (Figura 4), el cual consta de un momento máximo ubicado en el punto donde se encuentra la única carga P .

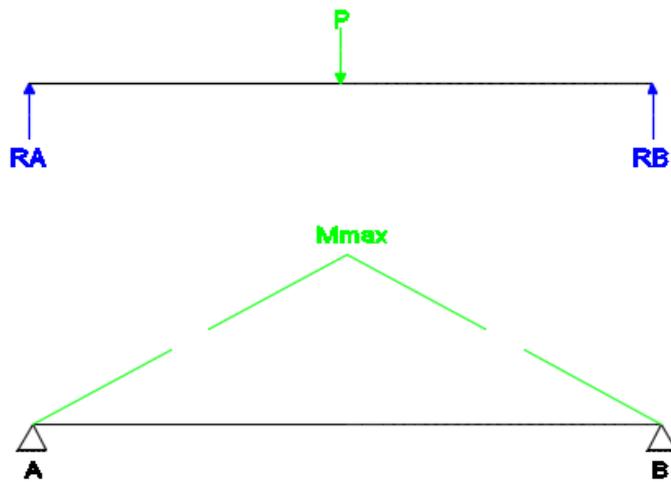


Figura 41 Diagrama de cuerpo libre y de momentos

CÁLCULOS

Datos

$$L = 675 \text{ mm}$$

$$P = 90 \text{ Kg}$$

Reacciones

$$\sum F_y = 0$$

$$P - R_A - R_B = 0$$

$$P = RA + RB$$

Momentos

$$\sum Ma = 0$$

$$P(L/2) - RB(L) = 0$$

$$RB = \frac{P(L/2)}{L}$$

$$RB = \frac{(90)(675/2)}{675}$$

$$RB = 45 \text{ Kg}$$

Resultados

$$RA = 45 \text{ Kg}$$

$$RB = 45 \text{ Kg}$$

$$M_{max} = P \left(\frac{L}{2} \right) = 30375 \text{ Kgmm}$$

3.2.1.2 VIGA LONGITUDINAL

Como datos para el cálculo y diseño se tiene que existe una distancia entre apoyos $L = 575 \text{ mm}$ y está sometida a una carga puntual máxima de $P = 90 \text{ Kg}$ (Figura 42).

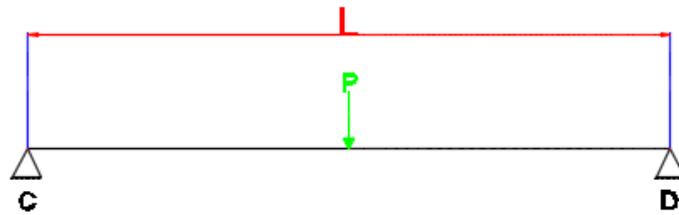


Figura 42 Esquema representativo de la viga longitudinal

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE Y DIAGRAMA DE MOMENTOS

En el diagrama de cuerpo libre se tiene como componentes, la carga $P = 90 \text{ Kg}$, la R_C correspondiente al primer apoyo y la R_D correspondiente al apoyo final. También es necesario realizar en diagrama de momentos (Figura 43), el cual consta de un momento máximo ubicado en el punto donde se encuentra la única carga P .

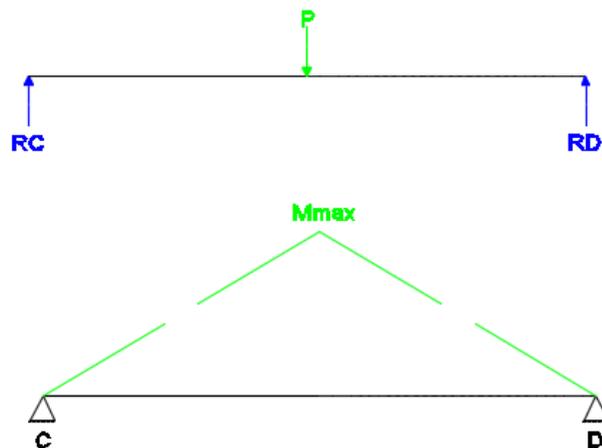


Figura 43 Diagrama de cuerpo libre y de momentos

CÁLCULOS

Datos

$$L = 575 \text{ mm}$$

$$P = 90 \text{ Kg}$$

Reacciones

$$\sum Fy = 0$$

$$P - RC - RD = 0$$

$$P = RC + RD$$

Momentos

$$\sum Ma = 0$$

$$P(L/2) - RD(L) = 0$$

$$RD = \frac{P(L/2)}{L}$$

$$RD = \frac{(90)(575/2)}{575}$$

$$RD = 45 \text{ Kg}$$

Resultados

$$RC = 45 \text{ Kg}$$

$$RD = 45 \text{ Kg}$$

$$M_{max} = P \left(\frac{L}{2} \right) = 25875 \text{ Kgmm}$$

3.2.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL

Se procede a escoger el acero estructural ASTM A36 (Tabla 1), que es un acero con 0.26% de carbono y adición de componentes químicos como Mn (0.8%), Si (0.4%), P (0.04%) y S (0.05%), lo cual le da buenas

soldabilidad siendo adecuado para la construcción de todo tipo de estructuras.

Además este acero es de fácil adquisición en el país y se puede encontrar en forma de perfil cuadrado, que es el seleccionado para el diseño.

Tabla 1

Propiedades del acero ASTM A36

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Densidad	7850	Kg/m ³
Límite de fluencia	32-36 (250-280)	Ksi (MPa)
Resistencia a la tensión	58 – 80(400-550)	Ksi(MPa)
Modulo de elasticidad	29 000	Ksi
% de elongación mínimo	20 (8")	%
Punto de fusión	1538	°C

Fuente: (Mangonon, 2001)

3.2.3 SELECCIÓN DEL PERFIL

Luego de realizar el cálculo correspondiente seleccionamos el momento más grande de los 2 tubos calculados, siendo el momento máximo de la viga transversal $M_{max} = 30375 \text{ Kg mm}$. Este momento es el que va a regir el diseño y selección de la tubería con la cual va a ser construido el proyecto.

Para saber las dimensiones necesarias del tubo cuadrado procedemos al cálculo del momento resistente, y posteriormente la selección en el catálogo.

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{fluencia}}$$

$$W = \frac{30375 \text{ [Kgmm]}}{27 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}}$$

$$W = 1125 \text{ mm}^3 = 1.125 \text{ cm}^3$$

Con este valor del momento resistente ingresamos en el catálogo de tubería estructural cuadrada (Tabla 2)

Tabla 2

Catálogo de tubo estructural cuadrado ASTM A36

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPEJOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Fuente: (CATALOGO DIPAC, 2015)

El perfil comercial (disponible en Ecuador) seleccionado (Figura 44) tiene dimensiones 25,4X25,4 mm y espesor 2 mm, el mismo que se va a utilizar para realizar la construcción del vehículo.

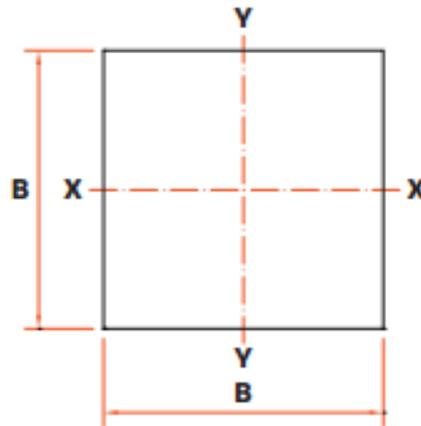


Figura 44 Esquema de dimensiones de perfil cuadrado

Área: $1,74 \text{ cm}^2$

B: 25,4 mm

$I_x = I_y: 34700 \text{ mm}^4$

3.2.4 VALIDACIÓN Y MODELADO DEL CHASIS

El chasis se encuentra realizado con perfil estructural cuadrado ASTM A36 de 1", teniendo en cuenta dimensiones necesarias para que el vehículo sea tripulado por una persona adulta promedio, cumpliendo requerimientos de funcionalidad y seguridad necesarios en el proyecto. El modelado se lo realizo con la ayuda de un software de simulación.

Las dimensiones generales del chasis (Figura 45) serán:

Largo: 1100 mm

Ancho: 700 mm

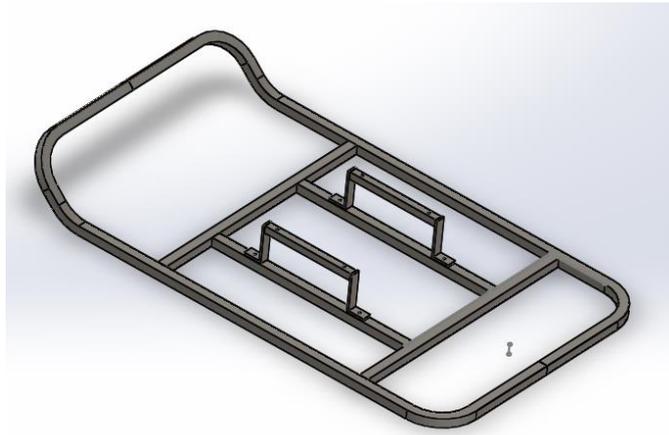


Figura 45 Modelo del chasis

3.2.4.1 ESTUDIO DEL CHASIS

El chasis está realizado con perfiles cuadrados unidos por cordones de soldadura formando una estructura rígida, además cuenta con dos soportes donde será colocado el asiento del conductor, el mismo que va sujeto por 4 pernos de medida M8x40

CARGAS APLICADAS AL DISEÑO

Para el caso del diseño y cálculo del chasis se decide aplicar la carga más alta y crítica que va a actuar sobre el chasis, el mismo que soportara las siguientes cargas:

$$W_{piloto} = 90 \text{ Kg}$$

$$W_{asiento} = 1.5 \text{ Kg}$$

$$W_T = W_{piloto} + W_{asiento}$$

$$W_T = 91.5 \text{ Kg} = 896.7 \text{ N}$$

Se tiene una fuerza total de 896.7 N, la misma que por ser el valor más alto que va a soportar el chasis, se toma como dato decisivo para la simulación realizada con la ayuda del software.

Las sujeciones del chasis (Figura 46) están colocadas en los lugares donde se colocaran las ruedas y la fuerza esta aplicada en los soportes donde se colocara el asiento que es donde se soportara toda la carga.

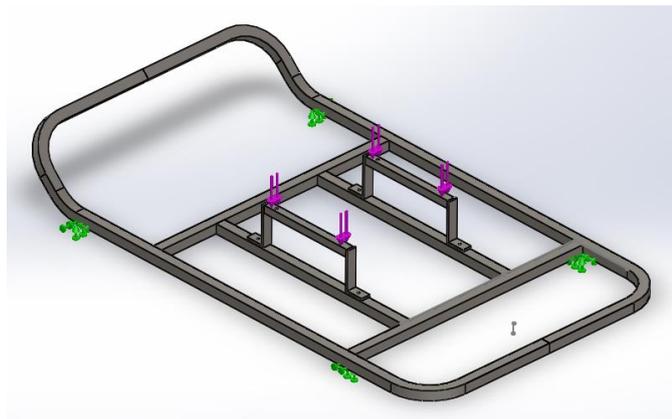


Figura 46 Aplicación de cargas y sujeciones al chasis del Crazy Kart

RESULTADOS

Con la ayuda de las herramientas de diseño del software, se obtiene los siguientes resultados simulados en el modelo.

TENSIÓN DE VON MISES

El esfuerzo máximo que soporta según la teoría de Von Mises (Figura 47) es de 88.30 MPa y, al tener un valor de límite elástico del acero ASTM A36

de 250 MPa, se puede concluir que el chasis va a soportar sin ningún inconveniente la carga aplicada.

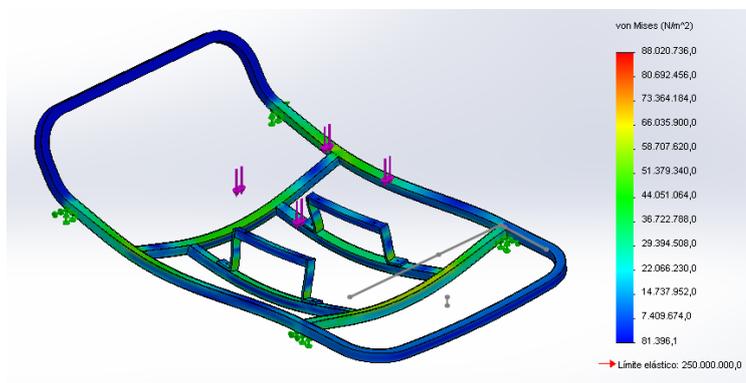


Figura 47 Tensión de Von Mises con aplicación de peso en el chasis.

DESPLAZAMIENTOS RESULTANTES

Una vez realizado el estudio de desplazamientos (Figura 48) se tiene un desplazamiento máximo de 1,56 mm, ubicados en la parte donde se une el soporte del asiento con el chasis del vehículo. La magnitud de este valor nos indica que el desplazamiento o deformación no va hacer una causa de falla, por lo que se concluye que el diseño soporta las cargas aplicadas.

