

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



FÓRMULA SAE

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Débora Jane Rodríguez Esbenshade para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería en Ciencias de la Administración;
Juan Pablo Rodas Martínez, María Andrea Monzón Morales y
Waleska del Pilar Marroquín Pineda para optar al grado académico de Licenciados en
Ingeniería Mecatrónica

Guatemala

2016

Coordinador del Megaproyecto:

(f) 

(Msc. Víctor Hugo Ayerdi)

Director de Ingeniería Mecánica:

(f) 

(Msc. Víctor Hugo Ayerdi)

Director de Ingeniería Mecatrónica:

(f) 

(Msc. Carlos Esquit)

Director de Ingeniería en Ciencias de la Administración

(f) 

(Ing. Raúl Dacaret)

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de diciembre de 2016

ÍNDICE

Lista de cuadros.....	viii
Lista de figuras	x
Resumen	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. General del megaproyecto.....	2
B. Generales por módulo	2
1. Chasis.....	2
2. Dirección y suspensión	2
3. Sistema eléctrico y electrónico	2
4. Administración y logística	2
C. Específicos por módulo.....	2
1. Chasis.....	2
2. Dirección y suspensión	3
3. Sistema eléctrico y electrónico	3
4. Administración y logística	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
A. Competencia estática.....	5
1. Inspección técnica.....	5
2. Costo y manufactura	6
3. Presentación.....	6
4. Diseño	6
B. Competencia dinámica	6
1. Aceleración	6
2. Skidpad	7
3. Autocross	7

4.	Eficiencia	7
5.	Resistencia	8
C.	¿Qué es el chasis?.....	8
1.	Chasis en escalera o bitubo	8
2.	Chasis multitubular	8
3.	Chasis de cercha.....	9
4.	Chasis monocasco.....	10
D.	Chasis en fórmula SAE	10
1.	Partes del chasis	10
2.	Secciones tubulares que conforman el chasis	12
3.	Percentil 95avo masculino y percentil 5to femenino	13
4.	Triangulación correcta de chasis	14
E.	Materiales utilizados en la fabricación del chasis	15
F.	Soldadura con arco	18
1.	Soldadura por arco y electrodo recubierto	18
2.	Soldadura por arco sumergido y material de aporte desnudo	18
3.	Factor a considerar para la selección del electrodo.....	18
4.	Consejos al momento de soldar dados por UNICON	19
G.	Sistema de suspensión.....	20
1.	Objetivo de un sistema de suspensión.....	20
2.	Suspensión independiente.....	20
3.	Suspensión semi-independiente	22
4.	Suspensión dependiente	22
H.	Factores que afectan la suspensión.....	23
1.	Carga aerodinámica.	23
2.	Centro de gravedad	23
3.	Centro instantáneo de giro	23
4.	Masa no suspendida.....	24
5.	Masa suspendida	24

6.	Resortes y amortiguadores	24
7.	Transferencia de carga dinámica.....	25
I.	Sistema de dirección.....	25
1.	Objetivo del sistema de dirección	25
2.	Direccionamiento por piñón-cremallera	25
3.	Direccionamiento por tornillo sin fin.....	26
J.	Factores que afectan al direccionamiento.....	26
1.	Geometría de Ackerman	26
2.	Cámbor.....	27
3.	Cáster	28
4.	Convergencia y divergencia.....	28
5.	Sobreviraje.....	29
6.	Subviraje	29
K.	Sistema eléctrico	30
1.	Sistema de generación y almacenamiento.....	30
2.	Sistema de encendido.....	37
3.	Sistema de arranque	39
4.	Sistema de iluminación	40
L.	Sistema electrónico	40
1.	Ignición programada	40
2.	Sensores e información	42
V.	DISEÑO	46
A.	Chasis	46
1.	Selección de estructura para diseño de chasis.....	46
2.	Descripción de los requerimientos del chasis	49
3.	Descripción de diseño del chasis	55
4.	Peso de los componentes montados en el chasis.....	60
B.	Material para la manufactura del chasis	60
C.	Sistema de dirección.....	62

D.	Sistema de suspensión.....	75
E.	Sistema eléctrico	79
F.	Sistema electrónico	84
1.	Control de la ignición del motor	84
2.	Telemetría.....	98
3.	Tablero.....	100
VI.	ANÁLISIS ELEMENTOS FINITOS.....	102
A.	FEA del chasis.....	102
1.	Análisis del chasis como modelo de viga empotrada.....	105
2.	Análisis de deformación del chasis debido a las fuerzas provocadas por la aceleración.	110
3.	Cálculo de la rigidez torsional del chasis.....	114
B.	FEA en los Sistemas de Dirección y Suspensión	119
VII.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	133
A.	Actividades y componentes críticos	133
1.	Método de Gant	133
2.	Project Evaluation and Review Techniques (PERT)	134
a.	Diagrama.....	134
B.	Presupuesto	135
1.	Cotizaciones.....	135
2.	Elaboración del presupuesto	135
C.	Plan de lanzamiento	136
1.	Logotipo del equipo	137
2.	Logotipo:.....	137
3.	Análisis 4 P's	138
D.	Patrocinios.....	150
E.	Bussines local case (BLC).....	152
1.	Análisis económico financiero.....	156
F.	Logística de transporte, gastos y papeleo	157
VIII.	RESULTADOS.....	161

A.	Resultados chasis	161
1.	Análisis del chasis como modelo de viga empotrada.....	161
2.	Análisis de deformación del chasis debido a las fuerzas provocadas por la aceleración	162
3.	Cálculo de la rigidez torsional del chasis	162
B.	Resultados suspensión y direccionamiento	163
C.	Resultados sistema eléctrico y electrónico	167
D.	Resultados administración del proyecto.....	175
1.	Actividades y componentes críticos.....	175
2.	Presupuesto	175
3.	Business Logical Case	175
IX.	DISCUSIÓN	178
X.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	183
A.	Patrocinios.....	183
B.	Business Logical Case.....	184
1.	Costos	184
2.	Análisis económico-financiero.	185
C.	Logística de transporte, gastos y papeleo	186
1.	Logística global.....	186
2.	Fórmula SAE	186
XI.	CONCLUSIONES	187
XII.	RECOMENDACIONES	189
XIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	191
XIV.	ANEXOS.....	196

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1 Dimensiones de las secciones tubulares o rectangulares, utilizado en el chasis de FSAE.	12
Cuadro No. 2 Datos estándar de percentil masculino y femenino, FSAE.	13
Cuadro No. 3 Equivalencia de electrodos recomendados.....	18
Cuadro No. 4 Rangos típicos de corriente en Amperios	19
Cuadro No. 5 Ejemplo de rótulo de designación.	36
Cuadro No. 6 Matriz de decisión para el chasis	49
Cuadro No. 7 Requerimientos del chasis.....	49
Cuadro No. 8 Peso de los componentes montados en el chasis.....	60
Cuadro No. 9 Propiedades del material ASTM a500 grado B, sección circular.....	60
Cuadro No. 10 Propiedades mínimas que requiere FSAE.....	61
Cuadro No. 11 Requerimientos para el criterio de selección del material.	61
Cuadro No. 12 Descripción de los requerimientos del sistema de direccionamiento	63
Cuadro No. 13 Decisiones a <i>priori</i> para el diseño del engrane	64
Cuadro No. 14 Coeficientes de la fórmula de la llanta considerando F_z	69
Cuadro No. 15 Coeficientes de la fórmula de la llanta considerando el ángulo de cámber.....	69
Cuadro No. 16 Parámetros de diseño para el engrane.	72
Cuadro No. 17 Velocidades de corte promedio para distintos materiales.	74
Cuadro No. 18 Requerimientos del sistema de suspensión impuestas por la competencia.	75
Cuadro No. 19 Consumidores de conexión breve o prolongada para el vehículo.	80
Cuadro No. 20 Consumidores de conexión breve para el vehículo.	80
Cuadro No. 21 Cálculo de la corriente mínima requerida para el alternador.	80
Cuadro No. 22 Calibre para los conductores de los elementos eléctricos.	82
Cuadro No. 23 Requerimientos del microcontrolador.....	87
Cuadro No. 24 BTDC contra RPM para un un Mazda MX-5 1.6 litros.	92
Cuadro No. 25 Valor de RPM del motor contra cantidad del ángulo BTDC traducido a tiempo	93
Cuadro No. 26 Mapa de encendido.	94
Cuadro No. 27 Conteo del Timer 0 contra el Timer 1.....	97
Cuadro No. 28 Codificación para el envío de la información de los sensores.	99
Cuadro No. 29 Resumen presupuesto por módulos.....	136
Cuadro No. 30 Precio vehículo GT-17.....	139
Cuadro No. 31 Time line de medios.....	149
Cuadro No. 32 Cost Inputs	153
Cuadro No. 33 BOM	154
Cuadro No. 34 Resumen básico de costos.....	155
Cuadro No. 35 Deformación mínima y máxima del chasis con las propiedades ASTM a500 grado B.	161

Cuadro No. 36 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad del chasis con ASTM a500 grado B.....	161
Cuadro No. 37 Deformación mínima y máxima del chasis con propiedades del reglamento de FSAE.	161
Cuadro No. 38 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad del chasis con material definido de FSAE. 161	
Cuadro No. 39 Deformación mínima y máxima debido a la aceleración con ASTM a500 grado B.	162
Cuadro No. 40 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad por fuerzas de aceleración.	162
Cuadro No. 41 Deformación mínima y máxima debido a la aceleración, con las propiedades de FSAE. ..	162
Cuadro No. 42 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad por fuerzas de aceleración.	162
Cuadro No. 43 Rigidez torsional y deformación direccional en el eje Z.	162
Cuadro No. 44 Características del sistema de direccionamiento.	163
Cuadro No. 45 Lista de materiales de los elementos del direccionamiento	164
Cuadro No. 46 Verificación de requerimientos de direccionamiento.	164
Cuadro No. 47 Características de la suspensión frontal	165
Cuadro No. 48 Características de la suspensión trasera	166
Cuadro No. 49 Lista de materiales de los elementos de la suspensión	166
Cuadro No. 50 Listado de componentes eléctricos del vehículo.	168
Cuadro No. 51 Análisis VA y VNA a 18 meses	175
Cuadro No. 52 Análisis VA y VNA a 24 meses	176
Cuadro No. 53 Flujo de caja actual	176
Cuadro No. 54 Flujo de caja esperado.....	177

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Skidpad FSAE.....	7
Figura No. 2 Chasis de escalera	8
Figura No. 3 Chasis multitubular	9
Figura No. 4 Chasis tipo cercha	9
Figura No. 5 Chasis tipo monocasco	10
Figura No. 6 Partes del chasis de FSAE.....	11
Figura No. 7 Número de dimensión que se muestra en el Cuadro No. 2.....	13
Figura No. 8 Dimensiones en milímetros de percentil masculino en postura de manejo.	14
Figura No. 9 Formas de triangulación permisible por FSAE.	14
Figura No. 10 Configuración general de una suspensión “double wishbone”	20
Figura No. 11 Configuración general de una suspensión “Trailing arm”.....	21
Figura No. 12 Configuración general de una suspensión “Multi-Link”.....	21
Figura No. 13 Configuración semi-independiente de una suspensión “double wishbone”	22
Figura No. 14 Configuración general de una suspensión dependiente	22
Figura No. 15 Representación del cetro instantáneo en el sistema de suspensión.....	24
Figura No. 16 Sistema de direccionamiento piñón cremallera.....	25
Figura No. 17 Sistema de direccionamiento por tornillo sin fin.....	26
Figura No. 18 Geometría de Ackermann.....	27
Figura No. 19 Ángulo de Cámbor	27
Figura No. 20 Ángulo de cáster.....	28
Figura No. 21 Divergencia (toe out) y convergencia (toe in) de las llantas.	28
Figura No. 22 Efecto del Sobreviraje.....	29
Figura No. 23 Efecto del Subviraje.	29
Figura No. 24 Representación del circuito eléctrico de carga.	31
Figura No. 25 Batería de plomo-ácido.	32
Figura No. 26 Estructura de un alternador compacto.	33
Figura No. 27 Curvas características del alternador trifásico tipo N1.	35
Figura No. 28 Motor de explosión.	37
Figura No. 29 Esquema eléctrico del sistema de encendido.....	39
Figura No. 30 Esquema eléctrico del sistema de arranque.	39
Figura No. 31 Interruptor de luz de freno.....	40
Figura No. 32. Diagrama de flujo para la ignición programada.	42
Figura No. 33 Ubicación del sensor de posición del cigüeñal.....	43
Figura No. 34 Ángulo de avance del tiempo de encendido para un motor.	44
Figura No. 35 WBS del módulo de estructura.....	46

Figura No. 36 Chasis tubular, opción A.	47
Figura No. 37 Monocasco, opción B.	47
Figura No. 38 Monocasco con estructura tubular, opción C.	48
Figura No. 39 Nomenclatura del chasis	55
Figura No. 40 Vista inferior del diseño del chasis.....	56
Figura No. 41 Vista inferior del chasis sin cotas y con la estructura tubular implementada.	56
Figura No. 42 Vista frontal del chasis	57
Figura No. 43 Requerimientos T.3.10.3.1 y T.3.10.3.2.....	58
Figura No. 44 Validación de los requerimientos T.3.10.3.1 y T.3.10.3.2.	58
Figura No. 45 Ángulo entre “main roll ” y el “main bracing”. Entre “front roll hoop” y “front bracing”. ...	59
Figura No. 46 Distribución del peso en las llantas del vehículo.....	62
Figura No. 47 Diseño del piñón y cremallera.....	64
Figura No. 48 Diagrama de cuerpo libre sobre los neumáticos al momento de direccionarlos.	64
Figura No. 49 Diagrama de fuerzas y momentos definido por la SAE	65
Figura No. 50 Medición de la distancia entre llantas y altura del centro de masa.	66
Figura No. 51 Diagrama del momento debido al ángulo de cámber.	66
Figura No. 52 Momento debido al cámber con $d=25\text{mm}$ y $\lambda=10^\circ$, generada en MATLAB®	67
Figura No. 53 Diagrama del momento debido al ángulo de cáster.....	67
Figura No. 54 Momento debido al cáster con $d=25\text{mm}$ y $v=5^\circ$, generada en MATLAB®.....	68
Figura No. 55 Momento total generado por la fuerza normal, generada en MATLAB®	68
Figura No. 56 Fuerza lateral dependiendo el ángulo de desliz, generada en MATLAB®	70
Figura No. 57 Momento de alineamiento vs del ángulo de desliz, generada en MATLAB®.....	71
Figura No. 58 Momento neto vs el ángulo de desliz, generada en MATLAB®	72
Figura No. 59 Diseño del sistema de direccionamiento	74
Figura No. 60 Dimensiones de los brazos de suspensión frontales.	76
Figura No. 61 Dimensiones de los brazos de suspensión traseros.....	76
Figura No. 62 Ensamble entre balancín, push rod y soporte del sistema de suspensión	77
Figura No. 63 Sistema de suspensión para las llantas frontales	78
Figura No. 64 Sistema de suspensión para las llantas traseras	78
Figura No. 65 Circuito para la señal de activación de las bobinas de encendido.	81
Figura No. 66 Cables de encendido NGK.	83
Figura No. 67 Trigger Wheel.	86
Figura No. 68 PIC18F4550 elegido para el control del motor.	87
Figura No. 69 Circuito para reducir de 5V a 3.3V.	88
Figura No. 70 TPS contra tiempo de encendido.....	89
Figura No. 71 Diagrama de flujo para el encendido del motor.	90
Figura No. 72 Diagrama de flujo del cálculo del tiempo de encendido.	91

Figura No. 73 Gráfico para cantidad de desbordes del Timer2 contra el valor de conteo del Timer1.	93
Figura No. 74 Gráfico de temperatura contra voltaje para el sensor de temperatura del refrigerante.	95
Figura No. 75 Señal de un Knock Sensor.....	95
Figura No. 76 Circuito de acople para el “knock sensor”.	96
Figura No. 77 Gráfico de ganancia del filtro para el “knock sensor”.	96
Figura No. 78 Gráfico de conteo del Timer 0 contra el Timer 1 para la ventana del “knock sensor”.	98
Figura No. 79 XBee.	98
Figura No. 80 Inicio de la interfaz gráfica con un velocímetro y un indicador de nivel de combustible.	99
Figura No. 81 Esquemático del tablero.	100
Figura No. 82 Configuración del material ASTM a500 grado B en Ansys.....	102
Figura No. 83 Configuración de las propiedades que pide FSAE para los cálculos.....	102
Figura No. 84 Parámetros del primer mallado utilizado para el análisis del chasis.	103
Figura No. 85 Parámetros del primer mallado utilizado para el análisis del chasis.	103
Figura No. 86 Chasis con el primer mallado implementado	104
Figura No. 87 Chasis con el segundo mallado implementado.....	104
Figura No. 88 Parámetros del segundo mallado utilizado para el análisis del chasis.....	105
Figura No. 89 DCL para el modelado del chasis como viga empotrada de ambos extremos.....	105
Figura No. 90 Distancia entre apoyos	106
Figura No. 91 Límites de deflexión para aceros estructurales.....	106
Figura No. 92 Cargas y soportes en Ansys para la simulación del chasis.	107
Figura No. 93 Deformación total del chasis en la simulación con el material ASTM a500 Grado B	107
Figura No. 94 Esfuerzo de Von Mises del chasis en la simulación con ASTM a500 Grado B.....	108
Figura No. 95 Deformación total del chasis en la simulación con propiedades de FSAE.....	109
Figura No. 96 Esfuerzo de Von Mises del chasis en la simulación con propiedades de FSAE.....	109
Figura No. 97 DCL del chasis para el análisis de las fuerzas provocadas por la aceleración.....	110
Figura No. 98 Cargas aplicadas y soportes colocados para el análisis de las fuerzas por la aceleración.	111
Figura No. 99 Deformación total del chasis en el análisis de aceleración con ASTM a500 Grado B.....	111
Figura No. 100 Esfuerzo de Von-Mises del chasis en análisis por aceleración con ASTM a500 Grado B.....	112
Figura No. 101 Deformación total del chasis en el análisis de aceleración con propiedades de FSAE.	113
Figura No. 102 Esfuerzo de Von-Mises del chasis en análisis por aceleración con propiedades de FSAE.....	113
Figura No. 103 DCL del chasis para determinar la rigidez torsional.	114
Figura No. 104 DCL del chasis para el determinar la rigidez torsional, con soportes para la simulación.	115
Figura No. 105 Cargas aplicadas y soportes colocados en para el análisis de rigidez torsional.....	115
Figura No. 106 Deformación total del chasis para la rigidez torsional, con ASTM a 500 grado B.	116
Figura No. 107 Deformación en el eje Z, del chasis para la rigidez torsional, con ASTM a 500 grado B.....	116
Figura No. 108 Deformación total del chasis para la rigidez torsional, con propiedades de FSAE.	117
Figura No. 109 Deformación en el eje Z, del chasis para la rigidez torsional, con propiedades de FSAE.....	117

Figura No. 110 Valores de rigidez torsional para distintos vehículos de competencia	118
Figura No. 111 Condiciones para el análisis de elementos finitos del piñón y la cremallera	120
Figura No. 112 Mesh generado para el análisis de elementos finitos.....	120
Figura No. 113 Parámetros de la mesh utilizada para el engrane y cremallera	120
Figura No. 114 Esfuerzo en los dientes del piñón y la cremallera	121
Figura No. 115 Factor de seguridad. En los dientes del piñón y la cremallera.....	121
Figura No. 116 Diseño del cajón que sostiene al piñón y la cremallera.	122
Figura No. 117 Condiciones de la pieza trasera del cajón para el análisis en elementos finitos.	123
Figura No. 118 Condiciones de la pieza frontal del cajón para el análisis en elementos finitos.	123
Figura No. 119 Parámetros de la mesh utilizada para la parte trasera del cajón	124
Figura No. 120 Parámetros de la mesh utilizada para la parte frontal del cajón	124
Figura No. 121 Resultados del cálculo de esfuerzos en la pieza trasera del cajón.	124
Figura No. 122 Resultados del cálculo de factor de seguridad en la pieza trasera del cajón.....	125
Figura No. 123 Resultados del cálculo de esfuerzos en la pieza frontal del cajón.	125
Figura No. 124 Resultados del cálculo de factor de seguridad en la pieza frontal del cajón.....	126
Figura No. 125 Parámetros de la mesh utilizada para el eje de direccionamiento.....	126
Figura No. 126. Condiciones para el eje de direccionamiento.	127
Figura No. 127 Resultado del cálculo de esfuerzos en el eje de direccionamiento	127
Figura No. 128 Resultado del factor de seguridad para el eje de direccionamiento.....	128
Figura No. 129 Condiciones para los brazos frontales	129
Figura No. 130 Condiciones para los brazos traseros.....	129
Figura No. 131 Características de la mesh para los brazos delanteros	130
Figura No. 132 Características de la mesh para los brazos traseros	130
Figura No. 133 Resultado del análisis de esfuerzos en el brazo de la suspensión delantera	130
Figura No. 134 Resultado del análisis de factor de seguridad en el brazo de la suspensión delantera	131
Figura No. 135 Resultado del análisis de esfuerzos en el brazo de la suspensión trasera	131
Figura No. 136 Resultado del análisis de factor de seguridad en el brazo de la suspensión trasera	132
Figura No. 137 Logotipo del equipo	137
Figura No. 138 Plaza de distribución	140
Figura No. 139 Porcentaje de la tendencia en crecimiento del mundo deportivo	142
Figura No. 140 Tendencia en crecimiento del mundo deportivo en el 2015	143
Figura No. 141 Tarjeta de presentación vista frontal	146
Figura No. 142 Tarjeta de presentación vista trasera	146
Figura No. 143 Vista Externa trifoliar Fórmula GT	147
Figura No. 144 Vista interna trifoliar Fórmula GT	147
Figura No. 145 Banner Fórmula GT	148
Figura No. 146 Ciclo de vida categoría de vehículos de carrera	149

Figura No. 147 Ciclo de vida vehículo de carrera GT-17	150
Figura No. 148 Ensamble del Sistema de direccionamiento y el chasis.....	163
Figura No. 149 Elementos del sistema de direccionamiento.....	164
Figura No. 150 Ensamble del sistema de suspensión y el chasis	165
Figura No. 151 Elementos del sistema de suspensión	166
Figura No. 152 Integración de los módulos de direccionamiento y suspensión al chasis	167
Figura No. 153 Pulsos para encender cada cilindro del motor	169
Figura No. 154 Vista principal de la interfaz gráfica.	169
Figura No. 155 Gráfica desplegada en una pestaña adicional de la interfaz.	170
Figura No. 156 Generación del informe en Excel desde la interfaz gráfica	171
Figura No. 157 Ejemplo de reporte obtenido en Excel.	171
Figura No. 158 Fragmento del código de la interfaz gráfica programada en C#.....	172
Figura No. 159 LCD del tablero que despliega las RPM del motor y el nivel de combustible	173
Figura No. 160 Manejo de los displays de 7 segmentos desde el PIC16F887 del tablero.....	173
Figura No. 161 Fragmento del código del tablero programado en MikroC	174

RESUMEN

El documento que se presenta continuación trata sobre el diseño, análisis, manufactura y gestión administrativa para diseñar un vehículo con los lineamientos propuestos por la competencia fórmula SAE. Para el proceso de diseño se utilizó la metodología del curso Systems Engineering de la NASA debido a la escala del proyecto, el planteamiento de los requerimientos fue indispensable para esta etapa. Los módulos presentes en este trabajo son chasis, suspensión y dirección, eléctrico y electrónico, y gestión administrativa.

Para realizar el diseño de los componentes mecánicos, de los módulos de chasis, suspensión y dirección, se utilizó un diseño libre en base a las investigaciones preliminares y criterio propio. Para poder seleccionar entre el mejor modelo de diseño se aplica nuevamente una sección de la metodología utilizada. El software principal para el diseño físico del chasis es Inventor de la compañía de AutoDesk. Para poder determinar si el diseño elaborado era confiable y cumplía con la función de poder ensamblar en el las diferentes piezas que conforman el vehículo, y resguardar la seguridad física del conductor, se realizaron varias simulaciones en diferentes escenarios en ANSYS. Al final de las simulaciones se puede ver que las deformaciones que sufren los componentes mecánicos debido a cargas aplicadas. Con estos análisis se obtuvo un factor de seguridad de 15 en el chasis con los distintas fuerzas aplicadas, lo cual valida que es seguro. En los sistemas de dirección y suspensión se obtuvieron factores de seguridad mayores a 2 con las fuerzas más grandes a los que estarán sometidos, lo que valida el correcto funcionamiento de estos sistemas.

Para el módulo eléctrico y electrónico se cotizó cada uno de los componentes y sensores necesarios para el desarrollo del sistema eléctrico completo del vehículo y de la computadora del mismo. Así mismo se hizo el sistema de transmisión de datos del vehículo y se programó una interfaz gráfica para el monitoreo de los sensores. Para la computadora del vehículo, la cual es la encargada de controlar los ciclos de ignición del motor, se utilizó un microcontrolador PIC.

La parte administrativa del proyecto proporciona una estructuración adecuada del proyecto para poder alcanzar los objetivos del mismo. Por otra parte se implementan estrategias que permiten el conocimiento del proyecto hacia posibles patrocinadores para financiar el mismo. La verificación de viabilidad del proyecto por medio de un análisis de costos a detalle entiéndase cada componente, material, mano de obra, etc., que se implementará en el carro, en el plazo en el que se piensa diseñar, fabricar, ensamblar y poner a prueba el vehículo, esto para entender si vale la pena invertir en este tipo de proyectos, y bajo qué condiciones se podría, para que sea una fuente de innovación en Guatemala. Por último comprender la estrategia de exportación y reimportación del vehículo, siendo este un vehículo de exportación temporal, ya que sale del país, familiarizarse con las leyes que establecen USA y la Fórmula SAE.

I. INTRODUCCIÓN

El programa de SAE International, Fórmula SAE, es una competencia a nivel de diseño mecánico, eléctrico y electrónico, enfocado para estudiantes de ingeniería. Esta competencia brinda al participante la oportunidad de mejorar sus habilidades en diseño de ingeniería y gestión de proyectos mediante la aplicación de los conceptos aprendidos durante el curso de su carrera universitaria.

SAE International cuenta con varios países como sede para dicha competencia, entre los cuales están: Estados Unidos, Brasil, Australia, Austria, Alemania, Italia, Japón y Reino Unido. En todas las sedes de dicha competencia se maneja el mismo objetivo, el cual es diseñar el vehículo de carreras al cual se le calificara por diseño, rendimiento y costo total del vehículo, esto es porque la idea central de la competencia trata de que Fórmula SAE juega el rol de una empresa, ficticia, de fabricación de vehículos de carreras y la empresa ha contratado a un equipo de especialistas en el tema, para desarrollar un vehículo tipo Fórmula, el cual es evaluado como un elemento de producción en masa.

En el presente trabajo se detalla el diseño del chasis, del sistema de dirección y suspensión, y del sistema eléctrico y electrónico del vehículo; así como toda la información administrativa y financiera del proyecto. Cada módulo presentado tiene un rol fundamental en el vehículo, el chasis es el esqueleto del mismo y es el que brinda en mayor parte la seguridad al piloto; el sistema de dirección permite el control sobre el movimiento del vehículo y el sistema de suspensión es quien absorbe toda irregularidad que exista en el terreno; el sistema eléctrico y electrónico permite en conjunto el encendido del motor y que este siga funcionando, mientras que el análisis financiero evalúa la viabilidad del proyecto y el costo del mismo.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL DEL MEGAPROYECTO

- Diseñar y construir un vehículo para participar en la competencia Fórmula SAE Michigan 2018.

B. GENERALES POR MÓDULO

1. Chasis
 - Diseñar un chasis de acero al bajo carbono con secciones circulares, que cumpla con los requerimientos dados por fórmula SAE y que apruebe la competencia estática y dinámica.
2. Dirección y suspensión
 - Diseñar los sistemas de direccionamiento y de suspensión de un vehículo Formula SAE que cumplan con todos los requerimientos de la competencia.
3. Sistema eléctrico y electrónico
 - Diseñar un sistema eléctrico fiable y robusto, que cumpla con los requerimientos de la competencia.
 - Diseñar y ensamblar una ECU que permita el control eficiente del motor, despliegue de variables y envío de datos para la toma de decisiones durante la competencia y así velar por la seguridad del piloto.
4. Administración y logística
 - Desarrollar la estrategia que permita obtener fondos para realizar la construcción y logística de transporte del vehículo para el proyecto Fórmula SAE.

C. ESPECÍFICOS POR MÓDULO

1. Chasis
 - Evaluar los tipos de chasis que existen y tener el criterio para seleccionar el adecuado y llevar a cabo el diseño del chasis.
 - Identificar todos los requerimientos con los que el chasis debe cumplir.
 - Realizar diferentes análisis por elementos finitos para conocer el comportamiento del chasis en los distintos ambientes que será sometido durante las distintas pruebas de competición y así lograr validar el factor de seguridad y deflexión de los distintos elementos que conforman el chasis.

- Diseñar un chasis que sea compatible con el módulo de potencia, frenos, suspensión y diferencial.
- Manufacturar el chasis y validar que cumpla con lo establecido en el diseño del mismo.
- Lograr un factor de seguridad mayor a 2, para poder confirmar que el diseño es seguro.

2. Dirección y suspensión

- Realizar un diseño de un sistema de suspensión y dirección completo en el software Inventor.
- Realizar diseños manufacturables utilizando herramientas presentes en la Universidad del Valle de Guatemala
- Generar una lista de materiales necesarios para la manufactura de los sistemas de suspensión y dirección.
- Realizar análisis de esfuerzos en los sistemas de suspensión y dirección para asegurarse de su correcto funcionamiento.

3. Sistema eléctrico y electrónico

- Realizar una correcta estimación de las cargas eléctricas del vehículo, que permita un dimensionamiento adecuado del alternador que mantenga cargada la batería, y por consecuencia, la alimentación estable de todos los componentes.
- Seleccionar un microcontrolador que cumpla con los requerimientos necesarios para el control del motor y programarlo para desempeñar dicha tarea.
- Seleccionar los sensores que midan las variables requeridas para el control del motor, diseñando además los circuitos necesarios para adecuar las señales enviadas al microcontrolador.
- Diseñar una interfaz gráfica que permita al equipo conocer el estado de las variables medidas y un tablero funcional que muestre dichas variables al piloto.

4. Administración y logística

- Definir las actividades y componentes críticos del proyecto que permitirán la construcción exitosa del vehículo.
- Calcular un presupuesto total para la implementación del proyecto.
- Dar a conocer el proyecto a patrocinadores para que proporcionen el financiamiento de los componentes necesarios para manufactura del vehículo, gastos administrativos y logística de transporte.
- Realizar un análisis económico financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

III. JUSTIFICACIÓN

SAE International promueve la competencia denominada Fórmula SAE, en la cual participan estudiantes universitarios de todo el mundo. Esta competencia promueve a cada estudiante a desafiarse a sí mismo y aprender la comunicación y trabajo grupal. Fórmula SAE promueve carreras y la excelencia en ingeniería, ya que abarca todos los aspectos de la industria automovilística, incluyendo la investigación, diseño, fabricación, pruebas, comercialización, administración, costos, mercadeo, publicidad y finanzas.

Para nosotros, estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala, esta competencia es un reto doble, ya que somos el primer equipo en Centro América en construir un vehículo de carreras siguiendo los lineamientos de SAE, para competir en Fórmula SAE Michigan 2018.

El chasis es una de las partes más importantes que conforman al vehículo, dado que a él se unen los otros módulos como lo son: módulo de suspensión, direccionamiento, frenos, potencia, transmisión, etc. y adicional debe resguardar la seguridad física del conductor.

Para poder controlar el movimiento del vehículo es necesario un sistema de direccionamiento. Dicho sistema es el medio de comunicación entre el piloto y el vehículo por lo que es sumamente importante que no falle en ningún momento para asegurar la seguridad del piloto dentro del vehículo.

Para que el vehículo sea seguro ante las irregularidades del terreno y que tenga una mejor maniobrabilidad es necesario que este cuente con un sistema de suspensión que amortigüe los golpes recibidos desde las llantas del vehículo y las mantenga pegadas al suelo. Así mismo este sistema es necesario por motivos de seguridad ya que reduce los esfuerzos transmitidos directamente al vehículo y al piloto.

En el caso del sistema eléctrico y electrónico, el vehículo requiere de una serie de cargas eléctricas, que proveen el motor de los actuadores necesarios para iniciar su funcionamiento y permitir que el vehículo inicie su movimiento, por lo cual estos componentes (batería, alternador, entre otros) deben ser dimensionados acorde a los requerimientos del vehículo, así mismo, la computadora y sensores son quienes controlan el encendido del motor y que este continúe funcionando, acoplándose a las condiciones de trabajo del mismo.

Y para la administración del proyecto, es necesario realizar un análisis financiero pues el objetivo de la competencia es el desarrollo de un vehículo que será producido en masa, por lo que debe conocerse el costo de elaboración del mismo. Esta información también toma importancia en el hecho de que el producto, es decir el vehículo, debe ser comercializado con un plan de mercadeo, por lo que para venderle la idea a otras empresas, se debe determinar exactamente cuál debe ser la inversión que debe realizar.

IV. MARCO TEÓRICO

A. COMPETENCIA ESTÁTICA

1. Inspección técnica. La inspección técnica trata sobre determinar si el vehículo cumple con lo establecido en el reglamento de FSAE. Esta inspección no tiene puntaje alguno.

Cada vehículo debe pasar todas las partes que la inspección técnica, prueba de vehículo y verificación de calcomanías, antes de que este participe en cualquier evento dinámico o prueba individual dentro de la pista.

Lo que se verifica en esta inspección, es lo siguiente:

- a. Vehículo
- b. Forma completa de inspección técnica
- c. Neumáticos secos y húmedos.
- d. Equipo del conductor
- e. Extinguidores de fuego
- f. Barra de empuje
- g. Certificado de requerimientos estructurales
- h. Reporte de atenuador de impacto
- i. Todos los integrantes inscritos en la competencia

El proceso de inspección consta de la verificación mecánica, que trata de que se cumplan todos los requerimientos del manual de fórmula SAE; el equipo debe pasar esta inspección para poder continuar con las siguientes pruebas. La segunda inspección consiste en colocar el vehículo sobre una mesa de inclinación, la cual se eleva a 45° para verificar que no se derrame ninguno de los fluidos utilizados en el vehículo. Después se inclina a 60° para verificar la estabilidad de ensamblado del vehículo; de igual forma es necesario que el equipo pase esta inspección para poder continuar en dicho proceso. La tercera fase de inspección, trata de verificar ruido, switch maestro y prueba de frenos. Al finalizar la inspección, si hubiese pequeños ajustes del vehículo, se realizan dichos ajustes, se coloca la calcomanía de inspección y está ya le da validez al vehículo para poder continuar en la competencia.

2. Costo y manufactura. El evento estático de costo y manufactura consta de tres partes. La primera trata de que el equipo haya presentado de antemano e incluido la información de costos, esta información incluye todos los detalles que se invierten para poder manufacturar el vehículo, esto abarca desde el motor que se le coloca, hasta el tiempo que se invierte en el diseño, fabricación y manufactura del mismo. La segunda parte consiste en la inspección del vehículo por el jurado calificador, y así ellos se aseguran que el informe presentado refleja con precisión las piezas reales y demás detalles que se utilizaron para la fabricación del vehículo. La tercera parte es un reto en el que los estudiantes deben responder a una pregunta relacionada con la fabricación del vehículo.

3. Presentación. En este evento los miembros del jurado calificador asumen el rol de inversionistas en el mercado automovilístico. El equipo debe lanzar su modelo de negocio incluyendo el análisis de mercado, el análisis de costos y manufactura, y el análisis de rentabilidad. Para concluir este evento las presentaciones de cada equipo son ponderadas según la rúbrica de Fórmula SAE.

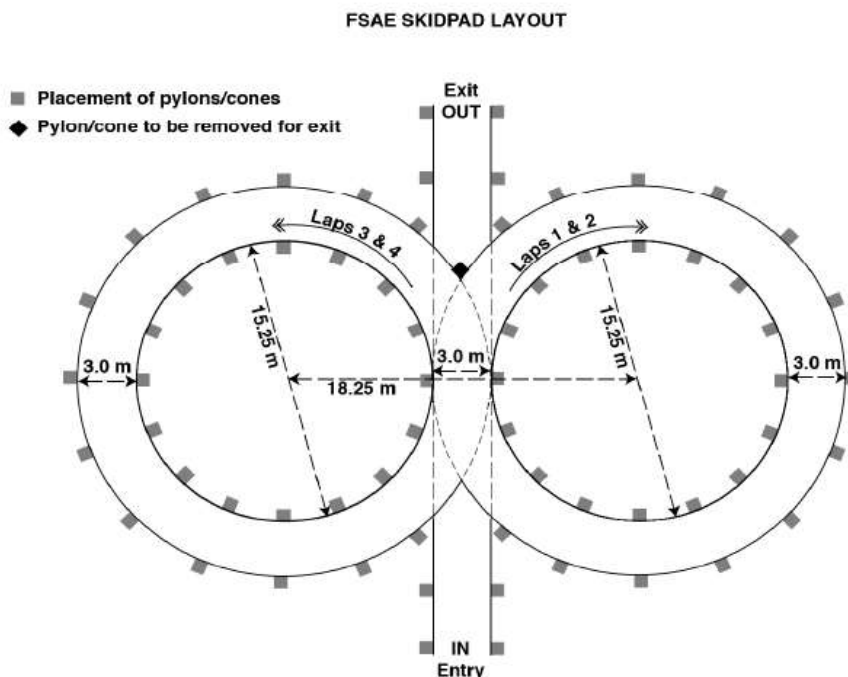
4. Diseño. Dentro de los tres eventos estáticos que obtienen puntaje, el evento de diseño es el que más ponderación tiene y por lo tanto lo hace el más importante. En este evento el jurado calificador efectúa la inspección y análisis del diseño mecánico del automóvil y evalúan el trabajo de ingeniería y creatividad realizado por los estudiantes. Durante este evento, el jurado calificador es muy estricto, riguroso y minucioso, y con frecuencia llevan a los miembros del equipo hasta el límite de sus conocimientos, esto es con el fin de averiguar hasta dónde es que los estudiantes han ido en conocimiento para lograr diseñar las piezas o sistemas y el criterio para la selección de componentes. La primera fase de selección de diseño tiene una duración de sólo diez minutos, después de lo cual el 10 por ciento de los equipos tienen la segunda llamada para el diseño en semifinales, y se les brinda más tiempo para mostrar sus diseños y su experiencia. Desde aquí, los cinco primeros equipos son seleccionados para la fase final. Se considera muy prestigioso lograr pasar la primera ronda de diseño debido al alto nivel de competencia y porque cada vez es mayor el nivel de calidad de los vehículos.

B. COMPETENCIA DINÁMICA

1. Aceleración. El evento de aceleración pone a prueba la aceleración del vehículo y la tracción del mismo. La línea de carrera tiene una longitud de 75 metros y aproximadamente 4.5 metros de ancho, desde el punto de salida hasta la meta. Se colocan conos a lo largo de los bordes de la línea de carrera, a intervalos de aproximadamente 20 pies.

2. Skidpad. El evento de Skidpad es la prueba para poder evaluar el rendimiento que tiene la suspensión y el chasis del automóvil. Esto se logra midiendo el máximo agarre que el vehículo muestra en las curvas con un radio de giro constante en una superficie plana. Los vehículos deben poder pasar una pista con forma de “8”. La pista de Skidpad se muestra en la Figura No. 1.

Figura No. 1 Skidpad FSAE



(Imagen tomada de: “2016 Formula SAE Rules”, pág. 160)

3. Autocross. Este evento se realiza para evaluar la maniobrabilidad del vehículo y cualidades del manejo. Esta prueba combina las características de rendimiento de aceleración, frenado y curvas en un solo evento. La velocidad máxima que se sugiere en este evento es rango entre 40 km/h y 48km/h o su equivalente en millas, 25mph y 30mph. La longitud de pista de esta prueba es aproximadamente de media milla y los conductores deben completar específico número de vueltas. Esta prueba se califica por el tiempo en que lleve dar la cantidad de vueltas especificadas. Se tendrá cuatro oportunidades en esta prueba, dos por cada piloto.

4. Eficiencia. La eficiencia del vehículo se mide paralelo con la prueba de resistencia. La eficiencia en condición de competencia es importante en la mayoría de competencias de vehículos. Y esto también muestra lo bien que se diseñó el vehículo para carreras. La ponderación de eficiencia será asignada según el rendimiento del combustible. Durante la prueba no se podrá realizar ninguna recarga de combustible. La eficiencia se basa en una medida de la cantidad de combustible consumido o la energía utilizada y el tiempo de vuelta durante el evento de resistencia.

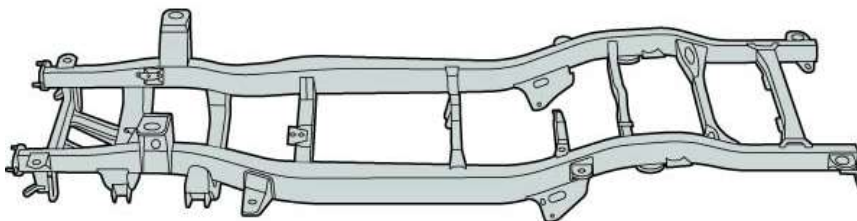
5. Resistencia. El evento de resistencia está diseñado para evaluar el rendimiento global del vehículo y para poner a prueba la durabilidad y fiabilidad del vehículo. La velocidad promedio debe estar entre 48km/h a 57km/h y como velocidad máxima, aproximadamente 105 km/h. El evento tiene una distancia de 22 km de longitud.

C. ¿QUÉ ES EL CHASIS?

El chasis de un vehículo es el armazón sobre el que se montan y sujetan todos los mecanismos, soportando el peso del motor, caja de velocidades, etc. y quedando otros sujetos a él, como lo son la suspensión y las ruedas (Alonso, Técnicas del Automóvil: Chasis, 2008). Entre los diferentes tipos de chasis, se encuentran:

1. Chasis en escalera o bitubo. Este tipo de chasis consiste en dos vigas de sección tubular laterales y ambas son unidas por medio de refuerzos transversales, diagonales dos a dos. Estos refuerzos entregan rigidez a torsión y permite fijar los componentes. Este tipo de chasis son pesados y no muy buenos en rigidez torsional, la ventaja que tienen es que son fáciles de diseñar y maquinar (Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015).

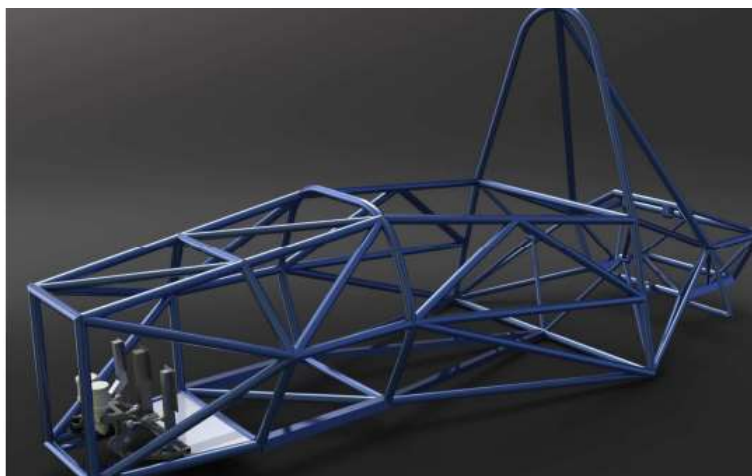
Figura No. 2 Chasis de escalera



(Mateus, Miguel, 2009)

2. Chasis multitubular. Es un chasis tubular que tiene cuatro miembros laterales y poca o ninguna triangulación entre estos. Tiene una mayor resistencia a la torsión que el chasis de escalera. Para contrarrestar la falta de triangulación requiere un tubo de gran diámetro (Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015). La durabilidad de este tipo de chasis depende del peso, porque las garfas a flexión en las juntas soldadas lo hacen frágil (Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015).

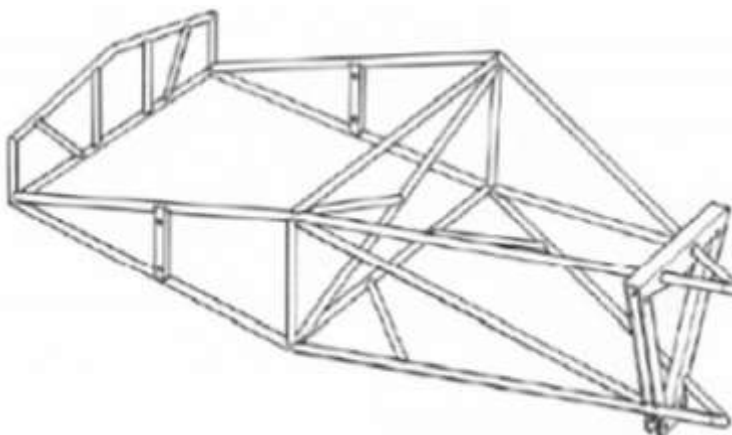
Figura No. 3 Chasis multitubular



(Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015)

3. Chasis de cercha. El chasis de cercha en el espacio es una estructura isostática. Las juntas podrían ser reemplazadas por rótulas haciendo que las cargas en todos los miembros sean de tensión-compresión. Es uno de los chasis más eficientes desde el punto de vista estructural sólo superado por el chasis monocasco. La diferencia de rigidez entre ambos tipos de chasis no justifica el incremento de precio. El chasis cercha ideal sería una caja rectangular con todas sus caras diagonalizadas. Sin embargo, este chasis es imposible en la práctica, por lo que se tiende a realizar varios submarcos sobre los que se intenta hacer cerchas. Los costos de fabricación y el diseño de las matrices de soldadura del chasis son altos, sin embargo la materia prima es económica (Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015).

Figura No. 4 Chasis tipo cercha



(García, 2012)

4. Chasis monocasco. El chasis monocasco fue tomado de aplicaciones aeronáuticas. Tiene como principio que las cargas sean absorbidas por la piel (carcaza) del dispositivo (Singh, 2010). Consisten en una estructura formada a partir de finas láminas de acero soldadas entre sí que garantizan la construcción de un solo bloque continuo de material. Con diseños adecuados las láminas del chasis pueden ser de espesores diminutos, mucho más eficiente que los chasis tipo cercha. Recientemente, la implementación de materiales compuestos ha revolucionado el desempeño de estos bastidores dada la disminución de pesos sin sacrificio de rigidez y resistencia (Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015).

Figura No. 5 Chasis tipo monocasco

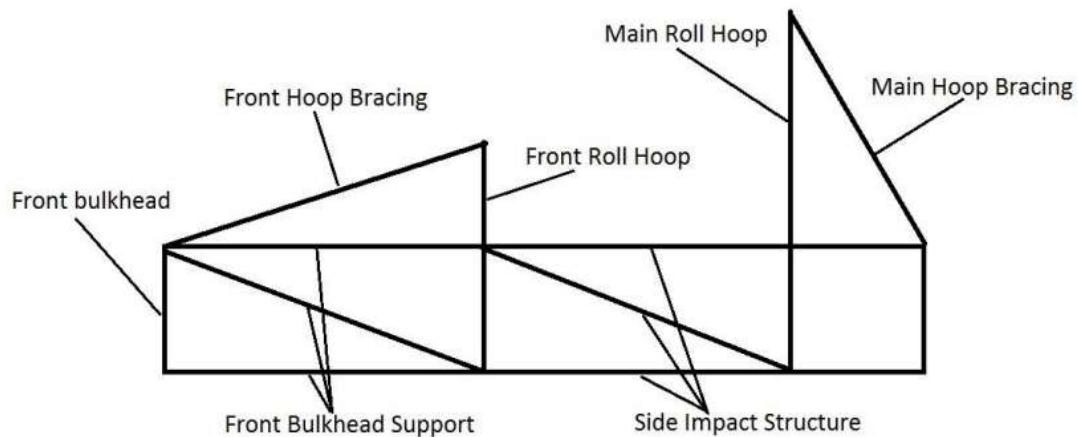


(Violi, 2012)

D. CHASIS EN FÓRMULA SAE

1. Partes del chasis. Para diseñar el chasis del vehículo de competencias tipo Fórmula SAE existen lineamientos dados por la SAE internacional que se deben cumplir. El reglamento dicta partes obligatorias por las que se debe componer el chasis, las cuales se pueden ver en la Figura No. 6.

Figura No. 6 Partes del chasis de FSAE



Para que sea más familiar el nombre de cada miembro que constituye al chasis, a continuación se describe brevemente cada parte.

- Main Hoop: Una barra antivuelco situado al lado o detrás del torso del conductor.
- Front Hoop: Una barra antivuelco situada por encima de las piernas del conductor, en la proximidad del volante.
- Roll Hoops: Tanto el “Front Hoop” y el “Main Hoop” están clasificados como “Roll Hoops”
- Roll Hoops bracing supports: Estructura desde el extremo inferior del “Roll hoop bracing” y de vuelta al “Roll hoop(s)”.
- Frame member: Una mínima pieza representativa única de tubos sin cortar, continúa.
- Frame: El “Frame” es el conjunto estructural que soporta los sistemas funcionales del vehículo. Este conjunto puede ser una sola estructura soldada, múltiples estructuras soldadas o una combinación de estructuras de materiales compuestos y soldados
- Primary structure: La estructura primaria se compone de los siguientes “Frame components”:
 - i. Main Hoop,
 - ii. Front Hoop,
 - iii. Roll Hoop Braces and Supports,
 - iv. Side Impact Structure,
 - v. Front Bulkhead,
 - vi. Front Bulkhead Support System and
 - vii. All Frame Members, guides and supports that transfer load from the Driver’s Restraint System into items 1 through 6.

- “Major Structure of the Frame”: La parte del “Frame” que se encuentra dentro de la envolvente definida por la estructura primaria. La parte superior del “Main Hoop” y del “Main hoop bracing” no están incluidos en la definición de envolvente.
- “Front Bulkhead”: Una estructura plana que define el plano de avance de la “Major Structure of the Frame” y funciones para proporcionar protección a los pies del conductor.
- “Impact Attenuador”: Un dispositivo de absorción de energía deformable, que se encuentra delante del “Front bulkhead”.
- “Side Impact Zone”: El área del lado del automóvil que se extiende desde la parte superior del suelo a 350 mm (13,8 pulgadas) por encima del suelo y del “Front Hoop” back de vuelta al “Main Hoop”.

2. Secciones tubulares que conforman el chasis. La SAE brinda una tabla con los espesores mínimos, para las secciones tubulares que conforman el chasis. Ver Cuadro No. 1

Cuadro No. 1 Dimensiones de las secciones tubulares o rectangulares, utilizado en el chasis de FSAE

MIEMBRO O APLICACIÓN	DIMENSIÓN EXTERIOR X ESPESOR DE PARED
Main & Front Hoops, Shoulder Harness Mounting Bar	Round 1.0 inch (24.5mm) x 0.095 inch (2.4 mm) Or Round 25.0 mm x 2.50 mm metric
Side Impact Structure, Front Bulkhead, Roll Hoop Bracing, Driver’s Resraint Harness Attachment EV: Accumalator Protection Structure	Round 1.0 inch (25.4 mm) x 0.065 inch (1.65 mm) Or Round 25.0 mm x 1.75 mm metric Or Round 25.4 mm x 1.60 mm metric Or Square 1.00 inch x 1.00 inch x 0.047 inch Or Square 25.0 mm x 25.00 mm x 1.20 mm metric
Front Bulckhead Support, Main Hoop Bracing Supports EV: Tractive System Components	Round 1.0 inch (25.4 mm) x 0.047 inch (1.20 mm) Or Round 25.0 mm x 1.5 mm metric Or Round 26.0 mm x 1.2 mm metric

(Imagen tomada de FSAE rules)

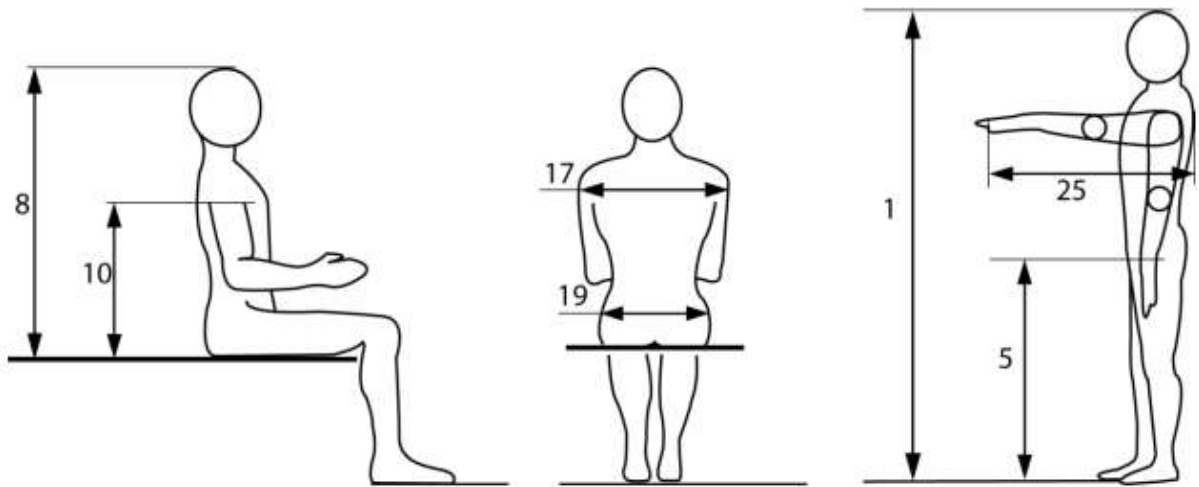
3. Percentil 95avo masculino y percentil 5to femenino

Cuadro No. 2 Datos estándar de percentil masculino y femenino, FSAE.

Dimensión #	Dimensión	Medidas			
		Percentil 95avo Masculino		Percentil 5to femenino	
		Métrico	Imperial	Métrico	Imperial
	Peso	102 kg	225 #	49 kg	108 #
1	Altura, postura de pie	186.5 cm	73.4 in	151.5 cm	59.6 in
5	Altura de cadera	100.0 cm	39.4 in	74.0 cm	29.1 in
8	Altura, postura sentada	97.0 cm	38.2 in	79.5 cm	31.3 in
10	Altura del hombro, sentado	64.5 cm	25.4 in	50.5 cm	19.9 in
17	Ancho de hombro sentado	50.5 cm	19.9 in	37.5 cm	14.8 in
19	Ancho de cadera	40.5 cm	15.9 in	31.0 cm	12.2 in
25	Longitud de hombro	71.5 cm	28.1 in	55.5 cm	21.9 in
30	Largo de pie	28.5 cm	11.2 in	22.0 cm	8.7 in
31	Ancho de pie	11.0 cm	4.3 in	8.5 cm	3.3 in

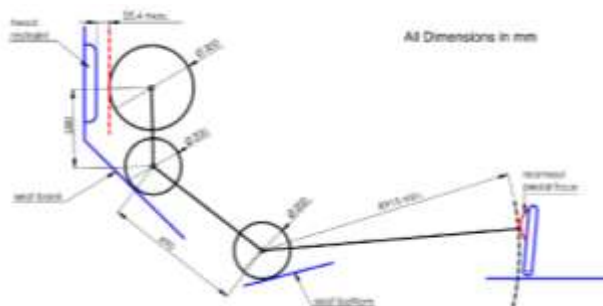
(Imagen tomada de FSAE rules)

Figura No. 7 Número de dimensión que se muestra en el Cuadro No. 2



(Imagen tomada de FSAE rules)

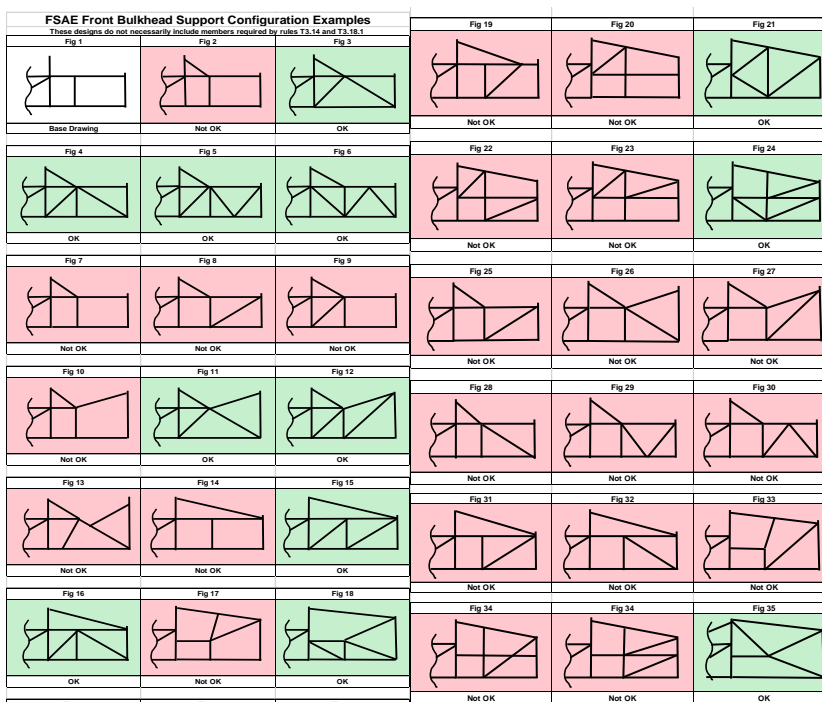
Figura No. 8 Dimensiones en milímetros de percentil masculino en postura de manejo.