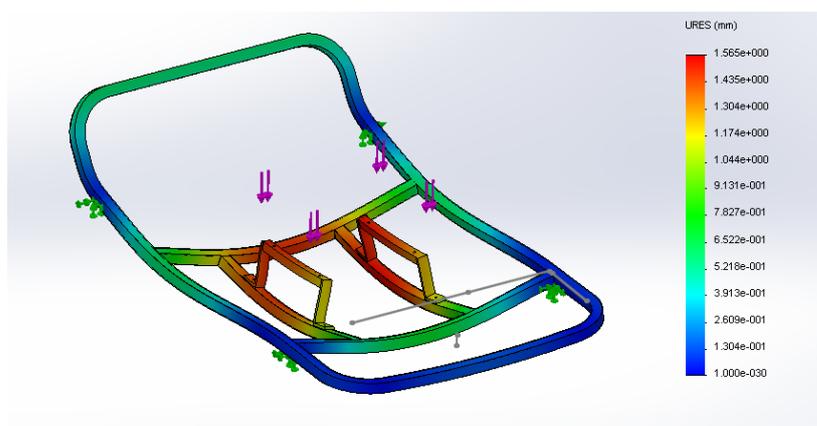


Figura 48 Desplazamientos resultantes con aplicación de peso en el chasis.

FACTOR DE SEGURIDAD

El estudio del factor de seguridad (Figura 49) nos arroja como resultado que el chasis tendrá un FS. mínimo es de 2,24, siendo este valor crucial en el diseño del chasis ya que al ser mayor que 1 se considera que no va a fallar, y que es un diseño seguro para su uso.

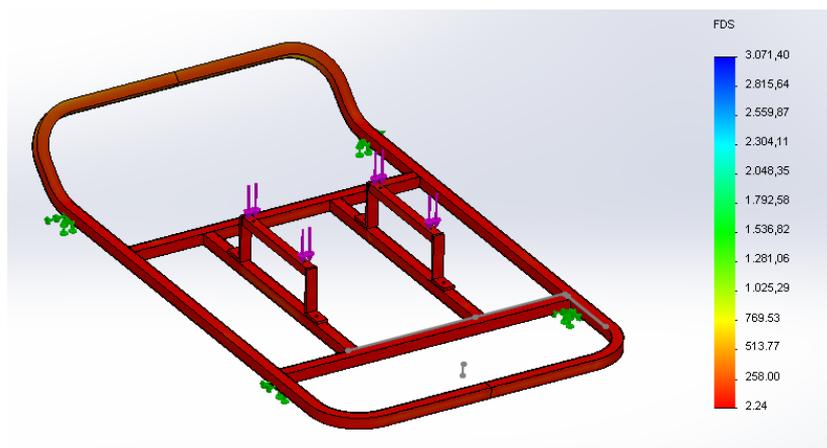


Figura 49 Distribución del factor de seguridad con aplicación de peso en el chasis.

3.3 SELECCIÓN DEL MOTOR

3.3.1 CALCULO DEL TORQUE

Para la selección del motor que será utilizado en el vehículo, debemos calcular ciertos parámetros fundamentales como la potencia, el torque y las RPM necesarias. La potencia requerida en el motor se determina a partir de la fuerza de empuje necesaria para que Crazy Kart se desplace a la velocidad previamente establecida de 20 km/h.

Primero es necesario determinar las masas y pesos tanto del vehículo (M_v , W_v), como del piloto (M_p , W_p) ya que estos influyen directamente en la fuerza de empuje.

$$\begin{aligned}
 M_p &:= 90\text{kg} & g &= 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} & W_p &:= M_p \cdot g = 882.598\text{N} \\
 M_v &:= 30\text{kg} & & & W_v &:= M_v \cdot g = 294.2\text{N} \\
 W_t &:= W_p + W_v \\
 W_t &= 1.177 \times 10^3 \text{N}
 \end{aligned}$$

La fuerza de empuje que se requiere para que vehículo logre moverse, venciendo la fuerza de rozamiento con el piso se determina de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 F_{\text{emp}} &:= \mu_d \cdot W_t \\
 \mu_d &:= 0.6 \\
 F_{\text{emp}} &:= \mu_d \cdot W_t \\
 F_{\text{emp}} &= 706.079\text{N}
 \end{aligned}$$

Dónde:

μ_d : es el coeficiente de rozamiento dinámico entre el caucho de la rueda y el cemento (0,6)

W_t : es el peso total del conjunto piloto – vehículo antes calculado

A continuación determinamos el torque necesario en la rueda motriz

$$\begin{aligned}
 r &:= 0.1\text{m} \\
 \text{Torque} &:= F_{\text{emp}} r \\
 \text{Torque} &= 70.608 \quad \text{Torque de la rueda}
 \end{aligned}$$

Dónde:

r: es el radio de la rueda motriz del Crazy Kart (0,1m)

Con el valor obtenido procedemos a determinar el torque necesario del motor por medio de la relación de transmisión a ser usada.

Relación de transmisión

$$\frac{Z2}{Z1} = 5$$

Dónde:

Z1: es el número de dientes de la catalina

Z2: es el número de dientes del piñón

$$T_{\text{motor}} := \frac{\text{Torque}}{\frac{Z2}{Z1}}$$

$T_{\text{motor}} = 14.12\text{J}$ Torque en el eje (N.m)

3.3.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR

La velocidad angular de la rueda se determina de la siguiente manera:

$$v_{\max} := 15 \frac{\text{km}}{\text{H}} \quad v := v_{\max} \cdot 0.277 \frac{\text{m} \cdot \text{H}}{\text{km} \cdot \text{s}} = 4.155 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = \frac{v}{r} = 40 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Donde:

v: es la velocidad máxima del vehículo

r: es el radio de la rueda motriz

Por medio de la relación de transmisión podemos calcular la velocidad necesaria del motor.

$$\omega_1 = \omega_2 \cdot \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)$$

$$\omega_1 = 40 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot (5)$$

$$\omega_1 = 200 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1910 \text{ rpm}$$

Por lo tanto la potencia necesaria del motor será:

$$P = T_{\text{motor}} \cdot \omega_1$$

$$P = 14,122 \cdot 40$$

$$P = 564 \text{ W}$$

Tabla 3**Parámetros mínimos necesarios para selección de motor**

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR	
POTENCIA (NOMINAL)	500 [W]
TORQUE (NOMINAL)	14 [Nm]
RPM (NOMINAL)	2000

Con estos datos podemos proceder a la selección de un motor

MOTOR ELÉCTRICO MY1020, RAZOR MX500

Figura 50 Motor eléctrico seleccionado

CARACTERÍSTICAS:

Motor tipo MY1020

Potencia: 500W

Velocidad: 2800 rpm

Voltaje: 36V

Amperaje: 27.4 Amp

Incluye piñón de 11 dientes para cadena #25

Sentido de giro del eje reversible

Diámetro: 4 ½" de diámetro externo

Longitud: 6 ¼" incluyendo el eje

Peso: 4.13 kg

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Para la transmisión del torque desde el motor hasta el eje de la rueda se requiere de un sistema de transmisión flexible por lo que se ha decidido implementar un sistema de cadena de rodillos y ruedas dentadas.

Como datos previos tenemos que el motor seleccionado viene con un piñón de 11 dientes para cadena #25, el paso de esta cadena es de ¼".

3.4.1 DISEÑO DE RUEDAS DENTADAS

Para el diseño de las ruedas dentadas tenemos lo siguiente:

$$N1 := 11$$

$$p := 0.25$$

$$pmm := p \cdot 25.4 = 6.35$$

Cadena # 25

Donde:

N1: es el número de dientes del piñón

Pmm: es el paso de la cadena número 25 en milímetros

Determinamos el número de dientes de la catalina por medio de la relación de transmisión establecida previamente

Corona

$$N2 := \frac{Z2}{Z1} \cdot N1$$

$$N2 = 55$$

Numero de dientes de la catalina

3.4.2 CALCULO DEL LARGO DE LA CADENA

El largo de la cadena puede ser determinado por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Largo} := \left[\frac{2DC}{\text{pmm}} + \frac{(N2 + N1)}{2} + \frac{(N2 - N1)^2}{4\pi^2 \cdot \frac{DC}{\text{pmm}}} \right] \cdot \text{pmm}$$

Donde:

DC: es la distancia entre centros del eje del motor y el eje de la rueda

$$DC := 200$$

$$\text{Largo} = 619.437$$

Entonces obtenemos como resultado que el largo de la cadena deberá ser de 619,437 milímetros

3.5 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

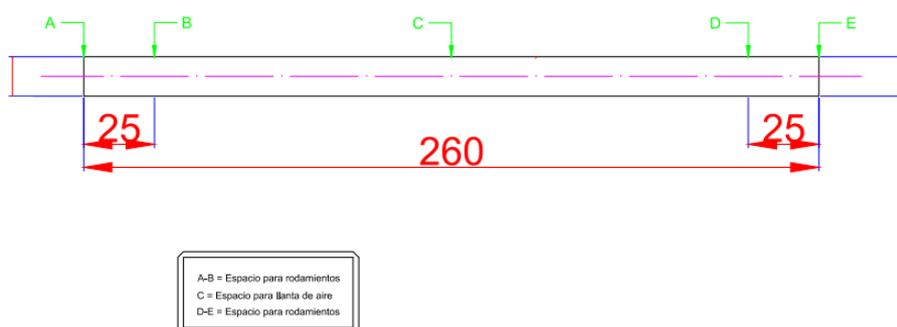


Figura 51 Representación gráfica del eje de transmisión

DATOS

Se tienen diferentes cargas que se tomarán en cuenta para el diseño del eje de transmisión las cuales se presentan en el siguiente esquema:

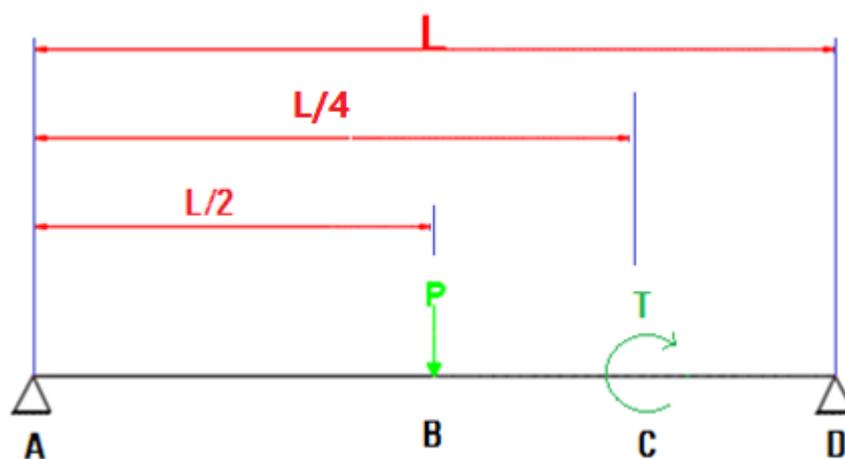


Figura 52 Representación simplificada del eje

$$P = \text{Peso del conjunto piloto - vehiculo} = 120 \text{ Kg} = 1176 \text{ N}$$

$$T = \text{torque generado por el motor} = 14,122 \text{ N.m}$$

$$L = \text{longitud entre apoyos del eje} = 0,210 \text{ m}$$

Al igual que los cálculos realizados para el chasis, en este caso las cargas son conocidas, se decidirá el material a usar y se determinará la geometría del eje.

CÁLCULOS

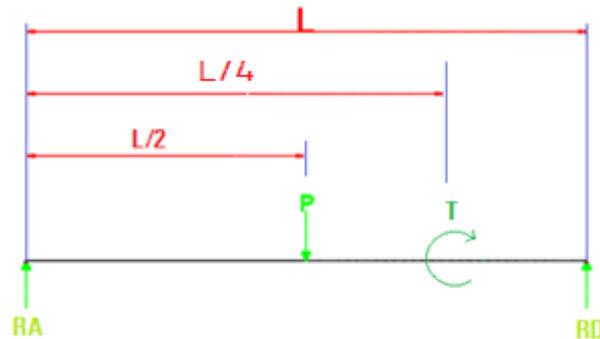


Figura 53 Diagrama de cuerpo libre

Reacciones

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B - P = 0$$

$$R_A + R_B = 1176 \text{ N}$$

Momentos

$$\sum M_a = 0$$

$$P \left(\frac{L}{2} \right) - R_B(L) + T = 0$$

$$R_B = \frac{T + P(L/2)}{L}$$

$$R_B = \frac{14,122 + (1176)(0,210/2)}{0,210}$$

$$R_B = 655,25 \text{ Kg}$$

Resultados

$$R_A = 520,75 \text{ Kg}$$

$$R_B = 655,25 \text{ Kg}$$

El momento torsor ha sido tomado de los cálculos antes realizados del motor, tomando en cuenta que este será el torque necesario para la velocidad máxima del motor de 20 km/h

ESTUDIO DE LOS MOMENTOS EN EL EJE DE TRANSMISIÓN

TRAMO AB

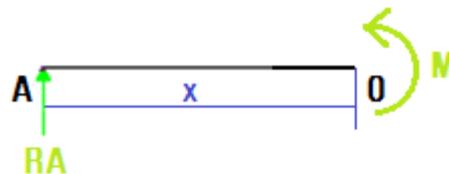


Figura 54 Diagrama de momentos para el tramo AB del eje de transmisión

$$\sum M_o = 0$$

$$R_A \cdot X = M$$

Cuando $X = 0$; $M = 0$

Cuando $X = 0,105$;

$$(520,75) \cdot (0,105) = M$$

$$M = 54,68 \text{ N.m}$$

TRAMO BC

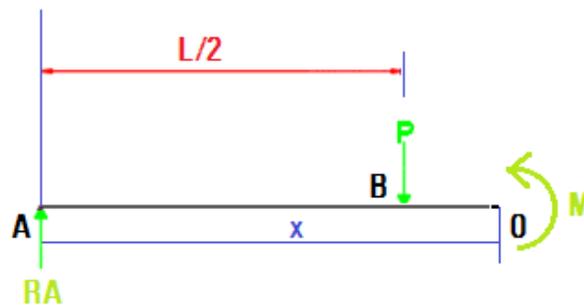


Figura 55 Diagrama de momentos para el tramo BC del eje de transmisión

$$\sum M_o = 0$$

$$RA \cdot X - P(X - 0,105) = M$$

$$RA \cdot X - PX + P(0,105) = M$$

Cuando $X = 0,105$; $M = 54,68 \text{ Kg.mm}$

Cuando $X = 0,1575$;

$$(520,75)(0,1575) - (1176)(0,1575) + (1176)(0,105) = M$$

$$M = 20,28 \text{ N.m}$$

TRAMO CD

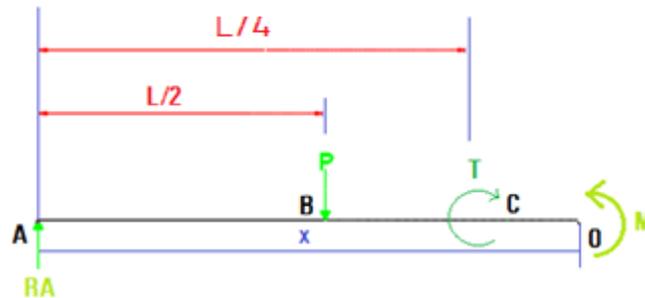


Figura 56 Diagrama de momentos para el tramo CD del eje de transmisión

$$\sum M_o = 0$$

$$RA \cdot X - P(X - 0,105) + T = M$$

$$RA \cdot X - PX + P(0,105) + T = M$$

Cuando $X = 0,1575$;

$$(520,75)(0,1575) - (1176)(0,1575) + (1176)(0,105) + 14,122 = M$$

$$M = 34,402 \text{ N.m}$$

Cuando $X = 0,210$;

$$(520,75)(0,210) - (1176)(0,210) + (1176)(0,105) + 14,122 = M$$

$$M = 0 \text{ N.m}$$

Una vez que tenemos el cálculo de los momentos del eje de transmisión podemos determinar cuál es el diámetro que dicho eje debe tener mediante el uso de la siguiente expresión:

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_s} \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot M_t)^2}$$

Donde:

K_b : 2, para ejes en rotación con cargas repentinas (choques)

M_b : es el momento máximo determinado en el cálculo de momentos

K_t : 1.5, para ejes en rotación con cargas repentinas (choques)

M_t : es el momento torsor

S_s : 0,25.Sut (Pa)

Entonces:

Para el eje de transmisión se utilizara acero de transmisión, cuyo valor de Sut es de 850 Mpa

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot (0,25)(850000000)} \sqrt{[(2)(54,65)]^2 + [(1,5)(14,122)]^2}$$

$$d = 0,01387 \text{ m} = 13,87 \text{ mm}$$

Por lo que seleccionamos un eje con un diámetro de 14mm

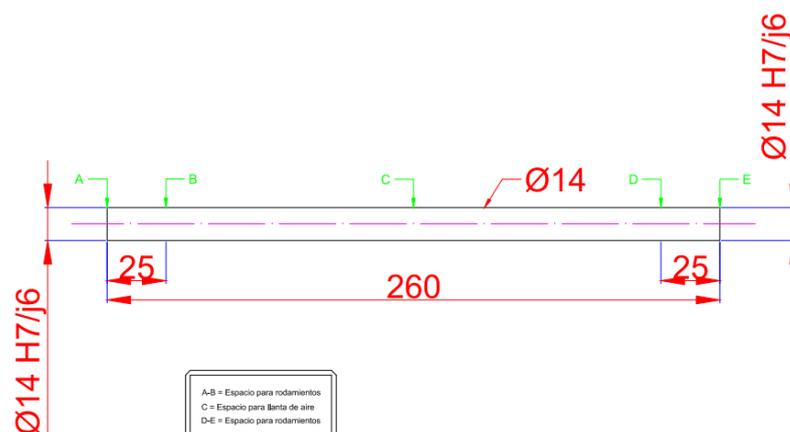


Figura 57 Esquema del eje de transmisión

3.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

La dirección (Figura 58) es el conjunto de elementos que permiten al crazy Kart trazar la trayectoria fijada por el conductor. Está compuesto básicamente por el volante, la barra de dirección y las sujeciones del eje de transmisión. En la parte inferior de donde se conecta la barra de dirección y las sujeciones será colocado el motor eléctrico, siendo este una carga a ser considerada dentro del diseño.



Figura 58 Sistema de dirección del Crazy Kart

Como elementos básicos de la dirección están:

Volante

Es el primer componente del sistema de dirección, permite el giro de las ruedas para que el Kart describa la trayectoria deseada por el conductor. Su diseño no influye en el performance del vehículo, más si en su estética y ergonomía.

Barra de dirección

Es el eje que une el volante con los elementos mecánicos que mueven las ruedas.

Soportes de eje

Son los encargados de transmitir el movimiento del volante al eje de transmisión y así el vehículo puede dirigirse en la dirección requerida por el piloto

3.6.1 DISEÑO DE LA BARRA DE DIRECCIÓN

La principal carga que se debe tomar en cuenta para el diseño de esta barra es la ejercida por el motor eléctrico ubicado en su parte inferior, esta carga no es una carga fija, pues varía con el funcionamiento del mismo y se la puede calcular de la siguiente manera:

DATOS

$$W_{\text{motor}} := 5\text{kg}$$

$$r := 0.01\text{m}$$

$$n := 2800\text{rpm}$$

Donde:

W_{motor} : es el peso del motor

r : es el radio del eje del motor

n : es el número máximo de revoluciones por minuto

$$w := (2\pi) \frac{1}{s}$$

Revoluciones del motor en rad-seg

Con estos valores determinamos la aceleración del motor

$$a_c := \omega^2 \cdot r$$

$$a_c = 858.49 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Con el valor de la aceleración podemos determinar la fuerza ejercida por el funcionamiento del motor.

$$F_c := 1\text{kg} \cdot a_c$$

$$F_c = 858.49\text{N}$$

También podemos determinar la fuerza ejercida por el peso.

$$F_{\text{peso}} := W_{\text{motor}} \cdot g$$

$$F_{\text{peso}} = 49.03\text{N}$$

Y así, sumando los dos valores tendremos los resultados de fuerzas mínimas y máximas ejercidas sobre la barra de dirección.

$$F_{\text{max}} := F_c + F_{\text{peso}}$$

$$F_{\text{max}} = 907.52\text{N}$$

$$F_{\text{min}} := F_{\text{peso}} - F_c$$

$$F_{\text{min}} = -809.45\text{N}$$

Por otro lado debemos determinar el material que será usado para la barra de dirección

CALCULO DEL MATERIAL

Para la selección del material necesario procedemos a determinar la geometría que será usada para la barra de dirección. Para esto asumimos un diámetro de la barra de 20mm y con la fuerza máxima calculada anteriormente determinamos la resistencia necesaria del material.

$$D1 := 0.02r$$

$$A1 := \frac{(\pi \cdot D1^2)}{4}$$

$$A1 = 3.142 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma := \frac{F_{\max}}{A1}$$

$$\sigma = 289 \text{ MPa}$$

Con este dato determinamos que el acero A36 con esfuerzo de fluencia de 250 MPa no será suficiente por lo que se selecciona un acero de transmisión 1020 con esfuerzo de fluencia mínimo de 370 Mpa.

Una vez seleccionado el material podemos recalculer el área necesaria de la barra de la siguiente forma:

$$\sigma_u := 370 \text{ MPa}$$

$$\text{AREA} := \frac{F_{\max}}{\sigma_u}$$

$$\text{AREA} = 2.453 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Por lo que seleccionamos un tubo cilíndrico de ½" de diámetro, lo cual será suficiente para soportar las cargas del sistema de dirección.

3.7 SELECCIÓN COMPONENTES ELÉCTRICOS

Dentro de los componentes eléctricos necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo tenemos tres elementos:

- **Baterías:** encargadas de alimentar a los componentes eléctricos, principalmente el motor.
- **Controlador:** Es el cerebro del vehículo, por medio de este elemento se puede regular la velocidad del motor y se pueden controlar aspectos como la carga de las baterías.
- **Pedal de aceleración:** Regula el voltaje que alimenta al motor, regulando así su velocidad, además permite que el arranque del motor no sea tan brusco y se realice de forma progresiva.

3.7.1 SELECCIÓN DE BATERÍAS

Para la selección de las baterías debemos tener en cuenta algunos detalles que vienen dados por necesidades del vehículo o componentes previamente seleccionados.

Al ser un vehículo de recreación se ha establecido que este deberá tener una autonomía de al menos una hora de funcionamiento continuo, y las baterías deben ser recargadas en el menor tiempo posible.

Previamente se había seleccionado el motor del que provendrá el movimiento del vehículo, un motor Razor tipo MY1020 con un voltaje de 36V por lo que el conjunto de baterías deberá tener un voltaje igual a este valor.

Las baterías deberán ser del menor tamaño y peso posible para evitar que estos valores sean significantes y alteren los resultados del diseño del chasis del vehículo.

Dados estos parámetros se ha tomado la decisión de utilizar 3 baterías de ácido-plomo (Figura 59) con las siguientes características:



Figura 59 Baterías seleccionadas

- Batería recargable sellada, de ácido-plomo, de 12V
- 7 Amperes/hora
- Hasta 1000 ciclos de carga/descarga.
- Voltaje de carga flotante; lo cual permitirá tener el cargador conectado a la batería por tiempo indefinido sin dañarla y tenerla lista para su uso en cualquier momento.
- Sellado altamente seguro

3.7.1.1 CONEXIÓN DE LAS BATERÍAS

Con el fin de obtener los 36V que requiere el motor eléctrico, se debe realizar una conexión en serie (Figura 60) de las 3 baterías a ser usadas. De esta forma, el polo positivo de la primera batería y el negativo de la tercera quedarán libres, mientras que el polo negativo de la batería 1, estará conectado al polo positivo de la batería 2 y de igual forma la conexión entre los polos de las baterías 2 y 3.

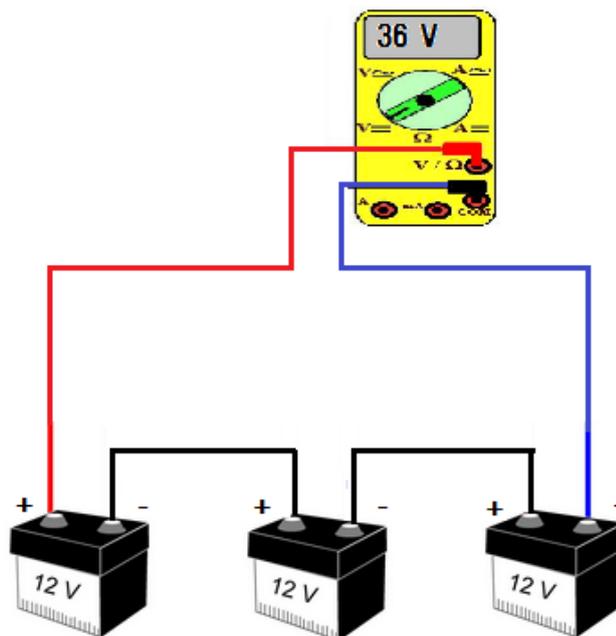


Figura 60 Esquema de conexión en serie de las baterías

3.7.2 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

El controlador es un módulo electrónico para el control de velocidad de scooters, go karts y bicicletas eléctricas. Un controlador utiliza la energía de las baterías y la conduce al motor enviando varias señales en diferentes voltajes. Una de sus ventajas es que además de regular la velocidad también funciona como freno.

Para este proyecto se ha seleccionado un controlador de karts (Figura 61) que es compatible con las características del motor seleccionado previamente, es decir 36V y 500W. Además cuenta con varias conexiones para interruptor, pedal y medidor de carga de batería.



Figura 61 Controlador seleccionado

3.7.3 SELECCIÓN DEL PEDAL

El pedal tiene la función de actuar como acelerador del mini vehículo, regulando el voltaje de alimentación del motor, controlando así su velocidad.

Para este proyecto se ha seleccionado un pedal cuyo funcionamiento se rige por el efecto Hall (Figura 62) Este principio nos dice que si tenemos un sensor por el cual fluye corriente y se le aproxima a un campo magnético, tendremos un voltaje saliente proporcional a la fuerza del campo magnético. Su aplicación en el pedal es simple, tenemos una especie de imán que gira al presionar el pedal, se generan diferentes fuerzas ya que el campo magnético no es igual en toda su superficie por lo que mientras más se presiona el pedal mayor será la fuerza percibida por el sensor A3503 obteniendo así un mayor voltaje de salida que es el que le da el movimiento al motor.