(Imagen tomada de FSAE rules)

4. Triangulación correcta de chasis. Un elemento triangulado de manera correcta es un arreglo de los miembros que conforman el chasis, proyectado sobre un plano, donde una carga coplanar se aplica en cualquier dirección, en cualquier nodo y esto da como resultado solamente fuerzas de compresión en los elementos que conforman el chasis, por eso es importante realizar una buena triangulación como se ve en la Figura No. 9.

Figura No. 9 Formas de triangulación permisible por FSAE.



(Imagen tomada de FSAE rules)

E. MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL CHASIS

Existe una variedad extensa de materiales industriales, sin embargo para la fabricación del chasis, nos enfocaremos en los aceros. En la rama de los aceros existen distintas clasificaciones y designaciones normalizadas.

Para la designación hay dos para cada tipo de material, una simbólica y otra numérica (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.). La designación simbólica normalmente expresa características físicas, químicas o tecnológicas del material; mientras que la designación numérica es expresada en una codificación alfanumérica que tiene un sentido de orden o de clasificación de elementos en grupos para facilitar la identificación del material (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

Algunas normativas de aceros son:

1. ASTM: La norma ASTM (American Society for Testing and Materials) no especifica la composición directamente, sino que más bien determina la aplicación o su ámbito de empleo. Por tanto, no existe una relación directa con las normas de composición (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

El esquema general que esta norma emplea para la numeración de los aceros es: YXX

Donde:

Y es la primera letra de la norma que indica el grupo de aplicación según la siguiente lista:

- A: si se trata de especificaciones para aceros.
- B: especificaciones para no ferrosos.
- C: especificaciones para hormigón, estructuras civiles.
- D: especificaciones para químicos, así como para aceites, pinturas, etc.
- E: si se trata de métodos de ensayos.

2. AISI: La norma AISI (American Iron and Steel Institute) utiliza un esquema general para realizar la especificación de los aceros mediante 4 números: AISI ZYXX (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

Además de los números anteriores, las especificaciones AISI pueden incluir un prefijo mediante letras para indicar el proceso de manufactura. Decir que las especificaciones SAE emplean las mismas designaciones numéricas que las AISI, pero eliminando todos los prefijos literales (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

El significado de los anteriores campos de numeración es la siguiente:

- XX indica el tanto por ciento (%) en contenido de carbono (C) multiplicado por 100.
- E indica, para el caso de aceros de aleación simple, el porcentaje aproximado del elemento predominante de aleación.
- Z indica el tipo de acero (o aleación).

3. SAE: La norma SAE (Society of Automotive Engineers) clasifica los aceros en distintos grupos, a saber:

- Aceros al carbono
- Aceros de media aleación
- Aceros aleados
- Aceros inoxidable
- Aceros de alta resistencia

- **ACEROS AL CARBONO**

La denominación que emplea la normativa SAE para los aceros al carbono es según el siguiente esquema: SAE 10XX, donde XX indica el contenido de Carbono (C) (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

Los aceros al carbono se clasifican según el porcentaje de carbono que tengan.

0,30 - 0,60% para aceros de bajo carbono (<0.30%C)

0,60 - 0,90% para aceros de alto carbono (>0,60%C) y aceros al C para cementación.

- Aceros de muy bajo % de carbono (desde SAE 1005 a 1015)
- Aceros de bajo % de carbono (desde SAE 1016 a 1030)
- Aceros de medio % de carbono (desde SAE 1035 a 1053)
- Aceros de alto % de carbono (desde SAE 1055 a 1095)

- **ACEROS DE MEDIA ALEACIÓN:**

Son aceros al Mn, y su denominación según SAE es del tipo SAE 15XX, donde el porcentaje de Mn varía entre 1,20 y 1,65, según el %C (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

- **ACEROS ALEADOS**

Se considera que un acero es aleado cuando el contenido de un elemento excede uno o más de los siguientes límites (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.):

1.65% de manganeso (Mn)

0.60% de silicio (Si)

0.60% de cobre (Cu)

O cuando hay un % especificado de cromo, níquel, molibdeno, aluminio, cobalto, niobio, titanio, tungsteno, vanadio o zirconio.

- **ACEROS INOXIDABLES**

Se dividen en austeníticos, martensíticos y ferríticos.

- **Austeníticos:** Los aceros inoxidable austeníticos no son duros ni templables, además de poseer una alta capacidad de deformarse plásticamente. A esta categoría pertenecen los aceros refractarios (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).
- **Martensíticos:** Estos son templables. Si se persigue conseguir durezas más elevadas se debe aumentar el % Cr (formación de carburos de Cr) (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).
- **Ferríticos:** Poseen bajo % de C y alto Cr (10 - 27 %) por lo que pueden mantener la estructura ferrítica aún a altas temperaturas (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

- **ACEROS DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN**

Son de bajo % de C y aleados con Va, Nb, N, Ti, en aproximadamente 0,03% para cada uno, de manera que precipitan carbonitruros de Va, Nb, Ti que elevan el límite elástico entre 30 y 50 % (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

Presentan garantía de las propiedades mecánicas y ángulo de plegado. Son de fácil soldabilidad y tenaces, aunque no admiten tratamiento térmico (Estudio y clasificación de los aceros, n.d.).

F. SOLDADURA CON ARCO

1. Soldadura por arco y electrodo recubierto. Es un proceso de soldadura manual a través de una varilla de acero recubierta por una capa de material orgánico que se quema y funde creando el ambiente adecuado para el proceso. Al mismo tiempo que la varilla se consume (material de aporte) se va depositando en la zona de unión o contacto (Puentes, n.d.).

2. Soldadura por arco sumergido y material de aporte desnudo. Proceso automático que emplea material de aporte desnudo, que es fundido bajo una capa de material fundente que al depositarse parte de él en forma de escoria sólida, cumple la función de protección del cordón y evita el enfriamiento rápido de la soldadura, mientras que el resto del material fundente es reciclado y reutilizado (Puentes, n.d.).

3. Factor a considerar para la selección del electrodo. Los electrodos seleccionados deberán estar acorde a lo indicado en el Cuadro No. 3 (Puentes, n.d.).

Cuadro No. 3 Equivalencia de electrodos recomendados

Especificación ANSI / AWS	Arcometal (AGA)	West Arco
E-7010	G-24	
E-7014		ZIP-14
E-7016		WIZ-16
E-7018	B-10 / B-21	WIZ-185 / WIZ-18
E-7024	RH-10	ZIP-24
E-7028		ZIP-28

(Puentes, n.d.)

- Se podrá utilizar cualquier electrodo con denominación superior a E70xx, el criterio que prevalece es que la resistencia a la tracción de la junta sea igual o superior a la del metal base (Puentes, n.d.).

- La clasificación y tamaño de electrodo, longitud de arco, voltaje y amperaje deberán ser los adecuados al espesor del material, tipo de junta, posición de soldadura y otras circunstancias. La corriente para soldadura deberá ser la recomendada por el fabricante del electrodo. En el Cuadro No. 3, se muestran los rangos de corriente requeridos de acuerdo a la clasificación y diámetro del electrodo a ser utilizado (Puentes, n.d.).

- El diámetro máximo de electrodo deberá ser (Puentes, n.d.):
 - 8 mm (5/16") para todas las soldadura hechas en posición horizontal excepto el primer pase.
 - 6,4 mm (1/4") para soldadura a filete, junta tipo 3 y 4.
 - 6,4 mm (1/4") para primer pase o soldadura a filete (junta tipo 3 y 4) hecha en posición plana y soldadura a tope (junta tipo 1 y 2) hecha en posición plana con respaldo y con separación de 1/4" o más.

Todos estos valores son referenciales y pueden ser controlados por aproximación en la soldadura de campo. Para aceros con un contenido de carbono mayor a 0,22% y en espesores mayores a 9 mm, se requerirá precalentar el acero entre 120°C - 200 °C para eliminar los riesgos de agrietamiento. Para los tubos con esta condición, el contenido de carbono estará señalado mediante esténcil en la superficie externa del tubo (Puentes, n.d.).

Cuadro No. 4 Rangos típicos de corriente en Amperios

Diámetro del Electrodo		E-7014	E-7015 E-7016	E-7018M E-7018	E-7024 E-7028
pulg	mm				
3/32	2,4	80-125	65-110	70-100	100-145
1/8	3,2	100-160	100-150	115-165	140-190
5/32	4,0	150-210	140-200	150-220	180-250
3/16	4,8	200-275	180-255	200-275	230-305
7/32	5,6	240-340	240-320	260-340	275-365

(Puentes, n.d.)

4. Consejos al momento de soldar dados por UNICON

- Podrán realizarse uniones directas tubo a tubo por lo que se recomienda la soldadura de filete o la soldadura de ranura que se adaptan a las uniones típicas aplicadas al tubo estructural (Puentes, n.d.).
- Se debe graduar al amperaje indicado para garantizar que el metal base no sufrirá problemas de fusión y debilitamiento por este efecto (Puentes, n.d.).
- Mantener diferencias no mayores de 3 mm entre los espesores de las piezas a unir, cuando esto suceda, se debe considerar la colocación de planchas que sirvan de transición entre los elementos a unir (Puentes, n.d.).
- En los casos en que se trabaje con espesores menores de 4 mm se recomienda puntear la unión con un Electrodo de menor resistencia a la tracción y el cordón continuo con el Electrodo recomendado (Puentes, n.d.).
- Para garantizar la calidad de la soldadura, estas no deben realizarse cuando las superficies a soldar están húmedas o expuestas a la lluvia (Puentes, n.d.).
- Los tamaños y longitudes de las soldaduras deberán estar acordes con lo especificado en los planos y/o requerimientos de diseño (Puentes, n.d.).
- Las superficies del tubo estructural sobre las que se depositará la soldadura deberán tener un acabado liso, uniforme y libre de hendiduras, desgarramientos, grietas y otras discontinuidades que pudieran afectar de manera adversa la calidad y resistencia de la soldadura. Asimismo, las superficies a ser soldadas y las adyacentes a éstas deberán estar libres de cascarilla, óxido, escoria, humedad, grasa y materiales extraños que pudieran impedir una soldadura adecuada o producir humos y gases molestos (Puentes, n.d.).

G. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

1. Objetivo de un sistema de suspensión. El principal objetivo del sistema de suspensión es sostener al vehículo y absorber las irregularidades del terreno por donde circula. Gracias a la suspensión se logra que las ruedas tengan mayor contacto con el pavimento, proporcionando una buena tracción y agarre que permite al conductor un mejor control del vehículo, de la misma manera, proporciona comodidad y seguridad a los ocupantes. El sistema de suspensión también evita una inclinación excesiva de la carrocería durante el viraje y una inclinación excesiva en la parte delantera al momento de frenado (Córdoba, 2012). Existen tres clases distintas de suspensión: la suspensión independiente la semi-independiente y la dependiente.

2. Suspensión independiente. La suspensión independiente es la que permite que cada llanta tenga un recorrido sin afectar a las demás, es decir, las ruedas no están conectadas entre sí por ningún elemento mecánico (Córdoba, 2012). Hay varios sistemas distintos de suspensión independiente, los cuales se detallan a continuación.

a. Suspensión “double wishbone”. Es el sistema de suspensión más utilizado en los vehículos de competición y consiste en dos brazos en forma de V colocados en paralelo al eje de la llanta y con un resorte y amortiguador conectado desde el brazo inferior hasta el chasis como se muestra en la figura de abajo (Longhurst, n.d.). Esta configuración tiene varias ventajas, entre ellas la facilidad de acople y la fácil implementación y cálculos de esfuerzos. Y debido a su común uso dentro de las competencias automovilísticas existe abundancia de información sobre este sistema. Es el sistema más utilizado en la competición formula SAE y es el mismo utilizado en la fórmula 1.

Figura No. 10 Configuración general de una suspensión “double wishbone”



(Longhurst, n.d.).

b. Suspensión de “Trailing arm”. Es uno de los diseños más simples y económicos para una suspensión frontal. Este tipo de suspensión utiliza brazos paralelos y de igual longitud con rótulas, está unida a una barra de torsión que se utiliza como resorte. Con este diseño la rueda se mantiene paralela a la carrocería y el cámben es paralelo en todo momento al giro de la carrocería (Córdoba, 2012). La ventaja de este diseño es su simplicidad y lo liviano que es, pero debido a que solamente posee dos conexiones con el chasis, su variedad de ajustes es muy poca.

Figura No. 11 Configuración general de una suspensión “Trailing arm”



(Longhurst, n.d.)

c. Suspensión Multi-Link. Esta suspensión es básicamente la suspensión double wishbone, pero en lugar de que sean un único brazo sólido, tanto el de arriba como el de abajo, estas son uniones independientes. Además, el resorte y el amortiguador deben ir separados y cada uno con uniones distintas. Esta suspensión es la más robusta y la que muestra mejores resultados debido a que sus múltiples uniones pueden ajustarse de formas distintas específicas para cada vehículo (Longhurst, n.d.).

Figura No. 12 Configuración general de una suspensión “Multi-Link”



(Longhurst, n.d.).

3. Suspensión semi-independiente. Estas suspensiones son muy parecidas a las independientes su diferencia principal es que las ruedas están unidas entre sí, con un eje rígido transmitiendo de una forma parcial las oscilaciones que reciben de las irregularidades del terreno (Córdoba, 2012). La variedad de diseños en este tipo de suspensión es la misma que en la suspensión independiente, pero se modifican estos sistemas uniéndolos con barras solidas en cada llanta opuesta.

Figura No. 13 Configuración semi-independiente de una suspensión “double wishbone”



(Longhurst, n.d.)

4. Suspensión dependiente. Este tipo de suspensión, está montada sobre un perfil sólido y tiene como resultado que el movimiento de una rueda se trasmite a la rueda opuesta causando que el cámbere y un viraje estén relacionados (Córdoba, 2012). Este tipo de suspensión ya no se utiliza en los vehículos modernos debido a que presentan muchas fallas en varios aspectos. Por el hecho de que las llantas opuestas están mecánicamente conectadas, las vibraciones que se generen en una llanta se inducen a la otra haciendo que los resortes y amortiguadores tengan más trabajo. Debido a que se conectan por un eje sólido, esto genera más peso en el vehículo, lo que lo hace menos eficiente (Longhurst, n.d.).

Figura No. 14 Configuración general de una suspensión dependiente



(Longhurst, n.d.)

H. FACTORES QUE AFECTAN LA SUSPENSIÓN

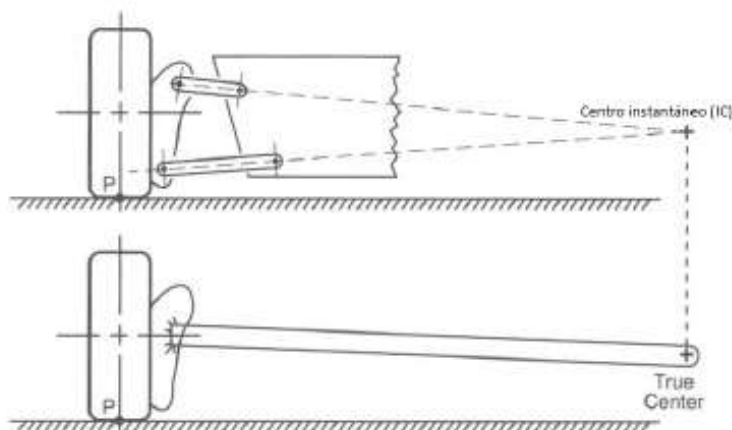
Para poder diseñar un sistema de suspensión funcional, es necesario considerar los siguientes factores que afectan o se ven afectados por este sistema. Esto ayudará a seleccionar el sistema que mejor pueda resolver estos problemas y permitirá enfocar el diseño del mismo para acoplarse a estos factores.

1. Carga aerodinámica. Es la carga generada sobre las llantas del vehículo ejercida por el movimiento del mismo a través del aire. Esta carga puede ser hacia arriba (lift) o hacia abajo (downforce). Para el vehículo se necesita que la mayor parte de la carga aerodinámica sea hacia abajo para ayudar al contacto de las llantas con el suelo (Smith, 1978). Debido a que la aerodinámica agregara una carga más al vehículo, el sistema de suspensión debe ser capaz de poder resistir estas cargas y aun así mantener al vehículo suspendido para que este no entre en contacto con el suelo.

2. Centro de gravedad. El centro de gravedad es el punto en que si el sistema completo, en este caso el vehículo, estuviese suspendido en ese punto el cuerpo se mantendría en completo equilibrio sin la tendencia a rotar. Así mismo todas las fuerzas que actúan sobre el vehículo pueden suponerse que actúan directamente sobre el centro de gravedad. Para el diseño del vehículo, el centro de gravedad debe estar tan abajo como sea posible (Smith, 1978). Es importante tomar esto en cuenta a la hora de diseñar el sistema de suspensión ya que es este sistema el que mantiene al vehículo levantado del suelo. Un centro de gravedad bajo generaría un menor torque de volcamiento en las curvas, lo que haría que el vehículo pueda ir más rápido en estas secciones. Sin embargo, el centro de gravedad no puede estar tan bajo o esto ocasionara que el vehículo entre en contacto con el suelo.

3. Centro instantáneo de giro. En un movimiento plano general el centro instantáneo de giro es el punto de intersección entre el eje de rotación del cuerpo en un instante dado y el plano en donde se está generando el movimiento del cuerpo en ese instante (Beer, 2010). El sistema de suspensión el centro instantáneo de giro debe ir lo más alejado del vehículo posible, pero es necesario evitar que los brazos de suspensión sean paralelos ya que esto podría ocasionar que el centro instantáneo varía mucho según la deformación a la que estén sometidos los brazos.

Figura No. 15 Representación del cetro instantáneo en el sistema de suspensión.



(Smith, 1978)

4. Masa no suspendida. Es la porción del vehículo que no está soportada por el sistema de suspensión. Entre estos elementos se encuentran las llantas, los aros, frenos, etc. Es la parte que el sistema de suspensión debe ser capaz de controlar para mantener las llantas pegadas al suelo, mientras menor sea esta es más fácil controlarla (Smith, 1978).

5. Masa suspendida. Es la porción total del vehículo que está soportada por el sistema de suspensión esto incluye el chasis, el motor, el conductor, combustible, etc. (Smith, 1978). El sistema de suspensión debe ser capaz de soportar toda esta masa y de minimizar las vibraciones transmitidas por el terreno.

6. Resortes y amortiguadores. Actuadores mecánicos cuyo objetivo es mantener las llantas lo más pegadas al suelo como sea posible y reducir las vibraciones que el suelo sea capaz de transmitir al vehículo a través de las llantas. Los resortes son los que cumplen la función de pegar las llantas al suelo, mientras que los amortiguadores son los que reducen las vibraciones y mantienen el vehículo a una altura constante (Smith, 1978). Estos son los componentes más importantes del sistema de suspensión, pues son estos los que le permiten cumplir su objetivo. La constante del resorte y la constante de amortiguamiento son las principales variables que controlan este sistema.

7. Transferencia de carga dinámica. Es la carga que se transfiere de una llanta a otra debido a los momentos generados con respecto al centro de gravedad por los movimientos del vehículo. La transferencia de carga dinámica no cambia el peso del vehículo solamente la distribución del mismo (Smith, 1978). Debido a la velocidad con la que se desplaza el vehículo y a las aceleraciones a las que este estará sometido el peso del mismo se distribuye en las llantas. Así que el sistema de suspensión debe mantener el vehículo levantado del suelo considerando el peso del vehículo, la carga aerodinámica y la transferencia de carga.

I. SISTEMA DE DIRECCIÓN

1. Objetivo del sistema de dirección. El sistema de dirección o direccionamiento es el encargado de brindar al piloto un control sobre la dirección a donde se desplace el vehículo, y que este control sea preciso (Farrington, 2011). El único elemento que debe controlar la dirección del vehículo es el timón, el cual es controlado por el piloto. El principal problema del sistema de dirección es la geometría de Ackerman la cual debe considerarse a la hora de diseño del sistema. A continuación, se presentan distintas soluciones al problema de la dirección, utilizadas en vehículos convencionales y por otros equipos de la competencia fórmula SAE.

2. Direccionamiento por piñón-cremallera. Es el diseño de direccionamiento más utilizado en los vehículos debido a su simplicidad y bajo costo. Además, ocupa menos espacio y es más cómodo para un piloto el virar el timón. Sin embargo, una desventaja es que no son ajustables, por lo que una vez esté construido para cambiarlo hay que hacer otro completamente nuevo. Se compone de una cremallera que va unida al eje que gira las llantas y esta cremallera se mueve gracias a un engrane o piñón conectado directamente al eje del timón como se muestra en la Figura No. 16. Y cambiando el radio del piñón se cambia el radio de giro (Longhurst, n.d.).

Figura No. 16 Sistema de direccionamiento piñón cremallera



(Longhurst, n.d.)

3. Direccionamiento por tornillo sin fin. Consiste en un tornillo que engrana constantemente con una rueda dentada. El tornillo se une al volante mediante la "columna de dirección", y la rueda lo hace al brazo de mando. De esta manera, por cada vuelta del volante, la rueda gira un cierto ángulo, mayor o menor según la reducción efectuada, por lo que en dicho brazo se obtiene una mayor potencia para orientar las ruedas que la aplicada al volante (Longhurst, n.d.).

Figura No. 17 Sistema de direccionamiento por tornillo sin fin



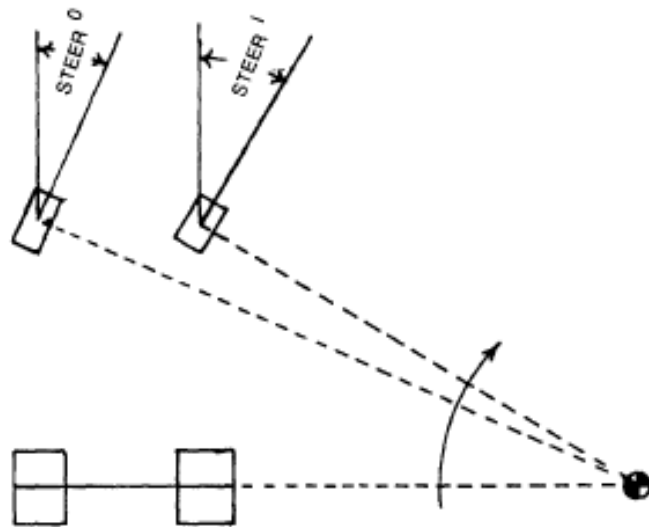
(Longhurst, n.d.)

J. FACTORES QUE AFECTAN AL DIRECCIONAMIENTO

Existen varios factores a tomar en cuenta para poder diseñar un sistema de direccionamiento funcional y eficiente. Estos factores son, la mayoría, factores geométricos, es decir, únicamente depende de la forma de estos elementos y de sus dimensiones.

1. Geometría de Ackerman. En una curva para evitar el deslizamiento de las llantas en un vehículo de cuatro llantas, debido a la separación de las llantas, las exteriores deberían de tener un menor ángulo de giro que las llantas interiores a la curva por la diferencia del radio de giro si se mantiene el mismo centro instantáneo, a este principio se le conoce como la geometría de Ackermann y se muestra en la siguiente figura (Smith, 1978). Lograr una geometría de Ackerman perfecta es muy complicado debido a que muchos factores influyen a este ángulo de giro como, la velocidad a la que se desplaza el vehículo, el largo de las barras de dirección, deformaciones en el chasis y en el mismo sistema de dirección, por mencionar algunas. Sin embargo, si es posible tener una geometría sumamente cercana a la de Ackerman.

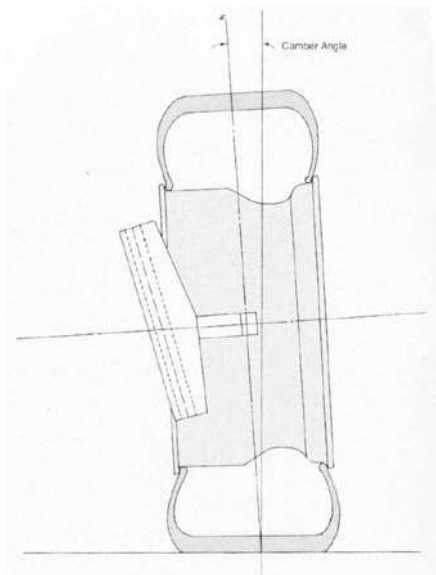
Figura No. 18 Geometría de Ackermann.



(Smith, 1978)

2. **Cámbler.** Visto desde el frente del carro, el ángulo del cámbler es el ángulo que las llantas tienen con respecto al eje vertical. Un ángulo de cámbler positivo inclina la llanta hacia afuera en la parte de arriba y el negativo hace lo opuesto. El cámbler afecta el giro al inicio de una curva. Un cámbler positivo dificulta el mantener un ángulo en las curvas debido a la inercia del vehículo. El cámbler negativo contrarresta el cámbler positivo inducido en el vehículo cuando este está girando. Es por esto que para el vehículo se busca mantener un ángulo de cámbler negativo (Calver, n.d.).

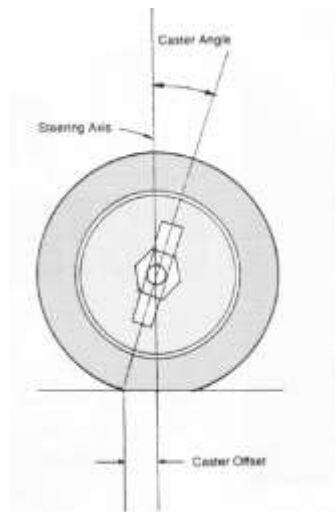
Figura No. 19 Ángulo de Cámbler



(Calver, n.d.)

3. Cáster. Visto desde el lado del carro. El ángulo que se forma por la línea entre las articulaciones y la vertical es el ángulo de cáster. Este ángulo afecta que la llanta se posicione sola hacia el centro cuando no hay un movimiento en el timón. Este ángulo es controlado por la longitud de los brazos del direccionamiento. Mientras más cortos sean el efecto de centrado será más fuerte. Así mismo mientras mayor sea el ángulo se genera mayor estabilidad en la dirección del vehículo. (Calver, n.d.)

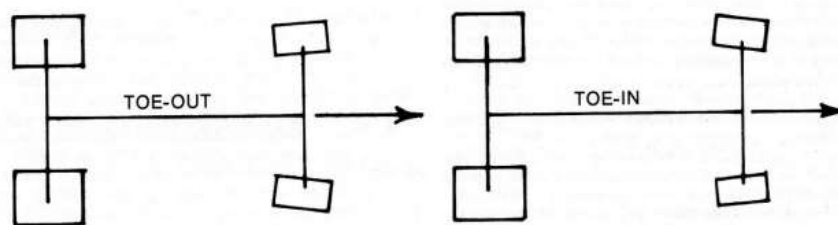
Figura No. 20 Ángulo de cáster.



(Calver, n.d.)

4. Convergencia y divergencia. Se conoce como divergencia (toe out) cuando, visto desde arriba del vehículo, las llantas mantienen un ángulo hacia afuera de la dirección del vehículo, ver Figura No. 21. Por otro lado, convergencia (toe in) es cuando las dos llantas tienen un ángulo hacia adentro de la dirección del vehículo. La convergencia ayuda a mantener el vehículo en línea recta por sí mismo sin que el piloto haga un mayor esfuerzo y ajusta la geometría de Ackermann. (Farrington, 2011)

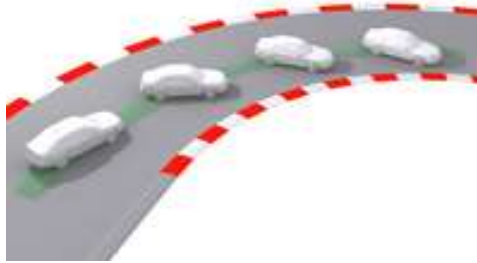
Figura No. 21 Divergencia (toe out) y convergencia (toe in) de las llantas.



(Smith, 1978)

5. Sobreviraje. El sobreviraje es lo opuesto al subviraje, es decir, el carro gira de forma demasiado eficiente y termina girando más rápido en la curva. Esto se da cuando el carro pierde agarre en las llantas traseras como resultado de la salida de una curva. Este efecto puede darse por el exceso de velocidad o mala maniobrabilidad del piloto en la curva más que por un efecto mecánico (Longhurst, n.d.).

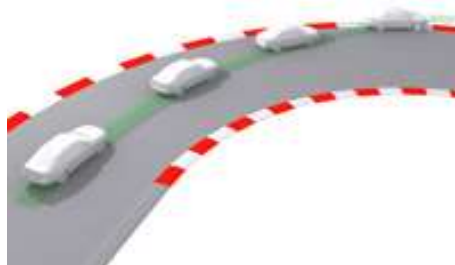
Figura No. 22 Efecto del Sobreviraje.



(Longhurst, n.d.)

6. Subviraje. Subviraje se le llama cuando el carro gira menos de lo esperado en una curva. Esto se puede deber a la geometría del chasis, suspensión y velocidad, pero en esencia significa que el carro está perdiendo agarre en las llantas delanteras. Típicamente ocurre en el frenado donde la carga es transferida de las llantas delanteras a las traseras. El efecto de esto es que el carro comenzara a tomar la curva muy amplia y no de la manera indicada. Este efecto puede compensarse con la downforce generada por la aerodinámica del vehículo. (Longhurst, n.d.)

Figura No. 23 Efecto del Subviraje.



(Longhurst, n.d.)

K. SISTEMA ELÉCTRICO

La aplicación de la electricidad al automóvil es tal, que, en la actualidad, los vehículos están provistos de un gran número de aparatos cuyo funcionamiento se produce gracias a la transformación de la energía eléctrica en otra clase de energía (mecánica, calorífica, química, etc.), empleándose componentes de los más variados tipos, que realizan las funciones más diversas, en beneficio de una mayor seguridad en los vehículos y mayor confort de los pasajeros. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

El conjunto de todos los mecanismos que funcionan utilizando la energía eléctrica, forman el llamado equipo o sistema eléctrico del automóvil, que para ser estudiado es dividido en sub-sistemas; estableciéndose (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998):

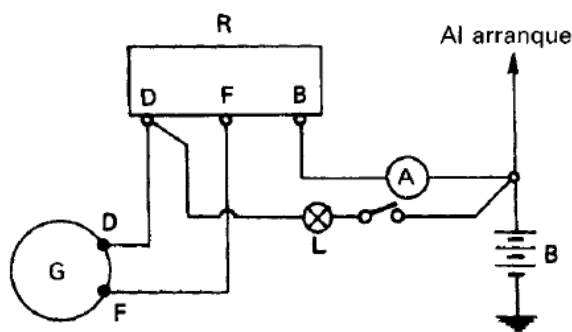
- Sistema de generación y almacenamiento
- Sistema de encendido
- Sistema de arranque
- Sistema de iluminación

Cada uno de estos sub-sistemas tiene una misión concreta a realizar y para ello dispone de un determinado número de aparatos situados en los más diversos lugares del vehículo y a los que es preciso hacer llegar la energía eléctrica, para lo cual, se interconectan por medio de una instalación eléctrica.

1. Sistema de generación y almacenamiento. La energía eléctrica necesaria para abastecer a los componentes del equipo eléctrico de un automóvil, puede ser suministrada por la batería de acumuladores; pero si no se dispone de otra fuente de energía, la batería llegará a agotarse con el uso que de ella se hace. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) Para mantenerla en perfecto estado de funcionamiento se emplea el sistema de generación y almacenamiento o sistema de carga, que tiene la misión de proporcionar energía eléctrica a la batería y a todos los órganos del vehículo que la necesiten. Para ello cuenta con los siguientes elementos: Un generador, capaz de producir energía eléctrica; un regulador, encargado de regular la corriente eléctrica que se produce como consecuencia de la energía aplicada; un amperímetro o una lámpara testigo, para conocer en todo momento si el generador produce energía; y, por último, la batería, que es la misma empleada en todos los demás sistemas o circuitos. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

En la Figura No. 24 se representa el circuito eléctrico de carga; G es el generador R , el regulador A , el amperímetro B , la batería; y L , la lámpara testigo de carga.

Figura No. 24 Representación del circuito eléctrico de carga.



(Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

La energía eléctrica producida por el generador, está controlado por el regulador, pasando de aquí, a través del amperímetro, una parte a la batería, donde queda almacenada, y otra a los circuitos eléctricos que estén en funcionamiento en ese momento. De esta manera se mantiene siempre la batería cargada. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

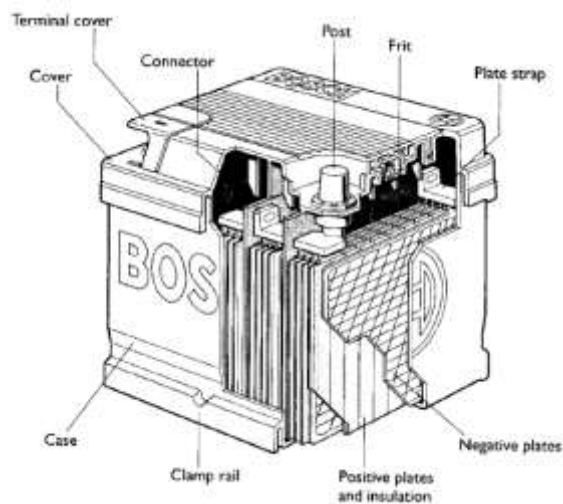
El circuito de carga de un automóvil es, pues, la central eléctrica encargada de proporcionar la energía necesaria a todos los componentes eléctricos del vehículo para su funcionamiento. En este circuito, el generador empleado puede ser una dínamo o bien un alternador. Cualquiera de ellos recibe movimiento del propio motor del vehículo transformado en energía eléctrica la cinética recibida. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

a. Batería. En el automóvil, la batería tiene la función de recoger y almacenar la energía eléctrica que produce el generador, para suministrarla a los diferentes órganos que la necesiten en un momento determinado. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) La batería debe ser capaz de suministrar la energía eléctrica necesaria para impulsar al motor de arranque, dado que para ese momento el alternador no está en funcionamiento. Existen varios tipos, pero la utilizada de manera general para vehículos es la de plomo destinada para arranque. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

Los requerimientos entonces para la elección correcta de la batería se resumen en dos aspectos (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998):

- La habilidad de proveer la energía suficiente para el arranque del motor (criterio predominante).
- El uso esperado de la batería como proveedor de energía cuando el motor no está arrancado.

Figura No. 25 Batería de plomo-ácido.



(Denton, 2004)

1) Clasificación de la batería. En términos simples, las características de clasificar o calificar una batería en particular son determinadas por cuánta corriente puede producir y por cuánto tiempo puede sostenerla. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

La tasa a la que la batería puede producir corriente está determinada por la velocidad de la reacción química. Esto a su vez, está determinado por varios factores (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998):

- Área superficial de los platos.
- Temperatura
- Fuerza electrolítica
- Corriente demandada

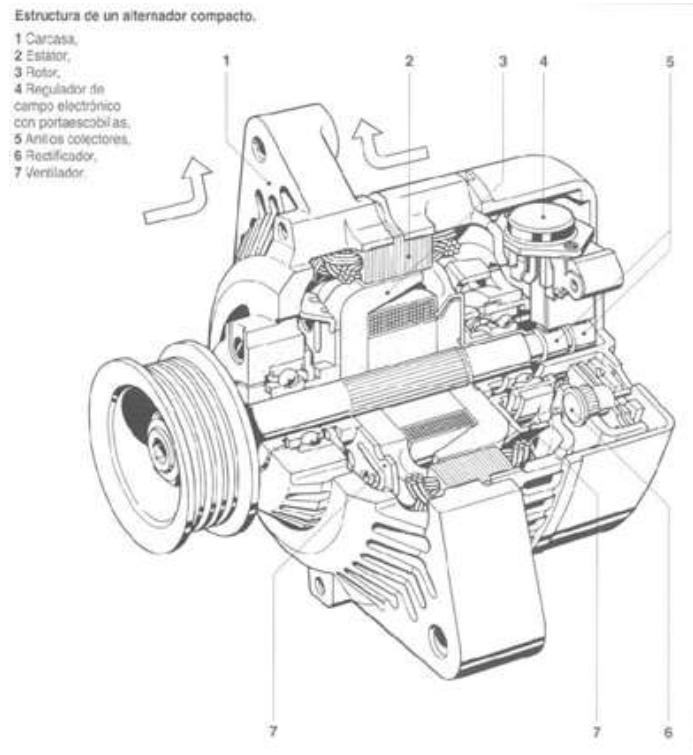
La corriente finalmente proveída determina entonces la capacidad total de la batería. La clasificación de la misma debe especificar la corriente de salida y el tiempo. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

- Capacidad Ampere-hora: Describe cuánta corriente puede proveer la batería ya sea por 10 o 20 horas. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) La figura de las 20 horas es la más común. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) Por ejemplo, una batería que indica una capacidad de 44 Ah, va a ser capaz (si está totalmente cargada) de proveer 2.2 A por 20 horas antes de estar completamente descargada (voltaje de las celdas arriba de 1.75V). (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

- Capacidad de reserva (RC): Identifica cuántos minutos puede dar la batería una corriente de 25A a 25 °C sin caer el voltaje del mínimo de 1.75V por celda. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) Esto es usado para indicar por cuánto tiempo la batería podría mantener al vehículo en funcionamiento al vehículo si el sistema de carga no estuviera funcionando correctamente.
- Cold Cranking Amps (CCA): Indica la corriente máxima que puede entregar la batería a -18 °C por un tiempo determinado (los estándares varían). Para la SAE, el tiempo es de 30 segundos. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

b. Alternador. Los vehículos a motor necesitan para la alimentación de energía al motor de arranque, sistema de encendido, unidades de control de aparatos electrónicos, alumbrado, etc. Mientras que en los vehículos la batería desempeña el papel de un acumulador de energía cuando el motor está parado, con éste en marcha el alternador es la auténtica “central eléctrica” del vehículo. Su misión consiste en abastecer de energía a todos los aparatos eléctricos que existan. (Bosch, 2000)

Figura No. 26 Estructura de un alternador compacto.



(Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)

1) Curvas características. Las curvas características representan el comportamiento típico de un alternador a distintas velocidades de giro. Al ser constante la relación de desmultiplicación con respecto al motor, los alternadores de los vehículos a motor trabajan a velocidades de rotación muy diversas. (Bosch, 2000)

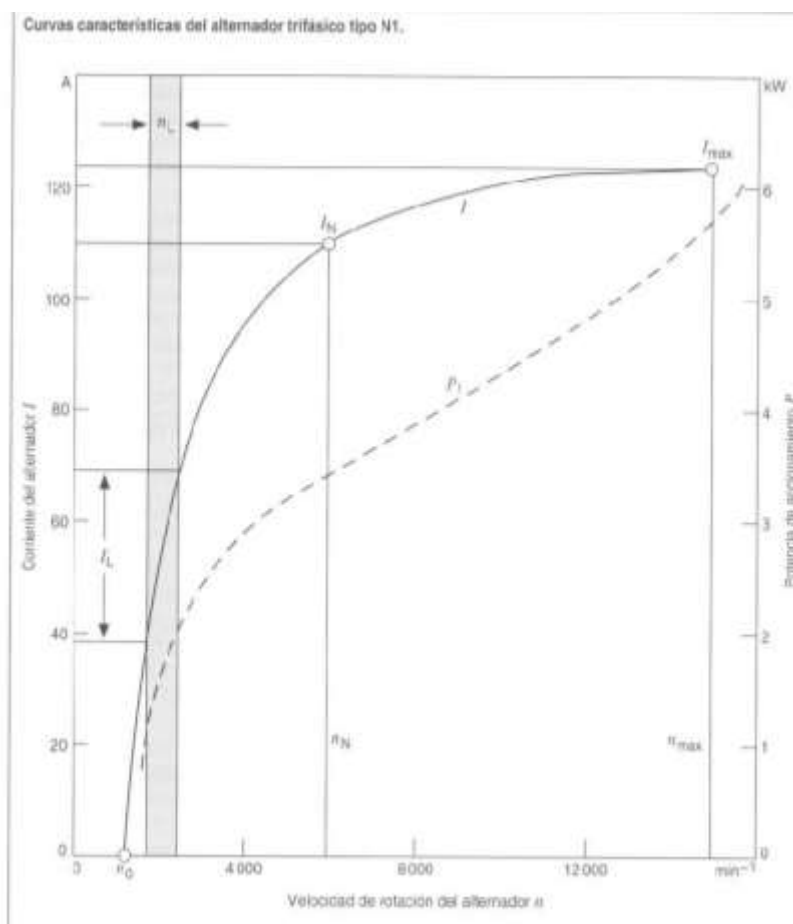
Cuando un alternador es llevado por el motor desde el estado de reposo hasta la máxima velocidad de rotación, pasa por determinados puntos de revoluciones. Estos puntos son especialmente importantes para comprender el comportamiento del alternador y reciben por lo tanto la siguiente designación. (Bosch, 2000)

Es usual representar las curvas características de potencia de accionamiento y la corriente del alternador en función de la velocidad de rotación. Las curvas características del alternador se refieren siempre a una tensión constante y a temperaturas del entorno de funcionamiento definidas con exactitud. (Bosch, 2000)

a) Curva característica de corriente. Esta curva esta descrita por la identificación de los siguientes puntos (Bosch, 2000):

- Velocidad con amperaje nulo (n_o): Es la velocidad (aproximadamente 1000 min^{-1}) a que el alternador alcanza la tensión nominal sin suministrar corriente. En este punto, la curva característica corta el eje de abscisas. El alternador solo puede suministrar corriente a mayores velocidades.
- Velocidad con el motor en ralentí (n_L), corriente con el motor en ralentí (I_L): La velocidad de rotación del alternador n_L se alcanza cuando el motor de combustible gira en ralentí. En la Figura No. 27 se indica como zona, ya que el valor exacto depende de cuál sea la relación de desmultiplicación fijada respecto al motor de combustión. A esta velocidad, el alternador debe suministrar como mínimo la corriente necesaria para los consumidores de conexión prolongada. El correspondiente valor se indica en la designación de tipo de alternador.
- Velocidad de rotación nominal (n_N), corriente nominal (I_N): La velocidad de rotación nominal, a la que el alternador entrega su corriente nominal, está establecida en $n_N = 6000 \text{ min}^{-1}$. La corriente nominal debería ser superior a la que requiere la potencia conjunta de todos los consumidores eléctricos. Esta corriente se indica también en la designación de tipo.
- Velocidad de rotación máxima ($n_{m\acute{a}x}$), corriente máxima ($I_{m\acute{a}x}$): $I_{m\acute{a}x}$ es la máxima intensidad que puede entregar el alternador a la velocidad de rotación máxima. Ésta última velocidad del alternador se ve limitada por los rodamientos, escobillas y anillos colectores, así como por el ventilador.
- Velocidad de rotación inicial (n_A): A la velocidad de rotación inicial (según DIN, velocidad de conexión), el alternador comienza a entregar corriente cuando aumenta por primera vez la velocidad de rotación. La velocidad inicial es superior a la velocidad de ralentí y depende de la potencia de excitación previa, de la remanencia del rotor, de la tensión de la batería y de la rapidez de variación de la velocidad de rotación.

Figura No. 27 Curvas características del alternador trifásico tipo N1.



(Bosch, 2000)

b) Curva característica de potencia de accionamiento. Esta curva es decisiva para el cálculo de la correa de accionamiento, ya que proporciona información sobre cuánta potencia debe proporcionar como máximo el motor del vehículo para accionar el alternador a una velocidad de rotación determinada. Además, a partir de la potencia de accionamiento y de la potencia entregada, puede determinarse el grado de rendimiento de un alternador. (Bosch, 2000)

2) Designación de tipo. Todos los alternadores trifásicos llevan una placa con la designación de tipo y el número de pedido de 10 cifras, que en los alternadores trifásicos empieza siempre por 012. La designación de tipo proporciona los datos técnicos más importantes, como intensidad de corriente en ralentí, tensión nominal, etc. (Bosch, 2000)

Cuadro No. 5 Ejemplo de rótulo de designación.

K C (→) 14V 40-70A	
K	Tamaño constructivo del alternador (diámetro exterior del estator)
C	Alternador compacto
(→)	Sentido de giro, a la derecha.
14 V	Tensión del alternador
40 A	Intensidad de corriente a $n = 1800 \text{ min}^{-1}$
70 A	Intensidad de corriente a $n = 6000 \text{ min}^{-1}$

(Bosch, 2000)

3) Balance energético del automóvil. Para determinar o verificar las dimensiones del alternador hay que tener en cuenta la capacidad de la batería, los consumidores eléctricos del sistema y las condiciones de marcha. (Bosch, 2000)

Los fabricantes de vehículos determinan el tamaño adecuado del alternador y la capacidad de la batería en función de los consumidores eléctricos montados en serie en el vehículo y según las condiciones de marcha habituales. (Bosch, 2000)

Lo más importante es que la batería esté suficientemente cargada, de ello depende que después de parar el vehículo, conserve todavía suficiente energía para poner de nuevo en marcha el motor. La batería es un almacén de energía que debe alimentar diversos consumidores, debiendo ser por lo tanto recargada una y otra vez por el alternador, que es el proveedor de energía. (Bosch, 2000)

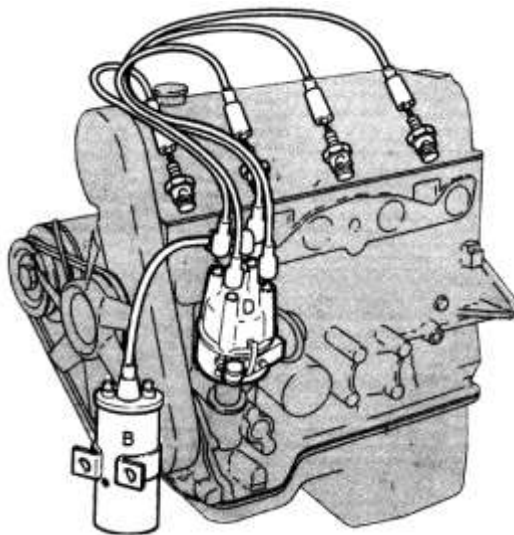
Una condición importante para poder verificar el balance de carga del sistema eléctrico del vehículo, es anotar todos los consumidores eléctricos con sus consumos de potencia o de corriente y sus tiempos de conexión respectivos (consumidores de conexión breve, prolongada o permanente). (Bosch, 2000)

En resumen, la potencia del alternador debe calcularse de forma que incluso en condiciones adversas pueda cargarse la batería además de alimentar todos los consumidores eléctricos, pues solo así estará siempre el vehículo listo para su uso. (Bosch, 2000)

2. Sistema de encendido. Los motores de combustión interna utilizados en los automóviles, necesitan para su funcionamiento, un sistema capaz de encender la mezcla de aire y gasolina que se introduce y comprime en el interior de sus cilindros. Esto se logra por mediación de una chispa eléctrica que se hace saltar en la bujía de encendido, que inflama la mezcla, iniciándose así la combustión. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

En la Figura No. 28 puede verse un motor de explosión con los componentes que integran el sistema de encendido utilizando distribuidor. La bobina B suministra la alta tensión necesaria para provocar la chispa en la bujía, que ha de inflamar la mezcla de aire y gasolina comprimida en el cilindro. El distribuidor D, determina el instante en que debe saltar la chispa, por medio de su circuito de baja tensión y, envía la alta tensión que le llega de la bobina, a la bujía del cilindro que en ese momento está dispuesto para la explosión. En las bujías C salta la chispa entre los electrodos de que están provistas, desarrollándose una elevada temperatura en este espacio, suficiente para encender la mezcla. La bobina, el distribuidor y las bujías se encuentran interconectados por medio de conductores adecuados para la alta tensión. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

Figura No. 28 Motor de explosión.



(Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

La tensión de la batería (por lo general 12V), no es ni con mucho suficiente para producir el salto de la chispa en la bujía y, por este motivo, ha de aumentarse considerablemente. Esta es, por tanto, una función esencial del sistema de encendido. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) Dependiendo del tipo de motor y sus condiciones de funcionamiento, se requiere para el encendido de la

mezcla una tensión comprendida entre 5000 y 20000 V, llamada tensión de encendido. Esta tensión convierte la distancia disruptiva existente entre los electrodos o puntas de la bujía en electro-conductora, pudiendo saltar así la chispa. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998) La bobina de encendido constituye el transformador que eleva la tensión de la batería hasta el valor adecuado. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

La mezcla de aire y combustible debe inflamarse con seguridad en todas las condiciones de funcionamiento del motor y, a tal efecto, deben cumplirse los siguientes requisitos (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998):

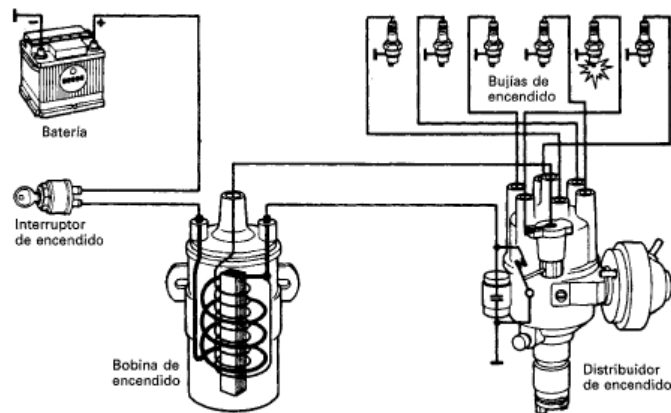
- La mezcla de aire y combustible ha de tener una composición favorable, es decir, ha de ser inflamable. Para que así ocurra, la proporción de aire y gasolina deberá estar convenientemente dosificada y dentro de unos valores establecidos.
- La situación de la distancia disruptiva (electrodos) en la cámara de combustión y la duración de la chispa, deben ser las más adecuadas para que la mezcla se inflame correctamente. De aquí se deduce la importancia que tiene el posicionamiento de la bujía en el cilindro del motor.
- La chispa ha de tener una determinada energía mínima, que se transforma en calor y se llama “energía de encendido”. Si la chispa no tiene la energía mínima, la mezcla no se inflama; por este motivo, la energía de encendido se aporta en exceso para inflamar la mezcla con seguridad, incluso en condiciones de funcionamiento extremas. Esta energía la proporciona la bobina de encendido.
- Al objeto de conseguir el máximo rendimiento de la explosión, es necesario adecuar el instante en que salta la chispa a las condiciones de funcionamiento del motor (régimen y carga).

Un sistema de encendido convencional, está formado por los siguientes elementos (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998):

- Batería
- Interruptor de encendido
- Bobina
- Distribuidor
- Ruptor
- Bujías

El esquema eléctrico se muestra en la siguiente figura:

Figura No. 29 Esquema eléctrico del sistema de encendido.



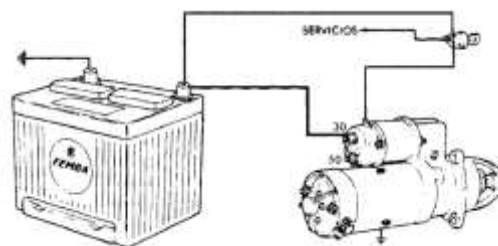
(Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

3. Sistema de arranque. Anteriormente los automóviles eran puestos en marcha desde el interior del vehículo por medio de un pulsador o llave de contacto. Este motor eléctrico realiza el trabajo de mover el motor del vehículo hasta que éste se pone en marcha por sus propios medios, sustituyendo así al antiguo sistema de manivela. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

La misión del circuito de arranque es, pues, hacer que el motor del automóvil dé los primeros giros hasta conseguir que funcione por sí mismo. Para conseguirlo dispone este circuito de los siguientes elementos: batería, motor de arranque y mecanismo de accionamiento o interruptor. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

La Figura No. 30 muestra el conexionado de los componentes de un circuito de arranque, en el cual, la batería aporta la energía eléctrica necesaria y el motor de arranque la transforma en energía mecánica de rotación, que impulsa al motor del vehículo haciéndole girar hasta que funcione por sí mismo. El interruptor da paso a la energía desde la batería hasta el motor de arranque a voluntad del conductor. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

Figura No. 30 Esquema eléctrico del sistema de arranque.



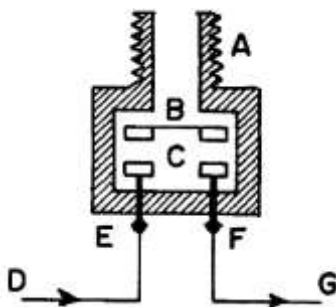
(Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

4. Sistema de iluminación. Para el vehículo de Fórmula SAE, el sistema de iluminación lo comprende únicamente la luz de freno; teniendo que contar el vehículo con un solo faro obligatoriamente.

El encendido y apagado de esta luz se realiza por medio de un interruptor especial, que es accionado por la presión reinante en el circuito hidráulico de los frenos. En la Figura No. 31 se ha representado uno de estos interruptores, cuya boca *A* se rosca generalmente a la propia bomba de frenos. En el interior se disponen los contactos *B* y *C*, que se encuentran separados en posición de reposo por la acción de un muelle no representado en la figura. El borne *E* recibe corriente a través de la llave de contacto y un fusible, y el *F* se une a los pilotos traseros. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

Cuando se presiona el pedal del freno, se obtiene una presión en el circuito hidráulico que obliga a los contactos *B* y *C* a cerrarse, en cuyo momento queda establecido el circuito eléctrico encendiéndose las luces de stop. Al soltar el pedal del freno, desaparece la presión y los contactos *B* y *C* vuelven a su posición de reposo, quedando interrumpido el circuito eléctrico. (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

Figura No. 31 Interruptor de luz de freno.



(Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998)

L. SISTEMA ELECTRÓNICO

1. Ignición programada. El propósito fundamental del sistema de ignición es proveer una chispa al interior del cilindro, cerca del final de la carrera de compresión, para encender la carga comprimida de aire-combustible. (Denton, 2004)

Para que una chispa salte una brecha de aire de 0.6 mm sobre condiciones atmosféricas normales (1 bar), un voltaje de 2 – 3 kV es requerido. Para que una chispa salte a través de una brecha similar en un cilindro de motor, teniendo un radio de compresión de 8: 1, se requieren de aproximadamente 8 kV. Para radios de compresión y mezclas más débiles, puede necesitarse un voltaje de hasta 20 kV. (Denton, 2004)

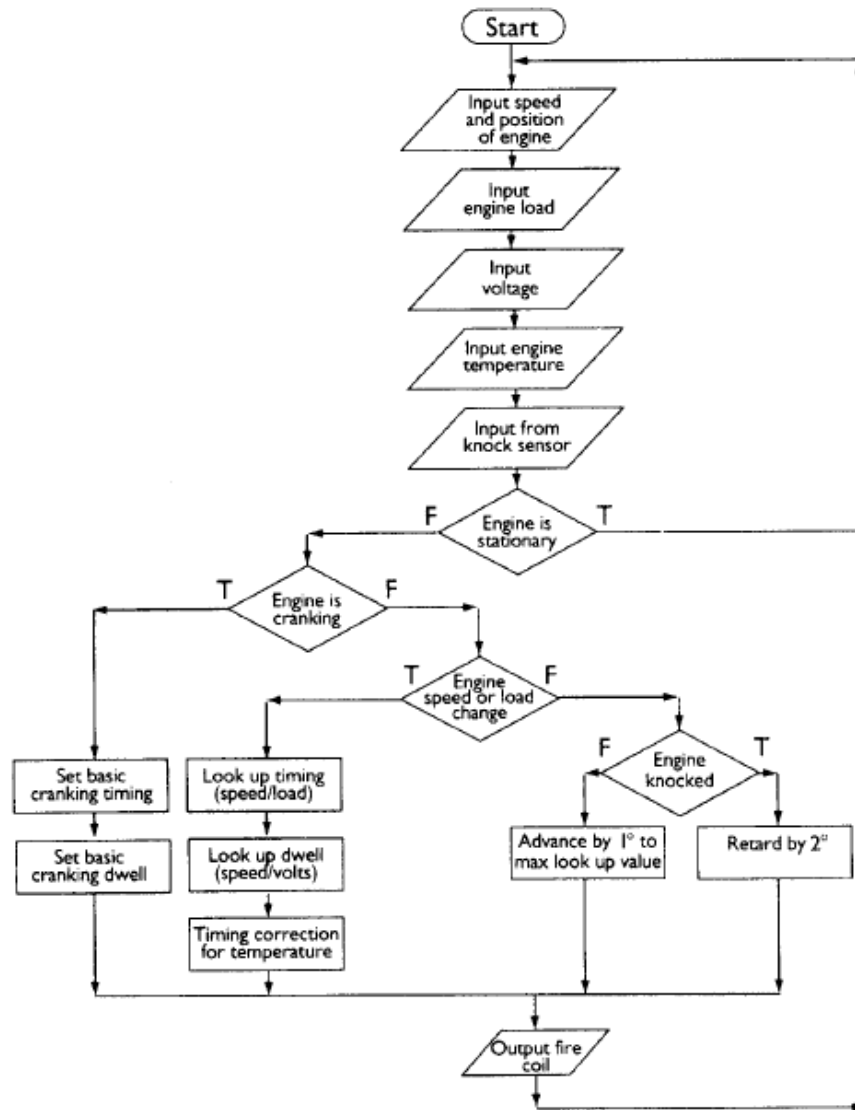
La función del sistema de ignición es entonces, transformar el voltaje estándar de la batería de 12 *V* a un rango aproximado de 8 – 20 *kV* y, adicionalmente, entregar el alto voltaje al cilindro correcto en el momento correcto. (Denton, 2004)

“Ignición programada” es el término empleado por algunos fabricantes, mientras otros le llaman “Avance Electrónico de la Chispa” (ESA, por sus siglas en inglés). Este tipo de ignición tiene grandes diferencias con sistemas previos; la información sobre los requerimientos de un motor en particular es programada dentro de la memoria de la unidad electrónica de control. La ignición programada tiene varias ventajas (Denton, 2004):

- El tiempo de ignición puede ser personalizado con exactitud para cada aplicación individual bajo un rango de condiciones de operación.
- Pueden utilizarse otras entradas de control, como la temperatura del refrigerante o la del ambiente.
- El arranque es perfeccionado y se reduce el consumo de combustible.

Haciendo uso de diferentes sensores, la ignición programada se basa en el siguiente diagrama:

Figura No. 32. Diagrama de flujo para la ignición programada.

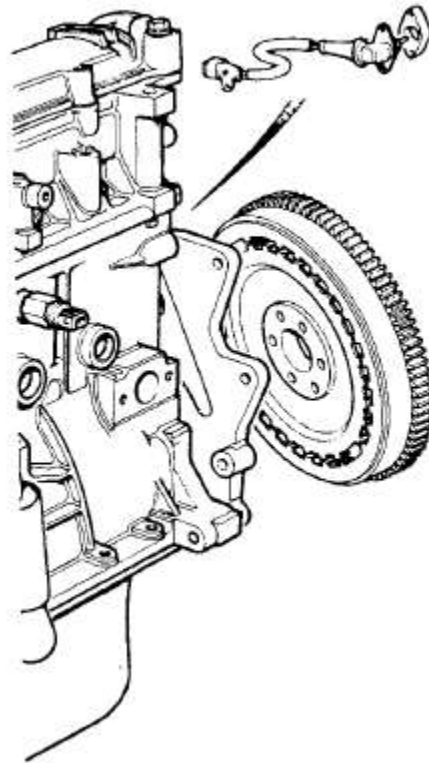


(Denton, 2004)

2. Sensores e información

a. Posición y velocidad del motor – sensor de posición del cigüeñal. Este es un sensor de reluctancia posicionado como se muestra en la siguiente figura:

Figura No. 33 Ubicación del sensor de posición del cigüeñal.



(Denton, 2004)

El dispositivo consiste de un imán permanente, un devanado y un núcleo de hierro. Está montado en proximidad a un disco reluctante. El disco tiene 34 dientes, espaciados a intervalos de 10° alrededor de la periferia. Tiene dos dientes faltantes, separados por 180° , a una posición conocida antes del punto muerto superior (BTDC). Muchos fabricantes utilizan esta técnica con algunas variantes. Cuando un diente del disco pasa el núcleo del sensor, la reluctancia del circuito magnético cambia. Esto causa un voltaje en el devanado, siendo la frecuencia de la señal obtenida proporcional a la velocidad del motor. El diente faltante causa un pulso perdido en la señal, y con ello se puede determinar la posición. (Denton, 2004)

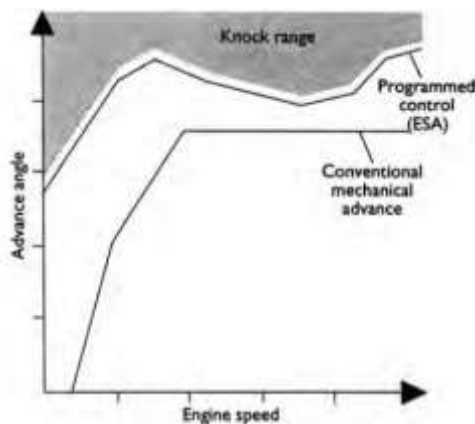
b. Temperatura del motor – sensor del refrigerante. La temperatura del refrigerante es obtenida por medio de un simple termistor, y en muchos casos el mismo sensor es utilizado para enviar información al control del combustible. Un mapa de memoria separado es usado para corregir los valores básicos del tiempo de encendido. El tiempo puede ser retardado cuando el motor está frío para asistir en un calentamiento más rápido. (Denton, 2004)

c. Detonación – knock sensor. La detonación en la combustión puede producir un daño severo al motor si se mantiene por periodos largos. Este knock o golpeteo, es causado por un tiempo de encendido sobre avanzado. Pero a su vez un motor va a, en general, rendir al máximo de su eficiencia cuando el tiempo de encendido está lo más avanzado posible (Denton, 2004). Para lograr esto, la información guardada en el mapa básico de tiempo de encendido va a estar lo más cerca posible a la detonación del motor (Ver Figura No. 34). El knock sensor provee un margen de error. (Denton, 2004)

El sensor en sí es generalmente del tipo piezoeléctrico. Está posicionado en el block del motor entre los cilindros dos y tres para motores en línea de cuatro cilindros. Motores en V requieren de dos sensores, uno de cada lado (Denton, 2004). La ECU responde a señales del knock sensor en la ventana de detonación para cada cilindro; esto es generalmente unos grados de cada lado del TDC. Esto previene que las vibraciones del mecanismo sean interpretados como detonaciones. La señal también es filtrada en la ECU para remover ruido indeseado (Denton, 2004).

Si se detecta detonación, se retarda el tiempo de encendido en el cuarto pulso de ignición después de la detección (en motores de cuatro cilindros) por pasos hasta que no se detecte detonación. Los pasos varían entre fabricantes, pero un retardo de 2° es bastante común (Denton, 2004). El tiempo es entonces avanzado lentamente en pasos de 1° , en un número de revoluciones del motor, hasta que el avance requerido por memoria es restaurado. Este control permite que el motor trabaje muy cerca del límite de detonación sin riesgo de dañarlo (Denton, 2004).

Figura No. 34 Ángulo de avance del tiempo de encendido para un motor.



(Denton, 2004)

d. Carga – Throttle Position sensor. La mariposa de admisión o cuerpo de aceleración es una válvula dentro del carburador o del cuerpo de inyección de combustible que permite el paso de aire y combustible al motor por medio de vacío cuando el pedal es presionado. La apertura de la mariposa determina la potencia de salida del motor, dándole información a la computadora para determinar la carga del motor (TPS Knowledge is Power, 1998).

El TPS es un resistor variable (potenciómetro) de tres cables que cambia su resistencia a medida que la mariposa se abre. El TPS es proveído de un voltaje de referencia por parte de la computadora, usualmente 5V (TPS Knowledge is Power, 1998). Conforme la posición de la mariposa cambia, el cambio correspondiente en la resistencia interna del TPS altera el voltaje que retorna a la computadora por un cable para la señal. El tercer cable provee una conexión a tierra (TPS Knowledge is Power, 1998).

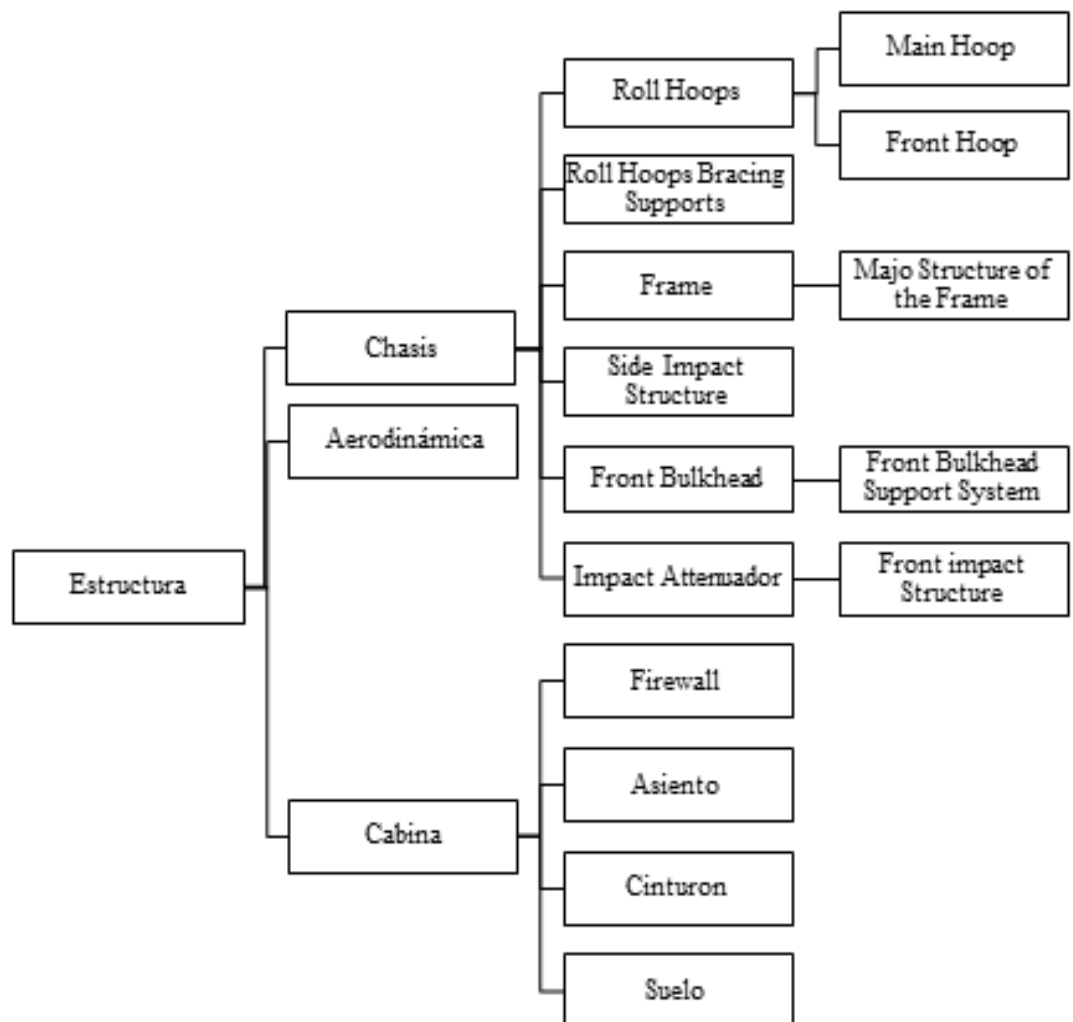
La mayoría de TPS proveen una señal un poco menor a 1V con la mariposa cerrada, y hasta 5V con la mariposa completamente abierta (TPS Knowledge is Power, 1998).

V. DISEÑO

A. CHASIS

1. Selección de estructura para diseño de chasis. Una manera de visualizar fácilmente lo que conforma la estructura es viendo la Figura No. 35, sin embargo esta sección se enfoca en el diseño del Chasis, al observar en la Figura No. 35 el sub-modulo del chasis, se puede notar que este se compone de distintas partes y cada parte tiene que cumplir los requerimientos que da Fórmula SAE.

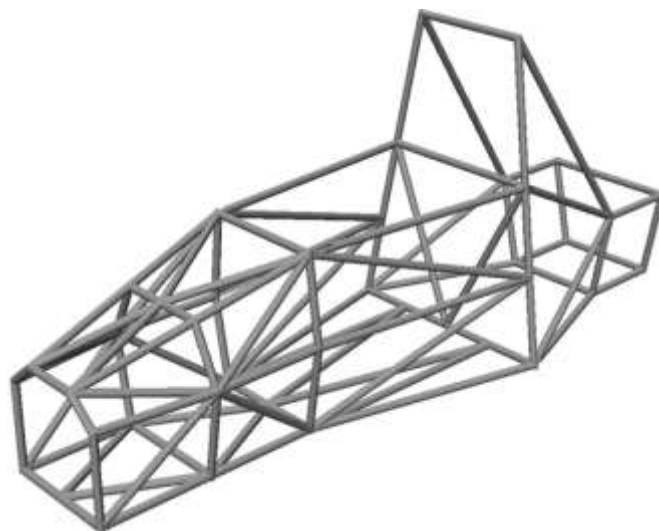
Figura No. 35 WBS del módulo de estructura.



Para lograr seleccionar en base a qué tipo de chasis se realizara el diseño, se elabora una matriz de decisión para analizar qué tipo de estructura es la más adecuada y cual se ajusta a nuestros parámetros para diseñar. Los criterios a tomar en cuenta son: costo, seguridad, facilidad de manufactura, accesibilidad, facilidad de transporte y ensamblaje. Se plantean tres diferentes tipos de estructura para realizar el diseño de

la misma. Estas son: Chasis tubular, monocasco y monocasco con estructura tubular. Ver Figura No. 36, No. 37 y No. 38. La matriz de decisión ver Cuadro No. 6.

Figura No. 36 Chasis tubular, opción A.



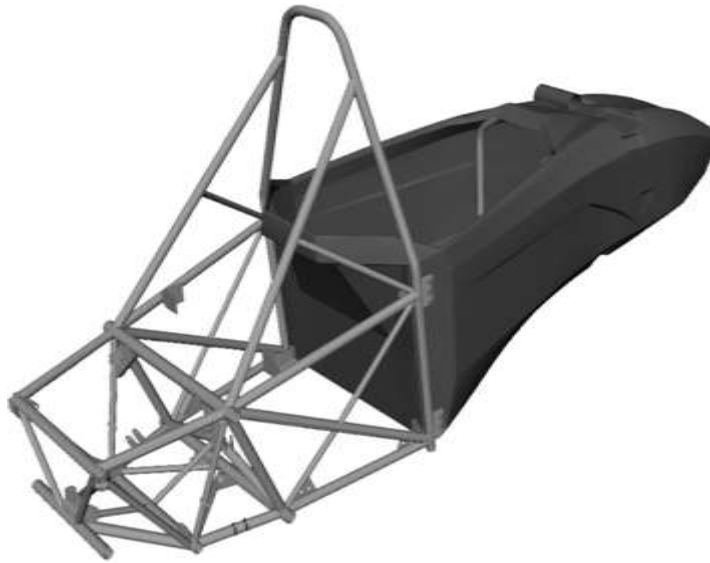
(Gámiz, 2011)

Figura No. 37 Monocasco, opción B.



(Alonso, Técnicas del Automóvil: Chasis, 2008)

Figura No. 38 Monocasco con estructura tubular, opción C.



(Estudio y clasificación de los aceros, n.d.)

El Cuadro No. 6 que se muestra a continuación, cuenta con cuatro columnas, la primera define qué criterio se está evaluando. La segunda columna, asigna la prioridad al criterio de evaluación, la prioridad se califica en una escala de uno a cinco, siendo uno el requisito menos importante y cinco el más importante. La prioridad hace énfasis en qué orden se debe ir tomando en cuenta la importancia que tiene cada característica al momento de comenzar a plantear el diseño. Al costo se le asignó una prioridad de tres, dado que este criterio se refiere a el monto total que se invierte en materiales y mano de obra para la construcción del chasis, el tres asignado es porque no es un requisito que tenga el mayor peso para comenzar el diseño y tampoco es un requisito que no tenga ningún peso al momento de plantear las diferentes opciones de diseño del chasis. Otro criterio es seguridad el cual se enfoca en que estructura brinda mayor seguridad hacia el piloto y el equipo que manipula el vehículo. El criterio de facilidad de manufactura se refiere que tipo de chasis tiene una maquinabilidad más sencilla de acuerdo al material y equipo con el que se cuenta. Se habla de accesibilidad cuando ponderamos que opción es más fácil de construir y diseñar de acuerdo a las herramientas, materiales y tiempo que se tiene a disposición. La facilidad de transporte es tomado en cuenta ya que un tipo de estructura resulta más frágil que otro, y se debe considerar que este chasis se transportara ya sea por vía terrestre o marítima desde Guatemala hasta Estados Unidos. Y por último se tiene el criterio de ensamblaje y por medio de este se puede asignar que opción de diseño de chasis es más fácil ensamblar dadas las herramientas y materiales con los que se cuentan.

Las columnas siguientes a la de prioridad, llevan como nombre, opción A, opción B y opción C. Estas opciones son los tipos de chasis que pueden ser implementados, la opción A, es el chasis de tipo tubular que se muestra en la Figura No. 36. La opción B, es el chasis tipo monocasco mostrado en la Figura No. 37

y por último la opción C es un chasis que mezcla el tubular y el monocasco dando como resultado un chasis tipo monocasco con estructura tubular.

La ponderación asignada a cada opción va de uno a tres, siendo tres la opción que más cumple con el criterio evaluado y uno se le asigna a la opción que se encuentra más lejos de cumplir con el criterio. En el caso de costo, la opción A es la que más fácil cumple este criterio dado que es más económico que la opción B y C.

Para poder tomar la decisión de cual tipo de chasis se diseñara, se le asigna un valor entre uno y tres a cada opción de acuerdo al criterio y siguiendo lo mencionado con anterioridad. Para poder tener un total y en base a esto seleccionar el diseño a implementarse, se multiplica el peso que tiene prioridad asignado por el valor de la opción y esto se hace con cada criterio y con cada valor de cada opción, se realiza la suma total de esto y con eso se tiene el total de cada opción.

En el Cuadro No. 6 en la última fila llamada total, se tiene que la opción A tiene un total de 57, la opción B un total de 37 y la opción C un total de 40. Con estos datos se selecciona el diseño de la Figura No. 36 que pertenece a la opción A, es el tipo de estructura que se implementará para llevar a cabo el diseño del chasis.

Cuadro No. 6 Matriz de decisión para el chasis

Criterio	Prioridad	Opción A	Opción B	Opción C
Costo	3	3	1	2
Seguridad	5	3	3	2
Facilidad de manufactura	3	3	1	2
Accesibilidad	2	3	1	2
Facilidad de transporte	2	3	3	3
Ensamblaje	4	3	2	2
Total		57	37	40

2. Descripción de los requerimientos del chasis

Cuadro No. 7 Requerimientos del chasis

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T2.3	El vehículo debe tener una distancia entre ejes de al menos 1525 mm (60 pulgadas). La distancia entre ejes se mide desde el centro de contacto con el suelo de las llantas delanteras y traseras, se debe medir con las llantas apuntando hacia delante.	Sí

Continuación Cuadro No. 7

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T2.4	La parte más pequeña del vehículo (frontal o posterior) debe ser no menos de 75% de la parte más grande.	Sí
T3.2	La estructura del vehículo debe incluir dos roll hoops que se apoyan, un bulkhead delantero con sistema de apoyo e Impacto atenuador, y las estructuras de impacto lateral.	Sí
T3.4.1	La estructura principal del vehículo debe ser construido de: tubo redondo, suave o de aleación de acero, con un mínimo de 0.1% de carbono, con las dimensiones mínimas especificadas. (Ver tabla en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág 26-27)	Sí
T3.4.1.4	Las propiedades del acero de referencia utilizada para los cálculos que se presentarán en un SES no podrán ser inferiores a las siguientes: Flexión y pandeo cálculos de resistencia: Módulo de Young (E) = 200 GPa (29.000 ksi) Rendimiento Fuerza (Sy) = 305 MPa (44,2 MPa) Resistencia límite (Sb) = 365 MPa (52,9 MPa) Soldada puntos de fijación monocasco o tubo soldado cálculos conjuntos: Rendimiento Fuerza (Sy) = 180 MPa (26ksi) Resistencia límite (Sb) = 300 MPa (43,5 MPa) Cuando se requieran refuerzos de tubos con costura (por ejemplo, inserciones de agujeros de los tornillos o materiales para apoyar los recortes de suspensión) de la tubería debe conservar la fuerza laminado en frío línea de base durante el uso de la fuerza soldado para el material de refuerzo adicional.	Sí
T3.10.1	La cabeza y las manos del conductor no deben ponerse en contacto con el suelo en cualquier actitud de vuelco.	Sí
T3.10.2	El marco debe incluir el "Main Hoop" y "Front Hoop" (Ver figura en el reglamento de Fórmula SAE 2015, Pág 32)	Sí
T3.10.3.2	Cuando el conductor esté sentado normalmente y tenga colocado el sistema de sujeción del conductor, el casco de un hombre del percentil 95 (datos antropométricos) y todos los pilotos del equipo debe: Tener un mínimo de 50,8 mm (2 pulgadas) de la línea recta trazada desde la parte superior del main hoop al extremo inferior del main hoop bracing si el bracing se extiende hacia atrás. (Ver figura en el reglamento de Fórmula SAE 2015, Pág 32)	Sí

Continuación Cuadro No. 7

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T3.10.7	El radio mínimo de cualquier curva, medida en la línea central del tubo, debe ser al menos tres veces el tubo de diámetro exterior. Las curvas deben ser lisas y continuas.	Sí
T3.10.8	El “main hoop” y “front hoop” deben integrarse de forma segura en la estructura primaria mediante triangulación adecuada.	Sí
T3.11.1	El “main hoop” debe ser construido de una sola pieza de sección cerrada sin cortar la tubería, continuo, acero por regla T3.4.1.	Sí
T3.11.3	El “main hoop” debe extenderse desde el “frame member” más bajo a un lado del marco, arriba, sobre y abajo del “frame member” más bajo del otro lado del marco.	Sí
T3.11.4	En la vista lateral del vehículo, la parte del “main roll hoop” que se encuentra por encima de su punto de fijación a la “major structure of the frame” (el punto donde se une a la parte superior del tubo de impacto lateral) debe estar dentro de los diez grados (10 °) de la vertical.	Sí
T3.11.5	En la vista lateral del vehículo, cualquier curva en el “main roll hoop” por encima de su punto de fijación a la “major structure of the frame” deberá tener un soporte a un nodo de la estructura del “main hoop bracing”. La estructura debe ser con los requerimientos del “roll hoop bracing” T3.4.1	Sí
T3.11.6	En la vista lateral del vehículo, la porción del “main roll hoop” que se encuentra por debajo del punto de fijación del miembro de impacto lateral superior puede estar inclinado en cualquier ángulo respecto a la vertical en la dirección hacia adelante, pero sólo puede estar inclinada hacia atrás dentro de diez grados (10 °) de la vertical.	Sí
T3.11.7	En la vista frontal del vehículo, los elementos verticales del “main hoop” deben ser de al menos 380 mm (15 pulgadas) de distancia (dentro de la dimensión) en el lugar donde el “main hoop” está unida a los tubos inferiores de la “major structure of the frame”.	Sí
T3.12.1	El “front hoop” debe estar construido con la sección de tubo metálico cerrado, mostrado en la regla T3.4.1	Sí
T3.12.2	El “front hoop” debe extenderse desde el “frame member” más bajo, sobre un lado del marco, arriba, sobre y abajo del “frame member” más bajo del otro lado del marco.	Sí
T3.12.3	Con triangulación adecuada, es permisible fabricar el “front hoop” de más de una pieza de tubo.	Sí

Continuación Cuadro No. 7

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T3.12.4	La superficie superior del “front hoop” no debe ser inferior a la parte superior del volante en cualquier posición angular	Sí
T3.12.5	El “front hoop” debe ser de no más de 250mm (9,8 pulgadas) hacia adelante del volante. Esta distancia se medirá horizontalmente, en la línea central del vehículo, desde la superficie trasera del “front hoop” a la superficie del volante, con el volante en posición de marcha recta	Sí
T3.12.6	En vista lateral, ninguna parte del “front hoop” se puede inclinar en más de veinte grados (20 °) respecto a la vertical.	Sí
T3.13.1	El “main hoop braces” debe ser construido de tubos de acero de sección cerrada por la regla T3.4.1	Sí
T3.13.2	El “main hoop” debe ser sostenido por dos apoyos que se extienden en la dirección hacia delante o hacia atrás, tanto al lado derecho e izquierdo del “main hoop”	Sí
T3.13.3	En la vista lateral del marco el “main hoop” y el “main hoop braces” no deben estar en el mismo lado de la línea vertical a través de la parte superior del “main hoop”, es decir, si el “main hoop” se inclina hacia adelante, los apoyos debe ser hacia delante del “main hoop”, y si el “main hoop” se inclina hacia atrás, los apoyos deben ser hacia atrás del aro principal.	Sí
T3.13.4	El “main hoop braces” debe estar adjunto lo más cerca posible de la parte superior del “main hoop”, pero no más de 160mm (6,3 pulgadas) por debajo de la superficie superior del “main hoop”. El ángulo formado por el “main hoop” y el “main hoop braces” debe ser al menos de treinta grados (30°) (Ver figura en el reglamento de Fórmula SAE 2015, Pág 35)	Sí
T3.13.5	Los “main hoop braces” deben ser rectos, es decir sin ningún tipo de curvatura	Sí
T3.13.7	El extremo inferior del “main hoop braces” debe ser apoyado de nuevo al “main hoop” por un mínimo de dos “frame members” en cada lado del vehículo. Un miembro superior y uno inferior en una triangulación adecuada. A) El miembro de soporte superior debe unir al nodo en el que la parte superior del “side impact member” se une al “main hoop”. B) El miembro de soporte inferior debe unir al nodo donde se une el “side impact member” inferior hasta el “main hoop”.	Sí
T3.13.8	Todos los elementos que conforman el “main hoop bracing” deberán estar contruidos con tubos de sección cerrada dados por la regla T3.4.1	Sí

Continuación Cuadro No. 7

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T3.14.1	El “front hoop braces” debe ser construido de material dado por la regla T3.4.1	Sí
T3.14.1	El “front hoop” debe ser sostenido por dos apoyos que se extienden en dirección de avance tanto en el lado derecho como en el izquierdo del “front hoop”.	Sí
T3.14.3	El “front hoop braces” debe ser construido de tal manera que se protejan las piernas del conductor y debe extenderse la estructura hasta la parte delantera de los pies del conductor	Sí
T3.14.4	El “front hoop braces” debe estar junto lo más cerca posible del “front hoop” pero no más de 50.8mm (2 pulgadas) por debajo de la superficie del “front hoop”. (Ver figura en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág 35)	Sí
T3.14.5	Si el “front hoop” se inclina hacia atrás en más de diez grados (10°) respecto a la vertical, debe ser apoyado por refuerzos adicionales en la parte trasera. Este refuerzo debe ser construido de material dado por la regla T3.4.1	Sí
T3.18.1	Los pies y las piernas del conductor deben estar completamente contenidos dentro del “major structure of the frame”. Mientras los pies del conductor están tocando los pedales, en vistas laterales y frontales, ninguna parte de los pies o las piernas del conductor puede extenderse por encima o fuera del “major structure of the frame”.	Sí
T3.18.2	Adelante del “front bulkhead” debe haber un atenuador de impacto de absorción de energía.	Sí
T3.19.1	El “bulkhead” debe ser construido con el tubo de sección cerrada dado por la regla T3.4.1	Sí
T3.19.2	A excepción de lo permitido por T3.19.3, el “front bulkhead” debe estar situado por delante de todos los objetos que no se rompen, por ejemplo, baterías, cilindros maestros, depósitos hidráulicos.	Sí
T3.19.3	El “front bulkhead” debe estar ubicado de tal manera que las plantas de los pies del conductor, al tocar los pedales pero no presionándolos, están atrás del plano del “bulkhead”. (Este plano está definido por la superficie más adelantada de la tubería) Pedales ajustables deben estar en la posición más adelante.	Sí
T3.20.1	El “front bulkhead” debe integrarse de forma segura dentro del “frame”.	Sí

Continuación Cuadro No. 7

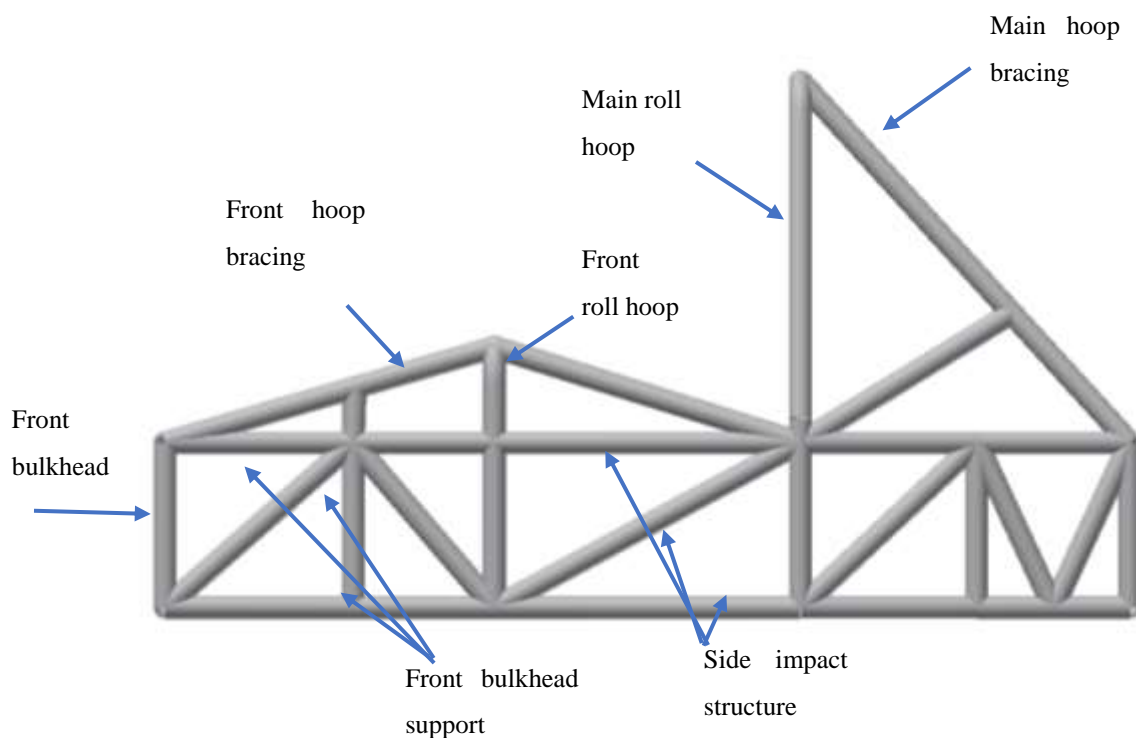
Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T3.20.2	El “front bulkhead” debe ser apoyado de nuevo al “front roll hoop” por un mínimo de tres “frame members” en cada lado del vehículo, un superior, un inferior y un soporte en diagonal para proporcionar la triangulación.	Sí
T3.20.2.1	El apoyo superior debe fijarse dentro de 50mm (2") de la superficie del “front bulkhead”, y se debe unir al “front roll hoop” dentro de una zona que se extiende 100mm (4") por encima y 50mm (2") por debajo del “upper side impact member”. Si el “upper support member” está a más de 100mm (4") por encima del “upper side impact member”, entonces se requiere de un refuerzo triangular adecuado para transferir la carga a la unión del “upper side impact member” al “front roll hoop”.	Sí
T3.20.2.2	El apoyo inferior se debe unir a la base del “front bulkhead” y a la base del “front roll hoop”	Sí
T3.20.2.3	El apoyo diagonal debe triangular adecuadamente el apoyo superior y el inferior	Sí
T3.20.3	Todos “frame members” del “front bulkhead support system” deben ser contruidos con tubos de sección cerrada dados en la sección T3.4.1	Sí
T3.21.1	El “impact attenuator” debe ser: A) instalado delante del “front bulkhead”. B) Por lo menos 200mm (7.8 pulgadas) de largo, con su longitud orientado a lo largo del primer plano / eje longitudinal del marco. C) Por lo menos 100mm (3.9 pulgadas) de alto y 200mm (7.8 pulgadas) de ancho para una distancia mínima de 200mm (7.8 pulgadas) delante del “front bulkhead”. D) De tal manera que no pueda penetrar el “front bulkhead” en el caso de un impacto. E) Se adjunta de forma segura y directa al “front bulkhead” y no por ser parte de la carrocería no estructural.	Sí
T3.21.2	En todos los vehículos, un 1,5mm (0.060 in) de acero sólido o 4,0 mm (0.157 in) de aluminio sólido "placa anti-intrusión" deben integrarse en el “impact attenuator”. Si el “impact attenuator” y la placa anti-intrusión están atornillados al “front bulkhead”, debe ser del mismo tamaño que las dimensiones exteriores del “front bulkhead”. Si está soldado al “front bulkhead”, debe extenderse por lo menos a la línea central del tubo del “front bulkhead” en todas direcciones.	No

Continuación Cuadro No. 7

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T3.21.3	Si el ensamble del “impact attenuator” no se integra con el “frame”, es decir, soldado, un mínimo de cuatro (4) 8mm grado métrico 8.8 (5/16 pulgadas SAE Grade 5) Pernos deben adjuntar el “impact attenuator al front bulkhead”.	No
T4.3.1	La parte más baja del asiento del piloto no debe estar debajo de la parte más baja del chasis	No

3. Descripción de diseño del chasis

Figura No. 39 Nomenclatura del chasis



El tipo de estructura a implementar para el diseño del chasis es una estructura tubular. Para comenzar el diseño se toma en cuenta las dimensiones del percentil masculino 95 y el requerimiento T2.3 que indica que el vehículo debe tener una distancia entre ejes de al menos 1525mm y dicha distancia es medida desde el centro de contacto con el suelo de las llantas delanteras a las llantas traseras.

En la Figura No. 40 se muestra la vista inferior del chasis. El largo total del chasis es de 2050mm y la distancia que existe del centro de la llanta frontal a la trasera es de 1575mm. Esta distancia esta medida

del centro del cuadrado rojo de la Figura No. 41 al centro del cuadrado amarillo de la misma figura, Con 1575mm de distancia entre centro y centro se cumple el requerimiento T2.3 mencionado anteriormente.

Otro requerimiento que se incluye para el diseño del suelo es el T2.4 que indica que la parte más pequeña del vehículo ya sea frontal o trasera, debe ser no menos del 75% de la parte más grande. En la figura No. 41 se observa que el cuadro amarillo conforma la parte más pequeña del vehículo y tiene un ancho de 500.00 mm, la parte más grande del vehículo se observa con una línea verde en la figura No. 41 y está mide 600.00mm. Para validar el requerimiento T2.4 se multiplica el valor más grande que es 600.00mm por 75% y esto nos da 450.00mm, lo que quiere decir que la parte más pequeña del vehículo no debe ser menor a este dato, dado que la parte más pequeña del vehículo es de 500.00mm como se describió anteriormente, se puede validar que el diseño cumple con este requisito, dado que la parte más pequeña equivale al 83.3% de la más grande.

Figura No. 40 Vista inferior del diseño del chasis.

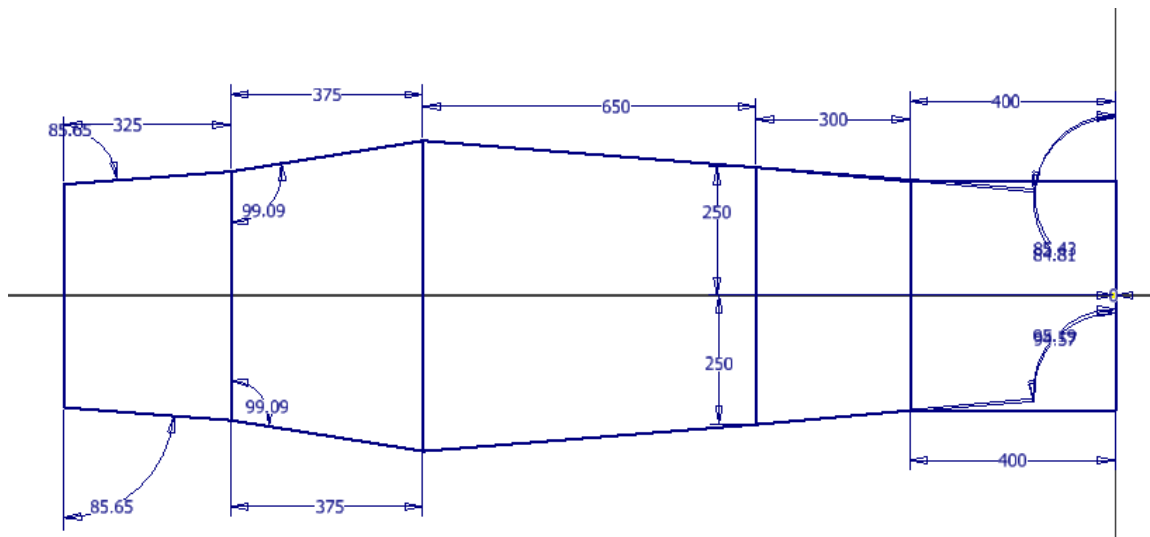
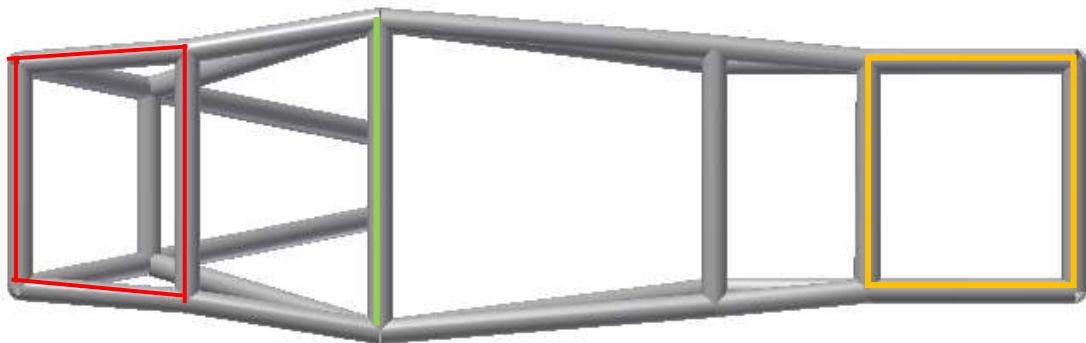


Figura No. 41 Vista inferior del chasis sin cotas y con la estructura tubular implementada.



En la Figura No. 39 se observa el “main roll hoop” y “front roll hoop”, estos miembros de la estructura se muestran en la vista frontal del chasis, en color rojo, ver Figura No. 42. Ambos miembros están diseñados para que el conductor, en el escenario de que el vehículo ha volcado, no tope ni manos y cabeza con el suelo. El requerimiento T.3.10.3.1 trata de cuando el conductor está sentado en posición normal de conducción y ya tenga colocado el cinturón de seguridad y el casco, debe quedar un mínimo de 50.00mm en línea recta trazada desde la parte superior del “main roll hoop” a la parte superior del “front roll hoop” y el requerimiento T3.10.3.2 trata de que cuando él piloto se encuentre en la misma posición descrita en el requerimiento anterior, la distancia mínima que debe existir entre el casco del piloto y la línea que se traza del “main hoop bracing” debe ser no menos de 50.00mm. Para comprender de mejor manera ambos requerimientos, ver figura No. 43.

El “main roll hoop”, también está diseñado para que pueda ser construido de una sola pieza de sección cerrada sin que se corte la tubería de acero. Este miembro del chasis se extiende desde abajo hasta el otro lado a la misma posición.

Figura No. 42 Vista frontal del chasis

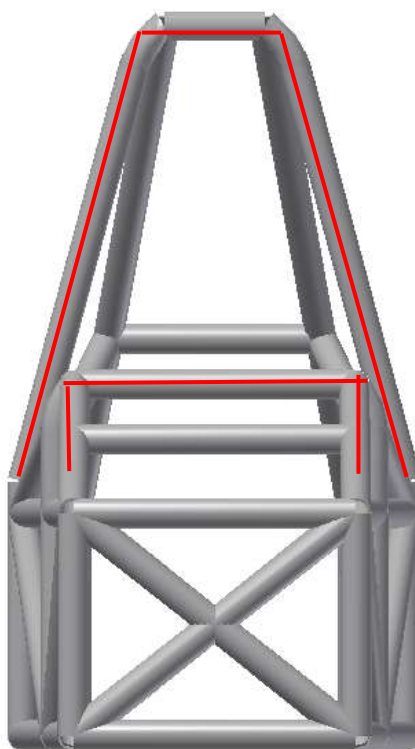
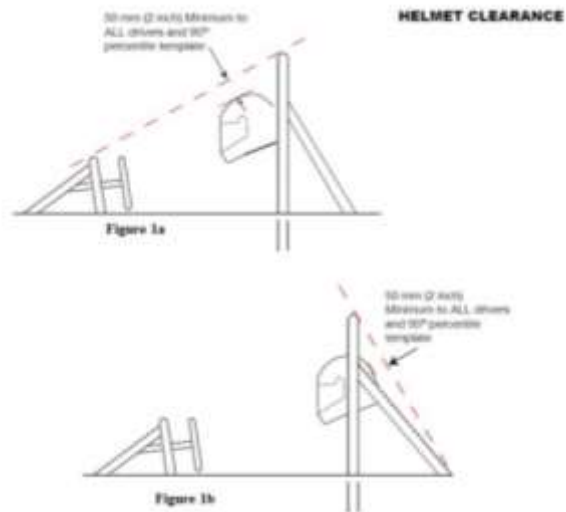


Figura No. 43 Requerimientos T.3.10.3.1 y T.3.10.3.2.



Con base en lo mencionado anteriormente se diseñaron el “main roll hoop” y el “front roll hoop”. En la Figura No. 44 se muestra el chasis con el conductor incluido, las dimensiones de este conductor están tomadas del percentil masculino noventa y cinco. En la misma figura se puede ver que se traza una línea recta entre el “main roll hoop” y el “front roll hoop”, y se mide la distancia entre el casco del conductor y la línea trazada, dicha distancia es de 83.66mm, el mínimo debía ser de 50mm por lo que si cumple. De igual forma se mide la distancia entre el casco del conductor y el “main hoop bracing” y es de 77.45mm, dicha distancia también cumple con el mínimo requerido de 50mm.

Figura No. 44 Validación de los requerimientos T.3.10.3.1 y T.3.10.3.2.

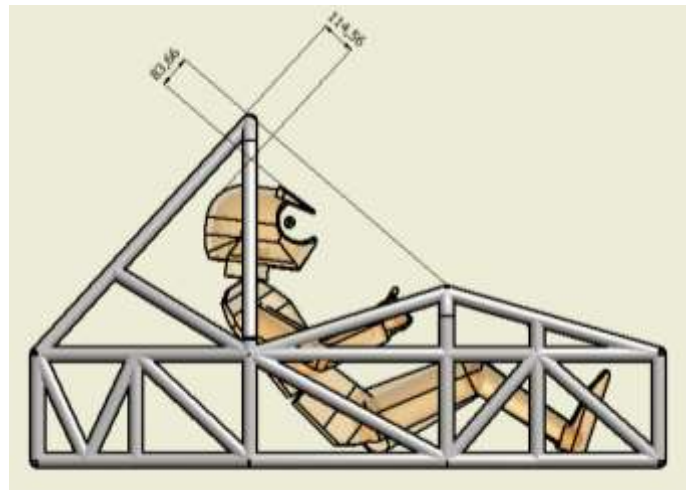
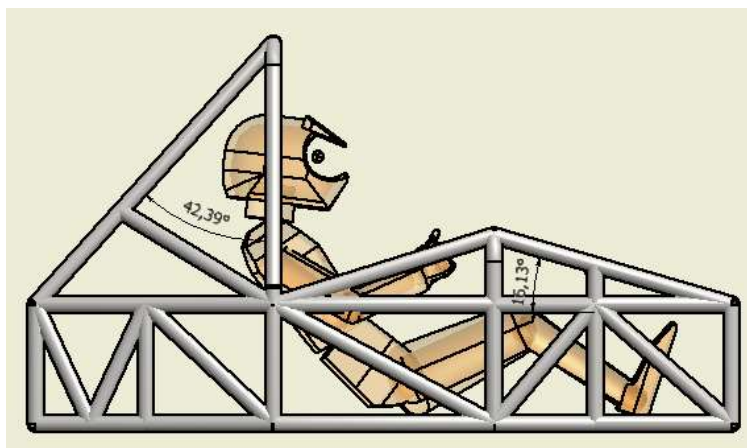


Figura No. 45 Ángulo entre “main roll ” y el “main bracing”. Entre “front roll hoop” y “front bracing”



Para poder ajustar adecuadamente el “main hoop bracing” se toma en cuenta los siguientes parámetros. Se sabe que el “main roll hoop” debe ser sostenido por dos apoyos que se extienden en dirección hacia adelante o atrás del “main roll hoop”. El “main hoop bracing” debe de estar lo más cerca posible de la parte superior del “main roll hoop”, pero no más de 160mm por debajo de la superficie de dicho miembro. El ángulo mínimo entre el “main roll hoop” y el “main hoop bracing” es de 30°. En la Figura No. 45 se observa que el ángulo del diseño del chasis es de 38.87° por lo tanto se cumple este parámetro puesto por la SAE. También se observa en la Figura No. 45 que el “main hoop bracing” son rectos, esto es porque no se permite ninguna curvatura en estos soportes. Adicional se le colocó un soporte que se muestra en amarillo, para evitar algún tipo de flexión de los dos miembros que forman el “main hoop bracing”.

El “front roll hoop” también cuenta con sus propios soportes, y estos son llamados “front hoop bracing”. Estos se diseñan con base en que el “front roll hoop” debe ser sostenido por dos apoyos que se extienden en dirección de avance tanto del lado derecho como en el izquierdo del “front roll hoop”. El “front hoop bracing” está diseñado para que proteja las piernas del conductor y la estructura se extiende por esa razón hasta la parte frontal del chasis. El ángulo entre el marco principal del chasis y el “front hoop bracing” es de 15.13° como se muestra en la Figura No. 45. El diseño del “front roll hoop” desde una vista lateral no tiene inclinación hacia delante ni hacia atrás, sin embargo SAE da como requisito que si este muestra inclinación hacia atrás de más de 10° debe tener soportes hacia atrás, en el diseño de la Figura No. 45 no era obligatorio colocar dicho soporte, pero se incluye para brindarle más seguridad al conductor en el área de los brazos y manos.

4. Peso de los componentes montados en el chasis

Cuadro No. 8 Peso de los componentes montados en el chasis

Componente	Masa (kg)	Peso (KN)
Conductor	80	0.784
Motor	113.39	1.111
Batería	5	0.49
Dirección	20	0.196
Atenuador de impactos	15	0.147
Transmisión	20	0.196

B. MATERIAL PARA LA MANUFACTURA DEL CHASIS

El material con el que se cuenta para la manufactura del chasis es un acero ASTM a500 grado B, tubular, con un diámetro externo de 1.5" y espesor de pared de 1/8". En el Cuadro No. 1 se muestra qué dimensiones como mínimo debe tener el material de sección circular que se empleara en la manufactura del chasis y el dato mayor entre el mínimo es de 1" x 0.095" (Singh, 2010), por lo que el material con el que se cuenta cumple con las dimensiones mínimas que requiere FSAE.

Otro requerimiento que se debe cumplir, es que el acero a utilizar tenga por lo menos un contenido de carbono del 0.1%, y el material ASTM a500 grado B tiene 0.26% de carbono (Garzón, n.d.).

En el Cuadro No. 9, se puede observar, el módulo de Young, resistencia última S_u y la resistencia a la fluencia S_y , para el material ASTM a500 grado B de sección circular. En el

Cuadro No. 10 se observa las mismas propiedades mencionadas anteriormente que la competencia de FSAE pide como requerimiento, las propiedades que da FSAE son del acero AISI 1010.

Cuadro No. 9 Propiedades del material ASTM a500 grado B, sección circular

Módulo de Young	200 GPa
Resistencia última	400 MPa
Resistencia a la fluencia	290 MPa

(Singh, 2010)

Cuadro No. 10 Propiedades mínimas que requiere FSAE.

Módulo de Young	200 GPa
Resistencia última	365 MPa
Resistencia a la fluencia	305 MPa

(Garzón, n.d.)

Al comparar estos dos valores, el material que se tiene para la construcción del chasis no cumple con el mínimo de resistencia última. En las reglas que brinda FSAE, el material base es el acero AISI 1010. Los materiales alternativos son permitidos, siempre y cuando se cumpla con enviar una forma SES (Hoja de equivalencia estructural), según el reglamento SAE 2016.

Cuadro No. 11 Requerimientos para el criterio de selección del material.

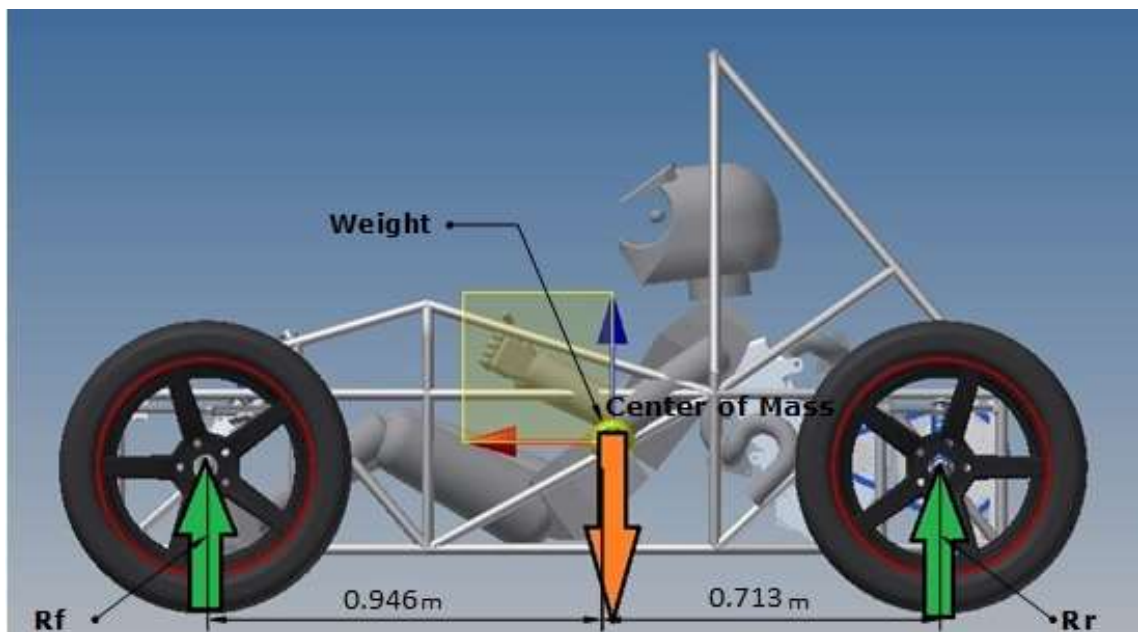
CÓDIGO	REQUERIMIENTO
T3.4.1	El material con el que se construye la estructura primaria (“main hoop” y “main hoop bracing”) debe estar compuesto por lo menos del 0.1% de carbono y poseer las dimensiones mínimas del Cuadro No. 1
T3.4.5	Las propiedades que se deben utilizar para mandar el SES o SRCF deben ser las listadas en el Cuadro No. 8
T3.5.1	El material alternativo se puede utilizar a excepción en el “main hoop” y “main hoop bracing”, estos deben ser de acero, utilizar aluminio o titanio es prohibido.
T3.5.3	Si el quipo utilizara otro material, se debe enviar el SES y se adjunta los cálculos del material que se seleccionó, demostrando la equivalencia con los requisitos mínimos indicados en la sección T3.4.1 y para resistencia última y resistencia a la fluencia en análisis de flexión, tensión y pandeo, para la energía de distorsión y módulo de pandero (El módulo de pandeo es definido como EI , donde E es el módulo de elasticidad e I es el momento de inercia).
T3.9.1	Todos los equipos deben enviar el SES (Structural equivalency spreadsheet) o SRCF (Structural requirements certification form). Los equipos que cumplen con las reglas

c. SISTEMA DE DIRECCIÓN

Se decidió implementar un sistema de direccionamiento por piñón cremallera. El diseño del direccionamiento por cremallera consiste en un engranaje conectado por un eje directamente al timón y una cremallera sobre el eje principal que moverá las llantas para poder direccionarlas. El costo de este sistema no es tan elevado comparado con el direccionamiento hidráulico o el de tornillo y engranaje pues las piezas son más fáciles de fabricar y son fácilmente adaptables. La ventaja con la implementación de este sistema consiste en que como el engrane va directamente conectado al timón, el montaje del mismo no presenta mayor desafío. Las mayores debilidades de este diseño son el peso y la durabilidad. Con respecto al peso, debido a que es necesario que la cremallera y el engrane estén siempre en contacto, se debe diseñar un soporte que sostenga tanto al engrane como al eje que tiene la cremallera, lo que adiciona más peso al sistema. Con respecto a la durabilidad, debido a que el timón está en constante uso este genera un esfuerzo por picadura entre los dientes del engrane y de la cremallera, lo que genera desgaste.

Para realizar los cálculos para el sistema de direccionamiento, es importante tomar en cuenta la distribución del peso del vehículo en las llantas del mismo. Esto se muestra en la Figura No. 46 suponiendo una simetría a lo largo del carro, se obtiene que las reacciones en las llantas frontales son de $R_f = 750\text{ N}$ en cada una y en las llantas traseras de $R_r = 1050\text{ N}$. Tomando la masa del vehículo y piloto como 360 Kg.