Figura 62 Pedal de efecto Hall seleccionado

Es importante contar con un acelerador en este tipo de vehículos ya que debido a los giros que se pueden presentar siempre es necesario regular la velocidad para tener completo control del vehículo.

Otra de las ventajas que tenemos al usar un pedal como estos es que minimiza la necesidad de utilizar un freno ya que al dejar de aplastar el mismo el motor reduce gradualmente la velocidad hasta detenerse en un tiempo relativamente corto, aunque siempre es útil tener un freno para casos de emergencia.

3.7.4 ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA

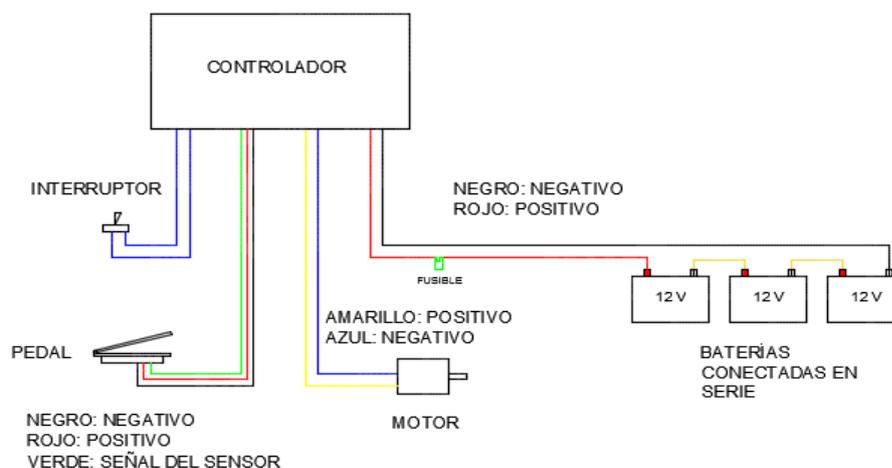


Figura 63 Diagrama de conexiones eléctricas

CAPITULO 4 FABRICACIÓN

4.1 MÉTODO DE FABRICACIÓN

La construcción del Crazy Kart involucra un proceso en el cual hay que tomar en cuenta los cálculos, validación y selección necesaria de los materiales realizados en el capítulo anterior, teniendo así como resultado, un conjunto que funciona adecuadamente y que cumple con los requerimientos fijados en un principio.

Se parte con la realización de los planos constructivos necesarios, en donde se establecen las medidas y tolerancias admisibles para el diseño del chasis.

Por otra parte, es necesario seleccionar un taller que cumpla con los requerimientos de herramientas y personal apto para la construcción del vehículo.

4.1.1 MAQUINARIA NECESARIA

En el proceso de fabricación se requiere utilizar las siguientes herramientas y equipos.

- Dobladora de Tubo cuadrado (Figura 64)



Figura 64 Dobladora manual de tubos

Fuente: (FERREMATOREO, 2015)

- Equipo de Soldadura SMAW (Figura 65)



Figura 65 Equipo de soldadura SMAW

Fuente: (CODINTER, 2015)

- Torno (Figura 6)



Figura 66 Maquina de torno metálico

Fuente: (McKechnie, 2006)

- Fresadora (Figura 67)



Figura 67 Fresadora vertical

Fuente: (IMAT, 2015)

- Taladro (Figura 68)



Figura 68 Taladro de pedestal

Fuente: (Cedeño, 2012)

- Herramienta Manual (Figura 69)



Figura 69 Herramienta manual

Fuente: (KYWI, 2015)

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE CHASIS

El chasis del vehículo es realizado en tubo cuadrado de dimensiones 1" x 1" en acero estructural A36 (Figura 70), basado en los planos constructivos, siguiendo la secuencia de construcción detallada a continuación.

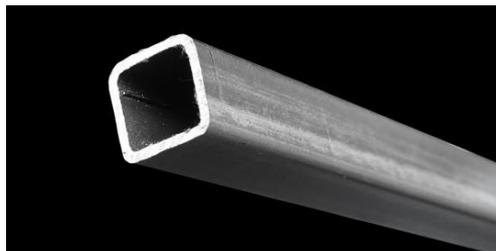


Figura 70 Tubo cuadrado 1" x 3mm

Fuente: (CATALOGO DIPAC, 2015)

4.2.1.1 DOBLADO DE TUBOS

El primer paso es realizar el doblado de los tubos que van a formar el bastidor base o chasis.

Para estos se utiliza una dobladora manual ya que el tamaño del tubo no requiere de mayor fuerza para realizar esta acción, la misma que dará las curvaturas y formas apropiadas para la construcción del nuevo chasis, (Figura 71; 72 y 73)

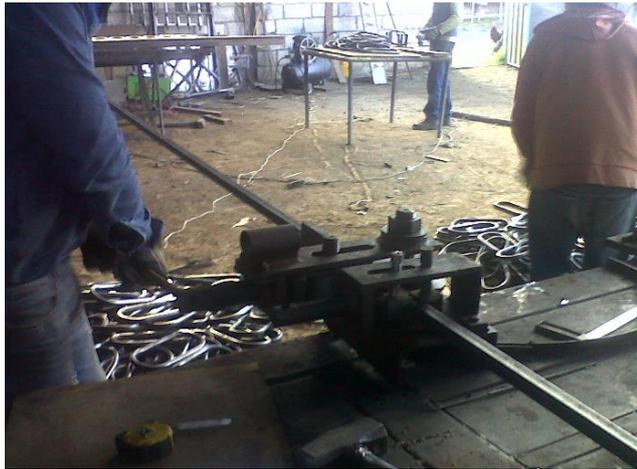


Figura 71 Medición y preparación para doblado



Figura 72 Doblaje de tubo principal del chasis



Figura 73 Doblado del bastidor base del chasis

4.2.1.2 PROCESO DE SOLDADURA DEL CONJUNTO

Una vez que se han doblado las partes principales del chasis, se continúa el proceso de construcción uniéndolo mediante soldadura SMAW todos los tubos que darán forma al chasis del vehículo (Figuras 74, 75, 76 y 77), para ello se deben alinear éstos elementos en una mesa de trabajo verificando una correcta unión entre los tubos, una vez realizado los cordones de soldadura se procede a retirar la escoria y desbastar el cordón hasta que quede al mismo nivel de los tubos dejando así lista la unión para continuar con la construcción.



Figura 74 Soldadura de la parte frontal del chasis



Figura 75 Soldadura de partes laterales del chasis



Figura 76 Chasis soldado vista superior



Figura 77 Chasis soldado vista lateral

4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE FRENO DE MANO

Para la construcción del freno de mano se utilizan los siguientes componentes:

- Tubo cuadrado ASTM A36
- Tubo redondo ASTM A36
- Eje de acero 1045
- 2 Rodamiento

- 2 Llantas giratorias

Los mismos que serán ensamblados para formar el sistema de freno de mano, y posteriormente trabajaran en conjunto con el chasis o bastidor.

4.2.2.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENO DE MANO

El sistema de freno de mano consta de 4 componentes (Figura 78) de los cuales se detalla su fabricación a continuación:

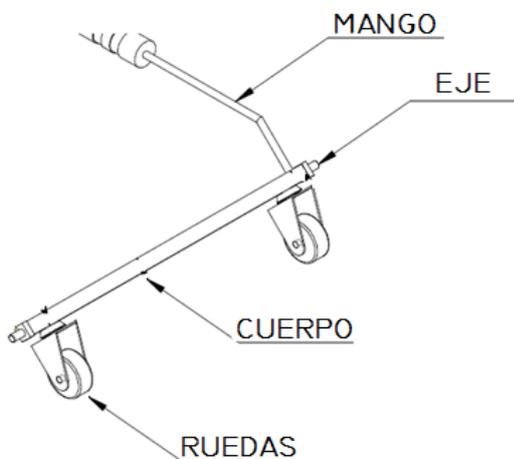


Figura 78 Componentes del sistema de freno de mano

4.2.2.1.1 CUERPO DEL SISTEMA FRENO DE MANO

Se necesita un perfil cuadrado de 1" x 652 mm en acero estructura A36, el mismo que tendrá 2 perforaciones roscadas de $\frac{1}{2}$ " a 40 mm de cada extremo del tubo (Figura 79) para sujetar las llantas móviles.

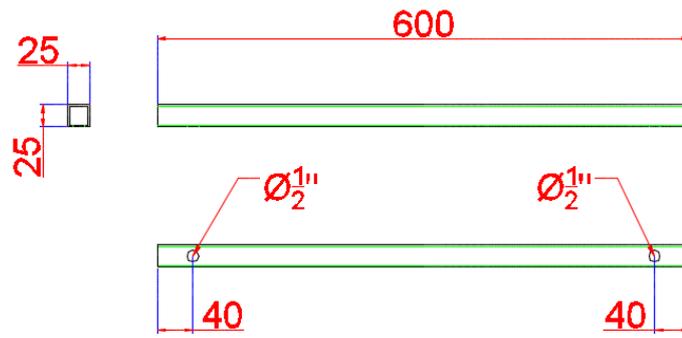


Figura 79 Dimensiones Generales



Figura 80 Corte del cuerpo del freno de mano



Figura 81 Perforado de agujeros para sujeción de llantas

4.2.2.1.2 MANGO DEL SISTEMA FRENO DE MANO

Comprende de dos partes de tubo redondo de $\frac{3}{4}$ " en acero estructura A36, la primera de 350 mm de longitud y la segunda de 150 mm de longitud, los mismos que serán unidos con soldadura en un ángulo de 45° (Figura 82).

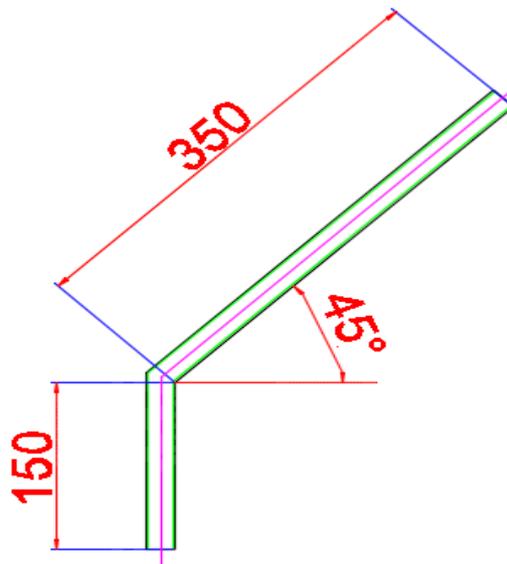


Figura 82 Dimensiones Generales y ensamblaje.



Figura 83 Corte de Tubo redondo ASTM A36.



Figura 84 Unión de tubos redondos ASTM A36.

4.2.2.1.3 EJE DEL SISTEMA FRENO DE MANO

El eje es el elemento de mayor importancia ya que en él se va a producir el trabajo ayudado por los rodamientos seleccionados. Se necesitan dos ejes de 12mm de diámetro por 25 mm de longitud, realizado en Acero 1045 (Figura 85), los mismos que serán soldado en las partes laterales del cuerpo del freno de mano.

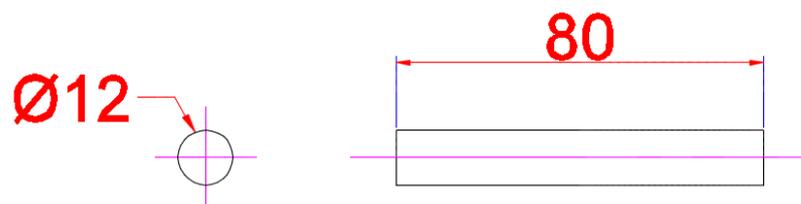


Figura 85 Dimensiones Generales del eje.



Figura 86 Corte del eje en acero 1045.

4.2.2.1.4 RUEDAS DEL SISTEMA FRENO DE MANO

Las ruedas seleccionadas (Figura 87) poseen un giro de 360° en su propio eje, y están dentro de la resistencia de carga máxima deseada.

Denominación: Garrucha carga semi-pesada

Dimensiones: 3" con espiga roscada 1/2"

Carga máxima: 45 - 55 Kg



Figura 87 Rueda de 3"

4.2.2.1.5 RODAMIENTOS DEL SISTEMA DE FRENO DE MANO

Los rodamientos elegidos para el freno de mano son sacados del catálogo de rodamientos SKF, de la división de rodamientos rígidos de bola.

Rodamiento

Denominación: 6003

Dimensiones:

$d = 17 \text{ mm}$

$D = 35 \text{ mm}$

$B = 11 \text{ mm}$

Carga máxima: 11400 N

Velocidad: 17000 rpm

4.2.2.2 ENSAMBLE TOTAL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA FRENO DE MANO

Para dar la forma total del sistema de freno de mano (Figura 88), se necesita unir o ensamblar todos los elementos fabricados por separado.

Primero se procede a soldar los 2 ejes a cada cara lateral del cuerpo del freno de mano, verificando que se encuentren en el centro del mismo.

Luego se une el mango del freno de mano en la cara superior opuesta a los agujeros, a 30 mm del borde derecho del cuerpo, con la ayuda del proceso de soldadura SMAW.

Por último se procede a instalar las ruedas en la cara inferior del cuerpo por medio del eje roscado existente en las ruedas.

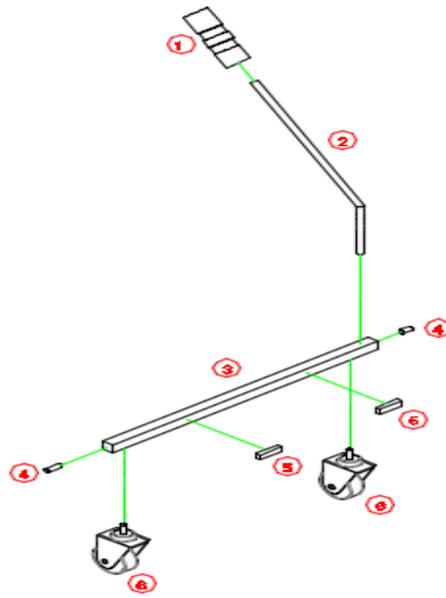


Figura 88 Ensamble total del sistema de freno de mano



Figura 89 Soldadura de eje



Figura 90 Soldadura de mango



Figura 91 Instalación de ruedas

4.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

4.2.3.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

4.2.3.1.1 SOPORTE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El soporte de dirección es un elemento de sujeción fundamental del sistema de dirección ya que en él se apoyaran los componentes del sistema. Está hecha un perfil cuadrado de 1" en acero estructural A36, doblado en 2 lugares para obtener la forma diseñada para el proyecto (Figura 92)

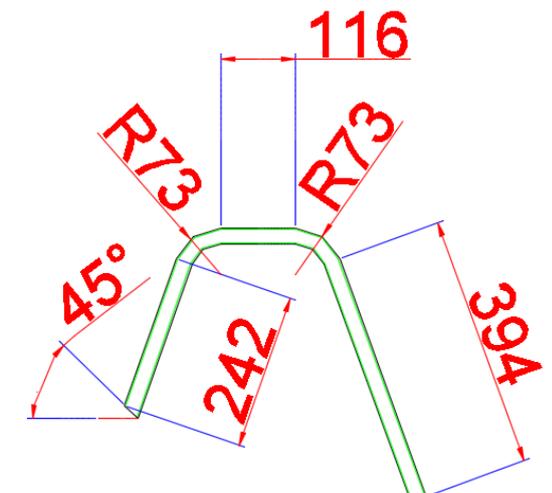


Figura 92 Dimensiones Generales del soporte.



Figura 93 Doblado de tubo cuadrado ASTM A36.

4.2.3.1.2 CUERPO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Este elemento está diseñado para la sujeción del motor eléctrico así como para la fijación del eje motriz del vehículo, está conformado por tubos cuadrados de 1" en acero ASTM A36, armados en forma paralela a una distancia de 224 mm, unidas por una placa superior de 150 mm x 274 mm x 5 mm (Figura 94)

Además cuenta con unas cajas inferiores para la instalación de rodamientos que ayuden a la fijación y movimiento del eje principal.

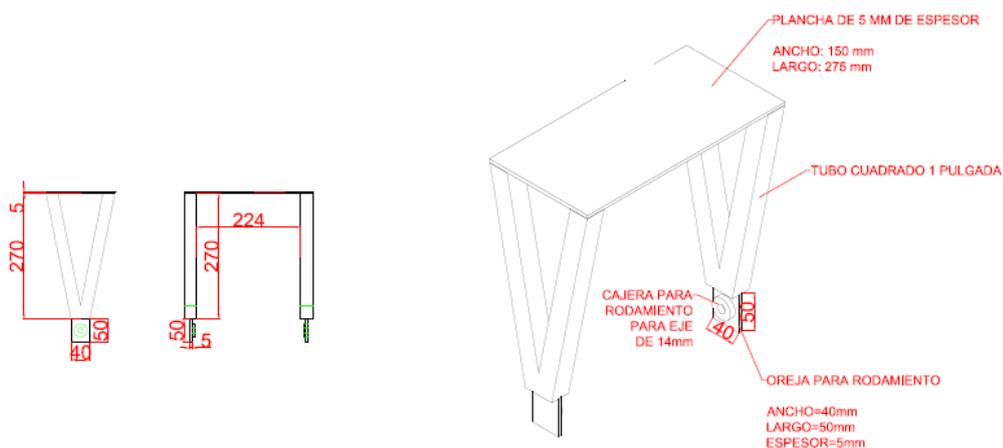


Figura 94 Dimensiones Generales y componentes del cuerpo.



Figura 95 Fabricación de triángulos del Cuerpo.

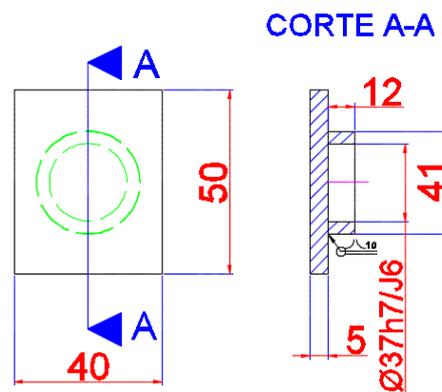


Figura 96 Dimensiones de cajeras de dirección.

4.2.3.1.3 BARRA DE DIRECCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

La barra es el elemento de unión entre el cuerpo y el volante, está fabricada en un eje de acero 1045 de 17 mm de diámetro por 200 mm de largo (Figura 97 y 98), la barra de dirección va armada conjuntamente con el cuerpo del sistema, soldada en el centro de la placa de unión del mismo.

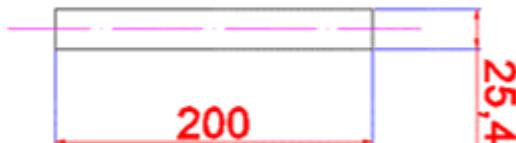


Figura 97 Barra de dirección.



Figura 98 Barra de dirección.

4.2.3.1.4 ADAPTADOR PARA VOLANTE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El adaptador es un elemento que permite sujetar un volante comercial al sistema de dirección (Figura 99 y 100) para poder transmitir el movimiento o control del piloto al vehículo.

Este adaptador cuenta con una superficie perforada para la sujeción del volante, y un alojamiento para rodamiento que permite el movimiento de la barra de dirección en el soporte soldado al chasis. Está fabricado con una placa de acero ASTM A36.

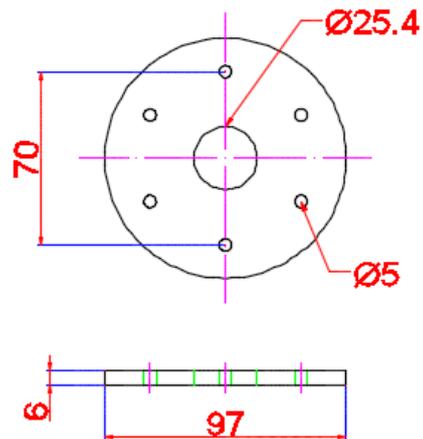


Figura 99 Dimensiones del adaptador.



Figura 100 Adaptador para volante.

4.2.3.1.5 RODAMIENTOS DE LA BARRA DE DIRECCIÓN

Los rodamientos elegidos para el sistema de dirección son sacados del catálogo de rodamientos SKF, de la división de rodamientos rígidos de bola.

Rodamiento

Denominación: 6302 Dimensiones:

$d = 14 \text{ mm}$

$D = 35 \text{ mm}$

$B = 10 \text{ mm}$

Carga máxima: 6050 N

Velocidad: 19000 rpm

4.2.3.2 ENSAMBLE TOTAL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

En el ensamble general del sistema de dirección, se acoplan todos los elementos o componentes fabricados por separado hasta obtener la forma final deseada (Figura 101)

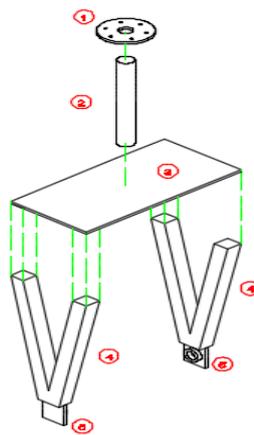


Figura 101 Montaje del sistema de dirección.

Para la unión de la barra de dirección (Figura 102), con la placa de 5 mm que se encuentra en la parte superior del cuerpo de la dirección se utiliza soldadura tipo SMAW.



Figura 102 Unión de barra de dirección con la placa.

A continuación se procede al montaje de los rodamientos en las cajas fabricadas en el cuerpo de la dirección, su colocación debe realizarse de manera cuidadosa procurando evitar cualquier daño en los mismos y obteniendo el ajuste deseado (Figura 103).



Figura 103 Montaje de rodamientos SKF 6302.

4.2.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

4.2.4.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

4.2.4.1.1 EJE PARA LLANTA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El eje principal esta maquinado en acero 1045 con un diámetro de 14mm y una longitud de 275 mm, posee 2 acoples a cada lado para el montaje de la catalina y el freno (Figura 104), el eje será apoyado en dos rodamientos ubicados en el cuerpo del sistema de dirección (Figura 105).

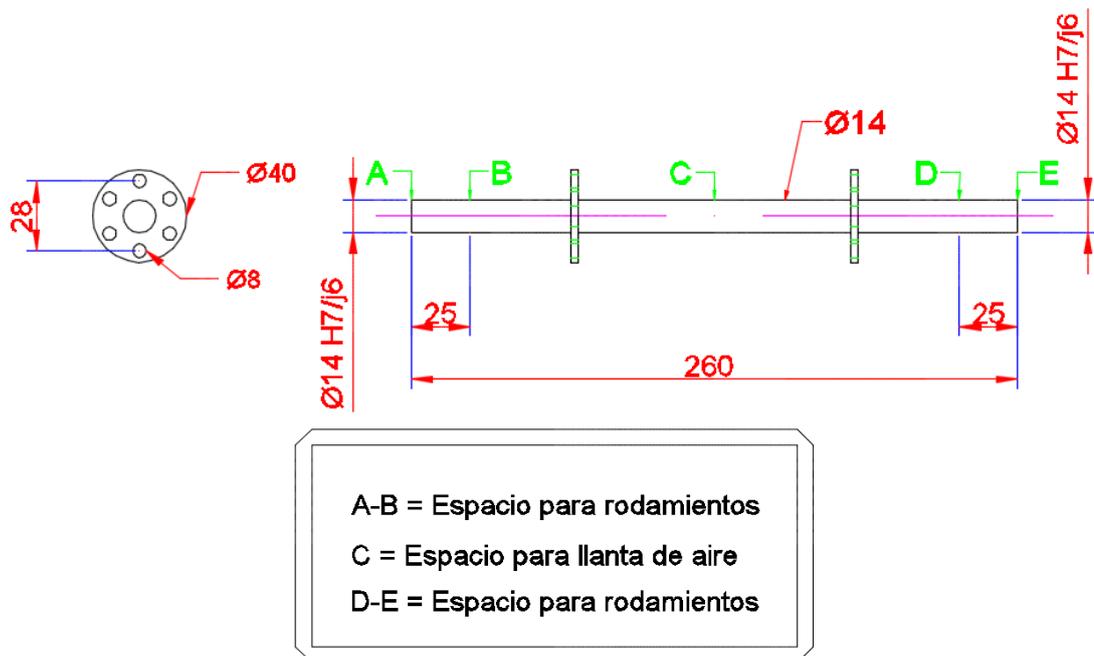


Figura 104 Dimensiones del eje de transmisión.



Figura 105 Eje de transmisión con sus componentes instalados.

4.2.4.1.2 LLANTA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

La llanta seleccionada (Figura 106) es fabricada en caucho, con tubo interno para aire y posee un aro metálico.

Denominación: Rueda neumática

Dimensiones: 8"

Carga máxima: 90 – 160 Kg



Figura 106 Llanta de aire

4.2.4.1.3 SELECCIÓN DE CATALINA DE TRANSMISIÓN

De acuerdo con la relación de transmisión seleccionada en el capítulo anterior y tomando en cuenta que el motor tiene un piñón de 11 dientes acoplado a su eje se tiene una catalina de 55 dientes (Figura 107).



Figura 107 Catalina Z=55

4.2.4.1.4 SELECCIÓN DEL MOTOR

El motor (Figura 108) se ha seleccionado luego del cálculo realizado en el capítulo 3, este componente tiene una potencia de 500W y una alimentación de 36V en corriente directa.



Figura 108 Motor 500W – 36V

4.2.4.1.5 SELECCIÓN DE CADENA DE TRANSMISIÓN

La cadena de transmisión (Figura 109) es un elemento fundamental en el movimiento del vehículo, ya que es por medio de esta que se conduce la potencia del motor a la catalina, y por consiguiente a la llanta.



Figura 109 Cadena 1/4" de paso.

Al tener el piñón y catalina de paso $\frac{1}{4}$ ", también se tiene que tener una cadena de la misma dimensión, la cadena seleccionada posee una longitud de 28".

4.2.4.2 ENSAMBLE TOTAL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Para el montaje del conjunto de transmisión (Figura 4.47), se debe empezar por colocar la llanta neumática en el eje principal, ubicado justamente en el centro del eje, ya que este será a futuro el elemento principal en el movimiento del vehículo, adicionalmente se sujeta el freno de disco y la catalina con la ayuda de pernos Allen M8. Una vez armado el eje se procede al montaje en los rodamientos ubicados en el cuerpo de la dirección, teniendo en cuenta la ubicación de los ajustes en el eje.

Para terminar se acopla la cadena entre el motor y la catalina, teniendo cuidado de no desalinearse el motor (Figura 110).