Figura No. 46 Distribución del peso en las llantas del vehículo.



Las principales restricciones por parte de la competencia con respecto al sistema de direccionamiento se muestran en el Cuadro No. 12. Solamente algunas restricciones afectan específicamente el diseño del sistema, estas se indican también en el Cuadro No. 12.

Cuadro No. 12 Descripción de los requerimientos del sistema de direccionamiento

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T4.6	Todos los controles del vehículo deben poder operarse dentro del mismo.	No
T6.5.1	El timón debe estar conectado a las llantas frontales de manera mecánica.	Sí
T6.5.2	El sistema de direccionamiento debe contar con topes para asegurarse que las llantas no puedan topar ninguna otra parte del vehículo	Sí
T6.5.3	El timón debe tener un juego no mayor a 7°	Sí
T6.5.4	El timón debe poder desconectarse de la columna donde se encuentre por el piloto estando en posición de manejo	Sí
T6.5.5	Si el vehículo tiene sistema de direccionamiento para las ruedas traseras, estas solo deben tener un movimiento de máximo 6° restringido por topes mecánicos	No*
T6.5.6	El timón debe tener un perímetro de forma circular u ovalada continuo	Sí
T6.5.7	En cualquier posición, el timón no debe llegar a tener una altura mayor a la estructura externa del vehículo	Sí
T6.5.8	Si se utiliza un sistema de direccionamiento por cables, se debe añadir documentación extra en el reporte del SES de los equipos demostrando el equivalente mecánico	No*
T6.5.9	La cremallera de dirección debe ir mecánicamente unida al marco	Sí
T6.5.10	Todos los componentes entre el timón y la cremallera deben de estar mecánicamente unidos y visibles durante la inspección	Sí

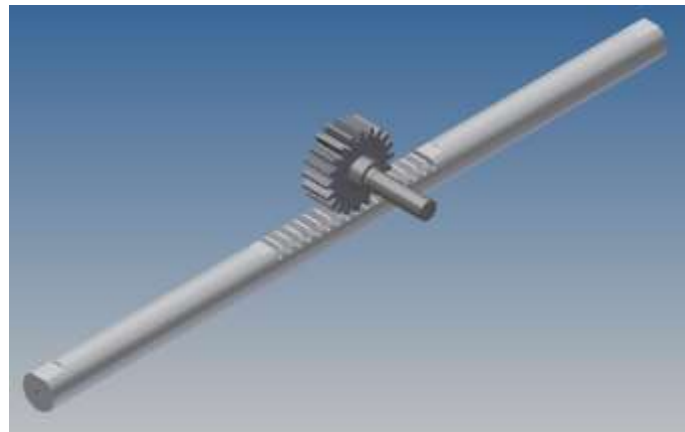
*Nota: estos requerimientos, si deberían de afectar, en este caso no afectarían debido a que no se implementarán en el diseño.

Debido a que se utilizará un direccionamiento de piñón-cremallera, los requerimientos T6.5.1, T6.5.2, T6.5.3 y T6.5.9 deben considerarse al diseñar estos dos elementos. El diseño del piñón y de la cremallera se muestra en la Figura No. 47. Para realizar el diseño de un engrane existen un conjunto de decisiones que es necesario tomarlas o definir las antes de comenzar con el diseño (Bundynas & Nisbett, 2012). Las decisiones *a priori* para el diseño del engrane y cremallera fueron las siguientes:

Cuadro No. 13 Decisiones *a priori* para el diseño del engrane

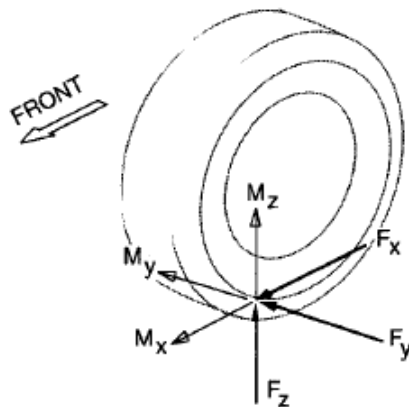
Decisión <i>a priori</i>	Valor	Unidades
Momento de Direccionamiento	50	N*m
Velocidad	6	Rad/s
Angulo de presión (ϕ)	20	°

Figura No. 47 Diseño del piñón y cremallera.



Para calcular la carga que se muestra en el Cuadro No. 13, se tomaron en cuenta los momentos que se ejercen sobre el sistema de direccionamiento debido al movimiento del vehículo y el momento que el piloto debe ser capaz de ejercer para poder direccionar el vehículo. Las fuerzas que interactúan con el neumático al direccionarlo se muestran en la Figura No. 48. Donde F_z es la fuerza normal debido al contacto con el suelo, F_x la fuerza de tracción de la llanta y F_y la fuerza lateral debido al movimiento del vehículo. Cada una de estas fuerzas transmite un momento al eje de direccionamiento. (Gillespie, 1992)

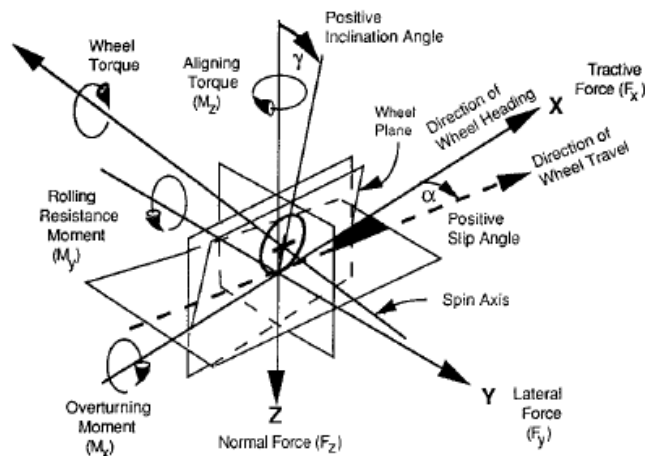
Figura No. 48 Diagrama de cuerpo libre sobre los neumáticos al momento de direccionarlos.



(Gillespie, 1992)

Estas fuerzas son el resultado de la interacción entre las llantas y el suelo y afectan directamente al direccionamiento. Para esto la SAE definió una convención para el cálculo de estas fuerzas el cual se muestra en la Figura No. 49. Estas fuerzas son medidas desde el punto de contacto entre la llanta y el suelo, esto nos da una base para analizar las reacciones del direccionamiento.

Figura No. 49 Diagrama de fuerzas y momentos definido por la SAE



El momento transmitido por la fuerza normal (F_z) se calcula con la ecuación 1. Para calcular las fuerzas normales se tomó la masa del vehículo más el piloto igual a 360 Kg. El primer término de la ecuación corresponde al momento debido al ángulo de cámara y el segundo corresponde al momento generado por el ángulo de cáster y a la distribución del peso en las llantas derechas y las izquierdas. Por la Figura No. 55 se puede observar que con los parámetros $d=25\text{mm}$, $\lambda=10^\circ$ y $v=5^\circ$, el momento mayor se da cuando $\delta=45^\circ$ en donde $M_v = -36.8 \text{ Nm}$. (Gillespie, 1992)

$$M_v = -(F_{zl} + F_{zr})d \sin(\lambda) \sin(\delta) + (F_{zl} - F_{zr}) d \sin(v) \cos(\delta) \quad (1)$$

Donde:

F_{zl} es la fuerza normal en la llanta izquierda

F_{zr} es la fuerza normal en la llanta derecha

d es la distancia entre el punto de contacto y el intercepto del eje de direccionamiento en el suelo.

λ es el ángulo de cámara

δ es el ángulo de direccionamiento

v el ángulo de cáster

Debido a que el segundo término de la ecuación 1 afecta únicamente cuando existe una distribución de peso al momento de girar en una curva, para esto se puede utilizar la ecuación 2 sabiendo que $h=0.39\text{m}$,

$t=1.4\text{m}$ y $a_y=6\text{m/s}^2$, tenemos un $\Delta W = (F_{zl} - F_{zr}) = 600\text{N}$. Se puede obtener estos datos de la Figura No. 50. Es importante mencionar que hacen falta varios sistemas en el vehículo como la carrocería, sin embargo, la Figura No. 50 representa una muy buena aproximación del mismo.

$$\Delta W = \frac{m h a_y}{t} \quad (2)$$

Donde:

ΔW es la distribución de peso de un lado a otro

m es la masa del vehículo

h es la altura del centro de masa del vehículo con respecto al suelo

a_y es la aceleración centrípeta al girar

t es la distancia entre las llantas frontales

Figura No. 50 Medición de la distancia entre llantas y altura del centro de masa.

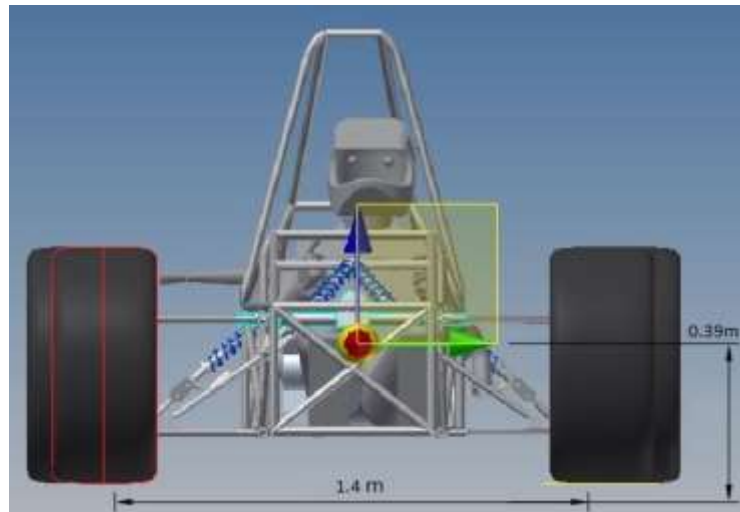
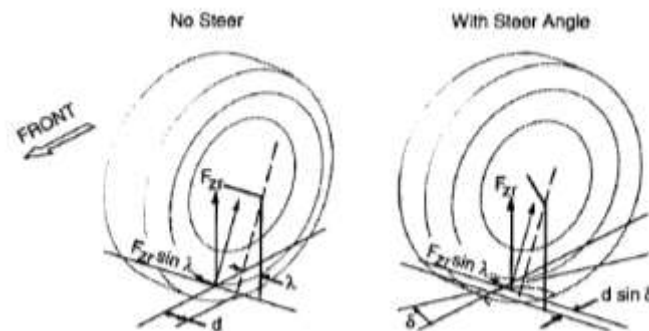


Figura No. 51 Diagrama del momento debido al ángulo de cámara.



(Gillespie, 1992)

Figura No. 52 Momento debido al cámbier con $d=25\text{mm}$ y $\lambda=10^\circ$, generada en MATLAB®

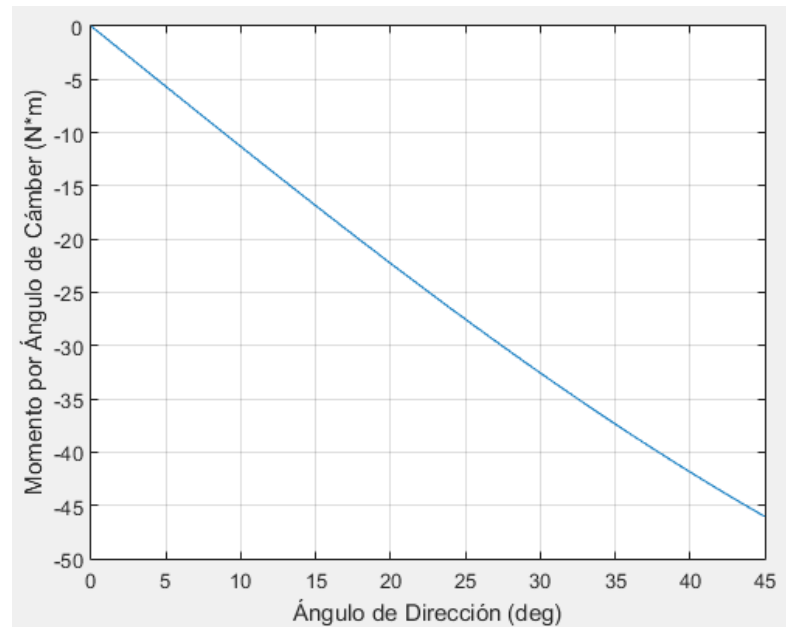
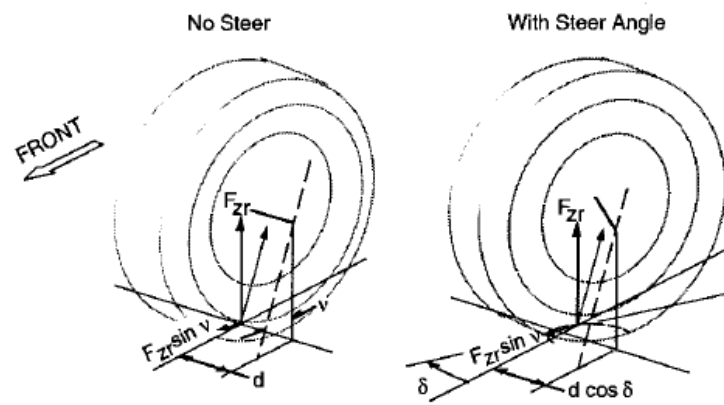


Figura No. 53 Diagrama del momento debido al ángulo de cáster.



(Gillespie, 1992)

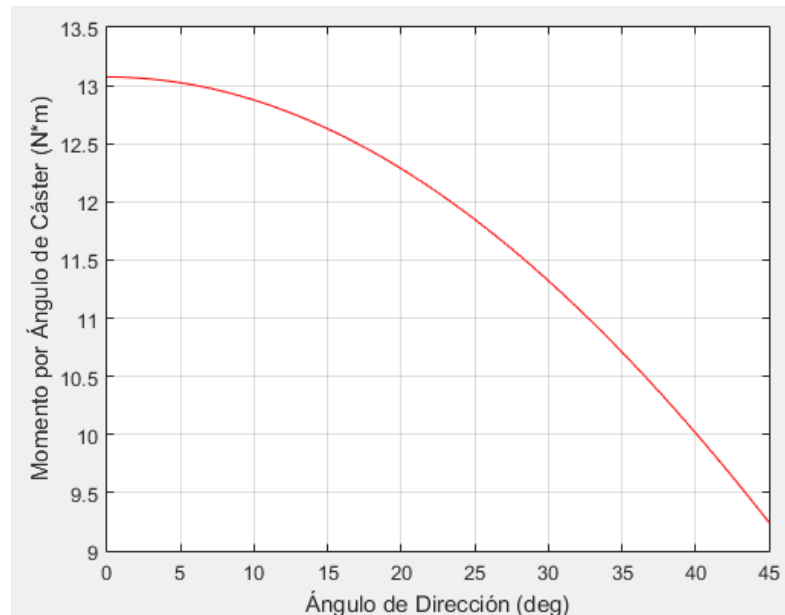
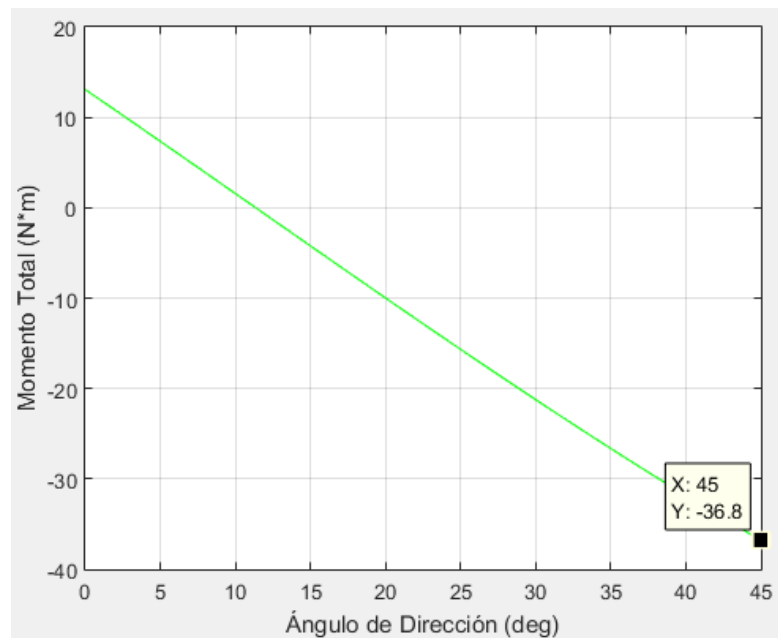
Figura No. 54 Momento debido al cáster con $d=25\text{mm}$ y $v=5^\circ$, generada en MATLAB®

Figura No. 55 Momento total generado por la fuerza normal, generada en MATLAB®



El momento transmitido por la fuerza lateral (F_y) se calcula mediante la ecuación 3. Para calcular la fuerza lateral es necesario utilizar el modelo matemático descrito en la ecuación 4, para simplificar los cálculos se supuso que la fuerza lateral en ambas llantas frontales es la misma. Es importante notar que la ecuación 3 describe el comportamiento de la fuerza lateral en términos del ángulo de desliz. Esta ecuación depende de los factores B, C, D y E los cuales se deben calcular con el procedimiento descrito abajo.

$$M_L = (F_{yr} + F_{yl}) r \tan(\nu) \quad (3)$$

Donde:

F_{yr} es la fuerza lateral en la llanta derecha

F_{yl} es la fuerza lateral en la llanta izquierda

r es el radio de las llantas frontales

$$(F_{yr} + F_{yl}) = D * \sin(C * \arctan(B\phi)) + S_v \quad (4)$$

$$\phi = (1 - E)(\alpha + S_h) + \frac{E}{B} \arctan(B(\alpha + S_h)) \quad (5)$$

Donde:

α es el ángulo de desliz

ϕ es función del ángulo de desliz

B es el factor de rigidez de las llantas

C es el factor de forma de las llantas

D es el factor de pico de las llantas

E es el factor de curvatura de las llantas

S_v es el factor debido al desplazamiento vertical de la llanta

S_h es el factor debido al desplazamiento horizontal de la llanta

Para calcular dichos factores se utilizan los coeficientes de la ecuación de la llanta considerando la fuerza vertical F_z y el ángulo de cáster. Los coeficientes se muestran en el Cuadro No. 14 y el Cuadro No. 15.

Cuadro No. 14 Coeficientes de la fórmula de la llanta considerando F_z .

Coeficientes	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
Para calcular F_y	-22.1	1011	1078	11.82	0.208	0	-0.354	0.707
Para calcular M_z	-2.72	-2.28	-1.86	-2.73	0.110	-0.070	0.643	-4.04

Cuadro No. 15 Coeficientes de la fórmula de la llanta considerando el ángulo de cáster.

Coeficientes	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}
F_y	0.028	0	14.8	0.022	0
M_z	0.015	-0.066	0.945	0.03	0.07

Con los coeficientes de los cuadros anteriores se pueden calcular los coeficientes B, D, E, S_v y S_h con las ecuaciones 6, 7, 8, 9 y 10 respectivamente, sabiendo $C=1.3$ debido a que solo se están calculando las fuerzas laterales (Bakker & Nyborg). Con esto se puede generar la gráfica de la Figura No. 56 y determinar que la fuerza lateral máxima es de 1689N a los 9.7° y, utilizando la ecuación 3 y el radio de la llanta como $r = 0.265\text{m}$, se puede calcular el momento M_L .

$$D = a_1 F_z^2 + a_2 F_z \quad (6)$$

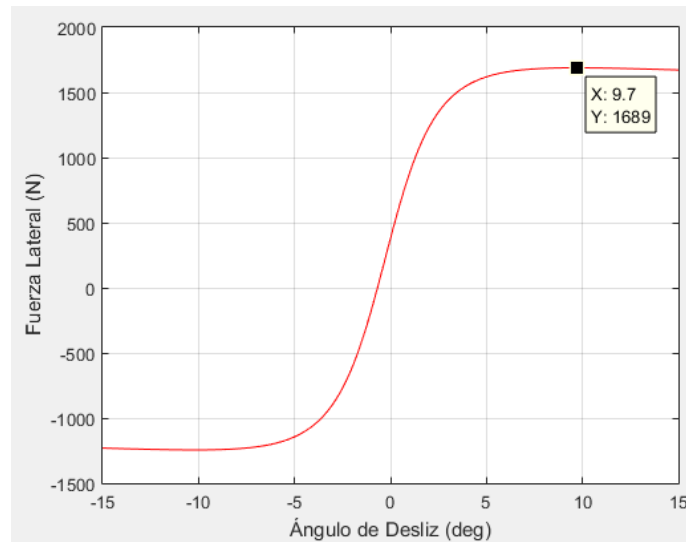
$$E = a_6 F_z^2 + a_7 F_z + a_8 \quad (7)$$

$$B = \frac{a_3 \sin(a_4 \arctan(a_5 F_z))}{CD} \quad (8)$$

$$S_v = a_9 \lambda \quad (9)$$

$$S_v = (a_{10} F_z^2 + a_{11} F_z) \lambda \quad (10)$$

Figura No. 56 Fuerza lateral dependiendo el ángulo de desliz, generada en MATLAB®



El momento transmitido por la fuerza de tracción (F_x) se calcula con la ecuación 11. Suponiendo un coeficiente de adhesión entre el asfalto y las llantas de $\mu=0.7$ (Car - Traction Force, 2010) el momento de tracción final sería de $M_T = 10.5 \text{ Nm}$. (Gillespie, 1992)

$$M_T = \mu_t (F_{zl} - F_{zr}) d \quad (11)$$

Donde:

μ_t es el coeficiente de adhesión entre la rueda y el asfalto

El último momento ejercido sobre el eje de direccionamiento es el momento de alineamiento, este se calcula mediante la ecuación 12. Para esto es necesario calcular el momento de alineamiento ejercido en

cada llanta haciendo uso de la ecuación 13. Esta ecuación es idéntica a la ecuación 4, sin embargo los coeficientes toman distintos valores, para esto se usan los que se muestran en la tercera fila de los cuadros Cuadro No. 14 y Cuadro No. 15. El coeficiente B es el único que cambia su fórmula a la ecuación. La gráfica generada a partir de esta ecuación, que se muestra en la Figura No. 57, representa el cambio en el momento de alineamiento dependiendo del ángulo de desliz.

$$M_{AT} = (M_{zl} + M_{zr}) \cos(\sqrt{\lambda^2 + v^2}) \quad (12)$$

Donde:

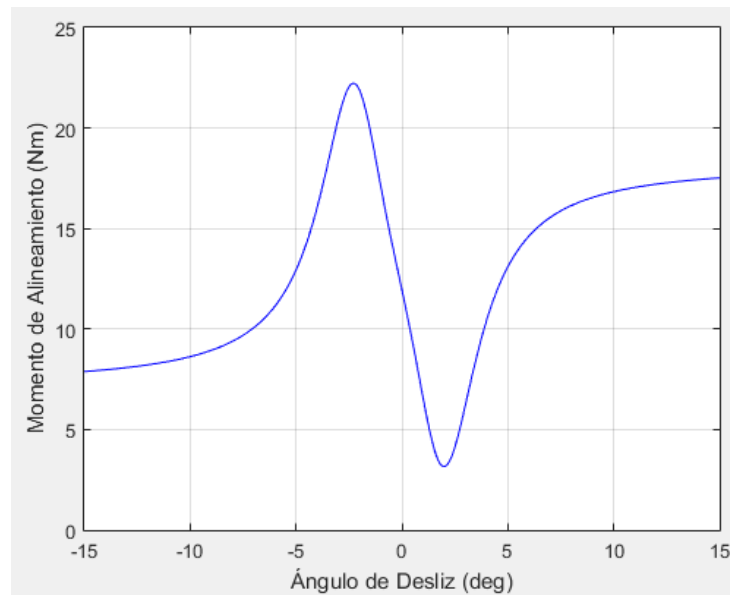
M_{zl} es torque de alineamiento en la llanta izquierda

M_{zr} es torque de alineamiento en la llanta derecha

$$(M_{zr} + M_{zl}) = D * \sin(C * \arctan(B\phi)) + S_v \quad (13)$$

$$B = \frac{a_3 F_z^2 + a_4 F_z}{CD * e^{a_5 F_z}} \quad (14)$$

Figura No. 57 Momento de alineamiento vs del ángulo de desliz, generada en MATLAB®



Con estos momentos ya calculados, se puede obtener el momento transmitido al timón mediante la ecuación 15. Pero debido a que tanto M_{AT} como M_T dependen del ángulo de desliz, M_{sw} también, de la forma en que se muestra en la figura No.58. De la misma figura se puede observar que el momento máximo transmitido al timón es de $|M_{sw}| = 46.96$ Nm lo que podemos aproximar a 50 Nm.

$$M_{sw} = M_{AT} + M_T + M_v + M_l \quad (15)$$

Donde:

M_{sw} es el momento neto sobre el eje de direccionamiento

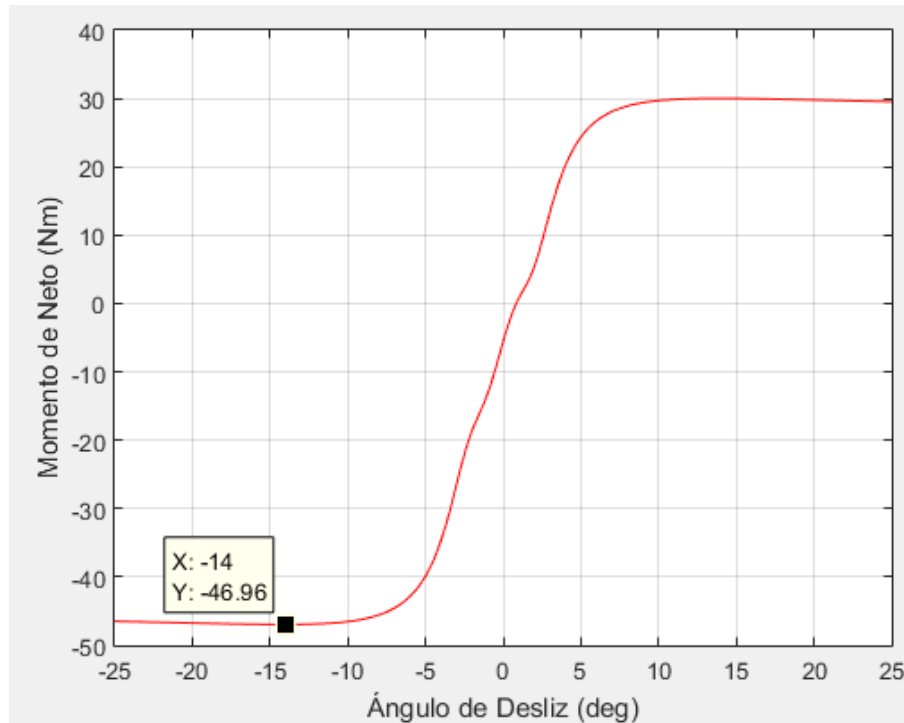
M_{AT} es el momento de alineamiento

M_T es el momento debido a la fuerza de tracción (F_x)

M_v es el momento transmitido por la fuerza normal (F_z)

M_l es el momento transmitido por la fuerza lateral (F_y)

Figura No. 58 Momento neto vs el ángulo de desliz, generada en MATLAB®



Para realizar el diseño del engrane y cremallera se necesita seleccionar el módulo de los mismos, el diámetro del engrane, material y número de dientes del engrane. Se realizó el diseño de un engrane con los parámetros mostrados en el Cuadro No. 16. Estos parámetros se seleccionaron con el objetivo de minimizar el espacio y la masa del sistema y utilizando medidas comerciales, para luego corroborar si el diseño no presenta ningún problema.

Cuadro No. 16 Parámetros de diseño para el engrane.

Características del engrane	Valor	Unidades
Módulo	3	mm
Número de dientes	20	-
Angulo de presión (ϕ)	20	°
Ancho de diente	25	mm
Diámetro de paso	60	mm

Para corroborar que el sistema piñón cremallera no presente interferencia se supone que la cremallera es un engrane de radio infinito, por lo que el perfil de involuta de sus dientes son líneas rectas. Para analizar la interferencia entre ambos elementos se utiliza la expresión 16. Si se considera que el engrane tiene medidas normalizadas, el módulo es igual al *adendum* por lo que la expresión se simplifica. Utilizando los parámetros mostrados en el Cuadro No. 13, se obtiene que $z \geq 17.1$ lo cual dice que el parámetro seleccionado para el número de dientes evita interferencia.

$$z \geq \frac{2a_c}{m (\sin(\phi))^2} \quad (16)$$

Donde:

z es el número de dientes

a_c la medida del adendum

m es el módulo del engrane y cremallera

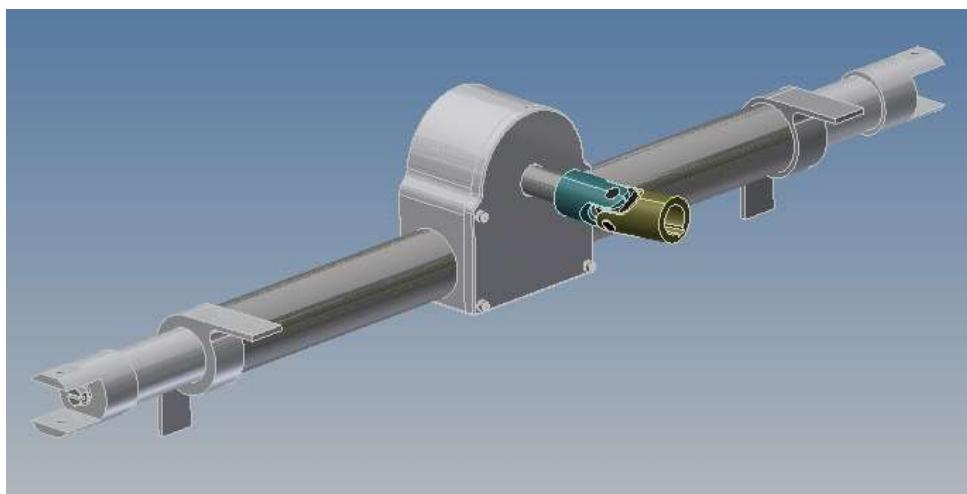
ϕ es el ángulo de presión del engrane

Para cumplir con el requerimiento T6.5.9 se decidió fabricar la cremallera en el eje principal de direccionamiento. Esto es para evitar utilizar pernos para unir la cremallera al eje y para evitar agujeros tanto en la cremallera como en el eje, ya que estos son concentradores de esfuerzos. El diseño del piñón y de la cremallera se puede ver en la Figura No. 47. Para asegurarse que estos elementos resistirán los esfuerzos a los que estarán sometidos se realizó un análisis de elementos finitos, mostrado en la Figura No. 117, aplicando el momento que el piloto ejerce sobre el eje de direccionamiento calculado anteriormente, el cual es de $M=50$ Nm.

Con el diseño del piñón y cremallera, y el cajón se cumplen los requerimientos T6.5.1, T6.5.2, T6.5.9 y T6.5.10. Y falta completar los requerimientos T6.5.3, T6.5.4, T6.5.6 y T6.5.7. Para poder completar el requerimiento T6.5.3, es necesario tener ya fabricados el piñón y la cremallera, ya que con estos elementos ya en físico será posible analizar el juego que ambos elementos presentan debido a las tolerancias en la fabricación. Para completar el requerimiento T6.5.4 es preciso contar con un mecanismo que sea capaz de remover el timón de una manera fácil y rápida. Para esto se utilizará un mecanismo “quick release” el cual es más adecuado comprarlo debido a lo complejo y no tan exacto funcionamiento si este se diseña y fábrica, además son de bajo costo. Para cumplir con el requerimiento T6.5.6 es preciso tener el timón. Es más, la selección del timón debe ir orientada por este requerimiento. Por último, el requerimiento T6.5.7 se podrá evaluar una vez el sistema de direccionamiento esté completamente montado ya sobre el vehículo, pero para la facilidad de montaje se deberán utilizar “U-joints”. Estas articulaciones permiten poder acomodar con mejor facilidad el eje de direccionamiento al vehículo, permitiéndole inclinarse a algún ángulo y seguir transmitiendo fácilmente el momento hacia el piñón y la cremallera. El diseño de estos elementos no es muy complicado, sin embargo, estos se encuentran estandarizados y son de bajo costo, siendo una mejor opción el comprarlos.

En la Figura No. 59 se puede observar el sistema de direccionamiento completo. Esta figura muestra cómo debe quedar el sistema ya manufacturado y ensamblado. Las dimensiones de cada uno de los elementos de este sistema se muestran en los planos adjuntos en la sección de anexos.

Figura No. 59 Diseño del sistema de direccionamiento



La mayoría de piezas del sistema de direccionamiento serán maquinadas en aluminio 7075 t6. Se seleccionó este material para fabricar estos componentes debido a su alta resistencia y bajo peso, además de su facilidad de maquinación. Para maquinar los elementos se empleará una fresadora para piezas como el cajón, eje con la cremallera y los tie rod connectors.

Para esto se debe emplear una velocidad de corte promedio de 61 m/min para el proceso de desbastado y una de 93 m/min para el proceso de acabado según indica el

Cuadro No. 17. Piezas como el engrane, las u-joints, tie rod ends y tornillos serán comprados.

Cuadro No. 17 Velocidades de corte promedio para distintos materiales.

Material	Refrendado, torneado, rectificación					
	Desbastado		Acabado		Rosado	
	pies/min	m/min	pies/min	m/min	pies/min	m/min
Acero de máquina	90	27	100	30	35	11
Acero de herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18

(Álvarez, 2010)

D. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión que se decidió implementar fue el “double wishbone”. Las principales ventajas de este diseño consisten en la abundante información que se encuentra sobre este tipo de sistema de suspensión debido a que es utilizado por la mayoría de equipos en la competencia Fórmula SAE e incluso es el utilizado en la Fórmula 1. Así mismo se puede ajustar fácilmente la geometría de la suspensión modificando el largo del brazo y para colocarlo sobre el vehículo únicamente se debe conectar las dos puntas del cada brazo sobre soportes unidos al chasis. Entre las desventajas de este modelo son el diseño del mismo y que, comparado con el sistema multilink, es menos efectivo ante las irregularidades del terreno. Las principales restricciones de la competencia, respecto al sistema de suspensión se muestran en el Cuadro No. 18.

Cuadro No. 18 Requerimientos del sistema de suspensión impuestas por la competencia.

Código	Requerimiento	Restringe al diseño
T6.1.1	El vehículo debe contar con un sistema de suspensión funcional con atenuadores de impacto, con un recorrido de llanta mínimo de 50 mm, 23 mm de compresión y 25 mm de estiramiento	Sí
T6.2	Todos los puntos de montaje del sistema de suspensión deben estar visibles durante la inspección técnica en la competencia	Sí
T6.3	Ninguna parte del vehículo, con excepción de las llantas, debe tocar el suelo	Sí

(Farrington, 2011)

Las restricciones del sistema de suspensión dejan bastante libertad en el diseño para poder implementar cualquier tipo de sistema de suspensión. Por lo que para realizar el diseño de la suspensión del vehículo se consideraron únicamente las dimensiones del chasis, puesto que este sistema depende directamente de ellas. El sistema de suspensión es distinto para las llantas traseras que para las frontales, debido a la diferencia en la cantidad de espacio que tiene la parte frontal del vehículo con respecto a la parte trasera. Así mismo, los brazos de la parte trasera son más largos y con esto el momento sobre ellos aumenta (Farrington, 2011). Las dimensiones de los brazos para la suspensión frontal se muestran en la Figura No. 60 y las dimensiones para los brazos de la suspensión trasera se muestran en la Figura No. 61.

Figura No. 60 Dimensiones de los brazos de suspensión frontales.

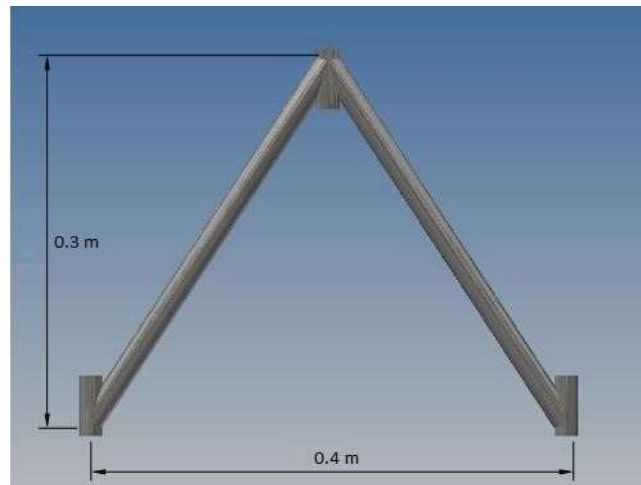
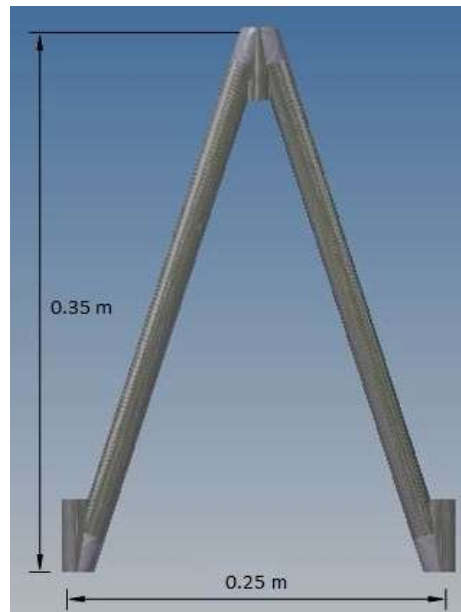
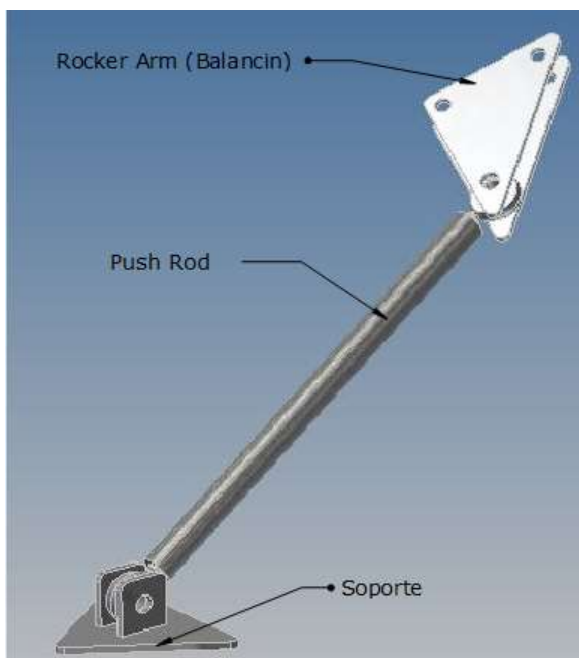


Figura No. 61 Dimensiones de los brazos de suspensión traseros.



Otro elemento que se diseñó en este sistema fue el push rod, este elemento es el encargado de transmitir las vibraciones inducidas por el terreno o por el movimiento del carro al resorte y amortiguador. Para acomodar los amortiguadores al chasis resulta útil utilizar un balancín o “rocker arm”. El propósito de este balancín es poder colocar el amortiguador no precisamente perpendicular a los brazos de la suspensión, sino en algún espacio disponible en el vehículo donde este paralelo a los brazos, este balancín se encarga de transmitir el movimiento vertical del push rod a uno horizontal hacia el amortiguador (Farrington, 2011). Para poder ensamblar el push rod es necesario utilizar un soporte el cual se soldará a los brazos inferiores. En la Figura No. 62 se muestra el ensamble entre el balancín el push rod y el soporte del push rod.

Figura No. 62 Ensamble entre balancín, push rod y soporte del sistema de suspensión



Por último, es necesario considerar el requerimiento T6.1.1. Para poder evaluar este requerimiento es necesario contar con el amortiguador, el resorte y que el sistema de suspensión esté colocado en el chasis. Y para evaluarlo se utiliza la ecuación 17 la cual depende de datos como la distancia desplazada por la llanta y la distancia desplazada por el resorte. Y este valor se puede ajustar directamente sobre los amortiguadores mediante una rosca la cual establece hasta donde empieza a ejercer fuerza el resorte (Farrington, 2011).

$$\text{Constante de Movimiento} = \frac{\text{distancia recorrida por la llanta}}{\text{distancia recorrida por el amortiguador}} \quad (17)$$

La constante de resorte equivalente es el valor que debería de tener el resorte si este se conectara directamente sobre la llanta y no por medio del push rod. Este factor sirve para analizar vibraciones transmitidas al chasis y para simplificar cálculos posteriores. Esto se calcula mediante la ecuación 18 y ayuda también a verificar el requerimiento T6.1.1.

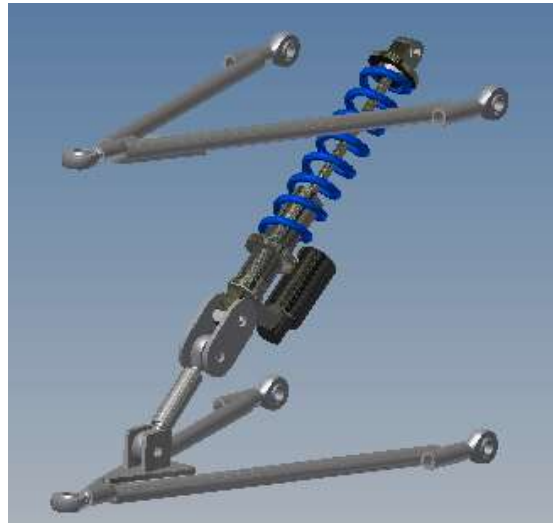
$$\text{Constante de la Llanta} = \frac{\text{Constante del resorte del amortiguador}}{\text{Constante de Movimiento}} \quad (18)$$

Los diseños para el sistema de suspensión delantero y trasero se muestran en la Figura No. 63 y 64, cuyas únicas diferencias son el largo de los brazos y el lugar donde se coloca el amortiguador. Lo primero es debido a aumentar el momento de volcamiento y lo último es debido a motivos de espacio en la parte delantera y trasera del vehículo.

Figura No. 63 Sistema de suspensión para las llantas frontales



Figura No. 64 Sistema de suspensión para las llantas traseras



Para el sistema de suspensión se utilizarán barras de acero AISI 1018. Se seleccionó este material debido a su alta resistencia y a que el peso del sistema de suspensión no es tan crítico en el diseño del vehículo. Estas barras irán soldadas de la misma manera del chasis. Las dimensiones de los tubos para el sistema de suspensión son de 17.2 mm de diámetro y 2.6 mm de espesor.

E. SISTEMA ELÉCTRICO

El diseño de este sistema está determinado por la selección de los componentes eléctricos del vehículo.

Los componentes del sistema son:

- Batería
- Alternador
- Bobinas de encendido
- Bujías
- Switch y luces de freno
- Switches de emergencia
- Cableado eléctrico

La elección de la batería está determinada por el motor de arranque, pues en el instante inicial en el que se acciona el switch de encendido, el alternador no está en funcionamiento y es la batería la que le da al motor de arranque la energía suficiente para vencer su propia inercia y luego accionar el motor de combustión interna (Kawasaki, 1997). Dado que el motor trae integrado el motor de arranque, la batería debe cumplir con las mismas especificaciones del vehículo original, siendo esta dada por el manual de mantenimiento y requiriendo entonces una capacidad de 8.6 Ah y un voltaje entre sus terminales de 12V (TPS Knowledge is Power, 1998).

Las bobinas de encendido y las bujías dependen únicamente del motor; dado que son estos elementos los que producen la chispa para la explosión dentro de los cilindros, únicamente vienen determinados por cuánta energía tiene que llevar esa chispa para poder llevar a cabo esa función. Las bobinas son las que con los arrollamientos en su interior producen esa energía, mientras que las bujías son el medio de transmisión para llevar la chispa de la bobina al cilindro correspondiente (Alonso, Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico, 1998).

En el caso del alternador, se requiere de un análisis de cargas eléctricas del vehículo, separándolas entre consumidores de conexión permanente o prolongada y consumidores de conexión breve (Amazon, n.d.). La suma total de potencias requeridas por los consumidores de conexión permanente o prolongada, divididas dentro del voltaje nominal del alternador y multiplicando el valor resultante de la operación anterior por un factor de seguridad de 1.3, determinan la corriente que este debe entregar en ralentí, pudiendo entonces cumplir su función de proveer la corriente necesaria para la alimentación de los consumidores eléctricos y permitir la carga de la batería o acumulador (Amazon, n.d.). Dicho balance se muestra en los siguientes cuadros:

Cuadro No. 19 Consumidores de conexión breve o prolongada para el vehículo.

Consumidores de conexión permanente o prolongada	
Aparato o sistema eléctrico	Potencia (W)
ECU	4
Tablero	4
Bobinas de encendido	144
Sensor de temperatura del refrigerante	0.01
Sensor TPS	0.01
Sensor Efecto Hall (2)	0.02
Sensor de nivel gasolina	0.18
Sensor de nivel de aceite	0.0025
Sensor de nivel de refrigerante	0.0025
Sensor de nivel de líquido de frenos	0.0025
Xbee	0.33
LCD	0.2
Displays 7 segmentos	0.84
LED's indicadores de nivel	0.225
Electrobomba de combustible	70
Potencia 1	$P_{w1} = 224$

Cuadro No. 20 Consumidores de conexión breve para el vehículo.

Consumidores de conexión breve	
Aparato o sistema eléctrico	Potencia (W)
Luces de freno	20
Potencia 2	$P_{w2} = 20$
POTENCIA TOTAL ($P_{w1} + P_{w2}$)	254

Cuadro No. 21 Cálculo de la corriente mínima requerida para el alternador.

Corriente del alternador	
Corriente de los consumidores permanentes I_{w1} (A)	16
Demanda calculada (A) $I_L = 1.3 * I_{w1}$	21

Según el cuadro anterior, se determina que la corriente mínima que debe entregar el alternador en ralentí es de 21A.

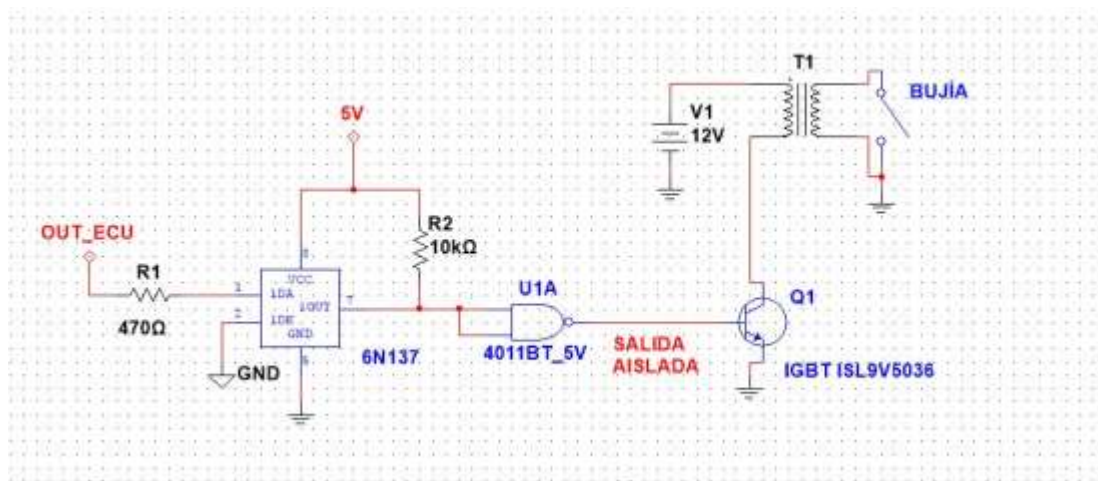
La elección de las bobinas de encendido y bujías viene dada únicamente por el motor a utilizar, al ser estos los componentes que permiten producir el arco eléctrico y posteriormente, la chispa que produce la explosión en los cilindros del motor. Adicionalmente, la cantidad de bobinas de encendido necesitadas es determinada por el tipo de ignición a utilizar, pudiendo ser (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995):

- Opción A: Sistema de encendido por distribuidor
- Opción B: Sistema de encendido de chispa perdida (Wasted Spark)
- Opción C: Sistema de encendido directo (Spark-on-plug)

Se eligió el encendido por chispa perdida debido a su facilidad para determinar la bobina que debe ser activada, y la menor dependencia de componentes mecánicos como sería con el encendido por distribuidor (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995). Por el tipo de sistema elegido, se requiere entonces de una cantidad total de dos bobinas de encendido dobles.

Adicionalmente, se requería de un circuito que adaptara las señales de control a los niveles necesarios para activar las bobinas. Este se muestra en la siguiente figura, el circuito utiliza transistores IGBT para permitir el paso de corriente por el embobinado primario. Estos transistores son desarrollados para ser utilizados en la ignición de vehículos.

Figura No. 65 Circuito para la señal de activación de las bobinas de encendido.



Las características físicas de las bobinas y de las bujías, se especifican según el motor de combustión, las cuales están descritas en el manual de mantenimiento de la Yamaha YZF (TPS Knowledge is Power, 1998), siendo estas características:

- Bobinas
 - Espacio de chispa mínimo de 6 mm, bobina primaria 0.85-1.15 ohms, bobina secundaria 5.01-6.78 kOhmios
- Bujías
 - Estándar, con 0.7 mm de espacio, rango térmico 10

En una etapa posterior del diseño se dimensionó el cableado, es decir los conductores que conectan a todos los elementos con la alimentación otorgada por la batería. El criterio de dimensión viene dado por el amperaje que debe pasar por cada conductor, siguiendo la siguiente ecuación (Bosch, 2000):

$$I_{nom} = \frac{P}{V_{nom} \cos\phi} \quad (19)$$

Con ello se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro No. 22 Calibre para los conductores de los elementos eléctricos.

Descripción	Potencia Total (Watts)	Voltaje Nominal (Volts)	cos ϕ	L (metros)	I nominal (A)	Calibre AWG
Batería - Starter	200.00	12.00	1	0.5	16.67	14
Batería - Alternador	280.00	14.00	1	0.5	20.00	14
Switch encendido - Bobinas	72.00	12.00	1	0.5	6.00	14
ECU - Sensores	1.50	5.00	1	1	0.29	14
Switch encendido - ECU	1.00	12.00	1	1	0.08	14
Switch encendido - tablero	3.00	12.00	1	0.5	0.25	14
Switch encendido - Switch de freno	1.00	12.00	1	3	0.08	14
Switch encendido - Luz de freno	20.00	5.00	1	3	4.00	14

Adicionalmente, se requiere de un set de cables de encendido. Estos son cables de alta tensión diseñados específicamente para llevar el alto voltaje desde las bobinas hasta las bujías.

Figura No. 66 Cables de encendido NGK.



(Microchip, n.d.)

Los switches de emergencia por su parte, son determinados por el reglamento de la competencia de Fórmula SAE indicando que debe haber tres de ellos, siendo estos:

- Switch de emergencia primario
 - De tipo rotativo
 - De acción directa (no relay)
 - Toda corriente proveniente de la batería debe pasar por este switch.
- Master Switch montado en cabina
 - De tipo push/pull
 - Diámetro mínimo de 24mm
- Switch de freno de emergencia
 - Tipo push/pull o flip.
 - De dos posiciones.
 - No debe poder ser reseteado por el conductor.

Estos switches no deben ser diseñados, sino que se debía buscar en catálogos switches que cumplieran con los requerimientos antes mencionados. Lo mismo ocurrió con la luz de freno, la cual debía cumplir con:

- Debe tener un fondo negro.
- Debe tener forma rectangular, triangular o casi redonda.
- Debe tener un área mínima brillante de 15 cm^2

Y debía seleccionarse una luz de freno que cumpliera con esos criterios.

F. SISTEMA ELECTRÓNICO

Los módulos de este sistema eran:

- Control de la ignición del motor
- Telemetría
- Tablero

1. Control de la ignición del motor. El control de la ignición está constituido por la ECU (Engine Control Unit, por sus siglas en inglés) y los sensores que permiten la medición de variables para determinar el instante correcto para producir la chispa. Los componentes más importantes para el control del encendido del motor son (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995):

- La posición de los cilindros.
- Detonación del motor.
- La velocidad del motor
- Carga del motor
- Sensor de temperatura
- Bobina de encendido (que corresponde al componente de salida)

Para medir la velocidad del motor se utilizan sensores de efecto Hall, los cuales con la colocación de Trigger Wheels en el cigüeñal y el árbol de levas, otorgan como salida una onda cuadrada cuyo tiempo en alto corresponde a la velocidad de rotación medida. El medir tanto el cigüeñal como el árbol de levas permite conocer el TDC (Top Dead Centre) y el BDC (Bottom Dead Centre). Aunque existen sensores VR (Variable Reluctance) que también pueden utilizarse para este tipo de mediciones, los de Efecto Hall son más eficientes y certeros en sus mediciones, además de ofrecer una mayor vida útil de trabajo. Cada vez son menos las aplicaciones en las que se usa un VR y se opta en su lugar por uno de Efecto Hall. (Cobb, n.d.)

La carga de motor se determina con el Throttle Position Sensor, que mide el ángulo de posición del acelerador y lo traduce en un cambio de voltaje; con este sensor también se puede determinar el modo de operación del motor. Existen dos sensores utilizados para esta tarea, uno siendo el TPS y el otro siendo el MAP (Manifold Absolute Pressure), el TPS presenta la gran ventaja de un montaje mucho más sencillo que el MAP y un precio mucho más económico. (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)

El sensor de detonación por su parte, mide las vibraciones del motor enviando una señal cuando estas sobrepasan un límite previamente establecido. Al recibir esta señal, se lleva a cabo una reducción en el tiempo de encendido por parte de la ECU, con la finalidad de disminuir la vibración y evitar los daños internos y el “cascabeleo” que estas pueden producir. Dado que no existe otro tipo de sensor que lleve a cabo mediciones de este tipo, no es necesario realizar comparaciones con otro componente y escoger el más adecuado para el proyecto. (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)

En cuanto al sensor para medir la temperatura del refrigerante (ECT por sus siglas en inglés), si bien existen diferentes tipos de sensores para medición de temperatura (como las termocoplas, por ejemplo), el empleado en la industria automotriz corresponde a un termistor, el cual varía su resistencia en función de la temperatura que mide y esta varianza se traduce en un cambio de voltaje, siendo esta señal la que llega finalmente al dispositivo de control, siendo entonces este tipo de sensor el elegido para ser utilizado en el control del vehículo. (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)

La ECU es la computadora que procesa todos los datos recabados por medio de los sensores, para luego traducirlo en acciones correspondientes al control de la ignición. Para su diseño, se llevó a cabo la selección del microcontrolador a utilizar y el diseño de los circuitos que adapten las señales de los sensores automotrices a niveles tolerados por dicho componente. Hubo tres iniciales para la selección del PIC:

- Existen marcas variadas que fabrican microcontroladores, pero los estudiados en los cursos de la universidad son los de Microchip, además de que existe una gran cantidad de información sobre estos microcontroladores tanto por el fabricante como por Internet.
- El microcontrolador debe ser de alta gama (PIC18F o superior) puesto que se trata de una aplicación mucho más exigente que proyectos trabajados en cursos anteriores.
- El microcontrolador debe tener un máximo de 40 pines, puesto que este es el tamaño máximo tolerable por la programadora de PIC's con la que se cuenta.

Ya con esto en mente, se llevó a cabo la elaboración de un listado de especificaciones que el microcontrolador debía cumplir. Para ello como primer paso se hizo una lista de cuántas señales analógicas y digitales se tenían, siendo en total:

- 5 señales analógicas
- 5 señales digitales

Adicionalmente, se requería que el microcontrolador contase con comunicación serial, ya que sería por este medio que se daría la transmisión de datos hacia la computadora del equipo.

Otro aspecto importante era la velocidad del microcontrolador. Los sensores del cigüeñal y del árbol de levas son los más importantes para controlar el encendido, puesto que es con ellos que se puede saber la bobina a disparar. Mientras más rápido gira el motor, más rápido se generan las señales cuadradas provenientes de estos sensores; así que se hizo un cálculo para conocer el tiempo máximo que puede tardar una instrucción considerando los siguientes puntos:

- La trigger wheel ubicada en el cigüeñal va más rápido que la ubicada en el árbol de levas, teniendo el doble de velocidad que esta última.
- La trigger wheel está formada por 36 dientes con espacios de 10° entre sí, por lo que en sí, el diente utiliza un espacio de 5°.

- El motor Kawasaki ZX6 ZZR600, el cual es otro de los motores considerado para ser comprado, llega a un máximo de 11500 rpm ($1204.3 \frac{rad}{s}$) (Denton, 2004).

Así, el tiempo máximo de instrucción viene dado por:

$$t_{max} = \frac{5^\circ * \frac{\pi}{180^\circ}}{1204.3 \frac{rad}{s}} = 72.5 \mu s \quad (20)$$

Con ello se determinó la frecuencia mínima de reloj que debía soportar el microcontrolador, siendo:

$$f_{min} = \frac{4}{t_{máx}} = 55.2 \text{ kHz} \quad (21)$$

Figura No. 67 Trigger Wheel.



(Amazon, n.d.)

Se enlistaron entonces los requerimientos para el microcontrolador:

Cuadro No. 23 Requerimientos del microcontrolador

Aspecto	Cantidad mínima
Entradas analógicas	5
Entradas digitales	5
Salidas analógicas	0
Salidas digitales	2
Módulo UART	1
f_{min}	55.2 kHz
Timers	3
Módulos CCP	2

El microcontrolador seleccionado fue entonces el PIC18F4550, el cual es de alta gama y cuenta con:

- 40 pines
- 13 canales analógicos, con resolución de 10 bits cada uno.
- 35 Pines configurables como E/S digital.
- Interrupción de cambio en 4 pines.
- Oscilador interno de hasta 8 MHz, con soporte de hasta 48 MHz externo.
- 1 UART
- 4 timers (1 de 8 bits y 3 de 16 bits)
- 2 módulos CCP

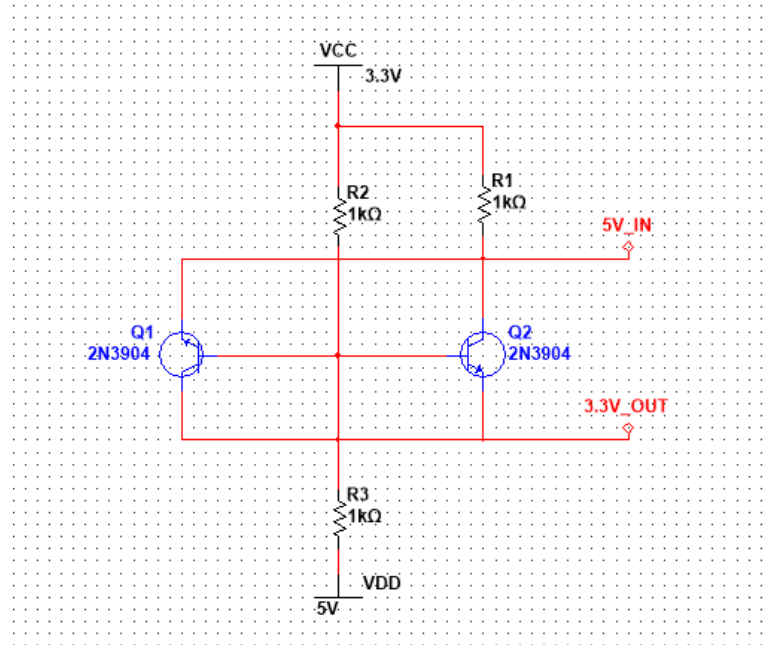
Figura No. 68 PIC18F4550 elegido para el control del motor.



(Full Function Engineering, 2012)

Las salidas seriales del microcontrolador (Rx y Tx) deben adaptarse a 3.3V para el envío de los datos a través de las Xbees. El circuito utilizado para la reducción de voltaje en señales se muestra a continuación:

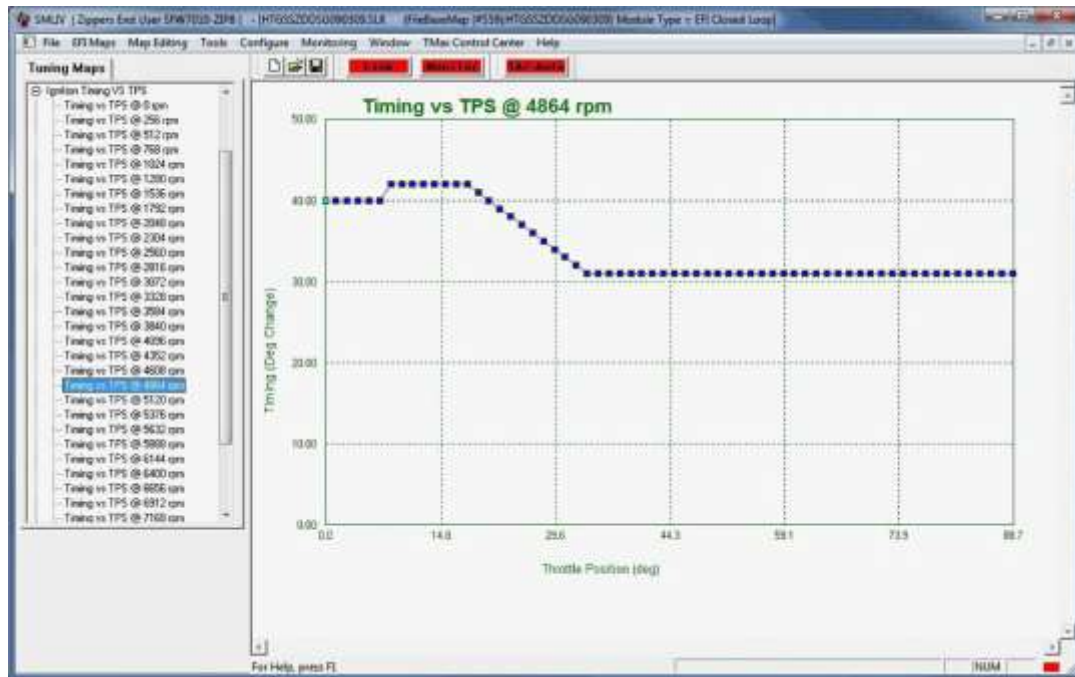
Figura No. 69 Circuito para reducir de 5V a 3.3V.



La secuencia de encendido del motor se muestra en la Figura No. 71, en donde se inicia con un valor base acorde a las RPM del motor, y posteriormente, ese valor se modifica acorde a las condiciones en las que el motor está trabajando. El cálculo de esas modificaciones puede verse en la Figura No. 72.

En cierto punto del diagrama para el timing, puede verse una mención a “cambio en timing según apertura del TPS”; esto se refiere a que, al igual que existe un valor base de tiempo de encendido acorde a las RPM del motor, también existe un mapa para qué tanto se modifica el tiempo de encendido según la medición del Throttle Position Sensor. En términos generales, el tiempo se retrasa pues al estar más abierta la válvula, la mezcla en la cámara de combustión se quema más rápido; pero la amplitud de ese retraso depende a su vez de las RPM del motor, a mayores velocidades ese retraso en el timing es de mayor tamaño. Un ejemplo del efecto del Throttle Position Sensor en la timing puede verse en la siguiente figura:

Figura No. 70 TPS contra tiempo de encendido.



(Troublecodes, n.d.)

Figura No. 71 Diagrama de flujo para el encendido del motor.

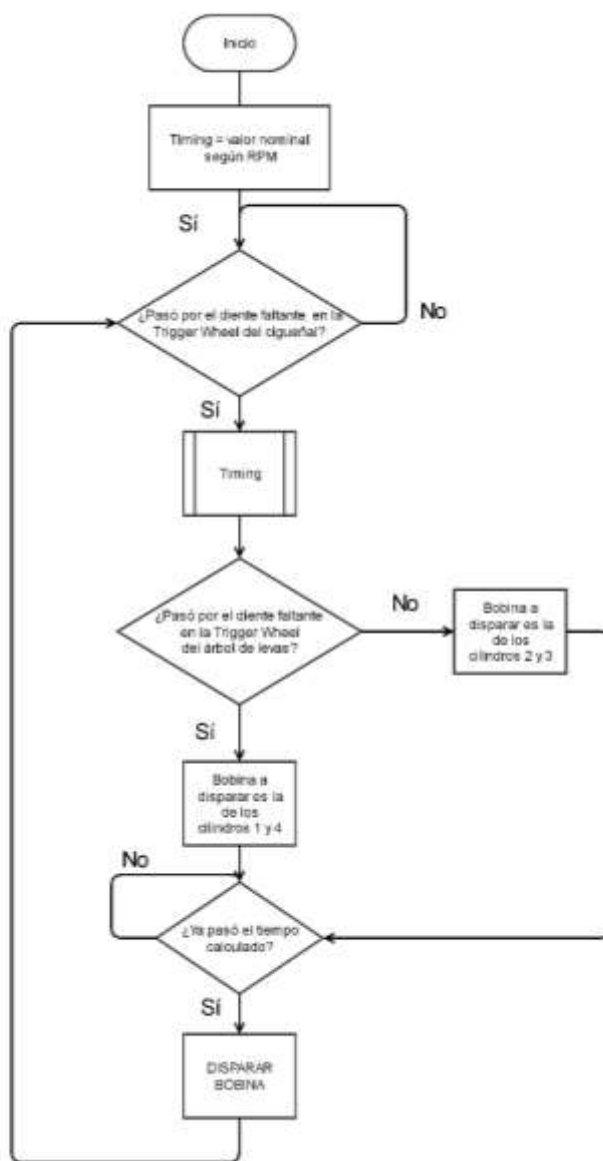
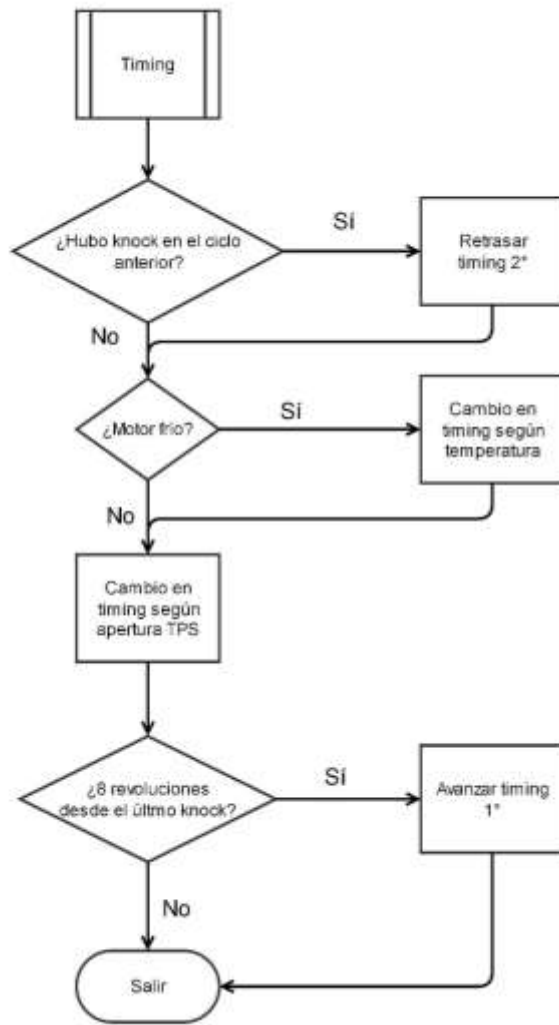


Figura No. 72 Diagrama de flujo del cálculo del tiempo de encendido.



El mapa entre RPM y ángulo BTDC para el tiempo de encendido de un Mazda MX-5 1.6 litros puede verse en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 24 BTDC contra RPM para un un Mazda MX-5 1.6 litros.

RPM	BTDC (°)
500	10
1000	10
1500	12
2000	17
2500	22
3000	24
3500	28
4000	28
4500	31
5000	34
5500	36
6000	36
6500	36
7000	36

(Kawasaki, 1997)

Estas RPM y BTDC, fueron traducidos a valores de contador para el Timer1 y Timer2 del microcontrolador, considerando que:

$$Paso\ timer1 = \frac{4}{f_{osc}} \times prescaler \quad (22)$$

$$PR2 = \frac{t_{desborde}}{\frac{4}{f_{osc}} \times prescaler \times postscaler} - 1 \quad (23)$$

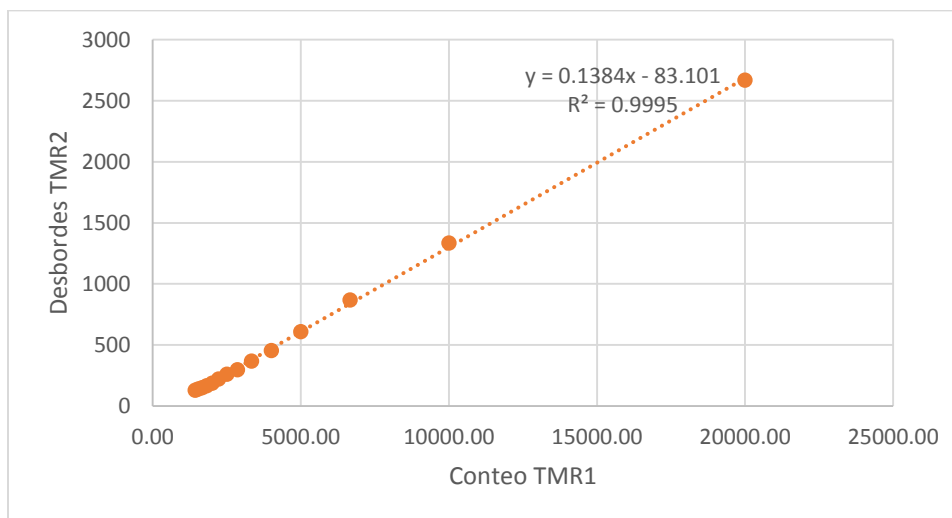
Considerando un postscaler y prescaler de 1 para el timer2, un prescaler igual a 2 para el timer1, una f_{osc} de 48 MHz y un $t_{desborde}$ de 10 μs para el timer2, se obtuvo que el incremento del contador del timer1 ocurría cada 0.17 μs , y que para que el desborde del timer2 ocurriera cada 10 μs , el registro PR2 debía precargarse con un valor de 119.

Considerando además que entre cada flanco de subida existía una separación de 10° (estructura de la Trigger Wheel), y conociendo el paso del timer1 y el tiempo de desborde del timer2, se obtuvo el siguiente cuadro y gráfico de dispersión:

Cuadro No. 25 Valor de RPM del motor contra cantidad del ángulo BTDC traducido a tiempo

TMR1	Cantidad de desbordes TMR2
20000.00	2667
10000.00	1333
6667.00	867
5000.00	608
4000.00	453
3334.00	367
2858.00	295
2500.00	258
2223.00	219
2000.00	187
1819.00	164
1667.00	150
1539.00	138
1429.00	129

Figura No. 73 Gráfico para cantidad de desbordes del Timer2 contra el valor de conteo del Timer1.



Así, con la regresión realizada al gráfico, podía obtenerse para “x” velocidad del motor medida con el contador del timer1, el tiempo “y” que debía transcurrir para producir la chispa acorde a dicha velocidad, siendo este tiempo medido por medio de la cantidad de desbordes del timer2.

Los datos anteriores permitían obtener una aproximación real del timing correcto para el motor, y con la información obtenida de otros sensores, se debía crear un juego de mapas con los cuales se calculaba el timing más apropiado para las condiciones de trabajo del motor. El primer mapa tenía como coordenadas la velocidad del motor y la carga del mismo (valor obtenido del TPS). El mapa se muestra a continuación.

Cuadro No. 26 Mapa de encendido.

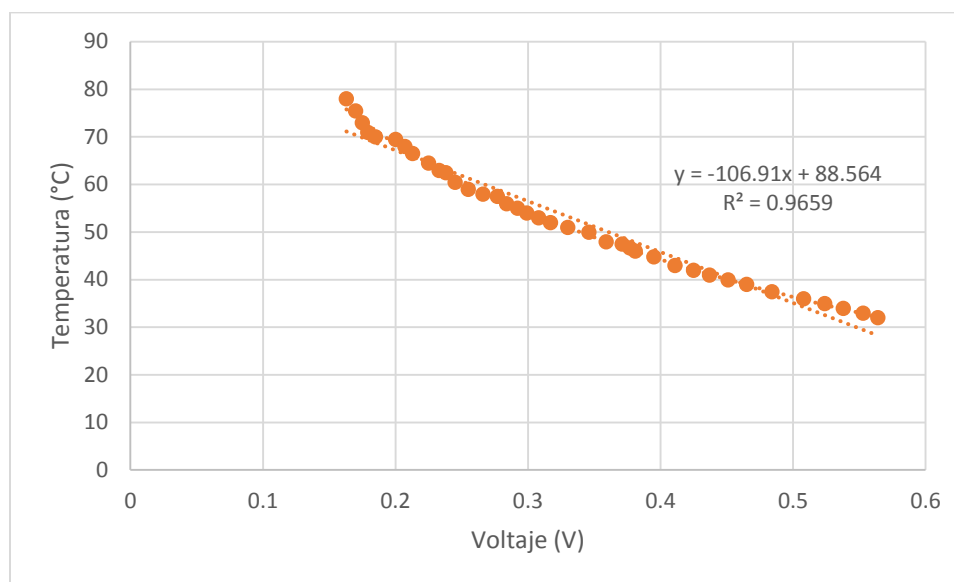
	CARGA	10%	19%	25%	33%	40%	47%	52%	59%	65%	71%	77%	81%	86%	91%	95%	100%
RPM	800	10.94	22.89	22.89	19.38	10.59	7.42	6.02	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96
	1200	15.16	26.05	25.00	22.89	15.16	11.64	8.83	8.83	8.13	8.13	8.13	6.02	6.02	6.02	6.02	6.02
	1600	19.02	33.44	32.03	30.98	23.95	17.97	12.34	11.64	8.83	8.83	8.83	7.07	7.07	6.02	6.02	6.02
	2000	21.84	40.12	36.95	36.95	32.38	26.05	21.13	15.51	12.34	9.88	7.07	7.07	6.02	4.96	4.96	4.96
	2400	26.05	41.17	40.12	40.12	33.09	26.05	21.13	16.56	12.34	9.88	8.48	7.42	6.02	4.96	3.91	3.91
	2800	32.03	41.52	38.36	35.90	35.90	27.11	21.84	17.97	14.10	11.99	10.59	9.53	8.13	7.07	7.07	7.07
	3200	36.95	42.93	39.41	35.90	34.84	27.11	22.89	19.38	15.86	12.34	10.59	9.88	8.83	8.13	7.07	7.07
	3600	42.93	42.93	39.41	36.95	35.95	27.46	26.05	21.13	16.91	15.16	10.94	9.53	8.83	8.13	7.07	6.02
	4000	42.93	42.93	41.88	41.17	34.14	29.57	26.05	21.84	16.91	15.51	15.16	11.99	11.99	10.94	9.88	9.88
	4400	42.93	42.93	42.58	40.12	34.84	30.98	23.95	21.48	17.97	15.86	14.10	11.99	11.99	9.88	8.83	8.83
	4800	42.93	42.93	42.58	40.12	34.84	30.98	23.95	21.48	17.97	15.86	14.10	11.99	11.99	9.88	9.88	8.83
	5200	42.93	42.93	42.58	41.88	38.01	34.49	32.03	29.57	26.41	23.59	20.08	20.08	18.67	17.62	15.86	15.16
	5600	42.93	42.93	42.58	42.93	39.06	35.55	33.09	30.63	27.46	25.00	21.84	20.08	18.67	17.62	16.56	15.51
	6000	42.93	42.93	42.58	42.93	40.12	36.95	34.49	31.33	28.52	25.35	21.84	21.84	20.43	19.02	17.97	17.97
	6400	42.93	42.93	42.58	42.93	40.12	37.66	34.14	31.33	28.52	25.35	21.84	21.84	21.13	19.02	19.02	19.02
	6800	42.93	42.93	42.58	42.93	40.12	37.66	34.14	31.33	28.52	25.35	21.84	21.84	21.13	19.02	19.02	19.02

(Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)

Otro aspecto importante para el desempeño del control del encendido, correspondía al acondicionamiento de la señal enviada por los sensores. Aunque varios de ellos eran digitales, como los de Efecto Hall o el nivel de refrigerante y de líquido de frenos, en otros debía determinarse la relación entre la variable medida y la señal transmitida para acondicionar dicha señal y que esta pudiera leerse con el módulo ADC del microcontrolador.

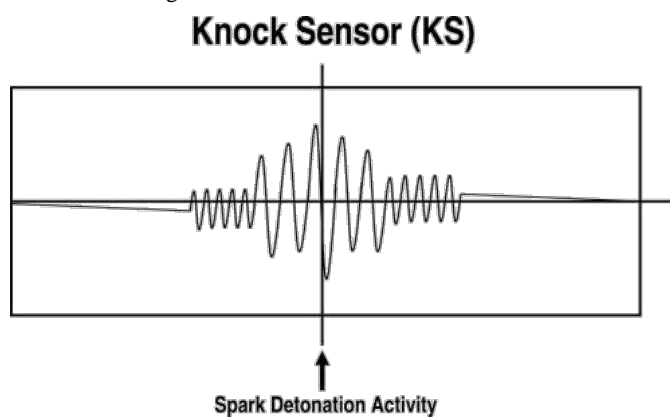
En la siguiente figura, se muestran graficados los datos obtenidos con el sensor de temperatura del refrigerante utilizando un divisor de voltaje con una resistencia fija de $9.92\text{ k}\Omega$, puesto que este sensor era del tipo resistivo, y un termómetro de mercurio como instrumento patrón para conocer la temperatura que el sensor estaba midiendo.

Figura No. 74 Gráfico de temperatura contra voltaje para el sensor de temperatura del refrigerante.



Otro sensor que requería de una fase de acoplamiento era el sensor de detonación. La señal enviada por este sensor es como la que se muestra en la Figura No. 75.

Figura No. 75 Señal de un Knock Sensor.



(NGK Spark Plugs, n.d.)

El sensor de detonación o “knock sensor”, es del tipo piezoeléctrico; la magnitud y frecuencia de la señal que envían es acorde a las vibraciones del motor que están percibiendo. En muchos motores, la detonación ocurre en frecuencias de 7 KHz (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995). Dado que esa era entonces la frecuencia de interés, la señal debía ser filtrada. Se utilizó un dsPIC30F4013 para el procesamiento de las señales del “knock sensor”, empleando como primer paso un circuito de acople con amplificadores, el cual subía la señal a los niveles del microcontrolador y eliminaba ruido con los capacitores

utilizados. Luego se empleó un filtro anti-alias de cuarto orden, para minimizar las señales por arriba de la frecuencia del “knock” del motor. El resto del procesamiento fue digital, utilizando el módulo ADC del microcontrolador y un filtro pasabanda diseñado en Matlab, para permitir el paso de la señal a una frecuencia de 7 KHz. Luego de pasar por el filtro pasabanda, la señal era integrada y el voltaje obtenido era comparado con el nivel de referencia del cilindro analizado. Si este voltaje superaba el nivel de referencia (usualmente entre 1 y 2V (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)), es que hubo detonación.

Figura No. 76 Circuito de acople para el “knock sensor”.

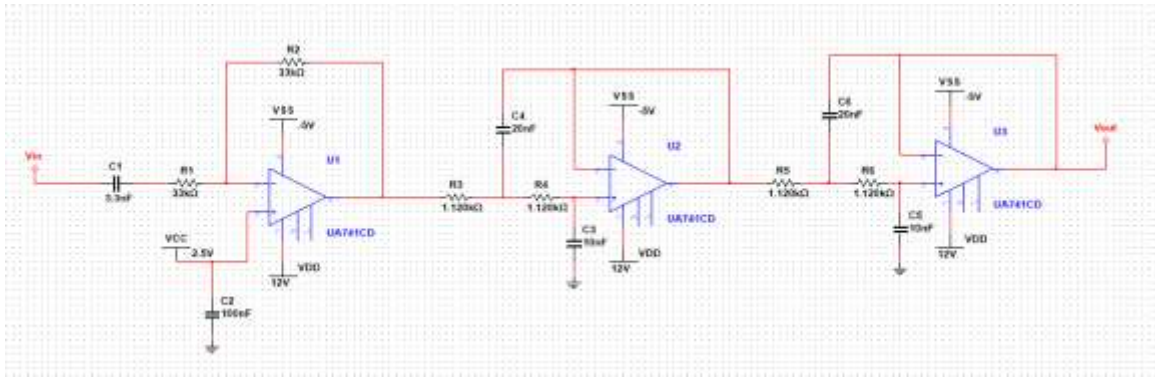
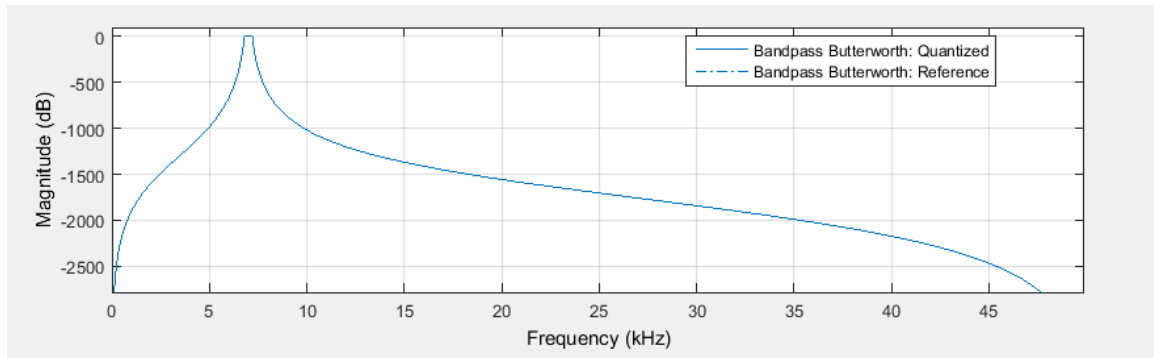


Figura No. 77 Gráfico de ganancia del filtro para el “knock sensor”.



El filtro fue diseñado para una frecuencia de muestreo de 99.8 KHz y los coeficientes de la ecuación de diferencias fueron obtenidos aplicando la opción de single-precision floating point. La ecuación de diferencias del filtro fue:

$$Y[n] = G(b_0X[n] + b_2X[n - 2]) - a_1Y[n - 1] - a_2Y[n - 2] \quad (24)$$

Con:

$$a_1 = -1.7970511913299561$$

$$a_2 = 0.99910438060760498$$

$$b_0 = 1$$

$$b_2 = -1$$

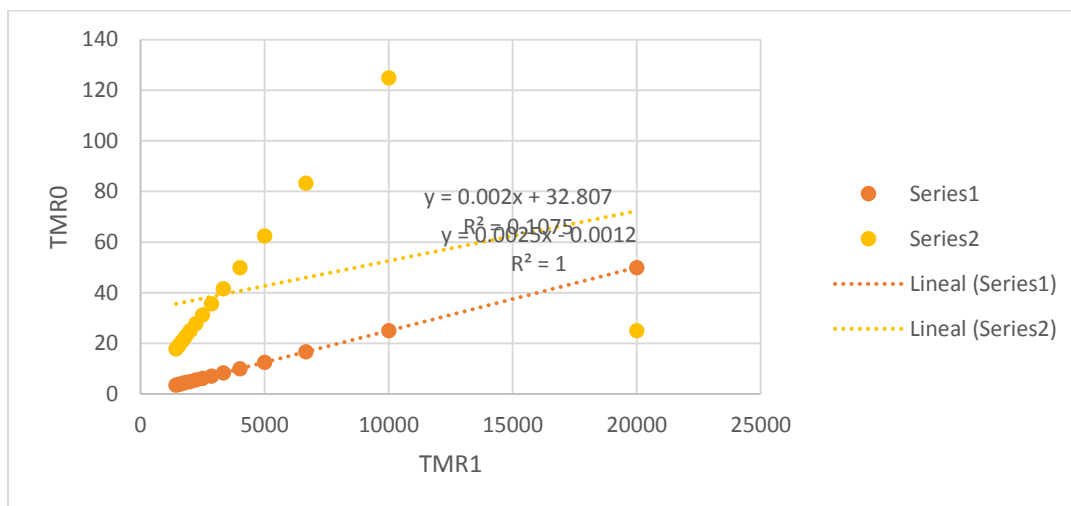
$$G = 0.012771914713084698$$

Adicionalmente, también se realizó una relación entre el valor de conteo del timer0 (tiempos de la ventana del knock sensor) y el timer1 (velocidad del motor). Se busca o analiza la detonación desde 10 hasta 50 ms después de encender el cilindro. (Bratu Serbán & Campero Littlewood, 1995)

Cuadro No. 27 Conteo del Timer 0 contra el Timer 1.

TMR1	TMR0, inicio ventana KS	TMR0, final ventana KS
20000	50	250
10000	25	125
6667	17	83
5000	13	63
4000	10	50
3334	8	42
2858	7	36
2500	6	31
2223	6	28
2000	5	25
1819	5	23
1667	4	21
1539	4	19
1429	4	18

Figura No. 78 Gráfico de conteo del Timer 0 contra el Timer 1 para la ventana del “knock sensor”.



2. Telemetría. Para la telemetría, que se refiere a la transmisión y recepción de datos, se eligió utilizar Xbee's los cuales son módulos de radiofrecuencia muy empleados en la actualidad. Son dispositivos eficientes en la transmisión de datos, muy estéticos y livianos, siendo esta última una característica muy deseable en la construcción del vehículo.

Existe una amplia gama de Xbee's (variantes en precio y alcance); pero para esta aplicación, se utilizaron Xbee's Pro 2SB y 3SB.

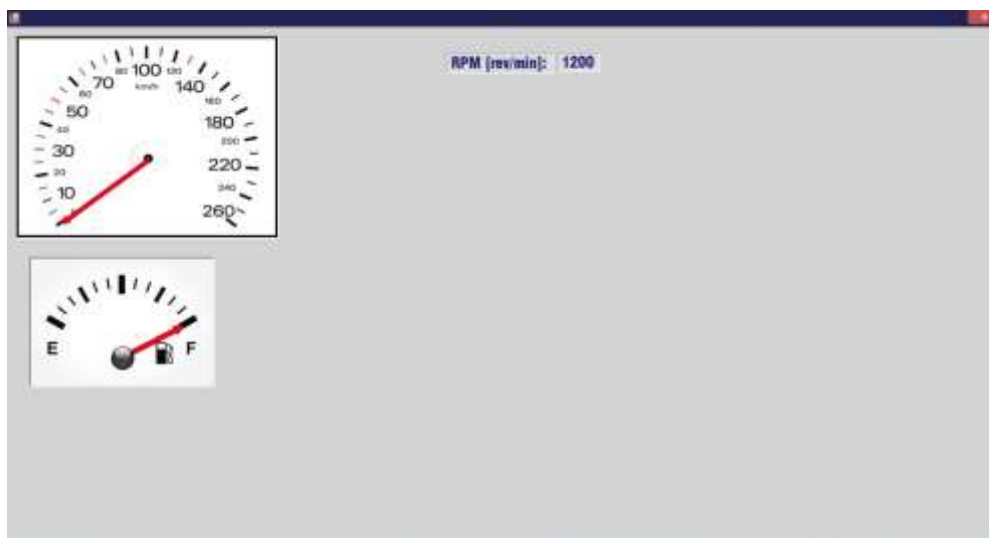
Figura No. 79 XBee.



(TPS Knowledge is Power, 1998)

La telemetría también requería del diseño y programación de una interfaz gráfica que desplegara los datos recibidos en la computadora a través de las Xbees. Se eligió utilizar C# utilizando Visual Studio 2013 como el lenguaje para la programación de dicha interfaz, dado que está orientado precisamente a desplegar variables de forma gráfica. En la siguiente figura puede verse el inicio de la programación de la interfaz:

Figura No. 80 Inicio de la interfaz gráfica con un velocímetro y un indicador de nivel de combustible.



Para hacer los despliegues gráficos, básicamente el procedimiento se basaba en:

- Crear un objeto PictureBox.
- Importar la imagen sobre la que se fuera a dibujar, y colocarla dentro del PictureBox.
- Tomando diferentes coordenadas de pixeles, obtener una función para obtener las coordenadas finales de las flechas en términos del ángulo de la misma.
- Dibujar la flecha en el PictureBox cada vez que se actualice el ángulo creando un evento para ello.

Así mismo, para establecer la comunicación tanto con la interfaz como con el tablero, se desarrolló una codificación interna para indicar de qué sensor provenía el valor de 0 a 255 enviado por el microcontrolador de la ECU. El procedimiento requería de enviar primero dos letras sucesivas que correspondieran al código dado al sensor cuya información se estuviera enviando, seguido del dato de 0 a 255 correspondiente a la lectura del mismo. En el caso de los de tipo digital, como los de nivel de líquido de freno o de nivel de refrigerante, se estableció que si se enviaba un valor mayor a igual a 100, se indicaban niveles bajos y por lo tanto debía activarse el LED de alarma.

La codificación usada se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 28 Codificación para el envío de la información de los sensores.

Sensor	Primer letra del código	Segunda letra del código
Nivel de refrigerante	C	l
Nivel de gasolina	F	l
Temperatura del refrigerante	C	t
Throttle Position Sensor	T	p
Nivel del líquido de frenos	B	f

Continuación Cuadro No. 28

Sensor	Primer letra del código	Segunda letra del código
RPM del motor	R	c
Velocidad del vehículo	V	e
Nivel del aceite	O	l
Misfire	M	F

3. Tablero. En el caso del tablero, existe gran variedad de ellos en el mercado listos para utilizarse en autos de carrera. Sin embargo, tienen costos elevados y debe considerarse que:

- No es obligatorio el uso de un tablero, ninguna parte del reglamento lo especifica. El despliegue de datos en el vehículo está pensado para la comodidad y seguridad del piloto.
- Dado el punto anterior, no es necesario que el tablero tenga un aspecto de producción de fábrica, elementos simples como pantallas LCD, LED's y displays de 7 segmentos cumplen perfectamente con la tarea.

Así, se realizó un esquemático del circuito del tablero, el cual se muestra en la siguiente figura.

Figura No. 81 Esquemático del tablero.



En la pantalla LCD se despliegan las RPM del motor y el nivel de combustible en forma de porcentaje; mientras que los display de 7 segmentos sirven para indicar la velocidad del vehículo, y los LED's son alarmas de nivel de refrigerante, nivel de líquido de frenos y nivel de aceite.

Como dispositivo de control del tablero, se utilizó un PIC16F887, el cual recibe la información por comunicación serial, la interpreta y la despliega.

VI. ANÁLISIS ELEMENTOS FINITOS

A. FEA DEL CHASIS

Para el análisis de elementos finitos se utilizó el software de Ansys versión 15.0 que tiene una capacidad de análisis de hasta 100,000 nodos y elementos.

En la configuración del material, se realizó dos simulaciones para cada análisis, una para el acero al carbono ASTM a500 grado B y otra para las propiedades del acero que requiere FSAE. Ver Figura No. 82 y Figura No. 83.

Figura No. 82 Configuración del material ASTM a500 grado B en Ansys.

Properties of Outline Row 3: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7850	kg m ⁻³		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	2.9E+08	Pa		
25	Tensile Ultimate Strength	4E+08	Pa		

Figura No. 83 Configuración de las propiedades que pide FSAE para los cálculos.

Properties of Outline Row 3: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7850	kg m ⁻³		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	3.05E+08	Pa		
25	Tensile Ultimate Strength	3.65E+08	Pa		

Otra configuración que se realizó fue la del mallado. Se utilizó un mallado de geometría hexagonal. Este tipo de mallado proporciona una solución bastante óptima y precisa. El mallado hexagonal cuenta con los métodos de mallado siguientes: combinación de barrido, barrido fino, multi-zona y hexagonal dominante. Para las simulaciones asociadas con el chasis, se utiliza un método multi-zona, este método descompone de forma automática la geometría. Para las simulaciones se realizaron dos mallados, ya que en una era necesario tomar en cuenta la suspensión. Al generar el primer mallado, se obtuvieron 95,956 nodos y 17,810 elementos. En la Figura No. 84 se puede observar que el skewness de este mallado, el cual es una medida que nos ayuda a saber que tan buena es la malla y el valor promedio es de 0.59 y por lo tanto se puede decir que la malla

se adapta bien al chasis y es de buena calidad (Ver Figura No. 86). Para el segundo mallado se obtuvieron 35,972 nodos y 4,856 elementos. El skewness de este mallado es de 0.5 (Ver Figura No. 87).

Figura No. 84 Parámetros del primer mallado utilizado para el análisis del chasis.

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	95956
<input type="checkbox"/> Elements	17810
Mesh Metric: Skewness	
<input type="checkbox"/> Min	0.39321
<input type="checkbox"/> Max	0.83938
<input type="checkbox"/> Average	0.58592
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.20858

Figura No. 85 Parámetros del primer mallado utilizado para el análisis del chasis.

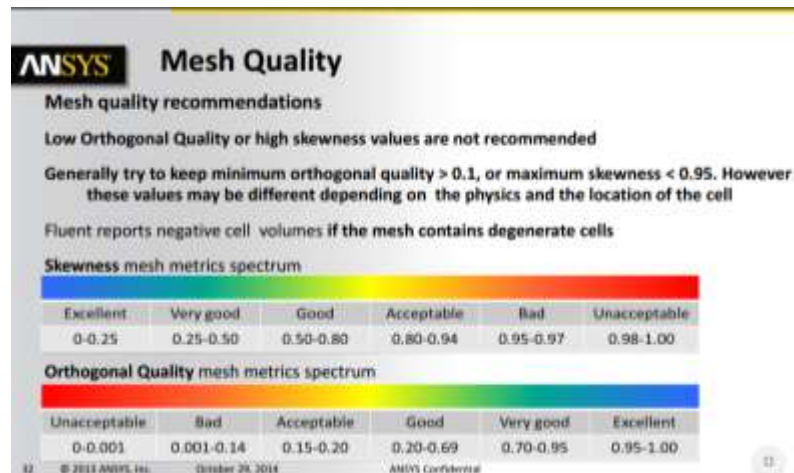


Figura No. 86 Chasis con el primer mallado implementado

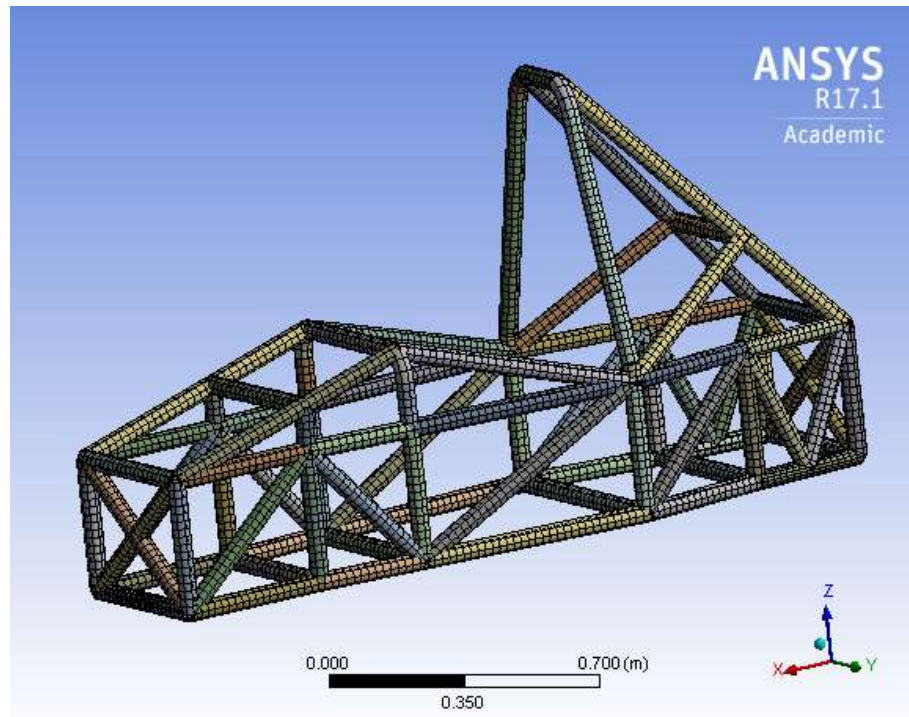


Figura No. 87 Chasis con el segundo mallado implementado

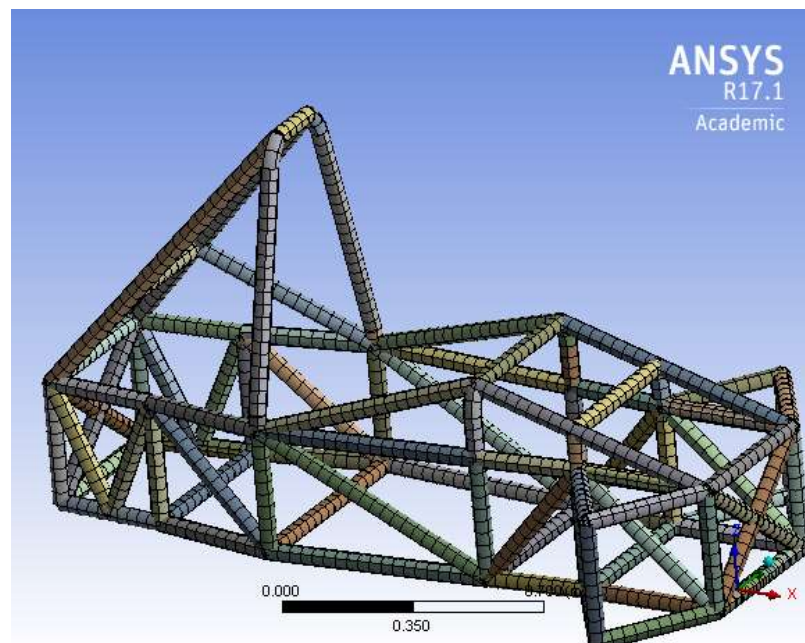


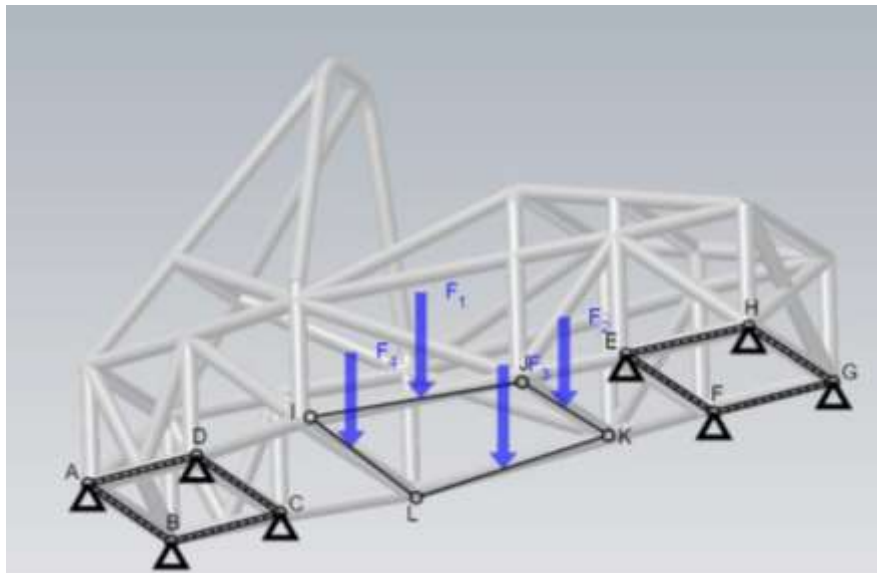
Figura No. 88 Parámetros del segundo mallado utilizado para el análisis del chasis.

Advanced	
Statistics	
Nodes	35972
Elements	4856
Mesh Metric	Skewness
Min	0.5
Max	0.50767
Average	0.30003
Standard Deviation	4.1869e-004

Se realizaron diferentes análisis estáticos, por lo tanto la magnitud y posición de la fuerza aplicada, junto con la posición del soporte fijo varía en cada análisis.

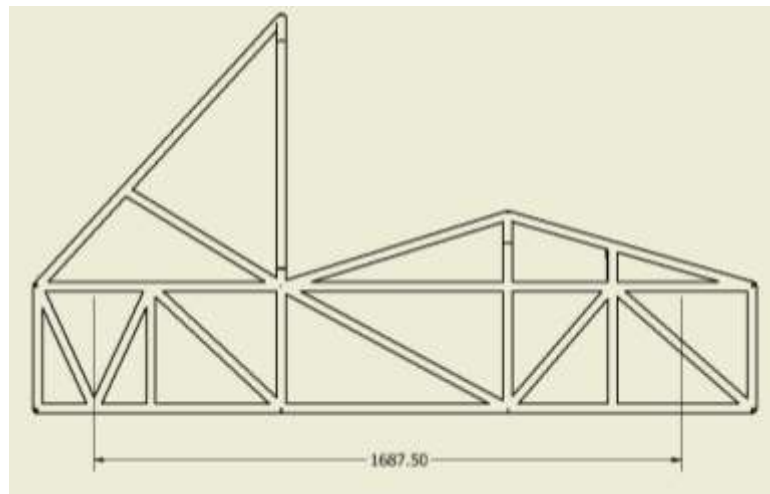
1. Análisis del chasis como modelo de viga empotrada. Se modela el chasis como una viga empotrada de ambos extremos. Esto es con el fin de conocer si el peso del conductor y del motor puede deformar el chasis y también conocer el esfuerzo máximo que se genera debido a estas cargas. Para las condiciones de frontera, se colocan, tanto la parte de la suspensión trasera y delantera, soportes fijos y se aplica una carga en la dirección de $-Z$ en la cabina del conductor y compartimiento del motor. La fuerza aplicada es de 1550N, que es aproximadamente el peso del conductor y del motor, la cual se distribuyó en 4 barras, por lo que a cada barra se le aplicó una carga de 387.5N (F1, F2, F3 y F4).

Figura No. 89 DCL para el modelado del chasis como viga empotrada de ambos extremos



Para poder determinar la flexión máxima permisible en el chasis, se utiliza como guía la tabla de la Figura No. 91. Esta tabla se obtuvo del código de práctica para estructuras que utilizan acero (Building Department, 2011). El criterio que se tomó fue el del inciso c “otras vigas”, donde “span” significa la distancia entre los dos apoyos.

Figura No. 90 Distancia entre apoyos



Si la distancia entre los dos apoyos es de 1687.50mm, entonces la deflexión máxima permisible es de 8.44 mm.

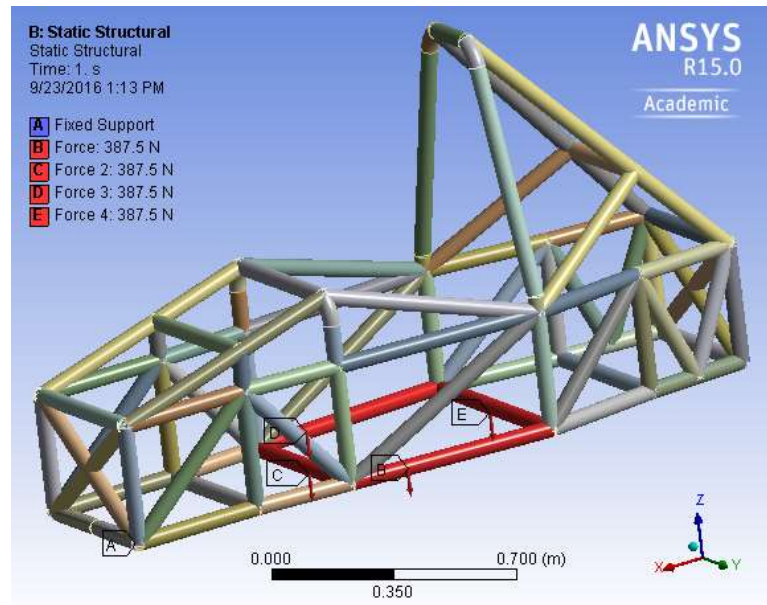
Figura No. 91 Límites de deflexión para aceros estructurales.

a) Deflection of profiled steel sheeting	
Vertical deflection during construction when the effects of ponding are not taken into account	Span/180 (but ≤ 20 mm)
Vertical deflection during construction when the effects of ponding are taken into account	Span/130 (but ≤ 30 mm)
Vertical deflection of roof cladding under dead and wind load	Span/90 (but ≤ 30 mm)
Lateral deflection of wall cladding under wind load	Span/120 (but ≤ 30 mm)
b) Vertical deflection of composite slab	
Due to imposed load	Span/350 (but ≤ 20 mm)
Due to the total load plus due to prop removal (if any) less due to self-weight of the slab	Span/250
c) Vertical deflection of beams due to imposed load	
Cantilevers	Length/180
Beams carrying plaster or other brittle finish	Span/360
Other beams (except purlins and sheeting rails)	Span/200
Purlins and sheeting rails	To suit cladding
d) Horizontal deflection of columns due to imposed load and wind load	
Horizontal drift at topmost storey of buildings	Height/500
Horizontal drift at top of a single storey portal not supporting human	To suit cladding
Relative inter-storey drift	Storey height/400
Columns in portal frame buildings	To suit cladding
Columns supporting crane runways	To suit crane runway
e) Crane girders	
Vertical deflection due to static vertical wheel loads from overhead traveling cranes	Span/600
Horizontal deflection (calculated on the top flange properties alone) due to horizontal crane loads	Span/500
f) Trusses	
Typical trusses not carrying brittle panels	Span/200

Note:

(Building Department, 2011)

Figura No. 92 Cargas y soportes en Ansys para la simulación del chasis



a. Simulación con las propiedades del acero ASTM a500 grado B

Figura No. 93 Deformación total del chasis en la simulación con el material ASTM a500 Grado B

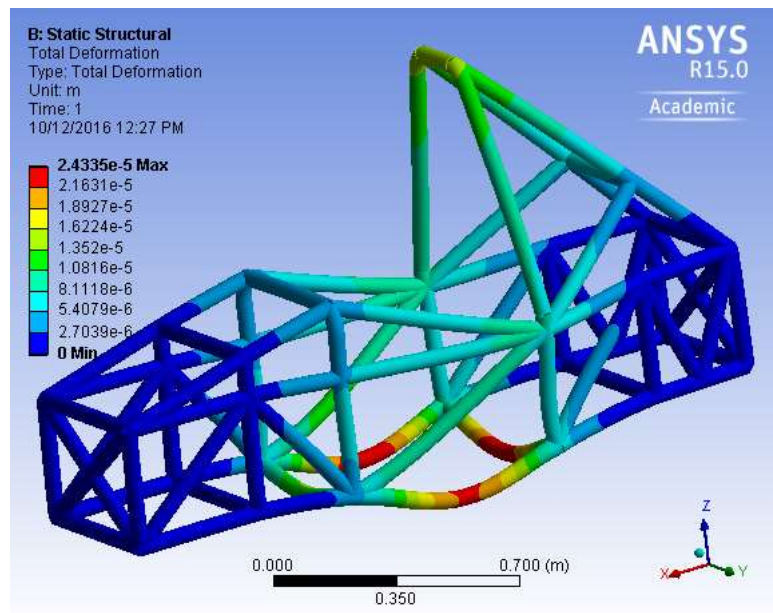
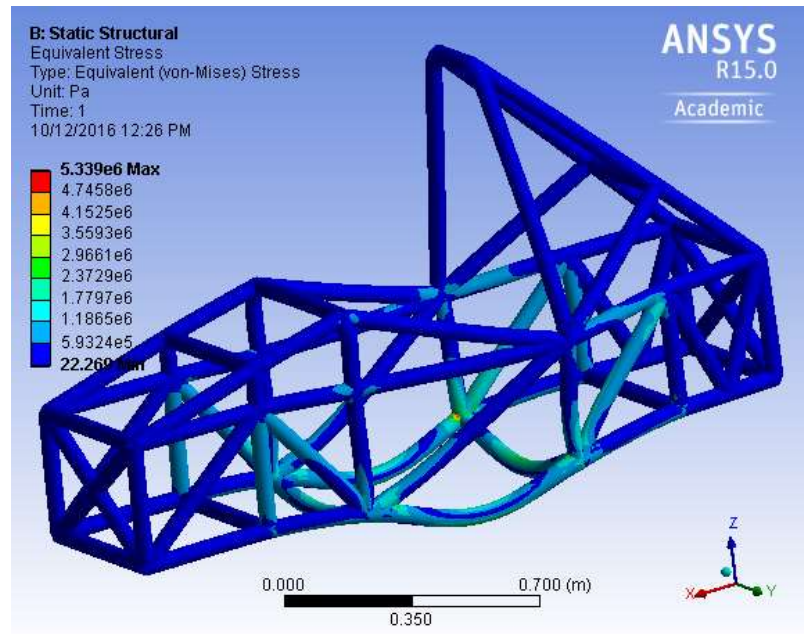


Figura No. 94 Esfuerzo de Von Mises del chasis en la simulación con ASTM a500 Grado B



$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad [21] \quad (25)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{290 \text{ MPa}}{5.339 \text{ MPa}} = 54.32 \quad (26)$$

Factor de seguridad del chasis en la simulación como viga empotrada de ambos extremos utilizando el material ASTM a500 Grado B.

- b. Simulación con las propiedades que pide FSAE para los cálculos

Figura No. 95 Deformación total del chasis en la simulación con propiedades de FSAE

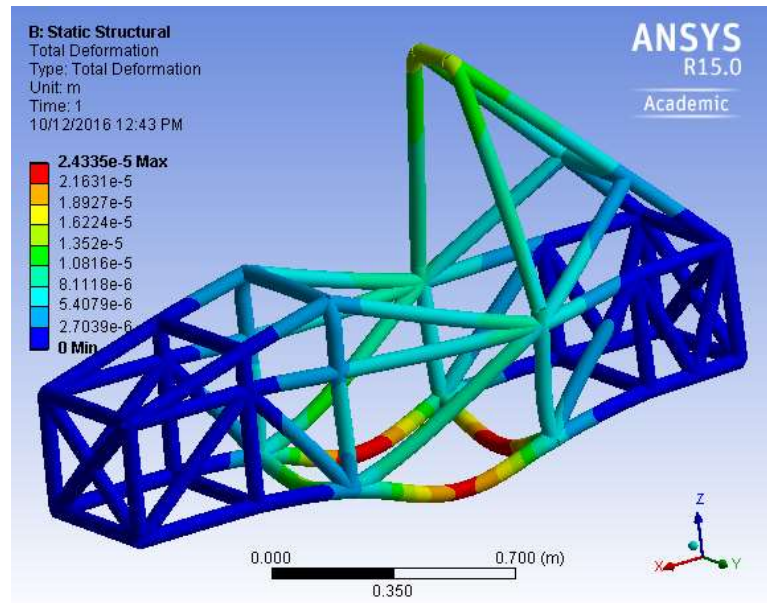
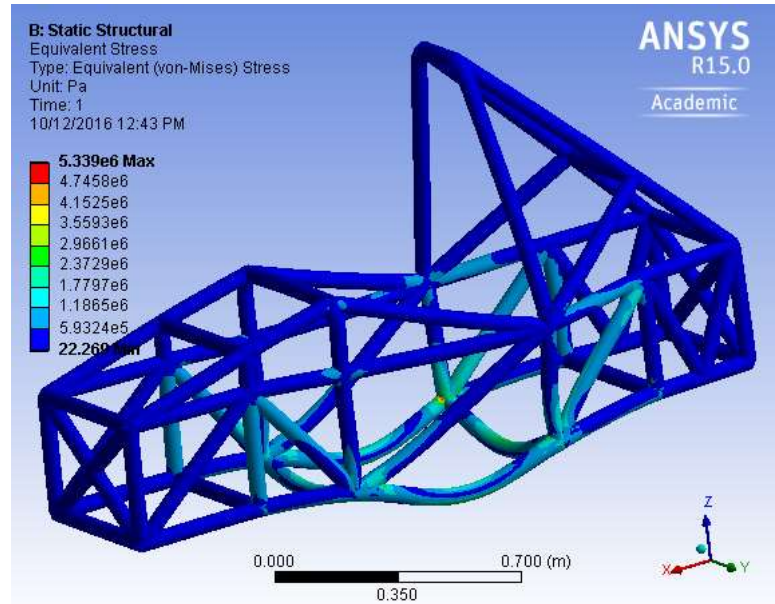


Figura No. 96 Esfuerzo de Von Mises del chasis en la simulación con propiedades de FSAE



$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad [21] \quad (27)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{305 \text{ MPa}}{5.339 \text{ MPa}} = 57.13 \quad (28)$$

Factor de seguridad del chasis en la simulación como viga empotrada de ambos extremos utilizando las propiedades que dicta el reglamento de FSAE.