Figura 110 Montaje del eje de transmisión.



Figura 111 Montaje de cadena.

4.2.5 SELECCIÓN DE ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE CONFORT

4.2.5.1 SELECCIÓN DE VOLANTE

El volante (Figura 112) es un elemento primordial, el mismo que debe cumplir algunos aspectos, como ser cómodo para su maniobrabilidad, es decir que tenga un tamaño acorde al proyecto y pueda permitir un giro normal y rápido de la dirección.

Otro aspecto decisivo es que su material exterior no tiene que ser resbaloso, este tiene que tener una superficie anti deslizante para que no sea difícil acoplarse al manejo.



Figura 112 Volante seleccionado para el vehículo.

4.2.5.2 SELECCIÓN DE ASIENTO

Otro elemento de mucha importancia es el asiento (Figura 113), ya que este componente es el que acogerá al piloto y le permitirá dirigir y maniobrar los componentes del vehículo, por esto debe tener las dimensiones adecuadas, debe ser ergonómico y seguro, permitiendo así los giros bruscos para los que el vehículo fue diseñado. Además deberá ser lo más ligero posible ya que así no presentara ningún problema al acoplarse con los demás componentes.



Figura 113 Asiento para el vehículo.

4.2.5.3 BASES PARA ASIENTO

Como se explicó anteriormente, el asiento debe estar ubicado de tal forma que la posición en la que este el piloto sea la óptima, por esto se recurrió a la implementación de estas bases (Figura 114), su función es la de fijar el asiento al chasis, evitando que el asiento quede al ras del chasis al elevar su posición aproximadamente 10 cm.

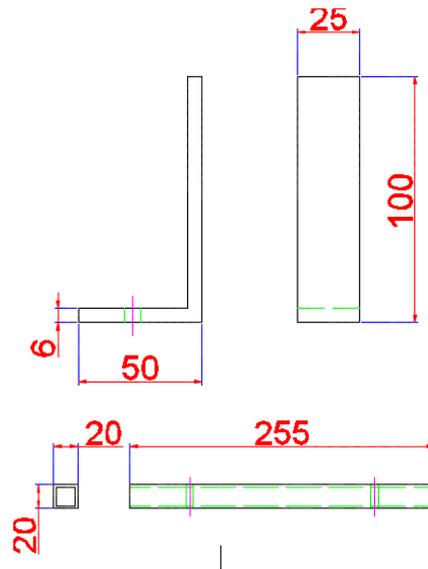


Figura 114 Dimensiones generales.

Estas bases son fabricadas en plancha de acero ASTM A36, y están unidas por un proceso de soldadura SMAW al chasis, también cuentan con unos orificios superiores para sujetar el asiento con pernos (Figura 115).



Figura 115 Bases para asiento

4.2.5.4 CUBIERTA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

La función principal de esta cubierta (Figura 116) es evitar el contacto de la persona con los componentes móviles, esto por cuestiones de seguridad para el piloto además de que es un componente estético del vehículo.

La cubierta está realizada en tol de 2mm de espesor, por ser un material de buen acabado estético, además es un material que presenta facilidad de ser pintado.



Figura 116 Cubierta del sistema de dirección.

4.2.5.5 CUBIERTA DEL CHASIS

La cubierta del chasis (Figura 117) es un elemento de seguridad y estética, está diseñada en una plancha de acero A36 que está sujeta por soldadura., esta cubre toda la parte superior del chasis, esto le da un mayor confort al piloto y evita un posible contacto de su parte con el terreno sobre el que se desplaza el vehículo.

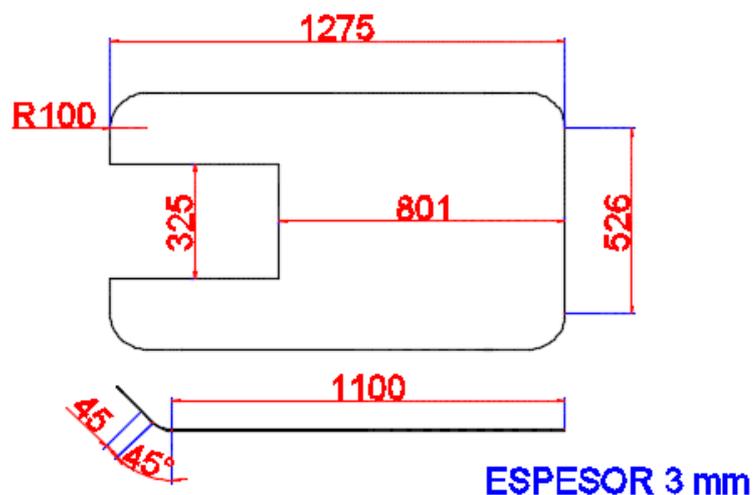


Figura 117 Dimensiones de la cubierta.

4.2.5.6 CUBIERTA DE BATERÍAS Y CONTROL

Para la protección de los componentes eléctricos, en especial de las baterías se realiza una cubierta o caja metálica (Figura 118), que está diseñada para cumplir la función de asegurar y contener la alimentación del motor del vehículo eléctrico.



Figura 118 Cubiertas para baterías.

4.2.6 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL

4.2.6.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL

En esta sección se detallan los componentes eléctricos seleccionados anteriormente en la sección 3.7.

4.2.6.1.1 CONTROLADOR PARA MOTOR DC

Esta unidad de control tiene que cumplir como mínimo con las características básicas del motor, es decir 500 W de potencia, 18 A y 36 V en corriente continua.

El controlador escogido es el siguiente:

Rango de voltaje = 36 V

Rango de Amperaje = 30 A

Potencia = Sobre 500 W



Figura 119 Controlador JC – 116

4.2.6.1.2 PEDAL DE CONTROL EFECTO HALL

Este pedal (Figura 120) nos ayuda al control de velocidad del motor, utilizando el principio del efecto Hall para controlar la potencia en base a la corriente conocida. El pedal elegido cumple con los requerimientos necesarios para el motor que movilizara el vehículo.



Figura 120 Pedal de control

4.2.6.1.3 BATERÍAS RECARGABLES

Las baterías (Figura 121) son una parte esencial en el proyecto ya que sin ellas no funcionaría ninguna parte del conjunto eléctrico, por este motivo se selecciona baterías que cumplan los requerimientos del motor.

Para el crazy kart se tiene 3 baterías de 12V conectadas en serie, para con esto cumplir los 36V requeridos por el motor, con las siguientes características.

Dimensiones = 181 x 76 x 167 mm

Peso = Aprox. 2.94 kg.

Voltaje = 12 V



Figura 121 Baterías recargables 12 V

4.3 MONTAJE DE COMPONENTES

4.3.1 MONTAJE DE RUEDAS DE SOPORTE

Para mantener al chasis en movimiento y a la vez equilibrado se necesita de 2 ruedas (Garruchas) delanteras, que van ubicadas en la parte delantera del chasis (Figura 122), estas llantas son colocadas con la ayuda de la espiga roscada existente en las ruedas.



Figura 122 Montaje de ruedas.

En estas ruedas se tiene que revisar que su sistema interno de movimiento se encuentre en buen estado y con la lubricación necesaria, para que cumpla con la función para la que fueron acopladas al diseño.

4.3.2 MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENO DE MANO

En el proceso de montaje del freno de mano, es necesario seleccionar dos rodamientos que serán ubicados en el chasis y que servirán para dar el movimiento al sistema.

Los rodamientos elegidos para el freno de mano son sacados del catálogo de rodamientos SKF, de la división de rodamientos rígidos de bola.

Rodamiento

Denominación: 6301 Dimensiones:

$d = 12 \text{ mm}$

$D = 37 \text{ mm}$

$B = 12 \text{ mm}$

Carga máxima: 9750 N

Velocidad: 19000 rpm

Una vez seleccionados los rodamientos se los monta en el eje y posteriormente en los alojamientos del chasis, al realizar este proceso el freno de mano queda acoplada al bastidor general, cumpliendo su función individual (Figura 123).



Figura 123 Montaje del sistema de freno de mano.

4.3.3 MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

En este montaje se necesita como elemento principal el componente denominado acople de volante (Figura 124), este elemento va soldado en el soporte de la dirección y sujeto en la barra de la dirección con la ayuda del rodamiento seleccionado, una vez posicionado el acople se procede a soldar al soporte de la dirección para fijar en el lugar ideal para el vehículo (Figura 125).



Figura 124 Montaje del acople de volante.



Figura 125 Montaje del sistema de dirección.

4.3.4 MONTAJE DE ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE CONFORT

4.3.4.1 MONTAJE DEL VOLANTE

Para sujetar el volante al sistema de dirección (Figura 126) nos ayudamos de 8 pernos Allen M8, que van en los orificios originales del volante y en los agujeros roscados del acople fabricado.



Figura 126 Montaje del volante.

4.3.4.2 MONTAJE DEL ASIENTO

El asiento también cuenta con un sistema de montaje rápido (Figura 127), con la ayuda de 4 pernos M12 con tuerca externa, que unen las bases soldadas al chasis y el asiento plástico.



Figura 127 Montaje del asiento.

4.3.4.3 MONTAJE DE LA CUBIERTA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

La cubierta (Figura 128) está realizada en 2 cuerpos simétricos móviles y un cuerpo fijo soldado a los soportes del chasis. Estos cuerpos son sujetados entre sí por medio de 9 pernos M10.



Figura 128 Montaje de la cubierta del sistema de dirección.

4.3.5 MONTAJE DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN

El motor va a ir fijado en la base de la dirección con la ayuda de 2 soporte (Figura 129) empernados a dicho componente, para esta sujeción se utilizan pernos y tuercas M12 (Figura 130).

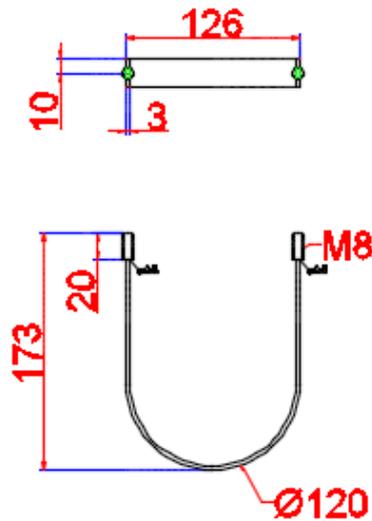


Figura 129 Dimensiones de soportes del motor.



Figura 130 Montaje del motor.

4.3.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS

El sistema de freno escogido (Figura 131) para el proyecto, es uno de disco con mordaza accionada por cable, en el caso del disco va armado directamente en el eje principal de transmisión.



Figura 131 Montaje del freno de disco.

Para sujetar la mordaza se necesita de un soporte (Figura 132) ubicado y acoplado en el triángulo base de la dirección, este dispositivo permite alinear la mordaza a disco y que este funcione sin problemas (Figura 133).

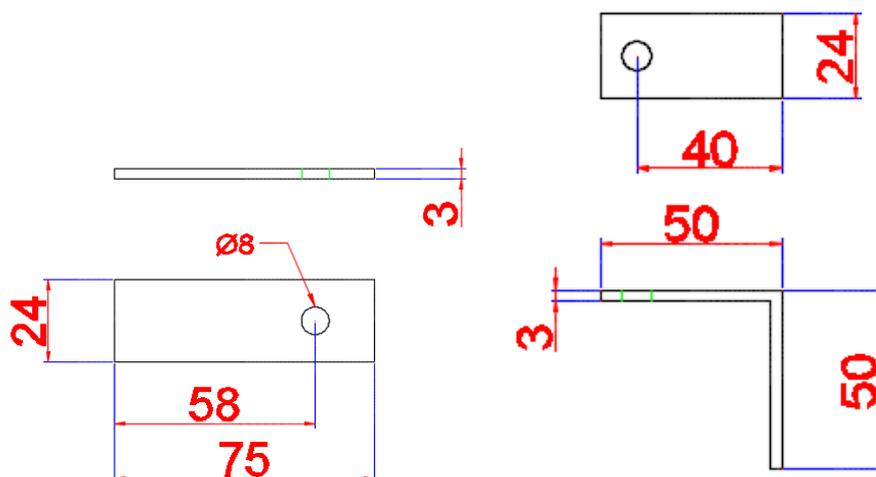


Figura 132 Dimensiones del soporte de la mordaza.



Figura 133 Montaje de la mordaza.

4.3.7 MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL

4.3.7.1 MONTAJE DE BATERÍAS EN SERIE

Como se indicó anteriormente, para que el vehículo funcione se precisa de una alimentación de 36 V, para lo cual se utiliza una conexión en serie de 3 baterías de 12 V. Para dicha conexión se utiliza cables eléctrico número 16 y conectores de bornera pequeña, los mismos que son instalados en los cables (Figura 134) y posteriormente a las baterías (Figura 135), adicionalmente se utiliza un fusible para evitar quemadura en el driver.

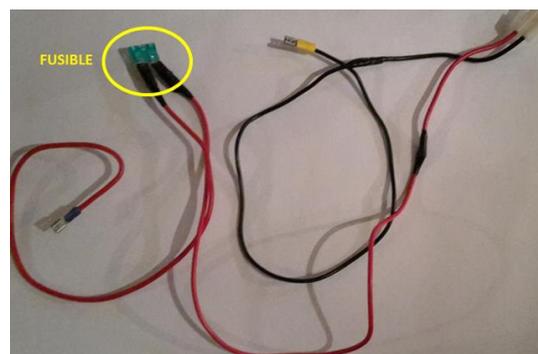


Figura 134 Cableado para la conexión con fusible de seguridad.