2. Análisis de deformación del chasis debido a las fuerzas provocadas por la aceleración. Debido a esfuerzos de inercia, las fuerzas provocadas por la aceleración actúan en sentido opuesto al movimiento del vehículo. La fuerza de aceleración se obtiene considerando el peso del motor y del conductor, y la aceleración del motor, esta fuerza se calcula utilizando la segunda ley de Newton la cual es $F=ma$. También se aplicó la fuerza en la cabina del conductor generada por el peso motor y conductor. Lo que se quiere obtener con este análisis es la deformación que sufre la estructura y el esfuerzo máximo debido a la aceleración del vehículo. La fuerza aplicada en la cabina es la misma que en el primer análisis y está representado en la Figura No. 102 por las fuerzas F1, F2, F3 y F4. La masa total del motor y el conductor es de 193.39Kg, tomando los datos del Cuadro No. 6 y la aceleración del motor es de 5.89 m/s^2 .

$$F = (193.39 \text{ kg}) \left(5.89 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1133.2654 \text{ N} \quad (29)$$

La fuerza se distribuyó en las cuatro barras que componen el “main hoop”. Siendo cada fuerza de 284.82N, estas están representadas en la Figura No. 97 como F5, F6, F7 y F8.

Figura No. 97 DCL del chasis para el análisis de las fuerzas provocadas por la aceleración

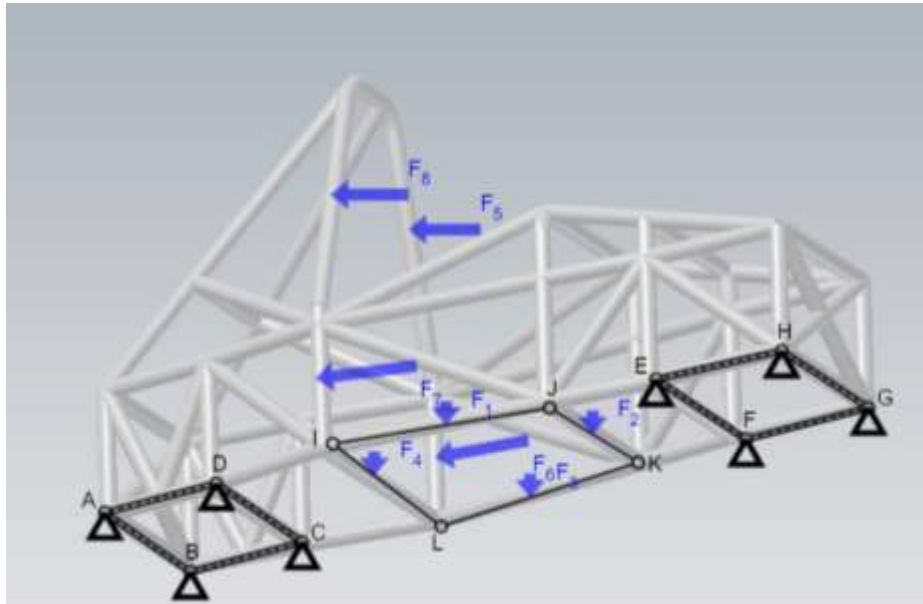
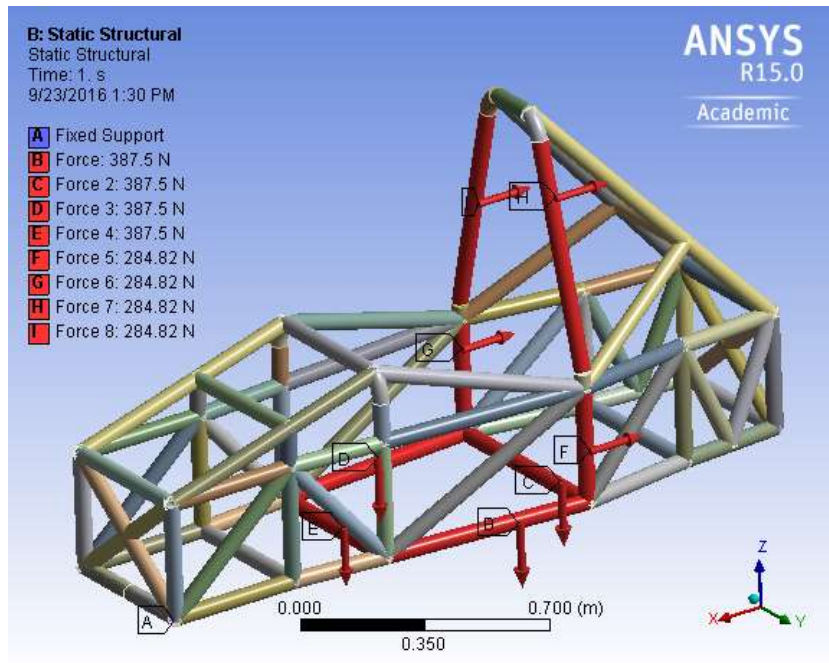


Figura No. 98 Cargas aplicadas y soportes colocados para el análisis de las fuerzas por la aceleración



a. Simulación con las propiedades del acero ASTM a500 grado B

Figura No. 99 Deformación total del chasis en el análisis de aceleración con ASTM a500 Grado B

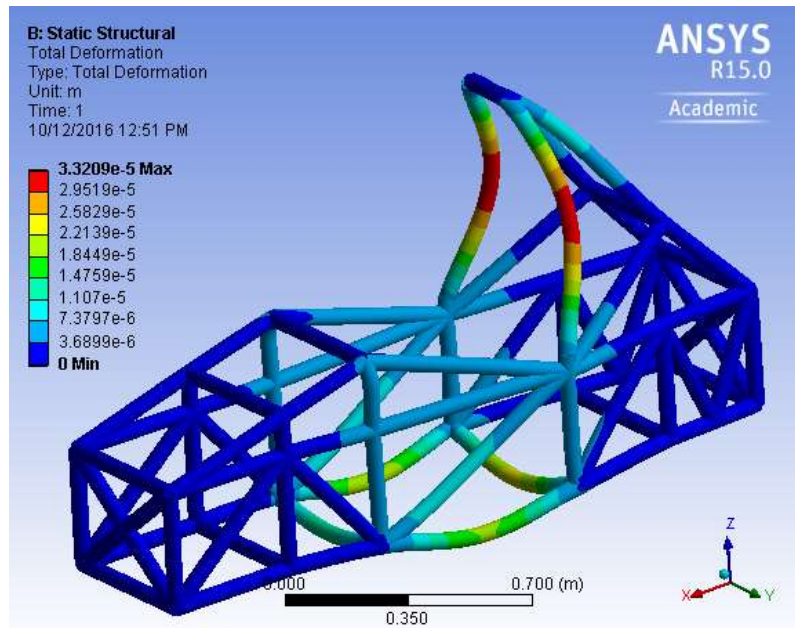
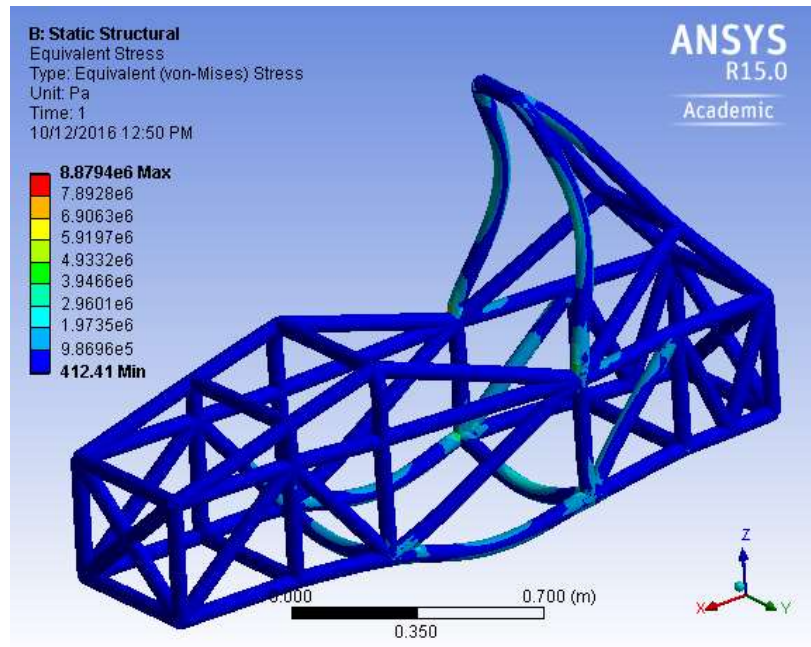


Figura No. 100 Esfuerzo de Von-Mises del chasis en análisis por aceleración con ASTM a500 Grado B



$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad [21] \quad (30)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{290 \text{ MPa}}{8.88 \text{ MPa}} = 32.66 \quad (31)$$

Factor de seguridad del chasis en el análisis de las fuerzas provocadas por la aceleración utilizando el material ASTM a500 Grado B.

b. Simulación con las propiedades que pide FSAE para los cálculos

Figura No. 101 Deformación total del chasis en el análisis de aceleración con propiedades de FSAE

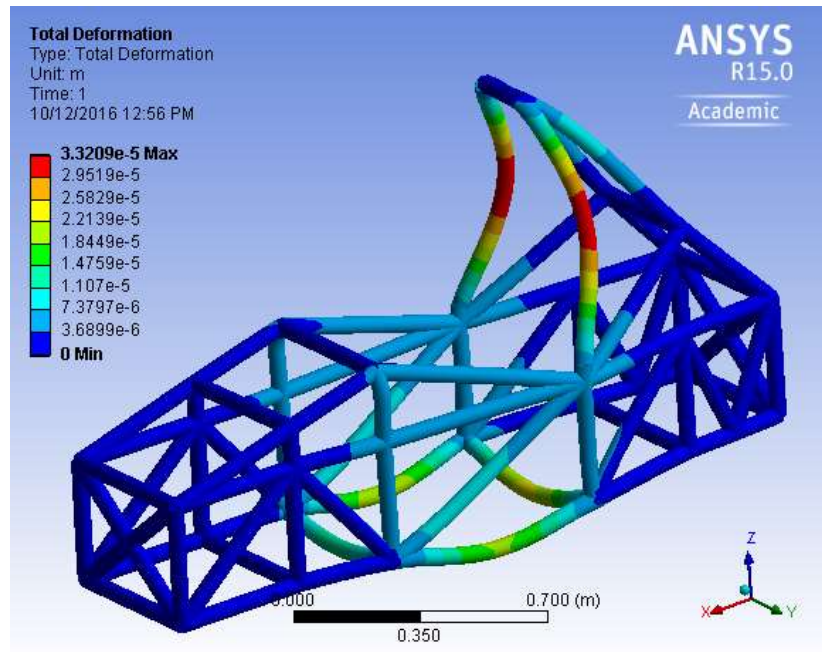
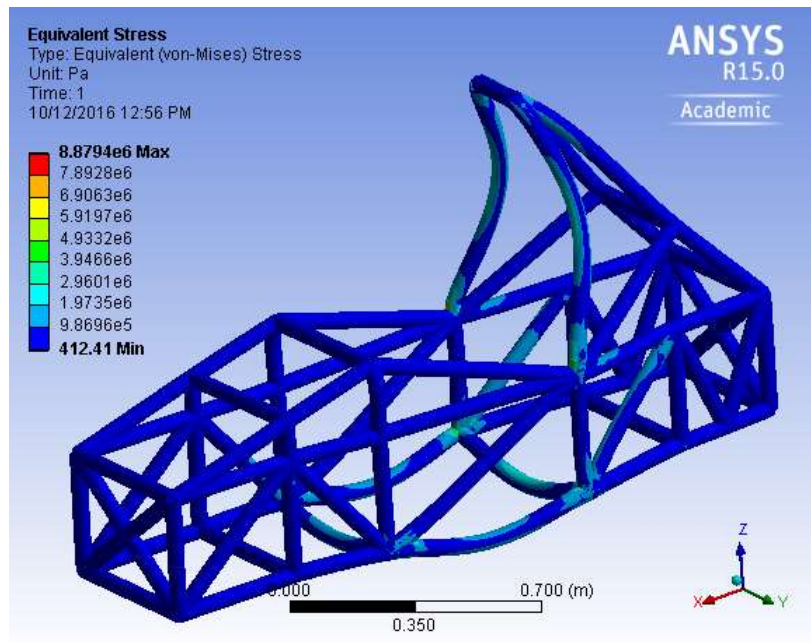


Figura No. 102 Esfuerzo de Von-Mises del chasis en análisis por aceleración con propiedades de FSAE



$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad [21] \quad (32)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{305 \text{ MPa}}{8.88 \text{ MPa}} = 34.35 \quad (33)$$

Factor de seguridad del chasis en el análisis de las fuerzas provocadas por la aceleración utilizando las propiedades que dicta el reglamento de FSAE.

3. Cálculo de la rigidez torsional del chasis. Este análisis se realiza con el fin de determinar la rigidez torsional del chasis. La rigidez torsional hace referencia a la fuerza necesaria para torcer el eje longitudinal del chasis. Este concepto es muy importante, debido que afecta parámetros importantes como el rendimiento en pista y seguridad del vehículo (García, 2012). La rigidez torsional se obtiene del desplazamiento Δ_A y Δ_B que se genera por las fuerzas F_1 y F_2 , la magnitud de dichas fuerzas es arbitraria dado que la rigidez torsional es el torque necesario para tener un grado de deflexión (García, 2012). En la Figura No. 103, $F_1=3000\text{N}$, $F_2=-3000\text{N}$, $L_1=445.45 \text{ mm}$ y $L_2 = 509.95 \text{ mm}$.

Figura No. 103 DCL del chasis para determinar la rigidez torsional

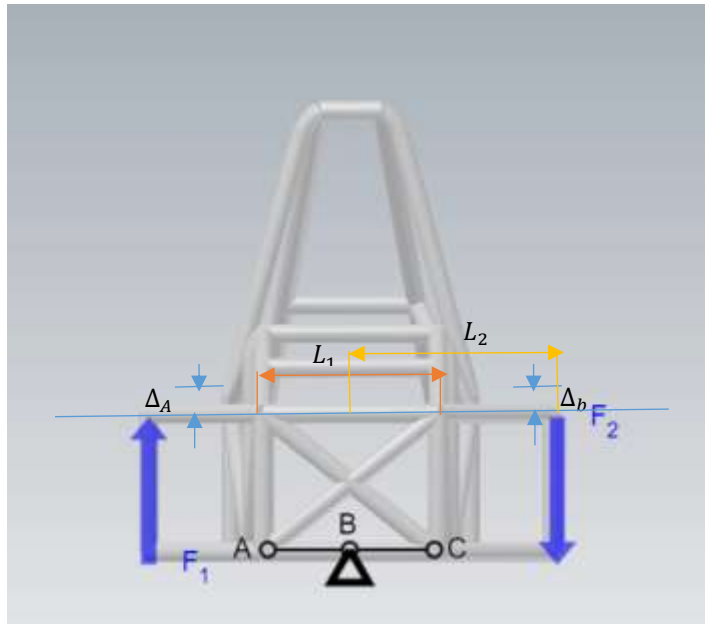


Figura No. 104 DCL del chasis para el determinar la rigidez torsional, con soportes para la simulación

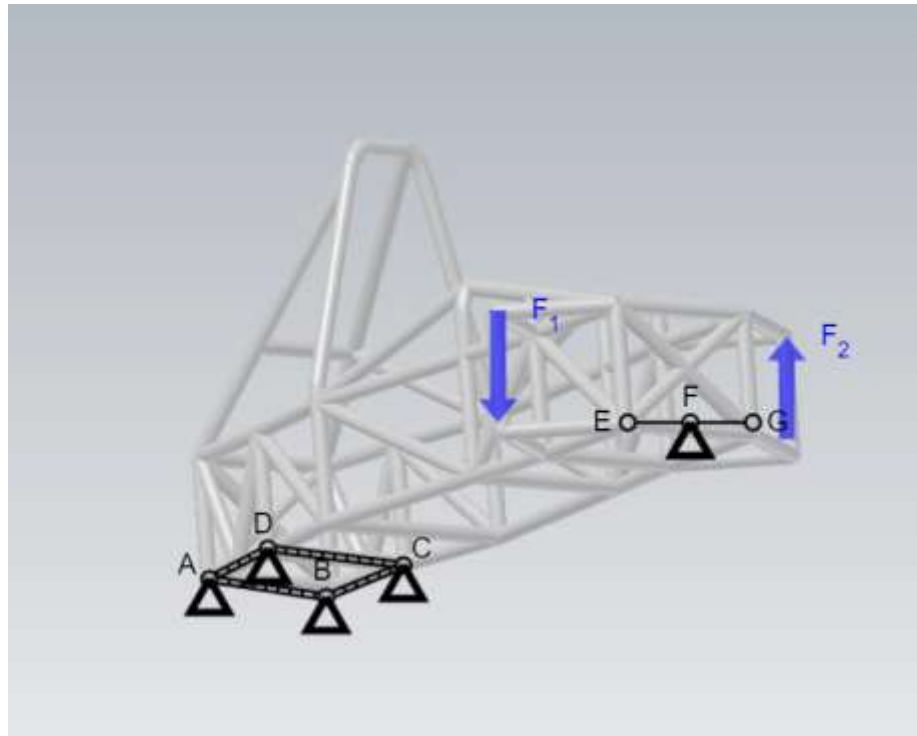
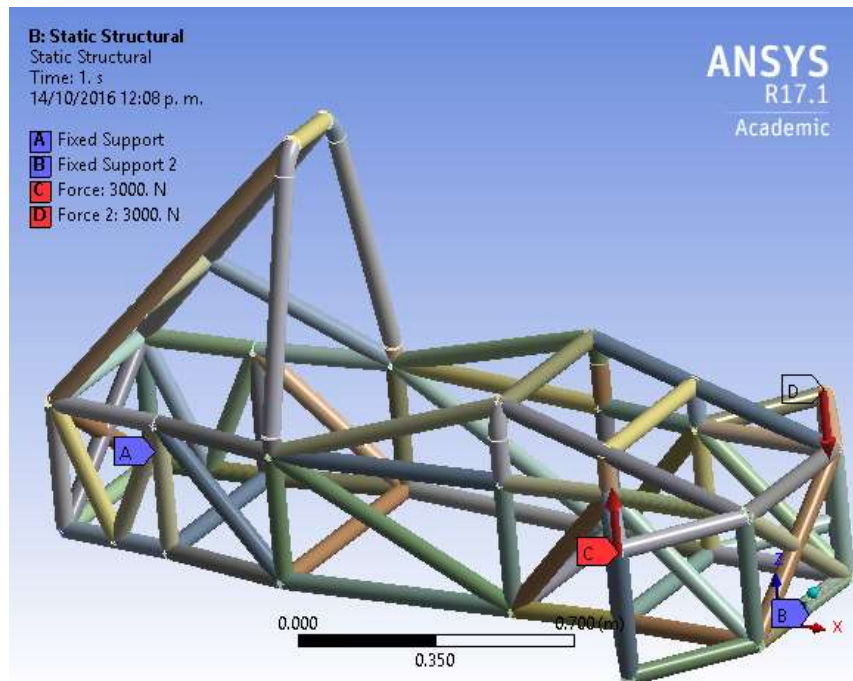


Figura No. 105 Cargas aplicadas y soportes colocados en para el análisis de rigidez torsional.



- a. Simulación con las propiedades del acero ASTM a500 grado B

Figura No. 106 Deformación total del chasis para la rigidez torsional, con ASTM a 500 grado B

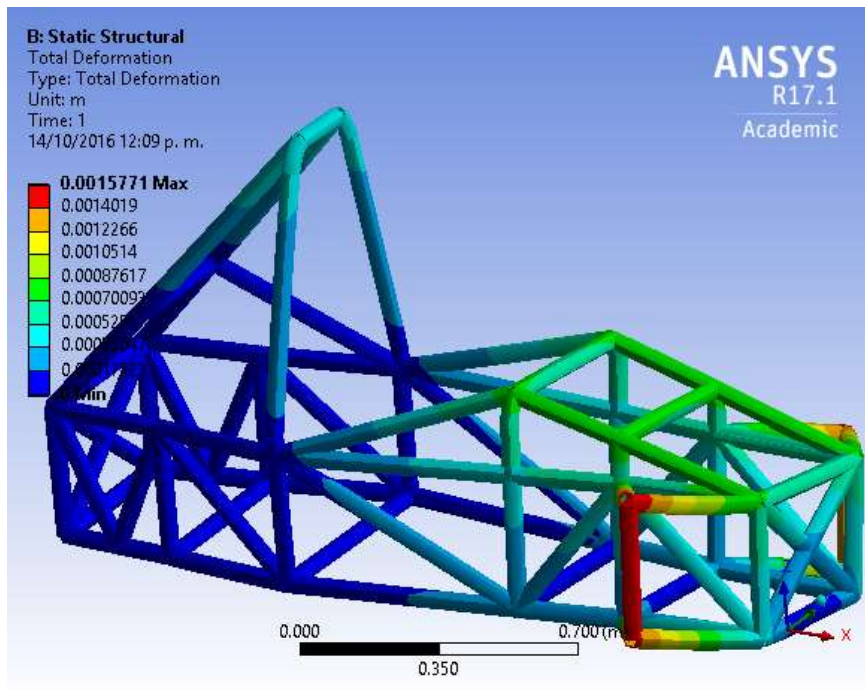
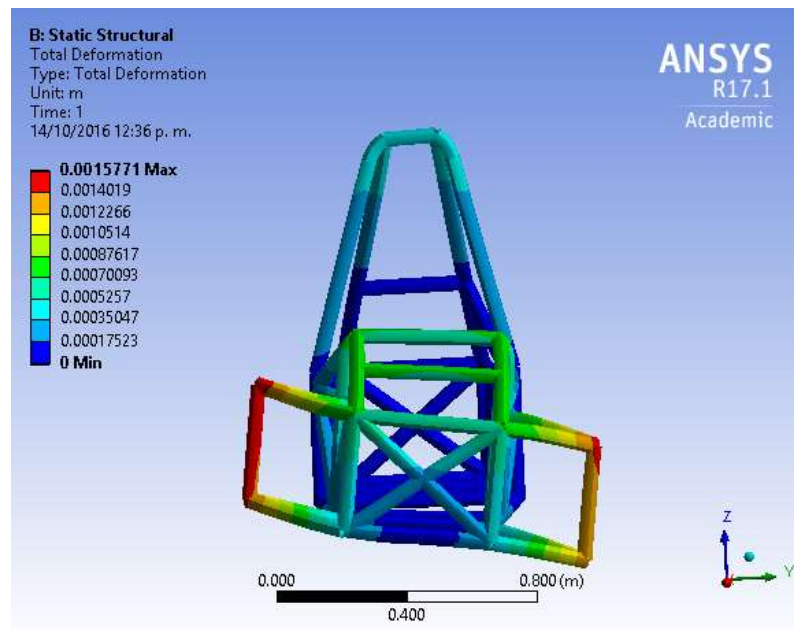


Figura No. 107 Deformación en el eje Z, del chasis para la rigidez torsional, con ASTM a 500 grado B



b. Simulación con las propiedades que pide FSAE para los cálculos

Figura No. 108 Deformación total del chasis para la rigidez torsional, con propiedades de FSAE.

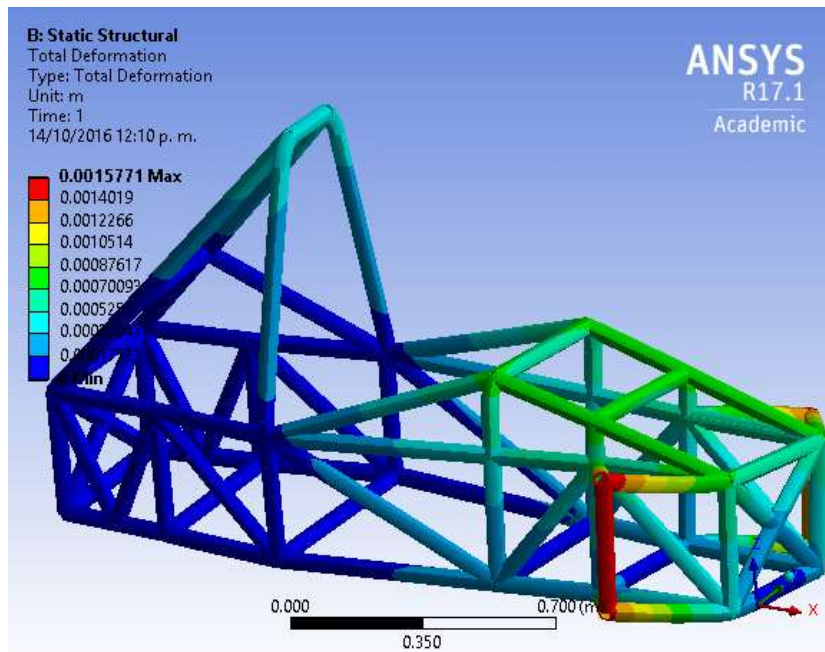
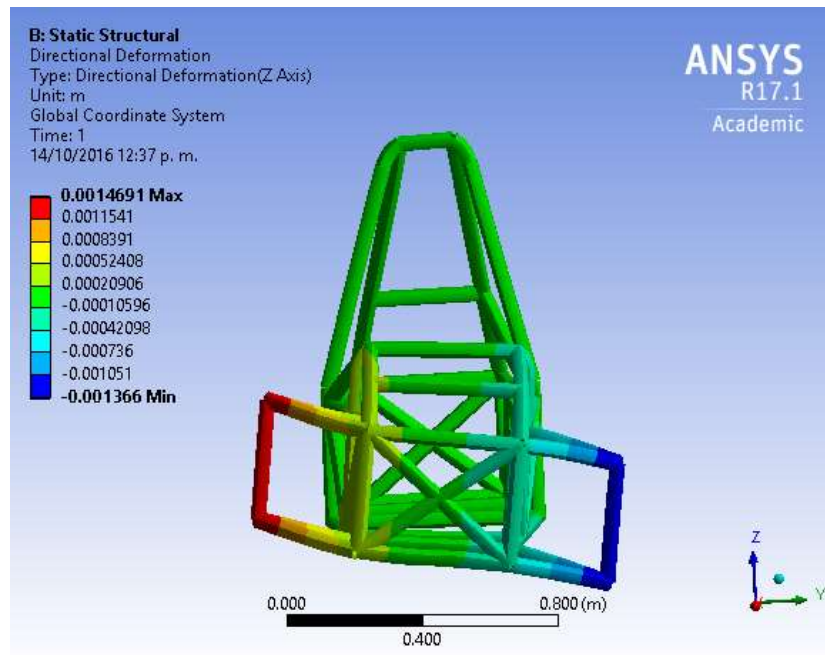


Figura No. 109 Deformación en el eje Z, del chasis para la rigidez torsional, con propiedades de FSAE.



Por encontrar la rigidez torsional, se sabe que Δ_A y Δ_B son 0.002 m y -0.002. En la ecuación que se muestra a continuación, K es la rigidez torsional, T es el torque y θ ángulo de inclinación.

$$K = \frac{T}{\theta} \quad [20] \quad (34)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{\Delta_A + \Delta_B}{L_1} \right] \quad [20] \quad (35)$$

$$K = \frac{F(L_1 + 2L_2)}{\tan^{-1} \left[\frac{\Delta_A + \Delta_B}{L_1} \right]} \quad [20] \quad (36)$$

Al calcular el ángulo, quedo un valor de $\theta = 0.57^\circ$

$$K = \frac{3000N(0.445455m + 2(0.50995m))}{0.57^\circ} = 7,715.78 \frac{Nm}{grado} \quad (37)$$

La rigidez torsional obtenida es de $7,715.78 \frac{Nm}{grado}$.

Figura No. 110 Valores de rigidez torsional para distintos vehículos de competencia.

Car type	Total roll stiffness, Nm/deg
Saloon	300 – 800
Sports car	2000
Sports prototype	18,000
Formula One	20,000 – 25,000
Formula SAE	500 – 1,500

(Deakin, Ramirez, & Hanley Ray, 2000)

La Figura No. 110, muestra los valores promedio de la rigidez torsional para distintos vehículos. Al comparar el valor de $7,715.78 \frac{Nm}{grado}$ con el de “SAE TECHNICAL PAPER SERIES” No. 2000-01-3554. Se puede concluir que la rigidez torsional obtenida, está por arriba del promedio.

B. FEA EN LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN Y SUSPENSIÓN

El análisis de elementos finitos se realizó en el software ANSYS 2016. Las condiciones que se utilizaron para analizar el engrane y la cremallera en el cálculo se muestran en la

Figura No. 111. Se colocaron soportes fijos (A) en las dos caras extremas del eje donde se encuentra la cremallera, esto es para dejar el modelo delimitado. También se colocó un soporte sin fricción en el eje del engrane (B) para asegurar su posición y que este no se mueva durante la simulación. Por último, se agregó un momento de 50,000 N*mm en el engrane en la dirección -X el cual representa el momento transmitido por el piloto al eje de direccionamiento (Díaz, Fernández, González, & Ramos, 2015). Los materiales considerados para esta simulación fueron de aluminio 7075 t6, tanto para la cremallera como para el engrane y se consideró un contacto sin fricción entre los dientes del engrane y de la cremallera. En la malla o mesh utilizada para el análisis en elementos finitos se utilizó una función de control de tamaño (sizing) para las caras y bordes de los dientes de la cremallera y el engrane que están en contacto, esto se utilizó para reducir el tamaño de los elementos en estos puntos ya que al ser el punto de contacto es donde se generan los esfuerzos de picadura. La mesh resultante se puede observar en la Figura No. 112 en donde se observa que en los dientes que están en contacto, el tamaño de los elementos es menor. El resto de parámetros utilizados para la mesh se observa en la Figura No. 113 donde se ve la cantidad de nodos y elementos generados. En la Figura No. 113 también se aprecia el skewness el cual es una medida de que tan bien ajustado está la mesh a los cuerpos y el valor promedio del skewness es de 0.37 lo que muestra que la mesh se adapta bien a los cuerpos. El número de nodos utilizados fue de 29,610, como se muestra en la Figura No. 113, esto fue debido a la licencia del programa que permite un máximo de 30,000 nodos para el cálculo, por lo que este es el mejor resultado que se puede obtener con la licencia estudiantil de ANSYS.

En las Figuras No. 114 y 115 se muestran los resultados de esfuerzo equivalente de Von Mises y de factor de seguridad calculados por ANSYS con las condiciones mencionadas anteriormente. El factor de seguridad es de 2.97 lo cual indica que sistema es capaz de soportar el esfuerzo máximo al que estará sometido debido a que el momento de 50 Nm utilizado es el momento máximo al que este será sometido. El esfuerzo máximo, según los resultados brindados por ANSYS, se encuentra justo en el punto de contacto entre el engrane y la cremallera, y sobre la cremallera. Este esfuerzo máximo es de 92.28 MPa, y es importante notar que la base de los dientes también se encuentra sometida a un esfuerzo menor a 37.71 MPa.

Figura No. 111 Condiciones para el análisis de elementos finitos del piñón y la cremallera.

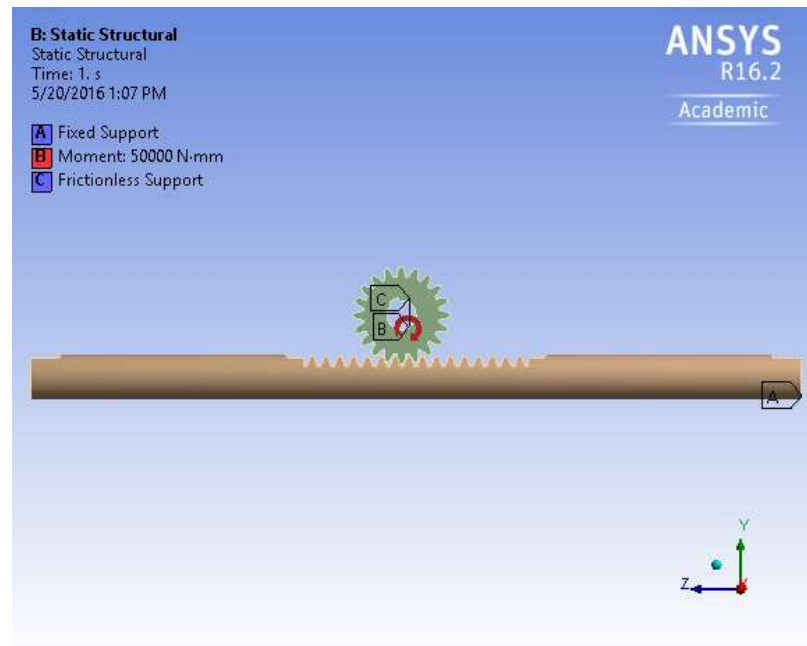


Figura No. 112 Mesh generado para el análisis de elementos finitos

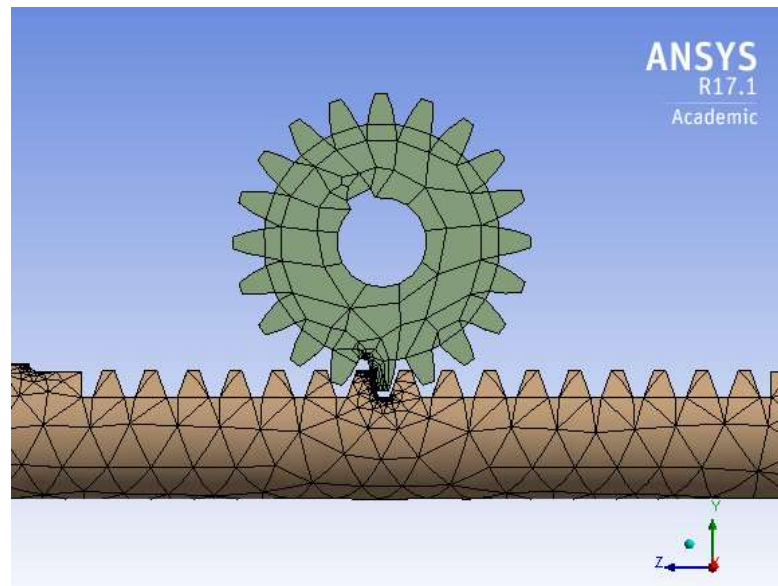


Figura No. 113 Parámetros de la mesh utilizada para el engrane y cremallera

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	29610
<input type="checkbox"/> Elements	16955
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	4.7232e-003
<input type="checkbox"/> Max	0.99561
<input type="checkbox"/> Average	0.37002
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.17857

Figura No. 114 Esfuerzo en los dientes del piñón y la cremallera

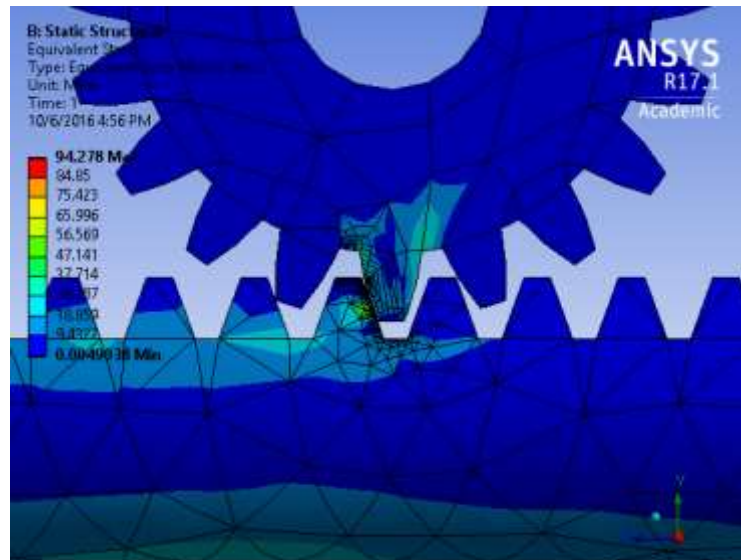
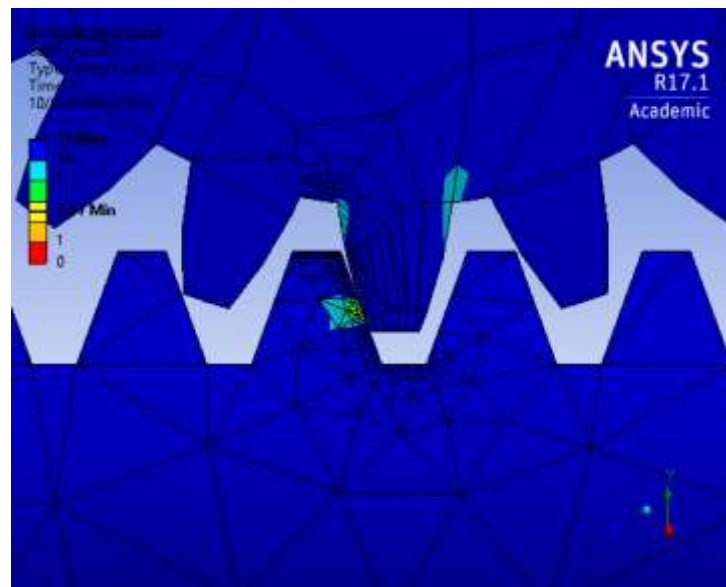


Figura No. 115 Factor de seguridad. En los dientes del piñón y la cremallera



Para asegurarse que la cremallera y el engrane estén siempre en contacto, es necesario diseñar un cajón. El diseño del cajón se observa en la Figura No. 116. Este cajón a su vez debe ser capaz de resistir la fuerza que el contacto del engrane y la cremallera transmiten al mismo. Para evaluar su resistencia se realizó también un análisis de elementos finitos en la pieza trasera y frontal del cajón ya que la pieza de abajo no está sometida a un esfuerzo tan grande. Se utilizó el material aluminio 7075 t6 para realizar estos cálculos. Las cargas se ejercen justo en donde pasa el eje que va conectado con el engrane. Para realizar los cálculos

se utilizó el software ANSYS 2016. Para la pieza trasera del cajón se aplicaron las condiciones mostradas en la Figura No. 117 donde se utilizó un soporte fijo en el punto donde se sostendrá al chasis, y se colocó una fuerza en donde va el eje, generada por el contacto entre piñón y cremallera (Beer, 2010). Para la pieza frontal del cajón se utilizaron condiciones similares a las de la pieza frontal, estas se muestran en la Figura No. 118. Para esta parte del cajón se colocó la fuerza transmitida por el engrane (Beer, 2010). Para la mesh de las dos partes del cajón se utilizó el método automático con los parámetros mostrados en las Figuras No. 119 y 120 para la parte trasera y frontal del cajón respectivamente.

Los resultados del cálculo de esfuerzos y de factor de seguridad para la pieza trasera del cajón se muestran en las Figuras No. 121 y 122 respectivamente, y para los resultados de la pieza frontal en las Figuras No. 123 y 124. Con esto se puede apreciar como la pieza frontal resistirá completamente las fuerzas transmitidas por el engrane ya que sus esfuerzos son menores a 9 MPa y el factor de seguridad es mayor a 15 en cualquier punto de la pieza. En la pieza trasera se puede apreciar que los esfuerzos son mayores que en la pieza frontal, siendo estos menores a 30 MPa, sin embargo, con el factor de seguridad, se observa que el menor es de 9.33 lo cual indica la alta resistencia de la pieza ante la fuerza ejercida.

Figura No. 116 Diseño del cajón que sostiene al piñón y la cremallera.



Figura No. 117 Condiciones de la pieza trasera del cajón para el análisis en elementos finitos.

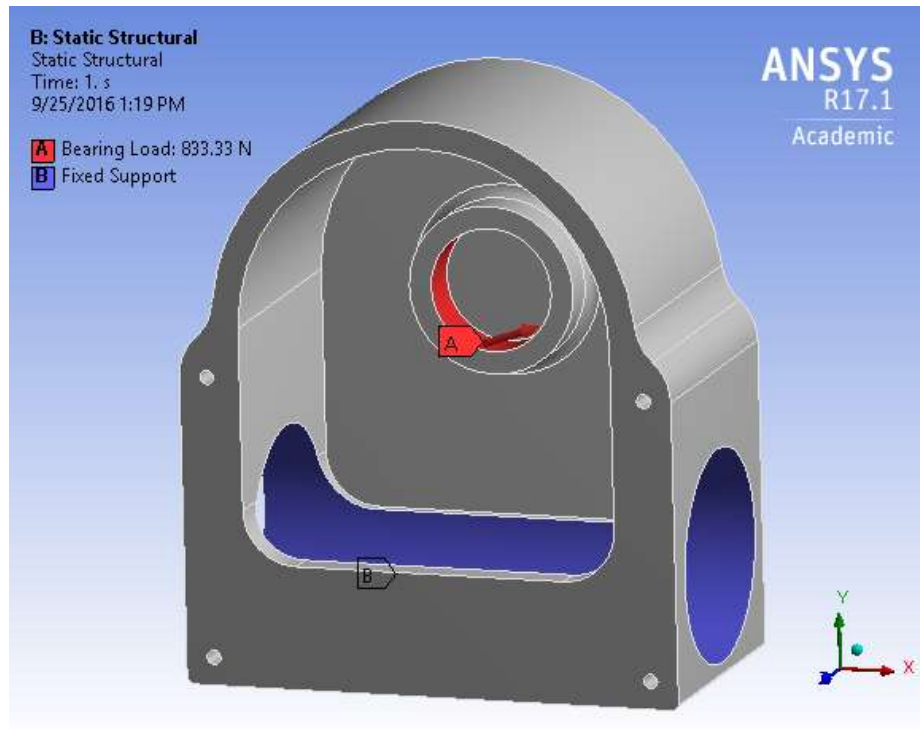


Figura No. 118 Condiciones de la pieza frontal del cajón para el análisis en elementos finitos.

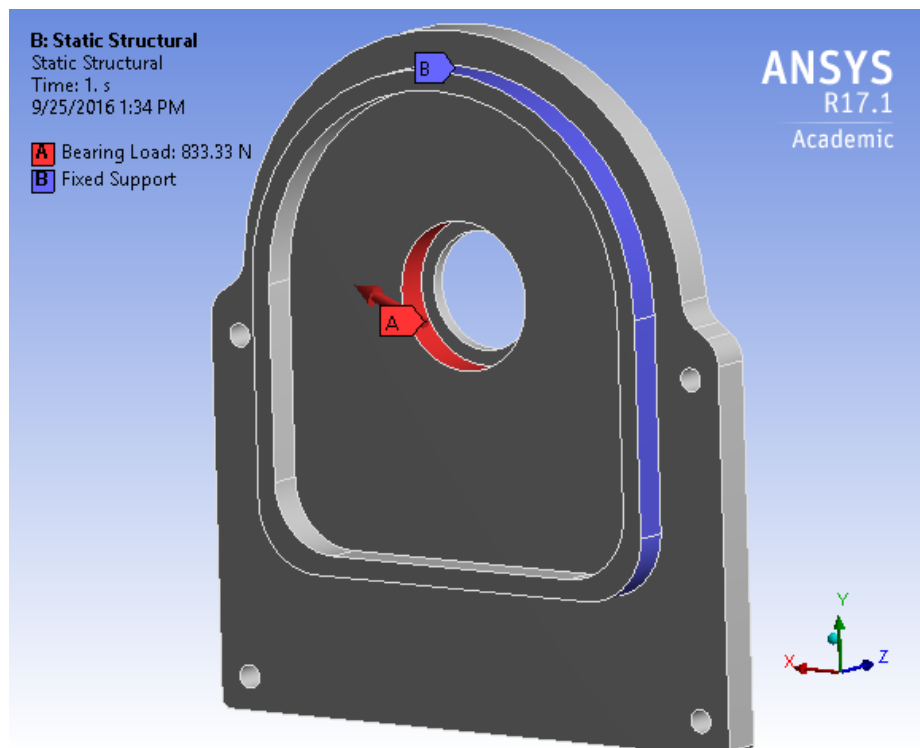


Figura No. 119 Parámetros de la mesh utilizada para la parte trasera del cajón

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	28754
<input type="checkbox"/> Elements	17182
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	5.1293e-004
<input type="checkbox"/> Max	0.95399
<input type="checkbox"/> Average	0.31061
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.16079

Figura No. 120 Parámetros de la mesh utilizada para la parte frontal del cajón

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	29192
<input type="checkbox"/> Elements	17912
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	4.3583e-004
<input type="checkbox"/> Max	0.92593
<input type="checkbox"/> Average	0.24054
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.12661

Figura No. 121 Resultados del cálculo de esfuerzos en la pieza trasera del cajón.

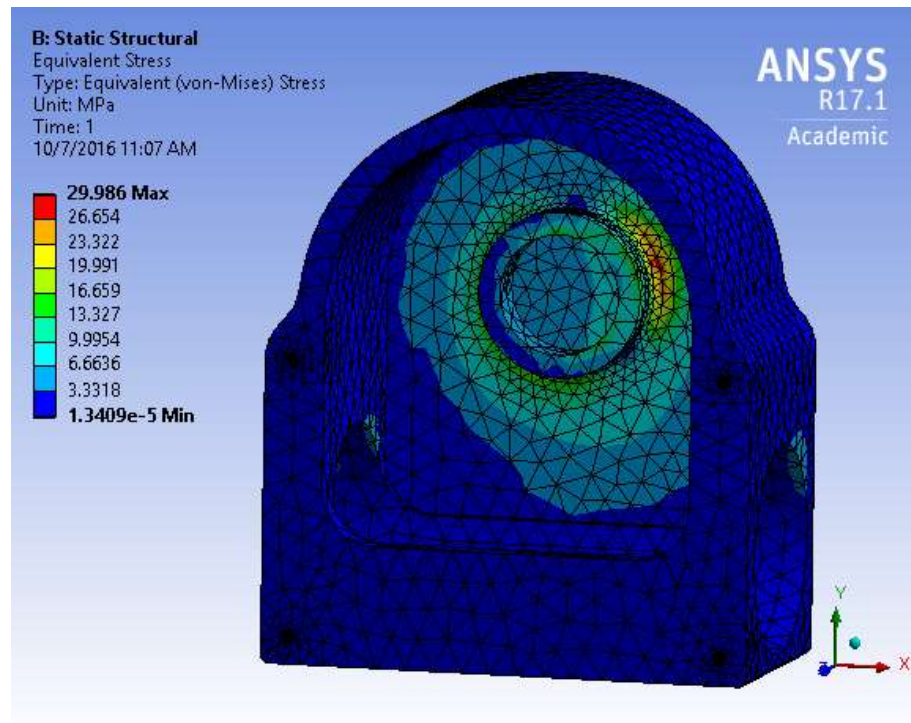


Figura No. 122 Resultados del cálculo de factor de seguridad en la pieza trasera del cajón.

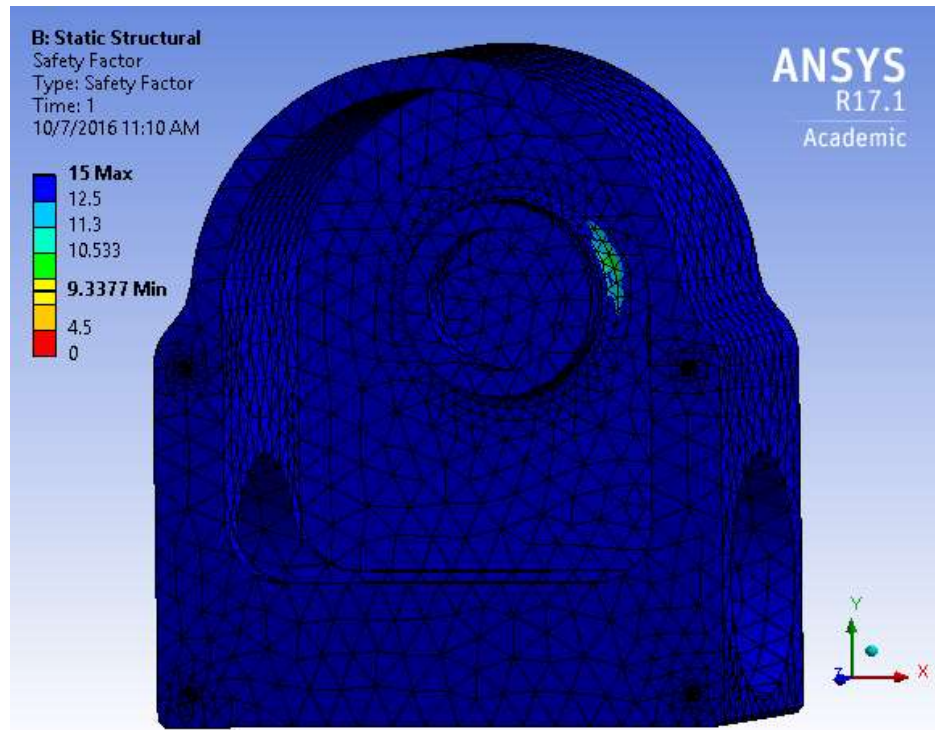


Figura No. 123 Resultados del cálculo de esfuerzos en la pieza frontal del cajón.

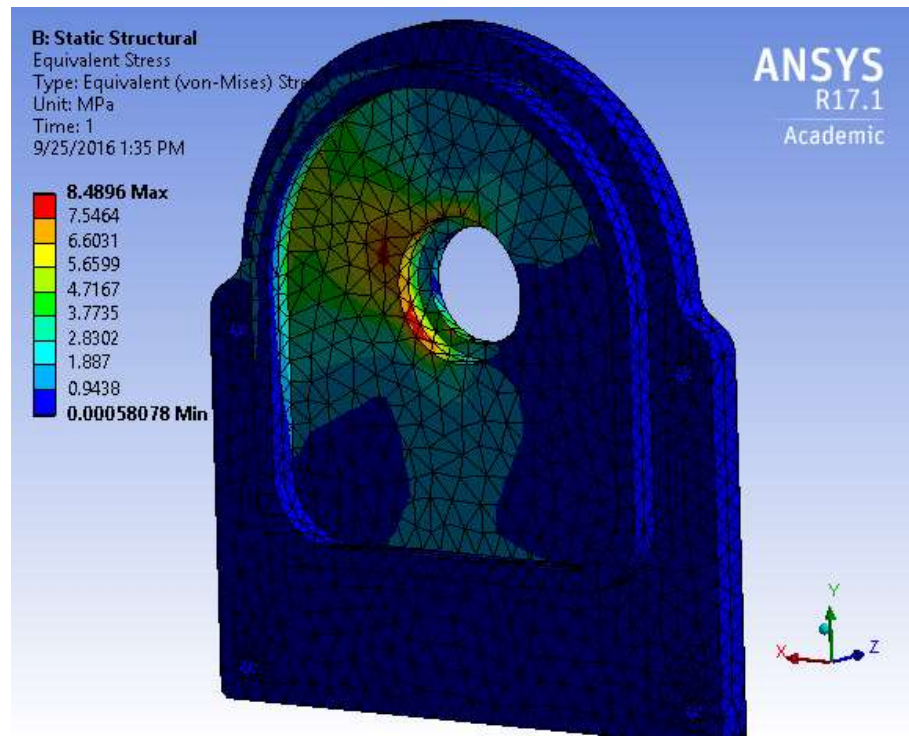
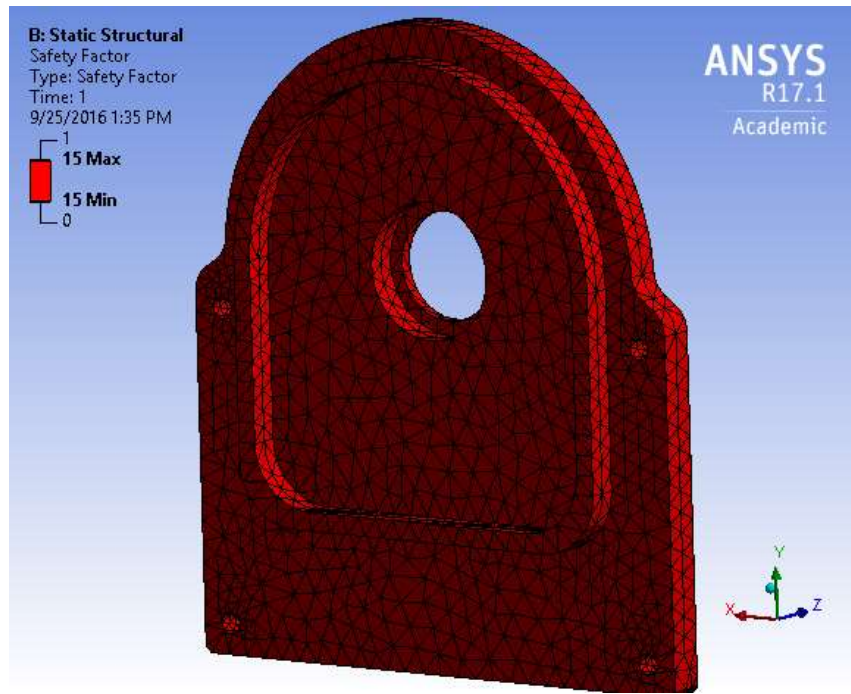


Figura No. 124 Resultados del cálculo de factor de seguridad en la pieza frontal del cajón.



Otra pieza crítica para el sistema de direccionamiento es el eje de direccionamiento, este es el eje que va conectado al engrane. Para la simulación en elementos finitos de este componente se utilizaron las condiciones mostradas en la Figura No. 126. Como se observa en la figura, se utilizó el momento de 50 Nm en donde estará el engrane y un soporte fijo en la parte trasera. Para el mesh de este elemento se utilizó una función de sizing en las caras del eje debido a que en los cambios de diámetro son concentradores de esfuerzos. Los parámetros del mesh del eje se pueden observar en la Figura No. 125. Se utilizó un total de 18,230 elementos con una skewness promedio de 0.288. Los resultados del esfuerzo equivalente de Von Mises se muestran en la Figura No. 127 y se observa que son menores a 170 MPa en todo el eje. El resultado para el factor de seguridad en este elemento se muestra en la Figura No. 128 donde se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1.68, lo que indica que la pieza será capaz de resistir el torque máximo aplicado.

Figura No. 125 Parámetros de la mesh utilizada para el eje de direccionamiento.

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	28736
<input type="checkbox"/> Elements	18230
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	2.807e-004
<input type="checkbox"/> Max	0.90781
<input type="checkbox"/> Average	0.28804
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.14864

Figura No. 126. Condiciones para el eje de direccionamiento.

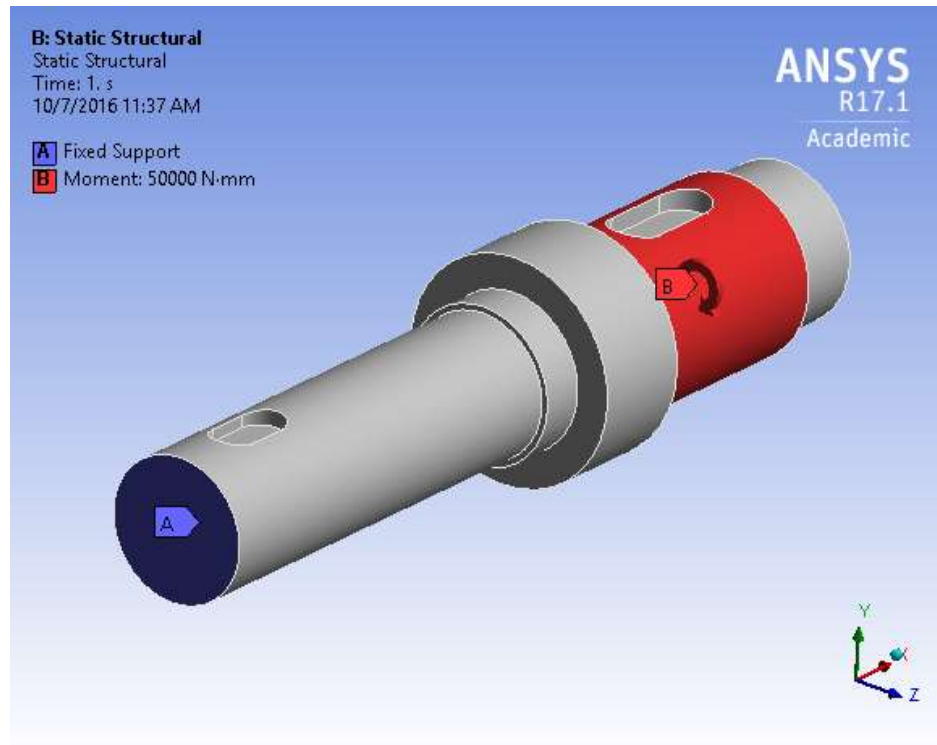


Figura No. 127 Resultado del cálculo de esfuerzos en el eje de direccionamiento

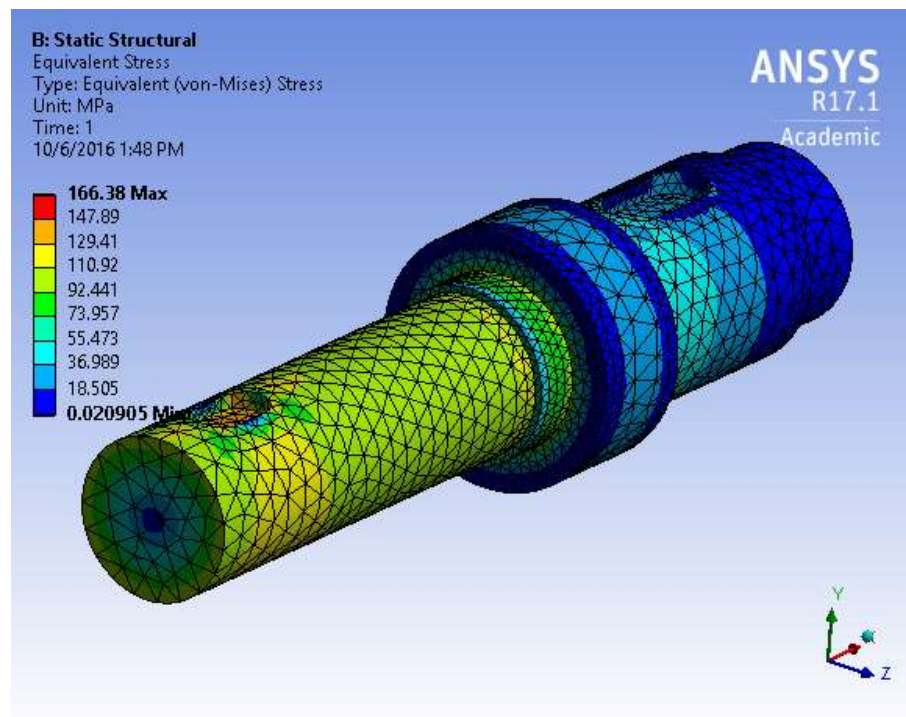
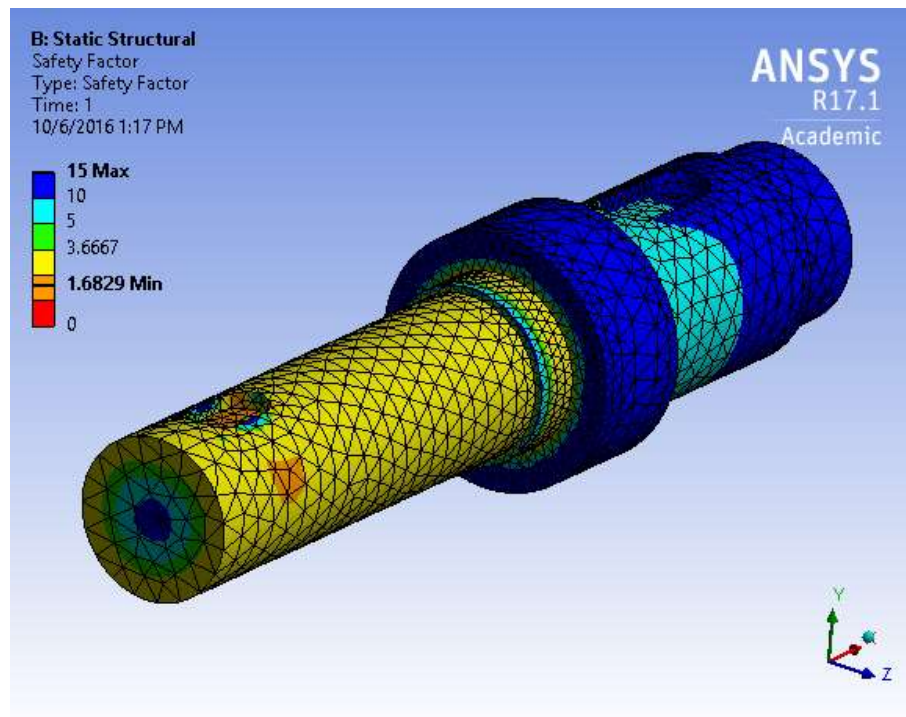


Figura No. 128 Resultado del factor de seguridad para el eje de direccionamiento.



Al igual que para el sistema de direccionamiento, se realizó un análisis en elementos finitos para los componentes más críticos del sistema de suspensión. Los elementos más críticos en el sistema de suspensión son los brazos, ya que debido a que son estos los encargados de recibir las vibraciones y soportar el peso del vehículo, el piloto y la carga aerodinámica. Para evaluar la resistencia de los brazos se realizó un análisis en elementos finitos sobre ellos, tanto para la suspensión delantera como para la trasera. Para esto se consideraron soportes fijos donde los brazos se sujetarán al chasis y se les impuso una fuerza de 375N para los brazos frontales y de 525N para los traseros, la cual se debe a las cargas del peso del vehículo, piloto y carga aerodinámica que estos deben ser capaces de soportar y se supuso que estas cargas se distribuían como se muestra en la Figura No. 48. Los resultados se muestran de las Figuras No.133 a la 136 en donde se observa que ambos brazos presentan un factor de seguridad mayor a 1.9 lo que confirma que estos son capaces de soportar estas cargas. Las condiciones utilizadas para el análisis de elementos finitos se presentan en las Figuras No. 129 y 130 para los brazos frontales y traseros respectivamente. Para ambos casos se utilizó el método automático de mesh con las características mostradas en las Figuras No. 131 y 132; ambos presentan una skewness promedio menor a 0.28.

Figura No. 129 Condiciones para los brazos frontales

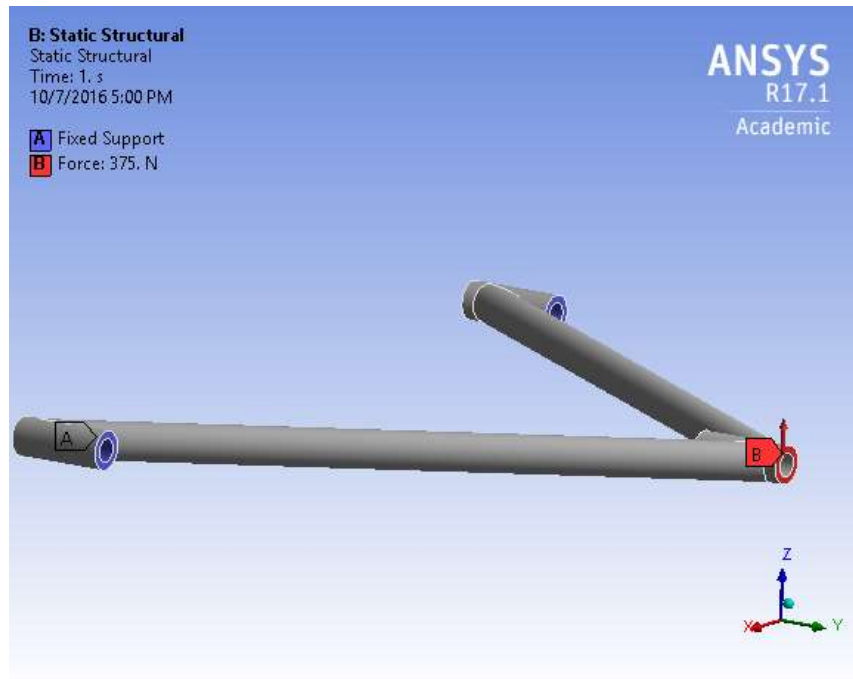


Figura No. 130 Condiciones para los brazos traseros



Figura No. 131 Características de la mesh para los brazos delanteros

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	21714
<input type="checkbox"/> Elements	11252
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	6.709e-003
<input type="checkbox"/> Max	0.93841
<input type="checkbox"/> Average	0.27028
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.14894

Figura No. 132 Características de la mesh para los brazos traseros

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	19904
<input type="checkbox"/> Elements	10495
Mesh Metric	
<input type="checkbox"/> Min	1.854e-003
<input type="checkbox"/> Max	0.91712
<input type="checkbox"/> Average	0.26512
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.15521

Figura No. 133 Resultado del análisis de esfuerzos en el brazo de la suspensión delantera

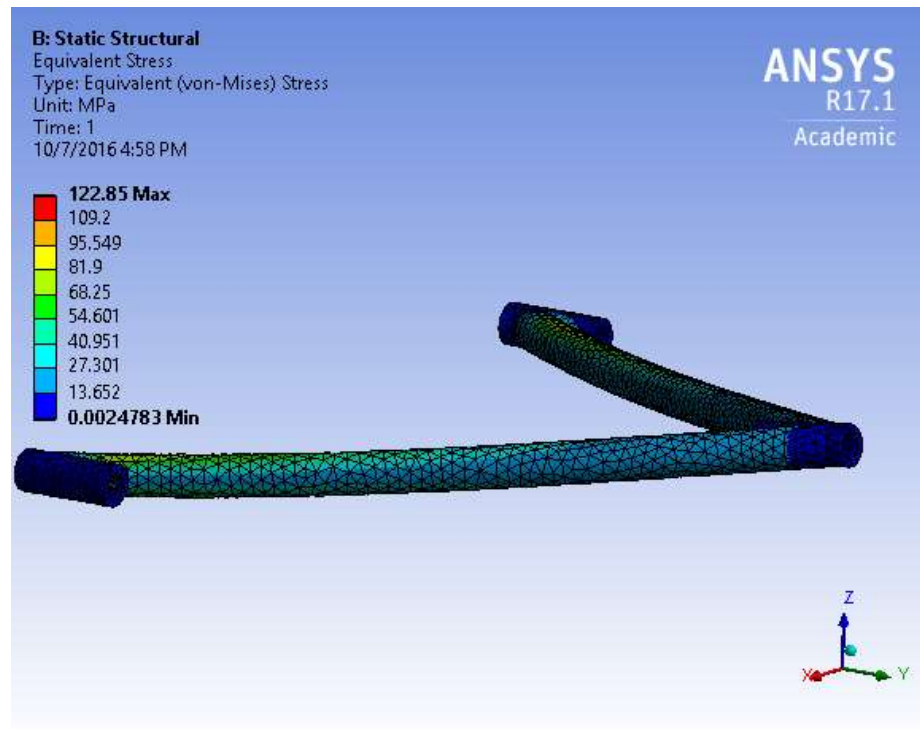


Figura No. 134 Resultado del análisis de factor de seguridad en el brazo de la suspensión delantera

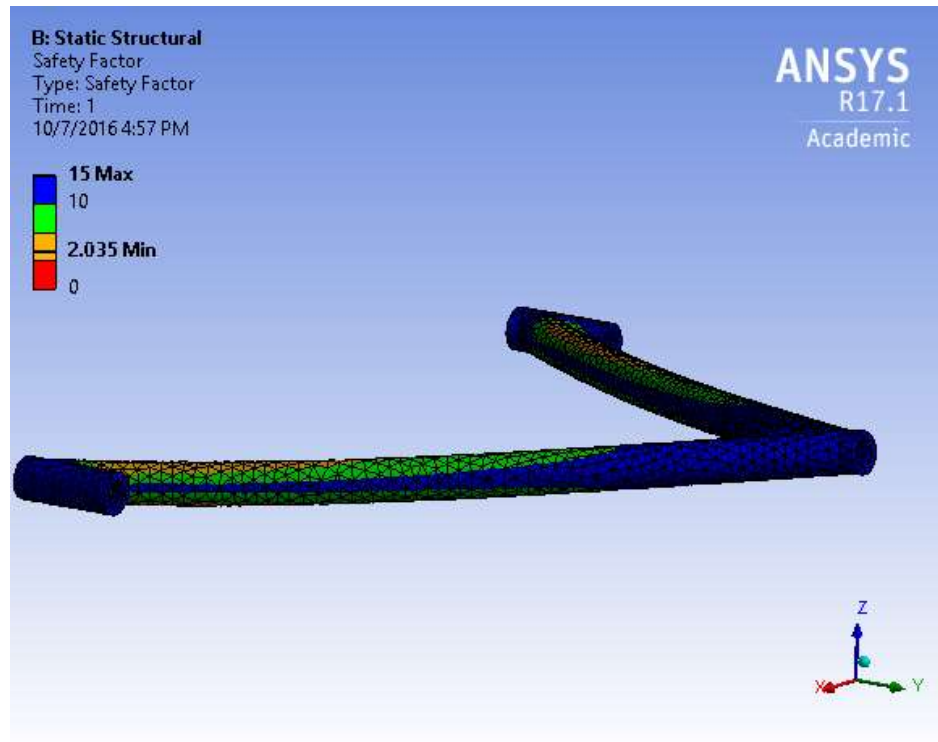


Figura No. 135 Resultado del análisis de esfuerzos en el brazo de la suspensión trasera

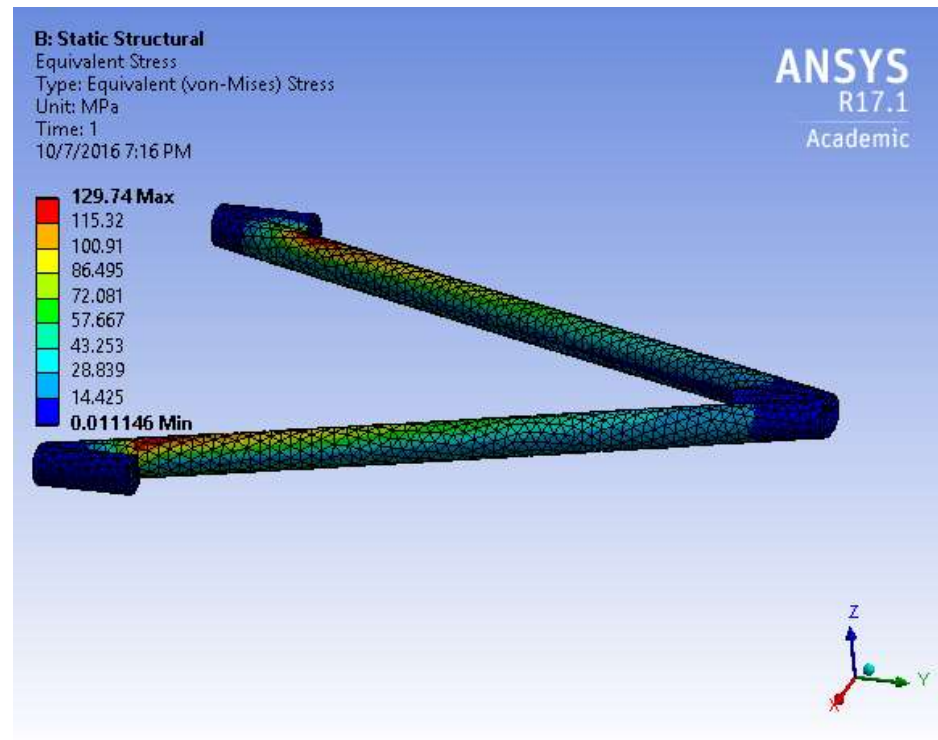
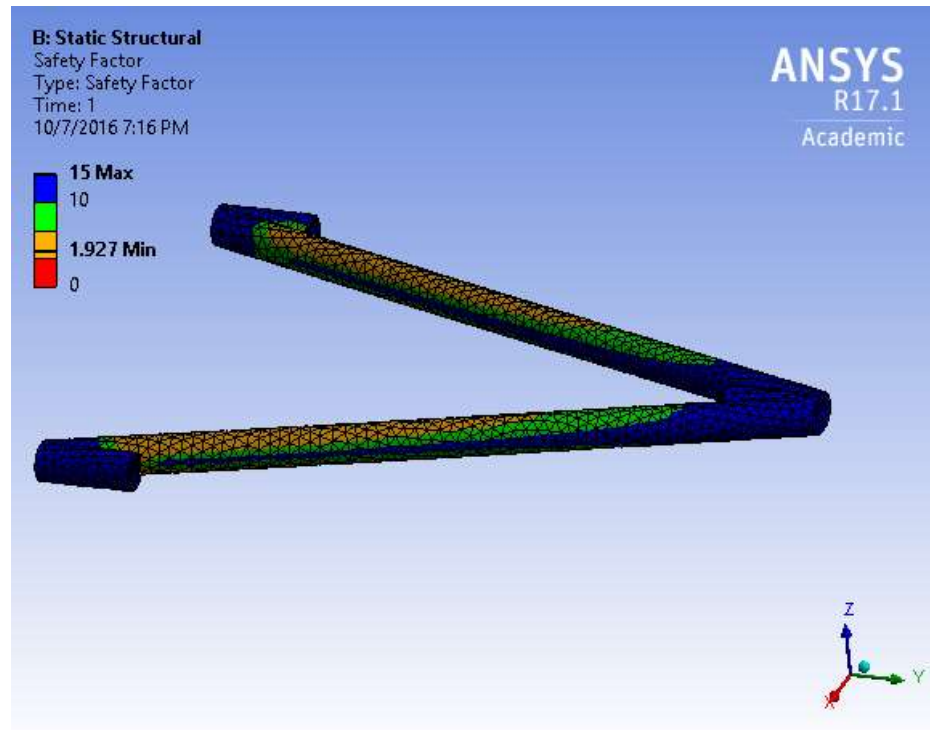


Figura No. 136 Resultado del análisis de factor de seguridad en el brazo de la suspensión trasera



Como se puede observar en la Figura No. 134 y en la Figura No. 136, los factores de seguridad más pequeños los presentan los brazos traseros de suspensión esto se debe a que son estos los que soporta más peso dentro del vehículo y son más largos que los brazos de suspensión frontales lo que hace que el momento que se genera por la fuerza al extremo de los brazos sea mayor. En las Figuras No. 133 y 135 se muestra que el esfuerzo máximo sobre los brazos frontales es menor que el esfuerzo máximo sobre los brazos traseros.

VII. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

A. ACTIVIDADES Y COMPONENTES CRÍTICOS

1. Método de Gant. Es empleado por las empresas para la planificación y el seguimiento de las actividades de un proyecto determinado. Permite al director del proyecto visualizar por medio de una representación gráfica el tiempo que se debe dedicar a cada tarea y la carga de trabajo que se le tendrá que dedicar a la misma. Este método se puede utilizar no importando la magnitud del proyecto. (Gálvez et al, 2014)

a. Diagrama de Gant

- Se identificarán las actividades y tareas que debe realizar cada módulo por medio de reuniones individuales y con el director del Mega Proyecto. Mayor parte de la planificación se basará en las fechas límites para la competencia en el 2018, utilizando esto de base para fijar las fechas límites dentro de la Universidad y con los avances de los integrantes.
- Se identificarán los componentes críticos de cada módulo que puedan afectar el avance del proyecto.
- Cada actividad tendrá una duración establecida.
- Se realizará un diagrama de Gantt con el Software “Project Professional” con la información anteriormente recopilada, a modo a que sea visual para los miembros del equipo y exista una planificación previa.

Es una guía para el segundo equipo de Mega Proyecto “Fórmula SAE”, en donde se especifican actividades, fechas de entrega, fechas críticas, unión de actividades, duración de las mismas.

Esto ayuda a que el grupo no solo comprenda un poco más al conocer qué tareas o actividades debe realizar sino que también lo visualice de mejor manera ya que se provee un diagrama el cual se imprimirá en un plotter para que se pueda ubicar en el departamento de Mecánica y que los integrantes puedan estar informados.

Hay varias fechas que son críticas y deben ser tomadas en cuenta tanto por el Asesor de Mega Proyecto, como los integrantes, ya que si no se cumplen o si no se alcanzan dichos objetivos, el proyecto se empieza a aplazar y atrasaría la entrega del vehículo terminado en el mes de julio. Ver Anexos

2. Project Evaluation and Review Techniques (PERT). Esta herramienta fue desarrollada por la Armada para el programa de misiles balísticos Polaris en 1958 y se utilizó en la planificación, programación y control el proyecto.

El modelo de red PERT se basa en el modelo de red de CPM. Tiene la misma estructura lógica determinista. Por lo tanto el mismo supuesto básico de que todas las actividades deben de completarse con éxito para el proyecto se pueda cumplir por medio del modelo PERT.

Este modelo no requiere que todos los tiempos de finalización de la actividad se conozcan con certeza. En PERT, los tiempos de la actividad pueden introducirse como una distribución triangular con un mínimo, una más probable, y un tiempo máximo para cada actividad. Esto da una naturaleza probabilística a la vez el tiempo en el que se da la finalización. Sin embargo la probabilidad asociada con el tiempo de terminación se determina estadísticamente utilizando una distribución beta.

Ya que PERT permite una representación más realista de un proyecto, también lo hace CPM, todavía es limitada por su lógica determinista de nodos que requiere la finalización con éxito de todas las actividades y en CPM se debe saber con la mejor precisión los tiempos de finalización. (Rodney, 1995)

a. Diagrama PERT

- Se utilizará el Software “Project Professional” para realizar los diagramas de PERT
- Se analizarán las actividades y tareas de prioridad máxima en “Project Professional”
- Se realizará una planificación para el equipo tomando en cuenta el análisis de PERT, a modo que se cumpla el objetivo de competencia en el 2018.

Este diagrama nos permite visualizar la interpretación del proyecto con la tarea asignada de acuerdo a cada módulo y cada etapa que debe cumplir el responsable del módulo incluyendo “early starts” y “early finish”, en el cual pone como prioridad las actividades críticas y las que se deben realizar de primero para desarrollar todo el proyecto.

Cada miembro del equipo debe saber los requerimientos que pide Fórmula SAE correspondientes a su módulo y analizar si hay otros requerimientos que ellos consideren necesarios para incluirlos. Cuando esta etapa se finaliza, se puede proceder a empezar con el diseño que más o menos se estipulan 3 meses para tener los diseños completados. Junto al desarrollo de esta etapa se trabajarán los patrocinios para financiar el proyecto.

Hay fechas estipuladas en la cual es necesario contar con ciertos materiales, componentes e incluso finanzas para seguir avanzando. La inversión inicial se aproxima al valor de \$10,000 aproximadamente en el mes de enero para dar seguimiento a la elaboración de los demás componentes.

Otra de las fechas críticas que se presentan en el diagrama es la unión de todos los módulos para formar el vehículo. La fecha crítica en la cual todos los módulos debieran estar terminados y unidos en conjunto al

chasis es a principios del mes de Julio. Este se establece teniendo en cuenta que se necesitan 3 meses para realizar pruebas y ajustes, ya que en el mes de Octubre el vehículo debe estar completamente terminado para enviar diseños, papelería y otros documentos que solicita la Fórmula SAE para aplicar o inscribirse en la competencia.

La competencia toma lugar en el mes de Mayo, 2018 en Michigan, USA. En los meses restantes los participantes deben preparar documentos legales y aduanales para realizar la exportación del vehículo con 3 meses anticipados al evento.

Realizando las actividades estipuladas en las fechas que están programadas, el proyecto será un éxito y será posible participar en el evento.

B. PRESUPUESTO

Es un criterio de evaluación. A partir de este análisis se puede ver cómo el presupuesto puede convertirse en una herramienta utilizada para evaluar el rendimiento. Es una herramienta que se utiliza en la administración para evaluar el rendimiento de los proyectos. Esta es solo una de las herramientas utilizadas en el proceso de evaluación. (American College of Sports Medicine, 2000)

- Se realizará una lista de materiales, componentes y piezas que se necesita para la elaboración del vehículo.
- Se realizará una lista de gastos administrativos: gastos de viáticos, seguridad, neumáticos, y gastos del equipo al participar en la competencia. De igual manera se realizará una lista de gastos de logística de transporte hacia el evento.

1. Cotizaciones

- Se cotizarán los precios de los materiales, componentes y piezas dentro del mercado para la elaboración del vehículo, así como gastos de administración y logística de transporte. Se realizará para tener un estimado de lo que se debe invertir en el proyecto.

2. Elaboración del presupuesto

- Realizadas las cotizaciones, se procederá a realizar el presupuesto. Este se dividirá en dos: 1, Presupuesto manufactura del vehículo, 2. Presupuesto Gastos administrativos, viáticos, seguridad, neumáticos y logística de transporte.
- En la presentación a los patrocinadores no se presentará el presupuesto como tal, si no se realizarán gráficas de pie para dar a conocer los porcentajes que se invertirán en cada módulo que integra la

manufactura del vehículo (frenos y potencia, transmisión, direccionamiento y suspensión, eléctrico y electrónico, chasis y estructura), al igual que los gastos de administración, viáticos, seguridad, neumáticos y logística de transporte.

Cuadro No. 29 Resumen presupuesto por módulos

Resumen presupuesto patrocinio	
Concepto	Total (\$)
Sistema de frenos y potencia	\$ 2,313.95
Sistema de transmisión	\$ 1,315.79
Sistema eléctrico y electrónico	\$ 2,293.03
Sistema de suspensión y direccionamiento	\$ 3,807.89
Sistema de chasis y estructura	\$ 4,164.34
Gastos administrativos	\$ 1,230.26
Viáticos	\$ 10,144.74
Seguridad	\$ 1,447.37
Neumáticos	\$ 5,263.16
Transporte del vehículo	\$ 6,497.37
Total	\$ 38,477.89

C. PLAN DE LANZAMIENTO

Es un documento escrito que resume lo que se conoce sobre el mercado e indica cómo es que la empresa pretende alcanzar los objetivos de marketing. Este incluye directrices tácticas para los programas de marketing y asignaciones financieras para el periodo que cubre. Se trata de uno de los elementos más importantes del proceso de marketing. (Kotler & Lane, 2006)

Estos planes se orientan cada vez más hacia clientes y competidores, están mejor razonados y son más realistas. Los planes incluyen aportaciones de más funciones y son desarrollados en quipo. Las planeaciones cada vez son procesos constantes para responder a los cambios vertiginosos que se producen en el mercado (Rodríguez, 1996). Los planes de lanzamiento se basan en el análisis de las 4p's:

El Plan de Lanzamiento es una sección del Plan de Marketing, el cual se lleva a cabo con el fin de obtener la suficiente información acerca del proyecto o la empresa lo más condensada posible.

1. Logotipo del equipo

- Se platicará con todo el equipo a fin de acordar un nombre para el equipo.
- Se definirán los colores para el logotipo del equipo.
- Una vez teniendo estos datos se platicará con el diseñador gráfico para que se realicen pruebas con diferentes logotipos. Se escogerá una de las cuatro propuestas presentadas.
- Información acerca del producto:
 - a. Se deberá de platicar entre los miembros del equipo acerca de un Slogan apropiado para el equipo.
 - b. Se deberá establecer el nombre del vehículo.
 - c. Se deberá escoger los colores para el vehículo.
 - d. Se deberá estudiar el tipo de cliente al que va dirigido el producto.

2. Logotipo:

Figura No. 137 Logotipo del equipo



Slogan de la empresa:

- *“Acelerando el futuro”*

Nombre del vehículo (producto):

- **GT-17**

Colores del vehículo:

- Gris oscuro
- Celeste/turquesa
- Negro
- Blanco

Segmentación del consumidor:

- Corredores de vehículos de carrera
- Empresas y marcas que participan patrocinando eventos de vehículos de carrera Tipo Fórmula 1
- Industria automotriz
- Instituciones gubernamentales

- Fondos de inversión para startup
- Inversionistas
- Incubadoras de proyectos
- Aceleradores de proyectos

3. Análisis 4 P's. Se realizará un análisis de 4P's para el producto. Esto obteniendo información histórica, evaluación del tipo de producto que estaremos ofreciendo, los segmentos de venta, comparación de precios para obtener el precio más adecuado del vehículo, materiales que se utilizarán para la venta del proyecto o producto.

a. Producto. Es cualquier cosa que puede ofrecerse a la atención del mercado para su adquisición, uso o consumo y que puede satisfacer un deseo o necesidad. Como producto se incluyen objetos físicos, servicios, personas, lugares, organizaciones e ideas. (Rodríguez, 1996)

Nuestro producto

- “Primer y único carro Fórmula SAE en Centro América”
- Fabricado y diseñado por estudiantes
- El costo de fabricarlo es menor en comparación con otros países ya que la mano de obra es más barata y los materiales o componentes son secundarios o de menor costo.
- Estructura más robusta por ser tubos más grandes, ya que su rigidez torsional con respecto a otros equipos es mayor.

Transmisión programada. Esto quiere decir que no hay necesidad de presionar el clutch para realizar un cambio de velocidad, ya que de esto se encargaría el Arduino. Este es un microcontrolador que manda señales eléctricas ya que lee los voltajes, y esto determina en qué momento realizar el cambio de velocidad.

b. Precio. Es la expresión monetaria del valor, la cantidad de dinero que se cobra por un bien o un servicio o la suma de valores que el consumidor intercambia por el beneficio de tener o usar un determinado producto o servicio. (Rodríguez, 1996)

Cuadro No. 30 Precio vehículo GT-17

Tipo	Información	Precio aprox.	Categoría
Vehículos de carrera Fórmula 1	<ul style="list-style-type: none"> Fabricados y vendidos en países extranjeros, USA, Alemania, etc. Las personas que actualmente residen en Guatemala las importan de otros países. 	US\$7.21 M (F1-grandprix, s.f.)	Alta
Vehículos de carrera Fórmula 1 de segunda mano	<ul style="list-style-type: none"> Fabricados y vendidos en países extranjeros, USA, Alemania, etc. Propietarios de vehículos de ese tipo en Guatemala los venden para invertir en modelos más recientes. 	US\$1.4M (Retro Race Cars, n.d.)	Media-Alta
Vehículos Fórmula Mazda	<ul style="list-style-type: none"> Vehículos de carrera tipo fórmula. Parecidos a los Go Karts. Vendidos y fabricados en países extranjeros. 	US\$49,500 a US\$52,000 (Winding Road Staff, n.d.)	Media
Formula Ford Ecoboost	<ul style="list-style-type: none"> Fabricado en USA Parecido a los Go Karts Menos comunes que los vehículos fórmula Mazda. 	US\$52,000 (Top Speed, n.d.)	Media
Vehículo Tipo Fórmula GT-17	<ul style="list-style-type: none"> Fabricado y vendido en Guatemala. Se parece a un Go Kart 	\$54,000	Media

El precio es bastante competitivo, ya que al incluir impuestos para exportar el vehículo desde Guatemala hacia USA es de aproximadamente: \$7,000 - \$8,000 (Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), n.d.). El precio sugerido es para clientes Guatemaltecos. De otros países el precio aumenta ya que incluye aranceles e impuestos.

c. Plaza Se entiende las diferentes maneras por las que pueden circular los productos desde los productores hasta los consumidores finales. (Rodríguez, 1996)

Figura No. 138 Plaza de distribución



La distribución se realizará como canal directo en el cual va de fabricante a cliente industrial (marcas, corredores, empresas que patrocinan este tipo de eventos, inversionistas, etc.)

d. Promoción. Es la comunicación de las características de un determinado producto a su público meta, a fin de inducirlo a su uso o consumo. En la promoción se incluye el plan de medios. (Rodríguez, 1996)

Entre los materiales que se utilizarán para la presentación del proyecto o venta del producto están los siguientes:

1) Comunicaciones

- Se abrirá una cuenta de correo electrónico, una página en Facebook, Twitter, Instagram, YouTube, con información acerca del proyecto. Se mantendrán actualizadas semanalmente proporcionando avances acerca del proyecto y promocionando a las empresas que nos otorgarán patrocinio.
- La manera en la que se evaluarán estos sitios será por medio de “likes” ver anexos. que reciba la página mensualmente. De esta manera se podrá verificar si se está dando a conocer el proyecto.
- Se realizará un Blog en donde se describirá a detalle los avances y noticias del proyecto. De este modo los patrocinadores tendrán un medio para observar en qué se implementarán los recursos que nos proporcionen.

- Se trabajará comunicados en medios escritos, cada 2 a 3 meses para informar acerca de los avances del proyecto, al igual que en TV y radio. Para los tres diferentes medios se trabajará un Time line, el cual indica el mes en el que se quiere lanzar el comunicado, salir en TV o en radio, la información que se espera tener acerca del proyecto en el tiempo mencionado. Lo antes mencionado se trabajará por medio de patrocinadores.
- Ambas partes tendrán que pactar, tanto la empresa como el equipo de Fórmula GT, en el que ellos serán patrocinadores exclusivos (no incluir otro tipo de medio, ya que puede haber conflicto) en el proyecto. Esto se realiza por medio de una carta en la que el grupo establecerá comprometerse a guardar exclusividad con la empresa y aceptar términos y condiciones que ellos impongan, de igual manera la empresa pacta cumpliendo con el tipo de patrocinio que han ofrecido.

Información Redes sociales

- Correo electrónico: formulagt17@gmail.com
- Facebook: @formulagt17
- Instagram: @formulagt17
- Twitter: @formulagt17
- Blog: formulagtblog.wordpress.com
- Youtube: Fórmula GT

Ver Anexos

e. Plan de medios

1. Objetivos. ¿Qué se pretende conseguir con el plan de medios? Se debe realizar una investigación a fondo y asegurarse de que todo el equipo esté de acuerdo los objetivos establecidos. (Lance Talent, n.d.)
 - Pretendemos darnos a conocer
 - Crear una imagen de marca
 - Promocionar el vehículo como producto.
2. Análisis del Target. Esta trata de impactar con un mensaje a determinado público, que es susceptible de comprar un determinado producto o servicio. (Lance Talent, n.d.)
 - Marcas que patrocinan vehículos Fórmula 1
 - Corredores de Formula 1
 - Corredores de Go Karts
 - Empresas del sector automotriz
 - Inversionistas

3. Características del Target

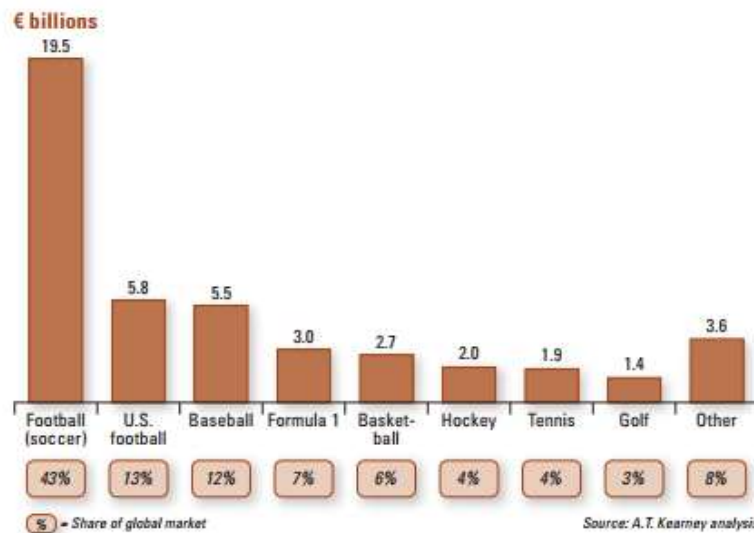
- Poseen los recursos para patrocinar este tipo de proyectos.
- Poseen los recursos para comprar este tipo de producto.
- Manejan altos presupuestos y sus ingresos son elevados para este tipo de industria.
- Interesados en el Sport Marketing.
- Incentivación a empresas, instituciones, inversionistas a apoyar ya que el correr un vehículo tipo fórmula es un deporte.

La industria del deporte actualmente ha llegado a tener un valor de \$500-600 billones alrededor de todo el mundo, con tendencias de un fuerte crecimiento en el futuro cercano. El deporte es el tercer ingreso mayor a nivel mundial. Lo que antes se solía conocer como pasatiempos se ha vuelto un negocio bastante potente, lo cual según estudios no se puede ignorar invertir en este tipo de negocio. Las personas están buscando implementar innovación en el sector del deporte. (Barajas, n.d.)

Uno de los recientes logros o lanzamientos de NASCAR es la creación de un “Cockpit digital”, en la cual crean una interacción entre los “fans” y los corredores. (Antoniacci, n.d.)

En el 2009 se realizó un estudio acerca de la tendencia en el crecimiento del mundo deportivo y se estimó que la combinación de ganancias entre U.S. sports, carreras Formula 1, tenis y golf fue de \$32 billones. Lo cual se estimó que iban a decrecer para el 2015. (AT Kearney, n.d.)

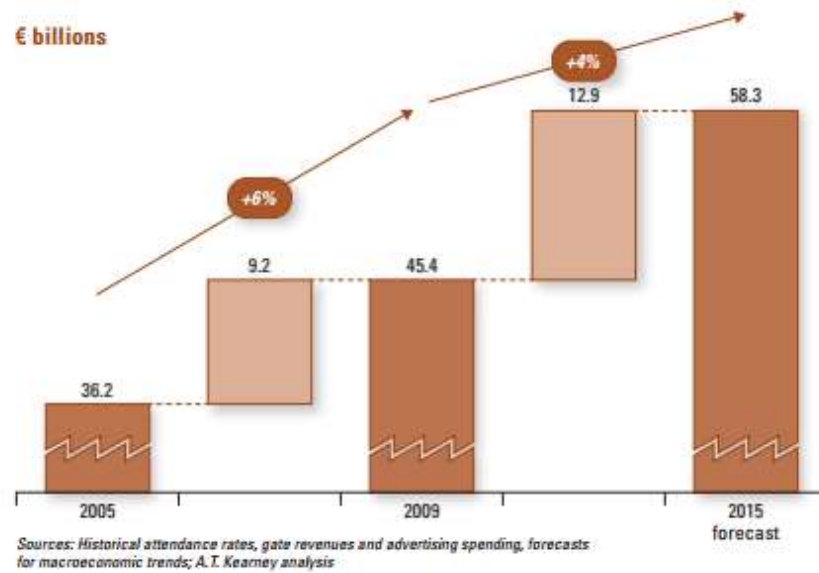
Figura No. 139 Porcentaje de la tendencia en crecimiento del mundo deportivo



(AT Kearney, n.d.)

Entre las proyecciones de mercado se predijo sobre tendencias que en el 2015 el marketing de deportes iba a decrecer. (AT Kearney, n.d.)

Figura No. 140 Tendencia en crecimiento del mundo deportivo en el 2015



(AT Kearney, n.d.)

Según Deloitte se esperaban fuertes tendencias hacia el mundo de los deportes y el marketing de deportes. Especialmente en el patrocinio de las grandes compañías o de personas poseyentes de altas riquezas, hacia grandes atletas o deportes conocidos, esto siempre y cuando existiera la innovación. (Deloitte, n.d.)

4. Estrategia. Definidos los objetivos y el target es necesario desarrollar una estrategia para cada objetivo. Se debe definir qué se debe comunicar y cómo se debe comunicar. (Lance Talent, n.d.)

- Acercamiento a medios escritos para presentar el proyecto
- Acercamiento a Medios televisivos
- Página Web, blog y medios digitales para ir presentando los avances
- Participación en Shows de Autos
- Participación en eventos o ferias

5. Medios. Según el público objetivo se debe elegir entre medios offline (prensa, radio, televisión, directorios, vallas, etc.) y online (buscadores, portales, redes sociales, boletines, etc.) Es mejor realizar la combinación de ambos canales. (Lance Talent, n.d.)

- TV, noticieros y canales especializados en carreras, sector automotriz, emprendimiento e innovación.
- Radio, en programas especializados en carreras, sector automotriz, industria innovadora, emprendimiento.
- Prensa
- Revistas Especializadas en vehículos, emprendimiento, negocios, innovación, tecnología.
- Redes sociales (Facebook, Twitter, Instagram, Youtube)

6. Canales. Dentro de cada medio, existen muchas opciones de canales que se deben comparar y valorar. Para ello se les puede pedir a los medios que envíen los datos básicos sobre la audiencia, difusión, calendario editorial, tarifas, formatos, condiciones, etc. De esta manera se puede establecer la manera en la que se desea que se distribuya la información en los canales seleccionados. (Lance Talent, n.d.)

Comunicados en prensa:

Objetivos:

- Realizarlo al principio de la construcción del Vehículo y uno al finalizar el proyecto
- Demostrar avances físicos al público

¿Cómo se logrará?

- Se realizará un informe breve o historia de los avances del proyecto incluyendo los objetivos que se esperan alcanzar para poder incluirlos en el siguiente comunicado.

Material:

- Imágenes del vehículo.
- Información que se desea transmitir en un documento electrónico.
- Camisas o Playeras para el equipo, con el logotipo de “Fórmula GT”.

Avances a patrocinadores:

Objetivos:

- Realizarlo cada tres meses para mantener a los patrocinadores informados acerca de la utilización de los recursos que nos han proporcionado.

¿Cómo se logrará?

- Dependiendo del tipo de patrocinio que se haya recibido se les invitará a ver los avances del proyecto.
- Publicación de avances en el Blog de “Fórmula GT”.

Material:

- Imágenes e información reciente acerca de los avances.
- Presentación acerca de avances.
- Evaluación impresa acerca de mejoras comparando la última presentación con la actual.

Redes sociales:

Objetivos:

- Mantener a nuestro público (seguidores), informados y actualizados en el proyecto, para seguir obteniendo más seguidores y que otras personas puedan apoyar el proyecto.
- Recibir retroalimentación de otros equipos competidores.

- Actualizar semanalmente los medios de redes.

¿Cómo se logrará?

- Mantener información actualizada y cumpliendo las metas que se han estipulado en el equipo, semana con semana.
- Procurar obtener avances del proyecto, noticias, alcances y nuevos objetivos que cumplir.

Material:

- Imágenes e información reciente acerca de los avances.

Presentación en radio:

Objetivos:

- Realizarlo al principio de la construcción del Vehículo y uno al finalizar el proyecto

¿Cómo se realizará?

- Se rotarán los miembros del equipo para poder participar en presentaciones en radio.

Material:

- Resumen actualizado por módulo para conocer avances del mismo y destacar los retos.

Materiales de promoción:

- Tarjetas de presentación

Se contactará a una imprenta para diseñar las tarjetas de presentación. Estas se realizarán para cada integrante del equipo. En la parte delantera de la tarjeta irá el logotipo que se diseñó para el equipo. En la parte de atrás será el siguiente contenido:

- Nombre del integrante
- Título del módulo
- Número celular
- Correo del equipo
- Información de redes sociales

Se entregarán 25 tarjetas de presentación por persona.

Figura No. 141 Tarjeta de presentación vista frontal



Figura No. 142 Tarjeta de presentación vista trasera

Débora Rodríguez
Administración y Logística de Transporte
+(502) 52061762
formulagt17@gmail.com



- Presentación del proyecto
- Trifoliales con la información del proyecto

Se le pedirá a una diseñadora gráfica realizar los trifoliales para venta del proyecto. Esto contendrá información básica del proyecto, del producto, imágenes y avances del proyecto.

Figura No. 143 Vista Externa trifoliar Fórmula GT



Figura No. 144 Vista interna trifoliar Fórmula GT



- Camisas o Playeras para el equipo, con el logotipo de "Fórmula GT".
- Slide Show de imágenes sobre la construcción y experiencias del equipo
- Banner

Figura No. 145 Banner Fórmula GT



**FÓRMULA GT**
ACELERANDO EL FUTURO

- Primer y único carro Fórmula SAE frabricado en Centro América

Cuadro No. 31 Time line de medios

	2017	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	2018	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Medios																				
TV																				
Radio																				
Prensa																				
Revista																				
Redes Sociales																				

La categoría en la actualidad se encuentra en su ciclo de vida de Madurez, ya que esta se encuentra en el mercado desde 1950 (Williamson, n.d.) y conforme los años ha ascendido, ingresando cada vez al mercado con mayor posicionamiento, mejor tecnología e innovación.

Figura No. 146 Ciclo de vida categoría de vehículos de carrera

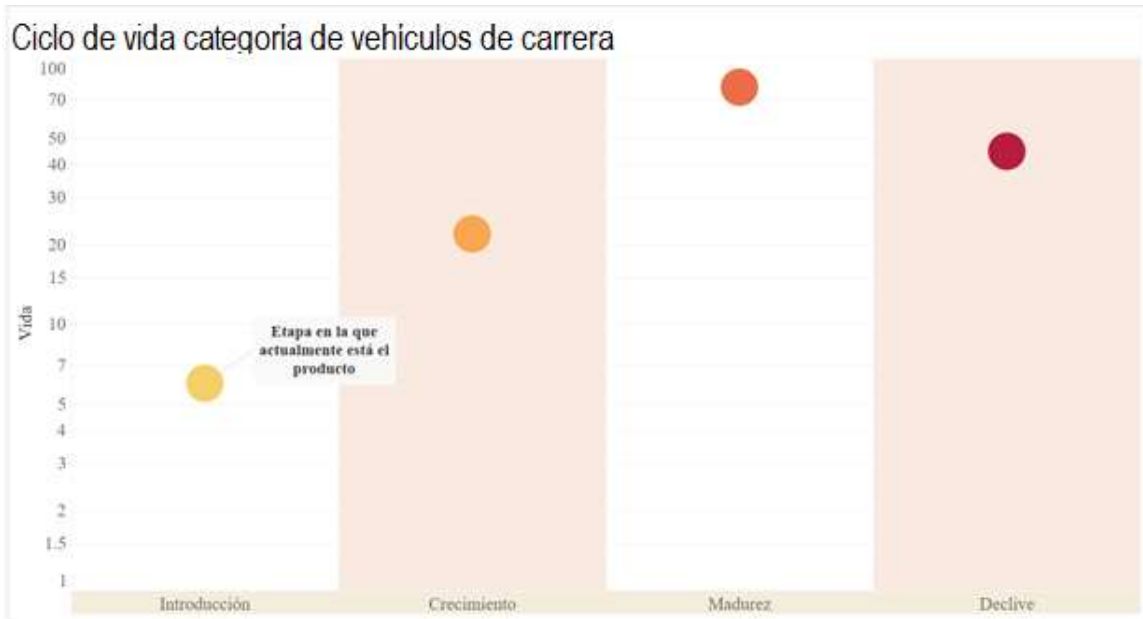
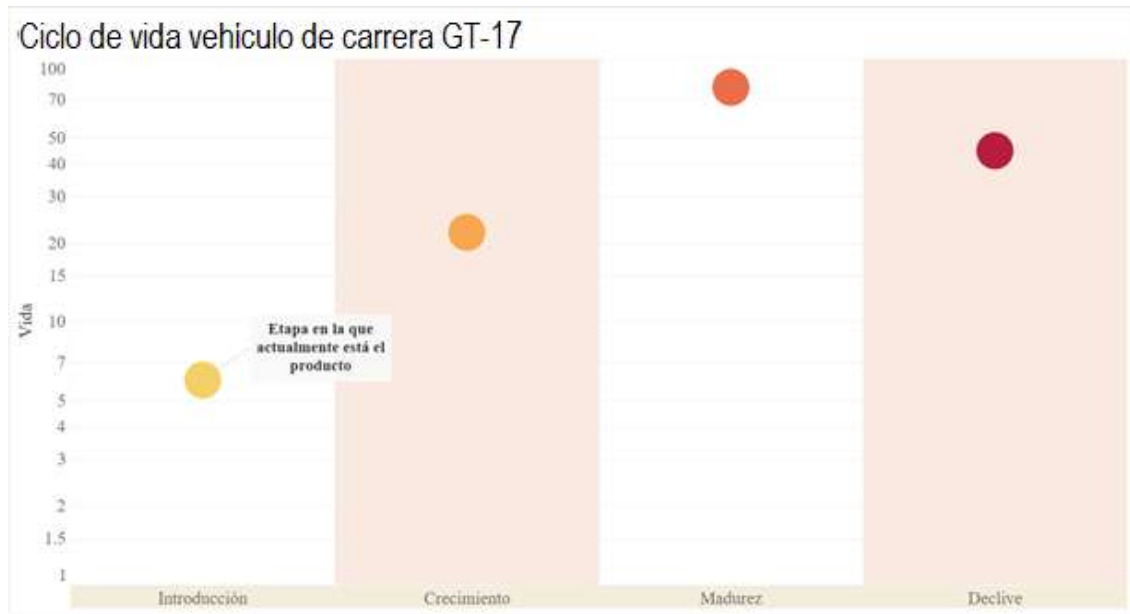


Figura No. 147 Ciclo de vida vehículo de carrera GT-17



Para la etapa en la que se encuentra el producto se plantea que está en Introducción. Esto se debe a que necesita de mucha promoción y publicidad para conseguir los medios financieros y poderse llevar a cabo.

D. PATROCINIOS

1. Una vez creadas las páginas en redes sociales, se procederá a realizar un listado de empresas con las que se podrá contar como patrocinador.

2. Se repartirán empresas a varias personas que conforman el grupo para conseguir contactos, los integrantes que ya tengan contacto directo, se les solicitará se comuniquen para presentar el proyecto. El objetivo de esta etapa es poder conseguir el contacto directo a “Recurso Humanos” o el área de “Mercadeo” de las empresas

3. Se contactará a la empresa vía correo para agendar una cita con el gerente de Recursos Humanos o del área de Mercadeo. Si no hay respuesta de este, se procederá a realizar una llamada para solicitar una cita. En última instancia, se visitará la empresa personalmente y así poder conseguir una cita con el encargado de área.

4. Una vez esté agendada la cita, se preparará una “Carta de patrocinio”, la cual indica el tipo de patrocinio que se está buscando conseguir en la empresa (materiales, componentes, apoyo financiero, uso de instalaciones). Además contendrá la firma del Asesor de Megaproyecto del depto. De Ing. Mecánica “Ing. Victor Hugo Ayerdi Bardales”, como respaldo de la Universidad.

5. El día en el que se presente el proyecto, se llevará la carta de patrocinio impresa, la cual se les entregará en el transcurso de la presentación (cuando se platique acerca del patrocinio que se le pide a la empresa como tal).

6. Dependiendo de la respuesta que se reciba, será indicada la fecha en la cual se recogerá el material, componentes o ayuda financiera. Una vez se tenga lo mencionado anteriormente, se procede a hacer tomas de fotografías para poder publicarlas en redes sociales, en donde se establece el patrocinio que da la empresa. Una vez que la empresa acceda a patrocinar el proyecto, si es financiera:

7. Se procederá a realizar el depósito a la cuenta de la UVG, la cual se utiliza específicamente para proyectos.

- a. La UVG proporcionará un recibo hacia la empresa indicando la cantidad que fue donada.
- b. Se llevará un registro en donde indica en qué será utilizado el dinero.
- c. Se cumplirá la parte pactada con la empresa respecto a los beneficios a recibir.
- d. Se procederá a mantener a la empresa informada acerca del manejo de las finanzas proporcionadas.

8. Con cada empresa se tendrán acuerdos distintos, ya que varían en los rangos de patrocinio establecidos por el equipo. Dependiendo del tipo de patrocinio, "Fórmula GT", deberá cumplir con lo pactado en las empresas como agradecimiento por su patrocinio.

9. Se mantendrá actualizado el blog, en el cual las empresas pueden ver los avances del proyecto, y si es posible realizar presentaciones acerca del avance del proyecto, serán invitadas las empresas a presenciar y observar la utilización de los recursos otorgado.

E. BUSSINES LOCAL CASE (BLC)

Este tipo de estudio tiene como objetivo enseñar a los participantes acerca de los factores que se necesita considerar cuando una compañía embarca o desarrolla un nuevo producto. Incluyen: Plan de Mercadeo y estudio de mercado, análisis BOM (análisis de costos), rentabilidad (se realiza por medio de un análisis financiero para un solo proyecto). (Formula SAE, Business Logic Case, n.d.)

El siguiente se divide en un documento de apoyo para 3 eventos de la competencia:

1. En el evento de Diseño, el BLC se utilizará para identificar cómo el equipo determinó el compromiso entre diseño para el rendimiento y el diseño para la fabricación y el costo, ¿cómo se consideraron estos requisitos en el concepto general y si éstos se alcanzaron al final de la fabricación del vehículo?
2. En el evento de Costos, el BLC se utilizará para determinar que el objetivo de coste se cumplió entre los requisitos de diseño y la forma de costos se integra en el concepto general y el proceso de diseño iterativo.
3. En el evento de Presentación de Negocios, el BLC se utilizará para evaluar si la presentación de negocios es apropiado para la venta de prototipo.

1. BOM (Costed Bill of Material). Este análisis se encarga de estudiar los costos del sistema, el ensamblaje, las partes, materias primas/procesos/elementos de fijación y herramientas de producción. Es un documento que se requiere para poder participar en la competencia Fórmula SAE, en donde permite a los jueces poder evaluar cada uno de los componentes o materiales y sus costos para el costo total del vehículo. (SAE, n.d.)

a. Materias primas: Lista los costos de materiales primarios que se utilizan para manufacturar las partes que el equipo necesita construir y también de partes que están terminadas y se han comprado por los equipos.

b. Procesos: Operaciones permiten modificar los materiales tales como cortar, unir y ensamblar.

c. Procesos múltiples: Modificar los costes estándar de diferentes operaciones para dar cuenta de las diferencias materiales y geométricas en cada parte.

d. Elementos de Fijación: Se compone de elementos de fijación no sólo tradicionales, tales como tornillos, tuercas y remaches sino también adhesivos, abrazaderas y anillos de retención.

e. Herramienta de producción: La herramienta de producción asociados con procesos que son específicos de la geometría de la pieza.

Para realizar este proceso se utiliza un formato en el software Excel que proporciona Fórmula SAE.

Cuadro No. 33 BOM

Line Num.	Area of Commodity	Asm #	Part #	Rev. Lvl.	Component	Description	Unit Cost	Quantity	Material Cost
			P0001	AA			0.00		
				AA					
				AA					
				AA			0.00		
				AA			0.00		
		A0002		AA			0.00		
				AA					
				AA					
				AA					
				AA			0.00		
				AA			0.00		
				AA			0.00		
		A0003		AA			0.00		
				AA					
				AA					
				AA					

(SAE, n.d.)

Los totales calculados en el Cuadro No. 32 se transfieren al Cuadro No. 33. El objetivo de esta tabla es agrupar todas las piezas pertenecientes a cada módulo y obtener el costo total real del vehículo. Para realizar lo siguiente es importante conocer ciertos conceptos pertenecientes al Cuadro No. 33.