Figura 135 Baterías conectadas en serie.

4.3.7.2 CABLEADO DEL DRIVER

El driver o controlador es la parte principal del funcionamiento eléctrico, ya que es el cerebro del proyecto, el mismo que controlará la velocidad del motor y la alimentación al mismo.

Cuenta con 4 conexiones principales para el motor, baterías, interruptor ON/OFF y pedal controlador (Figura 136).

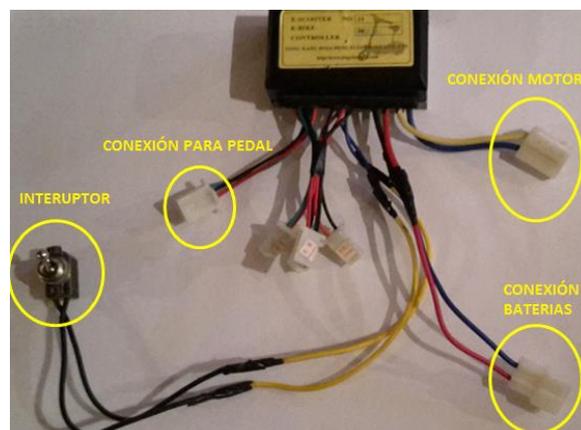


Figura 136 Nomenclatura de cables del driver

4.3.7.3 CABLEADO DEL PEDAL

Se colocó un socket en el pedal, ya que este facilitará la conexión y transmisión de datos al drive.

Este pedal posee 3 cables, el cable blanco que es la alimentación de 5v del driver, cable negro neutro y cable rojo que entrega la variación de voltaje para el control de velocidad (Figura 137).



Figura 137 Pedal y cableado

4.3.7.4 MONTAJE Y CONEXIÓN DEL DRIVER, MOTOR Y PEDAL

El driver va colocado en el piso del vehículo bajo el asiento del conductor (Figura 138), los cables del mismo están cubiertos en la parte inferior de la cubierta del chasis por una caja protectora y manguera para los cables.



Figura 138 Montaje del driver

Se procede a conectar los sockets del motor, pedal y batería en los lugares señalados en el driver (Figura 139).



Figura 139 Conexión de cables

4.3.8 COLOCACIÓN DE ELEMENTOS ESTÉTICOS

Una vez que el proyecto se encuentra terminado y se ha comprobado su correcto funcionamiento se procede a colocar los últimos elementos en el vehículo, los cuales tendrán funciones estéticas e informativas.

El vehículo cuenta con logotipos en donde se puede apreciar el nombre "CRAZY KART", el número del vehículo y los nombres de los diseñadores/conductores (Figura 140).



Figura 140 Elementos estéticos agregados al vehículo

Al final de la colocación de estos elementos se realiza la limpieza final para que el vehículo quede listo para ser utilizado y se puedan realizar las pruebas necesarias (Figura 141).



Figura 141 Vehículo terminado

CAPITULO 5

PRUEBAS DE CAMPO

Una vez que se ha finalizado con el proceso de fabricación de los componentes y su respectivo montaje, se procede a realizar las pruebas de campo. Estas pruebas se realizan con el fin de verificar el desempeño del vehículo en condiciones reales de funcionamiento.

Las pruebas son realizadas en terrenos pavimentados cuya superficie es uniforme y no hay grandes variaciones de altura.

Algunas de las pruebas que se deben realizar nos servirán para determinar aspectos como la autonomía de las baterías, la velocidad del vehículo, el correcto funcionamiento del sistema de freno, etc.

5.1 ESTABILIDAD

Para verificar la estabilidad del vehículo se realizaron varias pruebas, determinando así el comportamiento del vehículo en rectas y curvas. Estas pruebas se realizaron de 2 maneras; con y sin la presencia de las llantas delanteras.



Figura 142 Pruebas de estabilidad sin ruedas delanteras

Sin la presencia de las ruedas delanteras (Figura 142), el vehículo tiene un mejor desempeño y es totalmente estable en las rectas, pero al momento de girar con la barra de derrapes, la rueda posterior del lado de la dirección de giro tiende a despegarse del suelo, lo cual puede producir que el vehículo se vire si no se utiliza el peso del cuerpo para volver a estabilizarlo.

Con las ruedas delanteras, el vehículo es totalmente estable tanto en rectas como en curvas, pero a su vez al tener tantos elementos en contacto con el suelo (5 ruedas), se pierde un poco de potencia sobre todo en el arranque. Por esta razón se procedió a subir el nivel de las ruedas delanteras para que estas no estén en contacto con la superficie todo el tiempo y que su función sea solamente la de elemento estabilizador.

5.2 DIRECCIÓN

Al realizar las pruebas de funcionamiento del vehículo se pudo observar que el sistema de dirección no se encontraba funcionando de manera óptima ya que presentaba un movimiento indeseable de la barra de dirección hacia los lados debido a que solo tenía un apoyo o guía en la parte de los soportes del volante donde cuenta con un rodamiento.

Para solucionar dicho problema se colocó un nuevo soporte en "X" (Figura 143) entre el primer soporte y la placa donde va colocado el motor, por esto se fija la barra de dirección y su movimiento se ve limitado a movimiento giratorio dado por el conductor a través del volante.



Figura 143 Colocación del soporte en X

Al realizar nuevas pruebas se constató que el problema había sido resuelto y que el movimiento del sistema motriz cumplía con las expectativas.

5.3 MANIOBRABILIDAD

El vehículo es totalmente maniobrable ante las exigencias de los giros, a la velocidad máxima, de igual forma, el kart presenta facilidades para su manejo.

Como parte de las pruebas de maniobrabilidad se determinó el radio de giro (Figura 144) del vehículo obteniendo los siguientes resultados:

- Radio de giro de las ruedas: 1,95m
- Radio de giro pared a pared: 2,30m

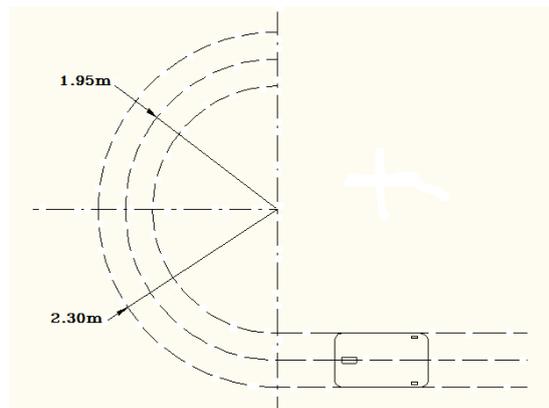


Figura 144 Radio de giro del vehículo

5.4 VELOCIDAD MÁXIMA

Para la determinación de la velocidad máxima se procedió a determinar los tiempos que le toma al vehículo recorrer determinada distancia. Estas pruebas se realizaron en una cancha de básquet de superficie de cemento un tanto irregular con una longitud de 20 metros obteniendo los siguientes tiempos:

Tabla 4

Tiempos utilizados para el cálculo de velocidad

DISTANCIA	t (seg)
20m	
TIEMPO 1	4,32
TIEMPO 2	4,50
TIEMPO 3	4,30
TIEMPO 4	4,25
TIEMPO 5	4,30
TIEMPO PROMEDIO	4,33

Con este tiempo y la distancia obtenemos el valor de la velocidad máxima:

$$t_{prom} = \frac{20 \text{ m}}{4,33 \text{ s}} = 4,61 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dividiendo la velocidad obtenida para el factor de conversión a km/h tenemos:

$$v_{max} = \frac{4,61 \text{ m/s}}{0,2778} = 16,59 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Como resultado tenemos la velocidad máxima de 16,59 km/h

5.5 ACELERACIÓN

El tiempo que le toma al vehículo acelerar de 0 a la velocidad máxima es de aproximadamente 2 segundos lo cual nos da una aceleración aproximada de 2,305 m/s²

5.6 FRENO

El controlador de velocidad que se instaló en el kart actúa como freno principal del vehículo mientras que el freno de disco adaptado en el eje de transmisión pasaría a ser un freno de emergencia.

Al dejar de aplastar el acelerador se necesita un tiempo inferior a 2 segundos para que el vehículo se detenga por completo mientras que al usar el freno de disco este se detiene de inmediato.

Ambas modalidades de frenado funcionan correctamente obteniendo resultados apropiados en ambas pruebas.

5.7 BARRA DE DERRAPES

La barra de derrapes tiene un buen funcionamiento, su accionamiento es fácil y no se requiere de mucha fuerza para utilizarlo, además el vehículo es fácil de controlar maniobrando el volante y el freno de mano a la vez.

5.8 RUEDAS

Al realizar las pruebas de campo se pudo observar un gran desgaste de las ruedas posteriores del vehículo (Figura 145) así como el doblado del eje roscado por medio del cual se ensamblan las ruedas en el sistema de freno de mano. Ambas condiciones son altamente indeseables para el funcionamiento del vehículo por lo que se debieron tomar medidas correctivas.



Figura 145 Desgaste de las ruedas posteriores

Como primera medida se reemplazaron las ruedas por unas de tamaño ligeramente superior y de un material más resistente al contacto con el pavimento (Figura 146). Además se redujo el tamaño del eje de sujeción de las ruedas, esto con el fin de que todo el eje ingrese en la rosca y no exista la posibilidad de que se vuelvan a doblar los ejes.



Figura 146 Nuevas ruedas colocadas en el vehículo

Fuente: (INSERCOMFAYRES, 2105)

Con las correcciones realizadas el funcionamiento de las ruedas fue el óptimo.

Se observa que la rueda motriz presenta un ligero desgaste y que con el tiempo tendrá que ser reemplazada.

5.9 AUTONOMÍA DE LA BATERÍA

Durante las pruebas también se llevó a cabo un control del tiempo de funcionamiento del vehículo con una carga completa de las baterías, como resultado se obtuvo que, en promedio, una carga de batería permite 1 hora de funcionamiento continuo del Crazy Kart.

Cuando las baterías están muy bajas, el motor ya no tiene la suficiente potencia para mover el vehículo, pero estas no se descargan por completo, lo cual garantiza que al cargarlas estas volverán a funcionar sin problema.

5.10 TIEMPO DE CARGA DE LAS BATERÍAS

Una vez que las baterías se han descargado, se las debe sacar de la caja cubre baterías desconectando cuidadosamente los cables y se debe proceder a cargarlas una por una. El tiempo estimado de carga desde aproximadamente un 15%, que es la carga remanente con la cual ya no se puede operar el kart, hasta el 100% es de 1 hora 45 minutos por cada batería. Esto dependerá enteramente del cargador que se utilice que en nuestro caso es un cargador multietapa de 12V (Figura 147).



Figura 147 Cargador de baterías

CAPITULO 6

ANÁLISIS DE COSTOS

Este proyecto no pertenece a ninguna empresa u organización por lo que solo presenta egresos y no existe financiamiento de ningún tipo.

6.1 COSTOS DIRECTOS

Se denomina como costos directos al valor monetario que es invertido en los insumos y mano de obra que se pueden divisar en el resultado final del proyecto, o sea en el vehículo construido. Se describen por separado los elementos mecánicos y electrónicos.

Tabla 5

Costos directos de componentes mecánicos

O RD.	ÍTEM	V. UNITARIO	CANTID AD	UNID AD	V. TOTAL
1	tubo cuadrado 1" x 2mm	1,41	12	m	16,92
2	plancha tol 3mm	22	1	u	22
3	electrodos 6011	2,5	1	kg	2,5
4	eje de acero 1045	15	1	u	10
5	eje de acero 1020 20mm	15	1	u	10
6	eje de acero 1020 14mm	15	1	u	10
7	mano de obra	2,21	100	h	221
8	rodamientos 6003	5	2	u	10

CONTINUA

9	rodamientos	5	2	u	10
10	llanta motriz	10	1	u	10
11	garruchas 3"	4,35	4	u	17,4
12	garruchas metálicas	6,8	2	u	13,6
13	cubierta motor	130	1	u	130
14	caja baterías	10	1	u	10
15	caja cables	15	1	u	15
16	freno + instalación	65	1	u	65
17	volante	50	1	u	50
18	asiento	50	1	u	50
19	cadena	23	1	u	23
20	pedal freno	5	1	u	5
21	bases motor	10	2	u	20
22	soporte dirección	30	1	u	30
23	tornillos	0,1	18	u	1,8
24	cinta doble faz	3	1	u	3
TOTAL (USD)					756,2 2

Tabla 6

Costos directos de componentes electrónicos

O RD.	ÍTEM	V. UNITARIO	CANTIDAD	UNIDAD	V. TOTAL
1	controlador	29	1	u	29
2	pedal	28	1	u	28
3	motor	72	1	u	72
4	baterías	43	3	u	129
5	sensor a3503	8	1	u	8
6	voltímetro	11	1	u	11
7	cables	1	6	m	6
8	sockets	0,5	8	u	4
TOTAL (USD)					287

6.2 COSTOS INDIRECTOS

Se denomina como costos indirectos al valor monetario que es invertido en los productos o servicios que no son parte del resultado final del proyecto así como en las pruebas u operación del mismo.

Tabla 7

Costos indirectos de componentes electrónicos

ORD	ÍTEM	V. UNITARIO	CANTIDAD	UNIDAD	V. TOTAL
1	multímetro	19,65	1	u	19,65
2	cargador	37	1	u	37
TOTAL (USD)					56,65

Tabla 8

Costos de servicios indirectos

ORD.	ÍTEM	V. UNITARIO	CANTID AD	UNID AD	V. TOTAL
1	envío e importación motor	93	1	u	93
2	envío pedal y controlador	23	1	u	23
3	transporte del vehículo	35	1	u	35
TOTAL (USD)					151

6.3 COSTO TOTAL

El costo total del proyecto es la suma de los costos directos e indirectos.

Tabla 9

Costo total del proyecto

ORD.	ÍTEM	VALOR
1	costos directos componentes mecánicos	756,22
2	costos directos componentes electrónicos	287
3	costos indirectos componentes eléctricos	56,65
4	otros costos indirectos	151
TOTAL (USD)		1250,87

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La capacidad máxima del vehículo construido es de 90 Kg, y es importante recalcar que el desempeño del motor, ya sea en velocidad como en torque, será inversamente proporcional a dicha carga. Con las condiciones máximas de diseño tendremos una velocidad máxima de 16 Km/h, siendo esta la función de trabajo óptima del proyecto.
- La realización de las pruebas de funcionamiento, llevadas a cabo en forma personal y con diferentes parámetros de manejo, es la forma más segura y real de saber la resistencia, funcionamiento y desempeño del vehículo, ya que nos permite comprobar que las condiciones aplicadas en el diseño y simulación fueron las correctas.
- El conjunto del sistema de dirección refleja facilidad, comodidad y seguridad para maniobrar el vehículo, ya que, al tener soportes en 2 puntos principales de la barra de dirección, aseguran la firmeza del volante y la precisión al conducir el kart.
- El sistema eléctrico del vehículo se encuentra comandado por un drive para motores DC, este controla el la velocidad del kart al recibir señales de los componentes eléctricos que lo conforman, ya sean la corriente de la alimentación (3 baterías 12V), el paso de voltaje controlado por el pedal de aceleración (mando de efecto hall), y el accionamiento efectivo del motor cuando este sea requerido.

- Para determinar el nivel de carga restante en las baterías se utiliza un voltímetro, este instrumento es un indicador de la corriente con la que está siendo alimentado el motor, mientras el voltímetro indique un valor similar a 12V la batería estará cargada mientras que si este valor comienza a disminuir, será una señal de que la batería debe ser recargada.
- El motor y sistema de transmisión son puntos esenciales para el funcionamiento del crazy kart, al seleccionar un motor con la potencia indicada, tener una relación de transmisión buena ($i = 5$) y unos componentes (piñón y catalina) manufacturados con pasos ideales para generar el movimiento (piñón y catalina paso 0.25”), aseguramos un buen desempeño del vehículo, sin tener componentes de gran tamaño que puedan afectar la estética y la ergonomía del mismo.
- El mecanismo principal, o el más importante del proyecto es el freno de mano, ya que posibilita los movimientos característicos de un crazy kart, este ha sido realizado teniendo en cuenta el movimiento ideal para que el vehículo bascule o derrape de una forma fácil y sin demasiado esfuerzo por parte del piloto.
- Las baterías del vehículo presentan un equilibrio entre funcionalidad, características y precio, proporcionan la corriente adecuada para que el kart funcione un tiempo prolongado de tiempo de forma continua (1 hora), su tamaño y peso no son aspectos determinantes para el diseño del chasis y su costo es accesible, además de que se las puede encontrar fácilmente en el mercado local.

7.2 RECOMENDACIONES

- Es esencial hacer un buen análisis de resistencia mecánica como el realizado en el proyecto para determinar las características que deberá cumplir el chasis, ya que esta es la parte fundamental que soporta todo el conjunto de elementos mecánicos y eléctricos, y además cumple la función de albergar al conductor del vehículo.
- La selección del motor se la debe realizar tomando en cuenta que este debe tener la potencia requerida para garantizar el óptimo funcionamiento del vehículo, pero la misma no debe ser excesiva para no poner en riesgo la seguridad del piloto.
- Se debe procurar que las llantas laterales estabilizadoras del vehículo tengan el menor contacto posible con las superficie de desplazamiento, de esta forma se evita que estas le resten velocidad al kart y su función será únicamente de estabilizar el vehículo en el caso de giros demasiado bruscos.
- Para tener éxito en la realización de un proyecto igual o similar al realizado, se tiene que tomar muy en cuenta todas las medidas del diseño y cargas que serán aplicadas al mismo, de esta forma se podrá realizar un diseño real y funcional.
- Es necesaria la realización de planos constructivos que se ajusten a las normas, en los que se especifiquen todas las medidas, materiales y notas para que la construcción pueda ser exacta y se lleve a cabo rápida y fácilmente.

- Se deben tener conocimientos generales acerca del funcionamiento de los diferentes elementos eléctricos que serán los que controlen el vehículo y que van a ser acoplados al chasis, para de esta manera conseguir los resultados deseados, sin alterar la seguridad, fiabilidad, y vida útil de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- A. E. Fitzgerald, C. U. (2003). *Electric Machinery*. International Edition : McGraw Hill .
- Ableiter, C. (2007). *Wikipedia*. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZEBRA-Batterie,_Natrium-Nickelchlorid-Batterie.jpg
- AFP. (07 de 01 de 2014). *El Espectador*. Obtenido de <http://www.elespectador.com/vivir/autos/primer-auto-de-formula-e-deslumbra-vegas-articulo-467186>
- Alemaný, J. C. (1963). *Física generak* . Valencia : SABER.
- Askeland, D. (2001). *Ciencia e ingeniería de los materiales*.
- Askeland, D. (2011). *Ciencia e ingeniería de los materiales*.
- Baive. (2010). *Wheel Barrow*. Obtenido de http://www.wheelbarrow-wheel.es/big_img.html?etw_path=http://www.wheelbarrow-wheel.es/1-3-hand-truck-wheel.html&big_etw_img=1-pneumatic-wheel/3-1-1b.jpg
- Bazarte, R. (2003). *CEIT*. Obtenido de http://www1.ceit.es/labcad/gallery/curso_0304/0304_s1p4g1_13_direccion/0304_s1p4g1_13_direccion.htm
- Brown, J. (2002). *Motor Vehicle structures: Concepts and fundamntals*. Butterworth Heinemann.
- Bruno, L. (26 de 07 de 2012). *Ingenieria Electrica Explicada*. Obtenido de <http://ingenieriaelectricae explicada.blogspot.com/2012/07/clasificacion-y-tipos-de-baterias-de.html>

- Bustos, J. M. (2013). *Taringa*. Obtenido de <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16781611/La-fibra-de-carbono-y-los-accidentes.html>
- CATALOGO DIPAC. (2015). Catalogo DIPAC productos de acero.
- CATALOGO DIPAC. (2015). *DIPAC Manta*. Obtenido de http://www.dipacmanta.com/alineas.php?ca_codigo=1101
- Cedeño, E. (2012). *Monografias*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos70/definicion-utilizacion-herramientas/definicion-utilizacion-herramientas.shtml>
- CODINTER. (2015). *CODINTER*. Obtenido de <http://www.codinter.com.co/equipos-de-soldar/>
- Cordova, M. (6 de 11 de 2015). *El Comercio* . Obtenido de <http://www.elcomercio.com/deportes/karting-pilotos-ecuatorianos-mundial-portugal.html>
- Daware, K. (2014). *Electrical easy* . Obtenido de <http://www.electricaleasy.com/2014/07/characteristics-of-dc-motors.html>
- De, S. (2010). *Historia del karting*.
- Denker, J. (2004). *AV8N*. Obtenido de <https://www.av8n.com/physics/lead-acid.htm>
- Ehsani, M. (2005). *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles* . CRC Press.
- ENERALCA. (2015). *Energia Alcalinas S. L. R.* Obtenido de <http://www.eneralca.com.ar/EAProductos.htm>
- FERREMATOREO. (2015). *Dobladoras para tubo*. Obtenido de <http://www.dobladorasparatubo.com/>

- Galeano, J. L. (2011). *Karting: Historia de una categoría esencial* . Obtenido de <http://procompeticion.blogspot.com/2011/03/karting-historia-de-una-categoria.html>
- Garzon, J. (13 de 05 de 2012). *Jeroitim*. Obtenido de <http://jeroitim.blogspot.com/2012/05/v-behaviorurldefaultvmlo.html>
- HIBRIDOS Y ELECTRICOS. (2014). *Hibridos y electricos* . Obtenido de <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/>
- IMAT. (2015). *IMAT*. Obtenido de <http://imat.com.co/fresadoras-de-torreta/50-fresadora-de-torreta-x6325dro.html>
- INSERCOMFAYRES. (2105). *INSERCOMFAYRES*. Obtenido de http://www.insercomfayres.com/garruchas_livianas.html
- Jaimes, L. (2013). *IEEE*. Obtenido de <http://ewh.ieee.org/sb/colombia/uis/news/0310/noti031004.php>
- JONHSON ELECTRIC. (2015). *Direct Industry*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/johnson-electric/product-665-1217301.html>
- Jurvetson, S. (18 de 04 de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_de_carga#/media/File:Tesla_Supercharging_in_Gilroy.jpg
- KYWI. (2015). *KYWI*. Obtenido de <http://www.kywi.com.ec/herramientas-manuales>
- Leitman, S. (2009). *Build your own electric vehicle*. Mexico: McGraw Hill .
- Mangonon, P. (2001). *Ciencia de Materiales, Selección y Diseño*. Mexico: Prentice Hall.
- McKechnie, G. (06 de 2006). *Wikipedia*. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HwacheonCentreLathe_460x1000.jpg

- Merian, I. (2010). *Mecanica para ingenieros, estatica* .
- Milan, J.-J. (12 de 05 de 2005). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Rodamiento#/media/File:Usure_d%27un_roulement_par_cannelures_1.jpg
- Milo, D. (2014). *Ehow en español* . Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/funciona-controlador-velocidad-bicicleta-electrico-info_121363/
- Moleano, J. (26 de 03 de 2011). *Procompeticion*. Obtenido de <http://procompeticion.blogspot.com/2011/03/karting-historia-de-una-categoria.html>
- Moya, N. B. (09 de 11 de 2014). *Noticias Cohes*. Obtenido de <http://noticias.coches.com/noticias-motor/crazy-cart-razor-xl-un-juguete-para-los-ninos-grandes/149540>
- Naranjo, C. (2012). *Tecnologia de soldadura*.
- Noya, C. (2015). *Karts, llega la hora de los electricos* . Obtenido de <http://forococheselectricos.com/2015/03/ekc-karts-electricos.html>
- Olmo, M. (2012). *Hyper Physics*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/hall.html>
- OTL. (s.f.). *Electro Kart, Ventajas del Electrico*. Obtenido de <http://otlkart.es/inversion/ventajas-del-electrico.html>
- Pereira, M. (23 de 05 de 2015). *Sogencon* . Obtenido de <http://www.sogencon.com/chasis-buggy-buggy.html>
- Perez, C. (19 de 12 de 2010). *Xatakamovil*. Obtenido de <http://www.xatakamovil.com/varios/baterias-tipos-mitos-y-verdades-ii>
- Poldre, L. (24 de 03 de 2015). *GrabCad*. Obtenido de <http://blog.grabcad.com/blog/2015/03/24/meet-ali-kermani/>

- Rhoades, S. (30 de 10 de 2012). *Hch news*. Obtenido de <https://hchnews.files.wordpress.com/2012/10/bec.jpg>
- RICHTEC. (2015). *Richtec*. Obtenido de <http://www.richtek.com/en/Products/Battery%20Management/Multi%20Cell%20Switching%20Charger/RT9535A>
- RODAMONT. (2013). *RODAMONT*. Obtenido de http://www.rodamontt.cl/?page_id=275
- Rodriguez, E. (2010). *BiblioCad*. Obtenido de http://www.bibliocad.com/biblioteca/motor-electrico-100hp-3d_29740?1449617235
- Smithsonain. (2006). *American History* . Obtenido de http://americanhistory.si.edu/edison/ed_d22.htm
- Sweep, M. (08 de 02 de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NiMH_2500mAh.jpg
- TILLET RACING SEATS. (2015). *RACING SEATS*. Obtenido de <https://www.tillett.co.uk/carbon-racing-car-seat.asp>
- Valencia, G. (2006). *Estructuras de Acero* .
- Vitar, T. (12 de 08 de 2014). *Curva 1 Kart*. Obtenido de <http://curva1kart.com.ar/noticias/?p=43311>
- Vogel, C. (2009). *Build your own electric motorcycle*. Mexico : McGraw Hill .
- Waard, S. J. (11 de 11 de 2011). *Wikipedia*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_\(14\).JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_(14).JPG)
- Wit, N. d. (29 de 06 de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2013_Tesla_Model_S_\(11322176214\)_cropped.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2013_Tesla_Model_S_(11322176214)_cropped.jpg)

YONGKANG MINGYANG. (2015). *Made in China*. Obtenido de <http://zjmy-lu.en.made-in-china.com/product/UvsJhRBdrxkF/China-48V-750W-Brushless-Electric-Scooter-Controller.html>