- a. Costo Unitario: Es el costo (\$) de cada pieza unitaria o costo (\$) por cantidad de material que ya han sido manufacturados.
- b. Costo del material: Es el costo (\$) del material que se usa para manufacturar la pieza o componente.
- c. Costo de Proceso: Costo del proceso de manufacturar el componente.
- d. Costo Elementos de Fijación: Es el costo de materiales o piezas que se utilizan para fabricar el componente o pieza final.
- e. Costo de Herramienta de producción: Es el costo de emplear las herramientas que se han utilizado para el ensamblaje de la pieza o componente. (Hansen & Mowen, 2007)

Luego del análisis BOM, se debe realizar un resumen de cada módulo que contiene el vehículo, llenando el siguiente cuadro con los datos obtenidos del BOM.

Cuadro No. 34 Resumen básico de costos

Resumen básico de costos						
Para:	Universidad del Valle de Guatemala					
	Carro #					
Total del área		Materiales	Procesos	Fasteners	Mano de obra	Total
	Sistema de frenos	\$ 2,069.18	\$ -	\$ 540.17	\$ -	\$ 2,609.35
	Motor y transmisión	\$ 3,387.70	\$ -	\$ 551.83	\$ -	\$ 3,939.53
	Chasis y estructura	\$ 1,167.70	\$ 3,377.96	\$ -	\$ 2,272.77	\$ 13,383.88
	Eléctrico y electrónico	\$ 1,287.11	\$ 54.37	\$ 37.04	\$ 7.96	\$ 1,386.48
	Acabados finales y otros	\$ 1,393.31	\$ 39.49	\$ 13.37	\$ -	\$ 1,446.17
	Sistema de Direccionamiento	\$ 130.67	\$ 69.69	\$ 17.20	\$ 10.00	\$ 242.56
	Sistema de suspensión	\$ 642.65	\$ 267.31	\$ -	\$ 25.00	\$ 932.46
	Neumáticos	\$ 3,556.00	\$ 107.50	\$ -	\$ 10.00	\$ 4,073.50
	Total del carro	\$13,634.32	\$ 3,916.32	\$1,159.61	\$ 2,325.73	\$ 28,013.93

(SAE, n.d.)

a. Para el análisis de costos se deberán realizar dos documentos. El primer documento “Inputs” detallará el costo de material, ensamblaje, soldadura, de una pieza en particular. Luego nos proporcionará el costo total de la pieza. Todas las piezas se deberán ingresar en la tabla de la parte de Anexos

b. El segundo documento “BOM” lleva la integración de todas las piezas. Este documento es el que nos dará el costo total del vehículo. Se realizará por módulos, ya que también se presentará una tabla con un resumen de los costos de cada módulo, la cual se encuentra en la sección de la parte de Anexos.

c. El tercer documento es el “Cost Summary Basics” de los módulos. Se podrá observar la tabla completa en la sección de la parte de Anexos.

d. Todos estos análisis deberán ser cotizados en el mercado, con talleres, empresas para llevar acabo el análisis completo.

1. Análisis económico financiero. Se realiza un análisis para determinar si un proyecto es económicamente viable, según los flujos de efectivo que se generan al transcurrir del tiempo. El análisis toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, interpretando el uso de la VPN, TIR y TMAR.

a. Valor Presente Neto (VPN). Este es uno de los medios que se utiliza para mejorar la eficacia de la evaluación de proyectos. Analiza los flujos de efectivo, proyectados a una cantidad de tiempo deseado, determinando el valor del dinero en el tiempo. Un VPN mayor o igual a 0 justificará la inversión realizada para el proyecto. (Werner, 2004)

b. Tasa Interna de Retorno (TIR). La TIR es la Tasa Interna de Retorno que determina la tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse para financiar determinado proyecto sin generar pérdidas. Es el método conocido como la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto (VPN) sea cero. La TIR de un proyecto debe ser mayor a 0 para empezar a considerar un proyecto económicamente viable. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1994)

Se necesitará analizar los flujos de efectivo en el transcurso del tiempo. Para llevar un control acerca de los flujos de efectivo, se creará una plantilla en el programa Excel, en el cual se registrarán todos los flujos de ingresos y egresos. Los flujos se van a analizar en términos financieros (dinero que se ha recibido), o en términos de materiales o piezas, en donde se cuantifica el valor del material o la pieza.

Análisis VPN

- Estos valores permitirán realizar el estudio del Valor Presente Neto (VPN), el cual es un indicador que permitirá verificar la viabilidad del proyecto.

Análisis TIR

- Otro indicador que se utilizará es el de Tasa Interna de Retorno (TIR). Este medidor nos permitirá (en todo caso si el proyecto no se puede financiar por medio de patrocinios) saber a qué tasa de interés máxima la empresa puede endeudarse para financiar el proyecto sin necesidad de tener pérdidas.
- Para esto se necesitará el costo inicial del proyecto, ingresos netos (ingresos-gastos) de los años que se han trabajado en el proyecto. Estos cálculos se realizarán en una planilla de Excel. Al ser evaluados los dos métodos, se decidirá cuán viable es el proyecto.

F. LOGÍSTICA DE TRANSPORTE, GASTOS Y PAPELEO

Para poder realizar la exportación temporal del Vehículo tipo Fórmula, es necesario realizar los siguientes pasos:

- Gestión ante la SAT
- Presentar escritos haciendo la solicitud para que la SAT autorice la exportación
- Ingresar estos documentos en la SAT

Si en caso hubiese algún otro tipo de documento que está solicitando la SAT, habrá necesidad de reingresar la gestión con los cambios solicitados y la documentación adicional.

Según el Reglamento del Código Aduanero Uniforme Centroamericano (RECAUCA), se debe tomar en cuenta los siguientes artículos para realizar exportaciones temporales:

Capítulo XII

Exportación temporal con Reimportación en el mismo estado:

Artículo 512. Declaración de mercancías. La declaración de mercancías para el régimen de exportación temporal con reimportación en el mismo estado contendrá, en lo conducente, los datos de la declaración de mercancías para el régimen de exportación definitiva.

Artículo 513. Documentos que sustentan la declaración de mercancías. La declaración de mercancías se sustentará en los documentos indicados en el Artículo 321 de este Reglamento, con excepción de los documentos a que se refieren los literales a), c) y d) de dicho Artículo. En el caso de que al momento de la exportación no se cuente con el documento de transporte, se aceptará la orden de embarque respectiva.

Artículo 514. Verificaciones en el despacho. Durante el despacho se efectuarán las verificaciones siguientes:

- a) Que la declaración de mercancías se haya transmitido y validado por el Servicio Aduanero para el efecto de su aceptación y se autorizará el régimen, quedando sujeta a la verificación inmediata; y
- b) Que la declaración de mercancías cumpla con los requisitos documentales indicados en el Artículo 513 de este Reglamento.

Si la Autoridad Aduanera detecta irregularidades en la verificación inmediata, procederá conforme a este Reglamento.

Artículo 515. Plazo de permanencia. La permanencia de las mercancías bajo el régimen de exportación temporal con reimportación en el mismo estado será hasta por un plazo de seis meses contados a partir de la fecha de aceptación de la declaración de mercancías.

Artículo 516. Reimportación. La declaración de mercancías para la reimportación de mercancías que se hubiesen exportado bajo el régimen de exportación temporal con reimportación en el mismo estado, que se

realice dentro del plazo de permanencia en el exterior establecido para dicho régimen, se sustentará en los documentos indicados en los literales b) y e), cuando proceda, del **Artículo 321**** de este Reglamento, debiendo adjuntar copia certificada de la declaración de mercancías de exportación temporal, o indicar el número de la misma. En este caso las mercancías no causarán el pago de tributos.

La reimportación de mercancías exportadas temporalmente, podrá realizarse parcial o totalmente y no requerirá de autorización previa, debiendo la Autoridad Aduanera constatar que se trata de las mismas mercancías que salieron del territorio aduanero al amparo del régimen de exportación temporal. En todos los casos, las mercancías deberán ser objeto del reconocimiento físico por parte de la Autoridad Aduanera.

Artículo 517. Procedimiento de discrepancias. Si como consecuencia de la verificación inmediata, se comprueba que las mercancías objeto de reimportación no retornan en su mismo estado, se tendrá que pagar el diferencial sobre el valor agregado incorporado a las mercancías y ajustar mediante las incidencias que se notificarán al exportador, a efecto de que éste proceda a la rectificación respectiva y efectúe el pago del ajuste o, en su caso, garantice en la forma que se establece en el Artículo 52 del Código.

Si como consecuencia de la verificación inmediata, se comprueba que las mercancías objeto de reimportación no corresponden a las mercancías que se exportaron temporalmente o se reimportan en una cantidad mayor, se procederá a iniciar las acciones legales que correspondan.

Artículo 518. Requisitos para gozar de la liberación. Para gozar de los beneficios de este régimen al reimportarse las mercancías, el declarante deberá cumplir los requisitos siguientes:

- a) Que la declaración de mercancías de reimportación sea debidamente presentada y aceptada dentro del plazo de permanencia de la exportación temporal;
- b) Que las mercancías no hayan sido objeto de transformación alguna;
- c) Que se establezca plenamente la identidad de las mercancías; y
- d) Que quien efectúa la reimportación sea la misma persona que efectuó la exportación.

Artículo 321**

Artículo 321. Documentos que sustentan la declaración de mercancías. La declaración de mercancías deberá sustentarse, según el régimen aduanero de que se trate, entre otros, en los documentos siguientes: Página 108 de 215 a) Factura comercial cuando se trate de una compra venta internacional, o documento equivalente en los demás casos; b) Documentos de transporte, tales como: conocimiento de embarque, carta de porte, guía aérea u otro documento equivalente; c) Declaración del valor en aduana de las mercancías, en su caso; d) Certificado o certificación de origen de las mercancías, cuando proceda; e) Licencias, permisos, certificados

u otros documentos referidos al cumplimiento de las restricciones y regulaciones no arancelarias a que estén sujetas las mercancías, y demás autorizaciones; f) Garantías exigibles en razón de la naturaleza de las mercancías y del régimen aduanero a que se destinen; y g) Documento que ampare la exención o franquicia en su caso. Los documentos anteriormente relacionados deberán adjuntarse en original a la declaración de mercancías, salvo las excepciones establecidas en este Reglamento, o podrán transmitirse por la vía electrónica al sistema informático del Servicio Aduanero y en este caso producirán los mismos efectos jurídicos que los escritos en un soporte de papel. Cuando se trate de importaciones definitivas y cuando lo exija el Servicio Aduanero, se deberá adjuntar a la declaración de mercancías, la declaración de exportación, reexportación o documento equivalente del país de exportación, conforme lo establezca dicho Servicio. (Ministerio de Economía, 2016)

Fórmula SAE

Exportación del vehículo:

Todas las etiquetas y los documentos asociados con el envío deben mostrar el equipo o la universidad como la parte receptora. No se debe enviar el vehículo, ya sea con el nombre de la empresa de exportación o el sitio de la competencia aparece como la parte receptora. Ni SAE ni MIS ejecutarán los documentos de embarque de cualquier tipo.

Aduanas y papeleo de exportación:

Todo el papeleo de aduanas, documentación o informes que hay que llenar requeridos para la exportación/importación se deben completar y ser omitidos por la Universidad. Staff de Michigan International Speedway no pueden preparar ningún tipo de documentación para realizar este tipo de actividad. Este tipo de documentación es responsabilidad del equipo como tal.

Requerimientos de Aduana:

Es la responsabilidad del equipo enterarse de todos los requerimientos que se requieren en Aduana. Todos los productos se deben atener a que la aduana de USA tendrá que inspeccionar el vehículo.

Contacto del equipo:

Para provisionar ayuda y soporte acerca de la exportación/importación, especialmente para resolver cualquier tipo de problemas que se den en el transcurso, es necesario que cada equipo provea los nombres y números telefónicos de dos miembros del equipo. Preferiblemente el capitán del equipo o el supervisor de la facultad.

Exportaciones dañadas:

Es la responsabilidad del equipo inspeccionar el vehículo completo y verificar que no haya daños en el vehículo. SAE o MIS, no se hacen responsables por recibir vehículos dañados aunque sea por negligencia.

Contenedores:

1. Este debe cubrir el vehículo completamente.
2. La base del contenedor debe ser lo suficientemente fuerte como para soportar todo el peso del envío cuando está siendo recogido.
3. Este debe ser resistente a la intemperie, teniendo en cuenta que los contenedores pueden ser almacenados afuera y debe resistir.
4. Si el contenedor es de madera debe ser resistente a insectos o debe ser de material que se adapte para transportar internacionalmente.
5. Los contenedores deben tener el nombre de la Universidad marcados permanente y de forma clara
6. El embalaje y desembalaje es responsabilidad exclusiva del equipo.
7. La descarga y carga es responsabilidad de los equipos. MIS cuenta con una carretilla elevadora disponible durante las horas de trabajo para carga/descarga.

Importación del vehículo:

Todos los envíos deben ser empacados y las cajas correctamente sellados y marcados antes de que el equipo abandona el sitio el día final de la competencia.

Es responsabilidad de cada universidad programar la recogida del vehículo y preparar todos los trámites necesarios para la importación. Todos los documentos de importación y aduana deben ser llenados por los representantes de los equipos.

No se le permite al personal de MIS hacer los arreglos para el envío de importación o exportación o la programación.

Se deberá proporcionar el nombre de la compañía que va a recoger el vehículo.

(SAE, VEHICLE SHIPPING PROCEDURES, N.D.)

VIII. RESULTADOS

A. RESULTADOS CHASIS

1. Análisis del chasis como modelo de viga empotrada

Cuadro No. 35 Deformación mínima y máxima del chasis con las propiedades ASTM a500 grado B

Deformación Mínima (mm)	Deformación Máxima (mm)	Deformación Máxima permisible (mm)
0	0.02	8.44

Cuadro No. 36 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad del chasis con ASTM a500 grado B

Esfuerzo de Von Mises máximo (MPa)	Factor de Seguridad	Factor de Seguridad esperado
5.34	54.32	Mayor a 2

Cuadro No. 37 Deformación mínima y máxima del chasis con propiedades del reglamento de FSAE

Deformación Mínima (mm)	Deformación Máxima (mm)	Deformación Máxima permisible (mm)
0	0.02	8.44

Cuadro No. 38 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad del chasis con material definido de FSAE

Esfuerzo de Von Mises máximo (MPa)	Factor de Seguridad	Factor de Seguridad esperado
5.34	57.13	Mayor a 2

2. Análisis de deformación del chasis debido a las fuerzas provocadas por la aceleración

Cuadro No. 39 Deformación mínima y máxima debido a la aceleración con ASTM a500 grado B

Deformación Mínima (mm)	Deformación Máxima (mm)	Deformación Máxima permisible (mm)
0	0.03	8.44

Cuadro No. 40 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad por fuerzas de aceleración

Esfuerzo de Von Mises máximo (MPa)	Factor de Seguridad	Factor de Seguridad esperado
8.88	32.66	Mayor a 2

Cuadro No. 41 Deformación mínima y máxima debido a la aceleración, con las propiedades de FSAE

Deformación Mínima (mm)	Deformación Máxima (mm)	Deformación Máxima permisible (mm)
0	0.03	8.44

Cuadro No. 42 Esfuerzo de Von-Mises y factor de seguridad por fuerzas de aceleración

Esfuerzo de Von Mises máximo (MPa)	Factor de Seguridad	Factor de Seguridad esperado
8.88	34.35	Mayor a 2

3. Cálculo de la rigidez torsional del chasis

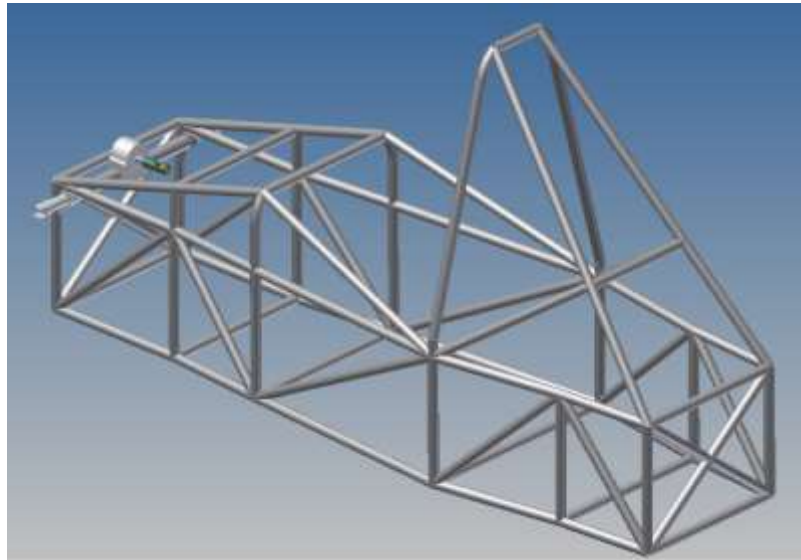
Cuadro No. 43 Rigidez torsional y deformación direccional en el eje Z.

Rigidez Torsional ($\frac{Nm}{grado}$)	Deformación direccional en Z positivo (mm)	Deformación direccional en Z negativo (mm)
7,715.78	0.046	0.045

B. RESULTADOS SUSPENSIÓN Y DIRECCIONAMIENTO

En lo que respecta al sistema de direccionamiento se diseñó un sistema piñón cremallera con las características mostradas en el Cuadro No. 44. Y el montaje sobre el chasis se muestra en la Figura No. 148. El sistema se acoplo en la parte superior del chasis debido a que de esta manera la cantidad de material necesaria para la columna de direccionamiento será menor, reduciendo el peso del vehículo. Cada uno de los componentes del sistema de direccionamiento se muestra en la Figura No. 149.

Figura No. 148 Ensamble del Sistema de direccionamiento y el chasis



Cuadro No. 44 Características del sistema de direccionamiento.

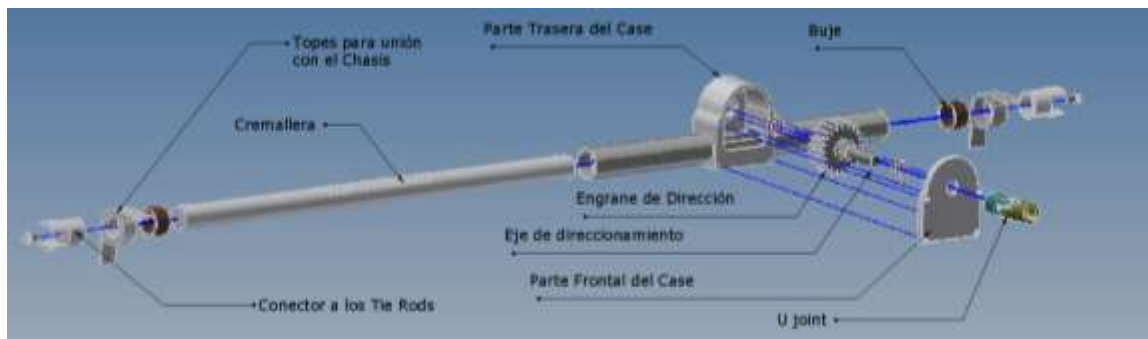
Característica	Dimensión	Unidades
Grados de libertad	1	-
Desplazamiento lineal total	100	mm
Desplazamiento angular total	190	deg
Distancia de extremo a extremo	610	mm
Masa	3.6	Kg
Módulo (engrane)	3	mm
Factor de seguridad	1.81	-

Los materiales utilizados para la fabricación del sistema de direccionamiento fueron los mostrados en el Cuadro No. 45. Las piezas nombradas en ese cuadro se muestran en la Figura No. 151.

Cuadro No. 45 Lista de materiales de los elementos del direccionamiento

Elemento	Material
Cremallera	Aluminio 7075t6
Parte trasera del case	Aluminio 7075t6
Parte frontal del case	Aluminio 7075t6
Conector a los tie rods	Aluminio 7075t6
Eje de direccionamiento	Aluminio 7075t6
Engrane de direccionamiento	Aluminio 7075t6
Bujes	Bronce

Figura No. 149 Elementos del sistema de direccionamiento



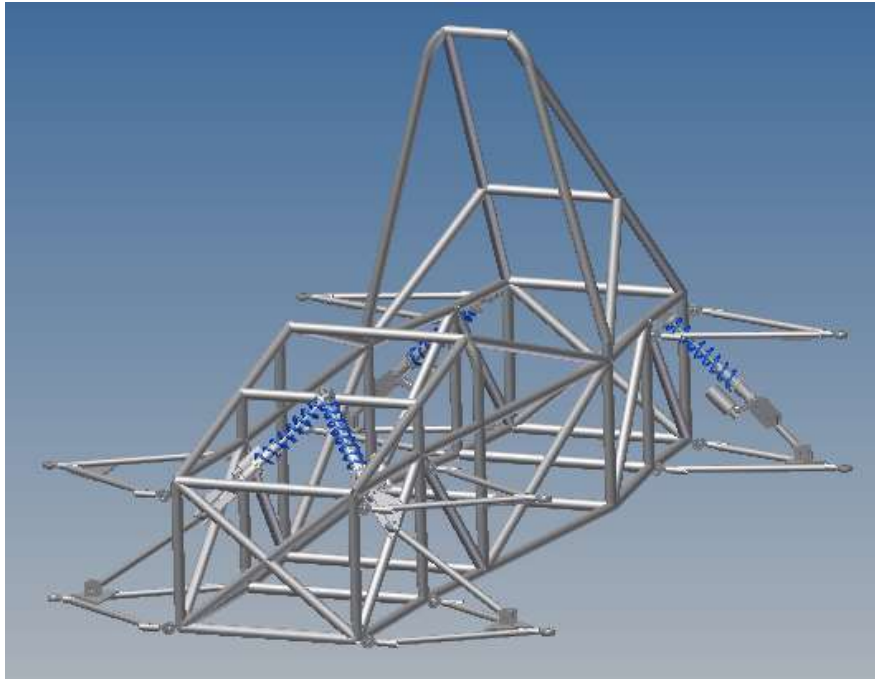
Los requerimientos puestos por la SAE se muestran en el Cuadro No. 12, en el Cuadro No. 46 se hace referencia a los mismos según el código designado en el Cuadro No. 12 para evaluar el cumplimiento de cada requerimiento. En esta tabla se muestran los requerimientos que ya se cumplieron, los pendientes de cumplir y el método de verificación de los mismos.

Cuadro No. 46 Verificación de requerimientos de direccionamiento.

Código	Verificación	Cumplido/Pendiente
T6.5.1	El sistema de direccionamiento diseñado es un mecanismo piñón cremallera por lo que la conexión entre las llantas y el timón será mecánica	Cumplido
T6.5.3	El piñón tiene el número mínimo de dientes para evitar la interferencia	Cumplido
T6.5.9	Debido a que la cremallera esta maquinada sobre el eje principal	Cumplido
T6.5.10	Las uniones entre todos los componentes del sistema son uniones mecánicas	Cumplido

Para el sistema de suspensión se diseñó una suspensión frontal y trasera según las características mostradas en los cuadros 47 y 48. El montaje de los sistemas frontales y traseros se muestra en la Figura No. 150. Se diseñaron las dimensiones de los brazos para que estas cazaran con las esquinas del chasis y así distribuir de mejor manera las fuerzas generadas por la interacción terreno-ruedas. Es importante notar que los factores de seguridad de los brazos se calcularon utilizando la fuerza máxima a la que estarán sometidos.

Figura No. 150 Ensamble del sistema de suspensión y el chasis



Cuadro No. 47 Características de la suspensión frontal

Característica	Dimensión	Unidades
Ancho de los brazos	400	mm
Largo de los brazos	300	mm
Distancia entre brazos	320	mm
Largo del Push Rod	300	mm
Masa	5.2	kg
Factor de seguridad	2.03	-

Cuadro No. 48 Características de la suspensión trasera

Característica	Dimensión	Unidades
Ancho de los brazos	250	mm
Largo de los brazos	350	mm
Distancia entre brazos	320	mm
Largo del Push Rod	60	mm
Masa	4.5	kg
Factor de seguridad	1.93	-

Los materiales utilizados para el sistema de suspensión se muestran en el Cuadro No. 49, con los nombres de los elementos mostrados en la Figura No. 151.

Cuadro No. 49 Lista de materiales de los elementos de la suspensión

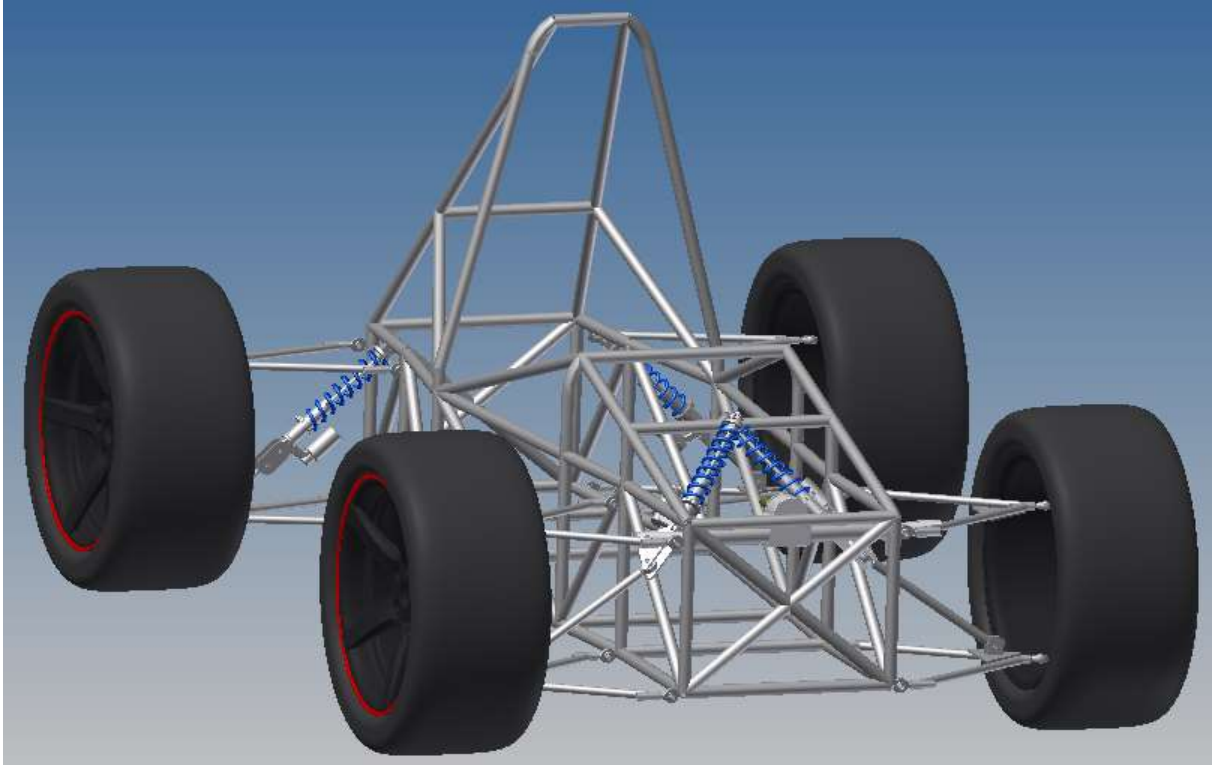
Elemento	Material
Balancín	Aluminio 7075t6
Soporte	AISI 1018
Push Rod	AISI 1018
Brazo de suspensión	AISI 1018

Figura No. 151 Elementos del sistema de suspensión



En la Figura No. 152 se muestra como se integran los sistemas de direccionamiento y de suspensión al chasis, así como la distribución del espacio dentro del chasis.

Figura No. 152 Integración de los módulos de direccionamiento y suspensión al chasis



C. RESULTADOS SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

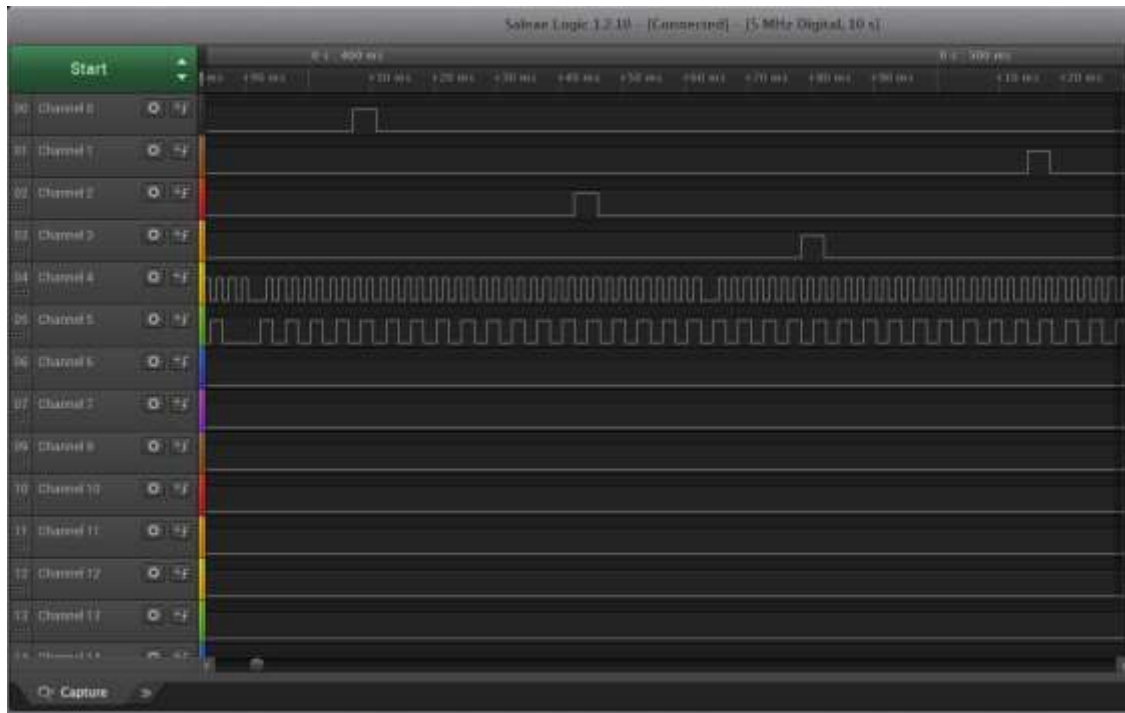
Se obtuvo el diseño del sistema eléctrico, calculando el calibre de los conductores y enlistando las características o requerimientos que deben cumplir los componentes que lo conforman. También se logró enlistar propuestas o ejemplos de componentes para cada caso.

Cuadro No. 50 Listado de componentes eléctricos del vehículo.

Elemento	Cantidad	Descripción	Propuesta
Master Switch Primario	1	"Mata" a todos los sistemas eléctricos, toda conexión a la batería pasa por este switch	HELLA 002843011
Master Switch montado en cabina	1	Permitir o no la ignición; debe ser del tipo pulsador, y debe tener un diámetro mínimo de 24 mm	Longrace Push-Pull Battery Disconnect Switch
Switch de freno de emergencia	1	En caso de que el pedal de freno no detenga el carro, este switch debe "matar" al motor. Del tipo push/pull o flip	Grote 82-2100 Push Pull Switch
Luz de freno	1	Debe tener un fondo negro; forma rectangular, triangular o casi redonda. Área mínima brillante de 15 cm^2	Froomeer Brake Stop Light
Batería	1	12V con capacidad de 8.6 Ah	Yuasa TTZ10S
Alternador	1	14V con corriente en ralentí de 15A (mínimo)	B&C BC410-H SD
Bobinas	2	Doble. Espacio de chispa mínimo de 6 mm, bobina primaria 0.85-1.15 ohms, bobina secundaria 5.01-6.78 kOhmios	F6T568
Bujías	4	Estándar, con 0.7 mm de espacio, rango térmico 10	NGK CR10EK

Se programó el control del encendido de un motor utilizando un microcontrolador y sensores que le proveyeran la información necesaria para el cálculo de los tiempos de encendido. En la siguiente figura se muestran los pulsos para encender a cada cilindro, siendo el tiempo en alto de la señal el tiempo de carga requerido para cada bobina, y pudiendo observarse claramente la secuencia de encendido: cilindro 1-cilindro3-cilindro4-cilindro2.

Figura No. 153 Pulsos para encender cada cilindro del motor.



Se realizó una interfaz gráfica que desplegara las variables enviadas desde la ECU, pudiendo agregar el uso de pestañas para despliegue de gráficas en tiempos de aproximadamente cada 330 ms.

Figura No. 154 Vista principal de la interfaz gráfica.

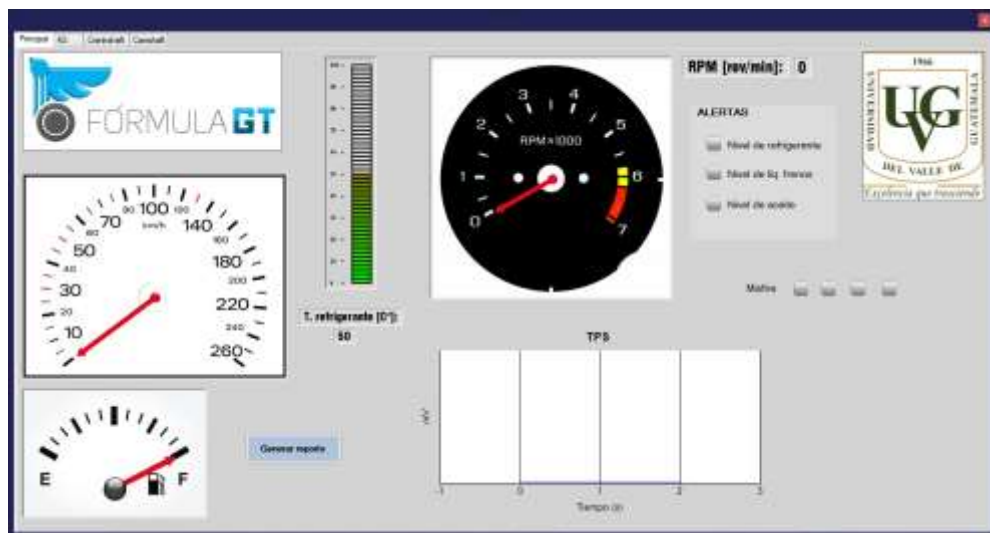
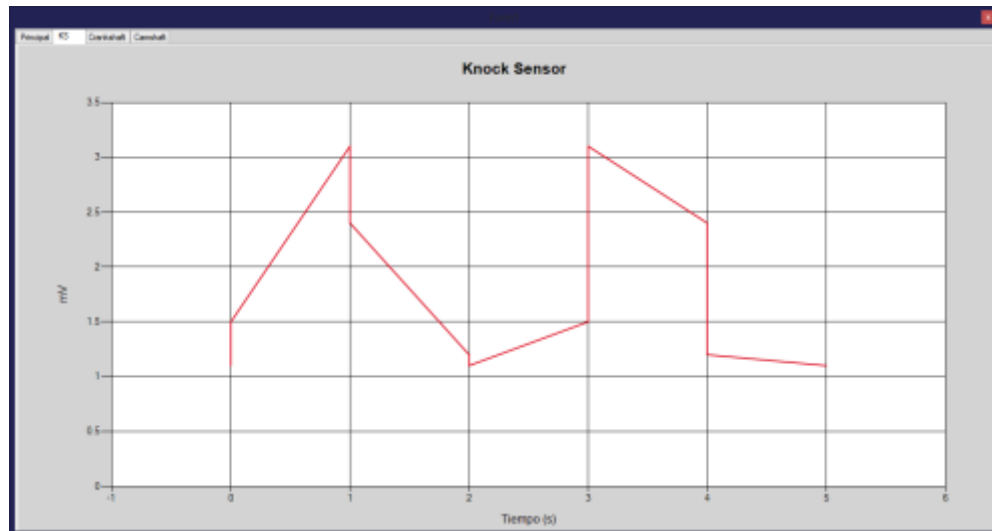


Figura No. 155 Gráfica desplegada en una pestaña adicional de la interfaz.



También se programó la generación de un reporte en Excel de los datos de las variables medidas. Para Formula SAE o para proyectos de aplicación similar, la obtención de reportes es muy útil pues permite hacer un análisis posterior del desempeño general del vehículo, así como la evaluación de si determinado elemento está actuando como debería o si presenta alguna falla.

Figura No. 156 Generación del informe en Excel desde la interfaz gráfica

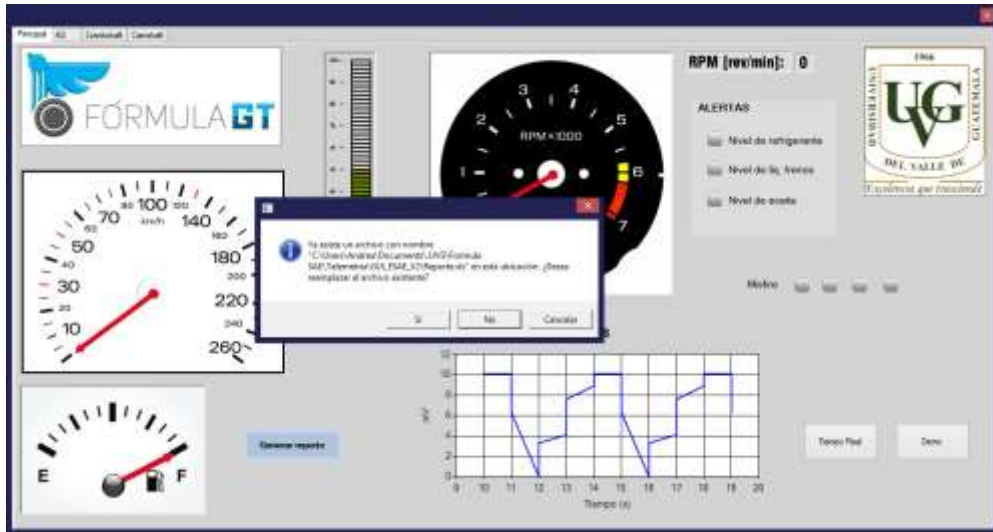


Figura No. 157 Ejemplo de reporte obtenido en Excel.

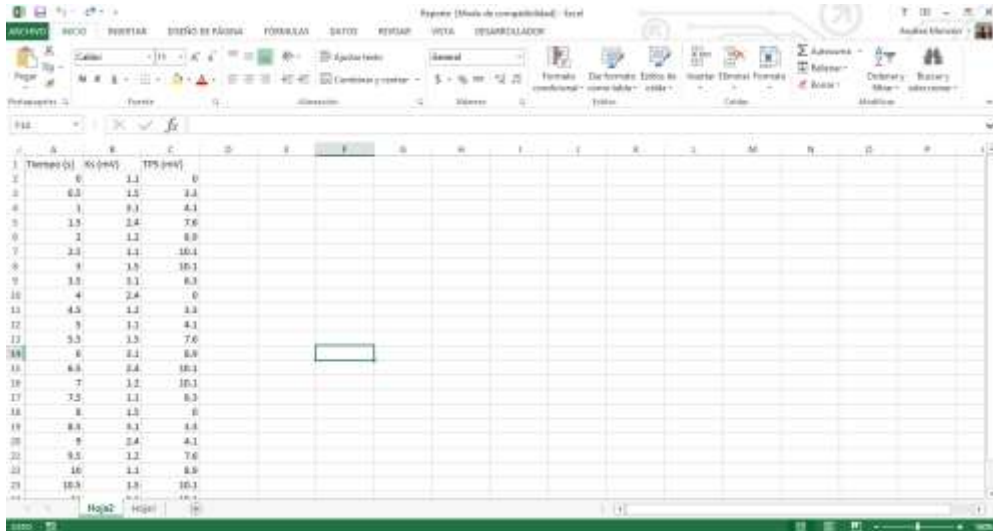


Figura No. 158 Fragmento del código de la interfaz gráfica programada en C#

```

private void dibujarFlecha(object sender, PaintEventArgs e)
{
    PictureBox pic = sender as PictureBox;
    float radio = 0;
    float x1 = 0;
    float y1 = 0;
    float x2 = 0;
    float y2 = 0;

    if (pic.Equals(picVelocimetro))
    {
        radio = (float)(135);
        x1 = (float)(180);
        y1 = (float)(168);
        x2 = (float)(x1 + radio * Math.Cos(3.783 - anguloVelocimetro));
        y2 = (float)(y1 - radio * Math.Sin(3.783 - anguloVelocimetro));

    }

    else if (pic.Equals(picTacometro))
    {
        radio = (float)(92);
        x1 = (float)(pic.Width / 2);
        y1 = (float)(pic.Height / 2);
        x2 = (float)(x1 + radio * Math.Cos(3.654 - anguloTacometro));
        y2 = (float)(y1 - radio * Math.Sin(3.654 - anguloTacometro));

        label_rpm.Text = (7000 * anguloTacometro / 4.278).ToString("####");

        if (anguloTacometro == 0f) {
            label_rpm.Text = "0";
        }
    }
}

```

Se realizó también el diseño de un tablero que le permite conocer al piloto el estado de las variables medidas, permitiéndole determinar el estado general del vehículo y notar de manera rápida si existe alguna falla en el mismo.

Figura No. 159 LCD del tablero que despliega las RPM del motor y el nivel de combustible.



Figura No. 160 Manejo de los displays de 7 segmentos desde el PIC16F887 del tablero.

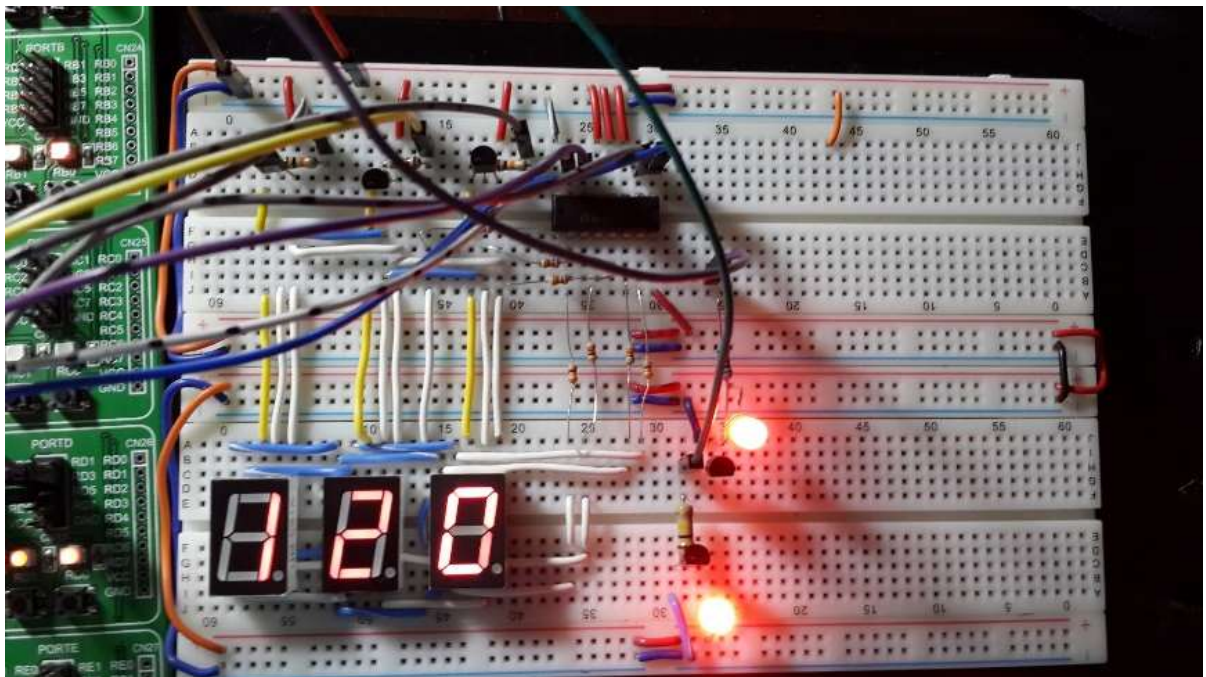


Figura No. 161 Fragmento del código del tablero programado en MikroC

```
.  
. void Display_Vss() {  
.   .  
-   // Centenas  
.   .  
.   valor_display = (long) (velocidad_vehiculo/100) % 10;  
.   PORTD = valor_display;  
.   PORTD.RD4 = 1;  
240  
.   delay_ms(5);  
.   .  
.   // Decenas  
.   .  
-   valor_display = (long) (velocidad_vehiculo/10) % 10;  
.   PORTD = valor_display;  
.   PORTD.RD5 = 1;  
.   .  
.   delay_ms(5);  
250  
.   // Unidades  
.   valor_display = (long) (velocidad_vehiculo) % 10;  
.   PORTD = valor_display;  
.   PORTD.RD6 = 1;  
-   .  
.   delay_ms(5);  
.   .  
.   .  
.   .  
. }  
. }
```

D. RESULTADOS ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

1. Actividades y componentes críticos

a. Diagrama de Gantt

Ver en Anexos

b. PERT

Ver en Anexos

2. Presupuesto

Ver en Anexos

3. Business Logical Case

a. Costos


Ver en Anexos

b. Análisis económico financiero

Cuadro No. 51 Análisis VA y VNA a 18 meses

Análisis VA y VNA (18 meses)	
Inversion Inicial	-50000
Anualidad	8594.24263
Período	18
Tasa	0.16
VA	50000
VNA	1.3759E-10
VNA=0 Proyecto	
Indiferente	

Cuadro No. 54 Flujo de caja esperado

FLUJO DE CAJA ESPERADO 2017-2018							
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Saldo Inicial	0	347.0765333	112.8065333	91.50653333	121.8385333	150.3385333	108.5077641
Ingresos a caja	10000	1200	6300	1450	12400	550	570
Egresos de caja	9652.923467	1434.27	6321.3	1419.668	12371.5	591.8307692	655
Saldo Final	347.0765333	112.8065333	91.50653333	121.8385333	150.3385333	108.5077641	23.5077641

Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
23.5077641	23.5077641	23.5077641	38.5077641	128.5077641	29.5077641	58.84109744	51.14878974	51.14878974	20.37955897
0	2250	670	1400	1150	3350	4300	0	300	0
0	2250	655	1310	1249	3320.666667	4307.692308	0	330.7692308	0
23.5077641	23.5077641	38.5077641	128.5077641	29.5077641	58.84109744	51.14878974	51.14878974	20.37955897	20.37955897

IX. DISCUSIÓN

En la sección de resultados, se puede observar que para la simulación del chasis como modelo de viga empotrada de ambos extremos, la carga que se tomó que flexiona el chasis, es el peso del motor y del conductor. La deflexión máxima permisible en este caso es de 8.44mm. El resultado de deflexión obtenida con el acero ASTM a500 grado b, fue de 0.02mm y el resultado con las propiedades que pide FSAE fue de 0.02mm, al comparar este resultado con 8.44mm, se sabe que el resultado obtenido está dentro del límite de deflexión permisible. El esfuerzo de Von-Mises para la simulación del chasis como modelo de viga empotrada, fue de 5.34Mpa para el acero ASTM a 500 grado B, y 5.34 MPa para las propiedades que pide FSAE. Para poder determinar si el esfuerzo afecta al chasis o no, se comparó este valor con la resistencia de fluencia de 305Mpa y de 290Mpa. Para ambas resistencias de fluencia, el esfuerzo de Von-Mises obtenido de 5.34 MPa se encuentra por debajo del valor de la resistencia de fluencia. El factor de seguridad obtenido para el material ASTM a 500 grado b, fue de 54.32, mientras que el factor de seguridad para las propiedades que brinda FSAE, fue de 57.13. Un factor aceptable para esta aplicación sería arriba de 2, ya que el chasis es quien le brinda la mayor seguridad al piloto, el valor obtenido indica que el diseño elaborado es seguro, pero nos da margen a poder modificar parámetros que nos brinden un menor costo o menor peso en el chasis, uno de esos parámetros es la dimensión del tubo, el tubo que se tiene es de 1.5” con un espesor de pared de 1/8”, y se podría utilizar un tubo con la medida mínima de diámetro externo 1” y espesor de pared de 0.095”.

Para la simulación de la deformación del chasis debido a las fuerzas provocadas por la aceleración, los resultados obtenidos para ambos materiales son iguales, la deformación máxima que sufre el chasis, es de 0.03mm, y al comparar el valor obtenido con 8.44mm, se puede decir que el resultado está dentro del valor de la deflexión máxima permisible. El esfuerzo de Von-Mises es de 8.88Mpa al comparar este dato con la resistencia a la fluencia de ambos materiales, se puede decir que es solo una pequeña fracción de la capacidad de esfuerzo que puede soportar el chasis, antes de que este sufra una deformación permanente. El factor de seguridad obtenido para el acero ASTM a500 grado b, fue de 32.66 y para las propiedades que da FSAE, el factor de seguridad fue de 34.35, y es el mismo criterio de la simulación anterior, que se toma para analizar estos datos.

Sin embargo, otro criterio que se puede tomar para beneficiar el peso total del chasis, es modificar la triangulación del diseño del chasis, para que este ocupe menos material en la manufactura y hacerlo más liviano. De ser posible se podría seleccionar otro material para el proceso de manufactura que tuviera una densidad menor y de igual forma reducir el peso total del chasis. El peso actual estimado por el software de inventor, utilizando una densidad de 7850 kg/m^3 es de 151.946 kg.

Para la simulación del cálculo de la rigidez torsional, se obtuvo una rigidez torsional de $7,715.78 \frac{Nm}{grado}$. Según FSAE thecnical papers No. 2000-01-3554, la rigidez torsional para los vehículos de formula SAE, se encuentra entre $500 \frac{Nm}{grado}$ y $1500 \frac{Nm}{grado}$. El valor obtenido para la rigidez torsional es un dato aceptado ya que se encuentra muy por arriba del rango de rigidez torsional de los vehículos tipo FSAE. El alto de rigidez obtenido se le atribuye al tamaño del tubo que se está utilizando, ya que esta $\frac{1}{2}$ " más grande en diámetro externo comparado con la medida estándar, y el espesor de pared es 0.11mm más grande. También, afecta a este dato, que en la simulación, se colocó la suspensión como parte de la estructura, ya que no se pudo ensamblar la suspensión original debido a que no se ha diseñado las platinas que unirán la suspensión con el chasis.

El objetivo general del módulo de dirección y suspensión fue el diseñar y construir dichos sistemas para un vehículo que cumpliera todas las especificaciones de la competencia Formula SAE. Los principales resultados del trabajo son que se logró diseñar el sistema de direccionamiento de piñón cremallera, mostrado en la Figura No. 59. Y se logró diseñar el sistema de suspensión para las llantas frontales, mostrado en la Figura No. 63 y para las llantas traseras, mostrado en la Figura No. 64.

Las características del sistema de direccionamiento diseñado se muestran en el Cuadro No. 44. La primera característica mostrada en el cuadro son los grados de libertad, debido a que el sistema tiene una única movilidad independiente tiene solamente un grado de libertad. El desplazamiento lineal total se refiere a la distancia que el eje de la cremallera recorre al girar lo máximo posible el eje de direccionamiento, este parámetro fue diseñado en base al diámetro de paso de direccionamiento y al desplazamiento angular total que es la mayor cantidad de grados que el timón podrá girar. Este parámetro fue el que se diseñó en base a la libertad de movilidad que tiene un piloto dentro de un vehículo de carreras. Debido a que su movilidad es muy limitada los timones de los vehículos de competencia rara vez sobrepasan los 200° . El módulo del engrane se seleccionó debido a que es un módulo estándar por lo que facilitó su diseño. El último parámetro mostrado en el Cuadro No. 44 es el factor de seguridad, este se obtuvo al realizar un análisis en elementos finitos en el software ANSYS, para cada una de las piezas del sistema de direccionamiento, sometiénolas a una carga de 50 Nm la cual será la carga máxima soportada por los elementos del sistema de direccionamiento como lo muestra la Figura No. 57. Debido a que el factor de seguridad más pequeño fue el del eje de direccionamiento, se puede concluir que el factor de seguridad del sistema será igual al del eje de direccionamiento, y que es este componente el más propenso a fallar en el sistema. Esto resulta ser conveniente debido a que es la pieza más sencilla de fabricar, la que menos material utiliza y por ende la menos costosa.

El material utilizado para la mayoría de las piezas del sistema de direccionamiento es el aluminio 7075t6 el cual fue donado por Tecniaceros específicamente para la construcción del sistema de direccionamiento. Se seleccionó este material debido a que, a pesar de que es más costoso que el aluminio común (6061), es más resistente y más liviano. Debido a que en un vehículo de carreras lo que se busca es

tener el menor peso posible para que así este pueda moverse más rápido, el aluminio 7075 resulta ser más conveniente para la aplicación.

Para manufacturar el sistema de direccionamiento se utilizó una máquina de control numérico (CNC). Piezas como la parte frontal y trasera del case, la cremallera, el engrane, los topes de unión, el eje de direccionamiento y los conectores a los tie rods fueron fabricados con un aluminio 7075t6.

Como es necesario asegurarse que este sistema pueda montarse en el chasis del vehículo se diseñaron los elementos colocados a los extremos del sistema, que se observan en la Figura No. 149 como tope para unión con el chasis. Estos elementos se unen a unas placas de acero soldadas al chasis mediante pernos. Esto fijará al sistema de direccionamiento al chasis como se muestra en la Figura No. 150.

Al finalizar el diseño se realizó una revisión a los requerimientos la cual se muestra en el Cuadro No. 46. Este cuadro hace referencia a los requerimientos del Cuadro No. 12 utilizando el código de cada uno. El diseño del sistema de direccionamiento cumple con los requerimientos T6.5.1, T6.5.3, T6.5.9 y T6.5.10 que son los que corresponden al diseño del sistema de piñón cremallera de direccionamiento. Los requerimientos pendientes de cumplir son T4.6, T6.5.2, T6.5.4, T6.5.6 y T6.5.7, que son los que corresponden al ensamble del sistema de direccionamiento sobre el chasis. El Cuadro No. 46 describe el proceso de verificación de todos los requerimientos del sistema de direccionamiento.

Para el sistema de suspensión fue necesario diseñar dos sistemas distintos, uno para las llantas frontales y otro para las llantas traseras. Las características de los sistemas de suspensión para las llantas frontales y traseras se muestran en los cuadros Cuadro No. 47 y Cuadro No. 48 respectivamente. Los primeros parámetros mostrados en esta tabla son el largo y ancho de los brazos, estas medidas se ilustran de mejor manera en la Figura No. 60 y Figura No. 61, para las frontales y traseras respectivamente. El ancho de los brazos se diseñó con base en las dimensiones del chasis, tomando en consideración el montaje de estos elementos sobre el mismo para que los extremos de los brazos coincidan con esquinas del chasis para que las fuerzas transmitidas por la interacción terreno-llantas se distribuyan al chasis. El largo de los brazos se diseñó en base a la wheelbase o distancia entre ejes del vehículo. Debido a que los vehículos de carreras, y por ende los vehículos que han participado en la competencia Fórmula SAE, presentan una mayor wheelbase en la parte trasera del vehículo que en la parte frontal; esto se debe a que es la parte trasera del vehículo la que soporta más peso y en donde el centro de gravedad del vehículo se encuentra, el contar con una wheelbase mayor en este punto ayuda a aumentar el momento necesario para que el carro se vuelque por el giro en alguna curva. El siguiente parámetro mostrado en los cuadros Cuadro No. 47 y Cuadro No. 48 es la distancia entre los brazos, este parámetro también se diseñó con base en las dimensiones del chasis al momento de que el sistema se encuentre montado sobre el mismo. El siguiente parámetro es el largo del push rod, este parámetro se diseñó en base a donde iría montado el balancín sobre el chasis, debido a que la única función del push rod es transmitir las perturbaciones que provienen de la interacción terreno llanta hacia el balancín

y este las transmite hacia el amortiguador y al resorte. El balancín se utiliza para facilitar el montaje del amortiguador dentro de la carrocería. El último parámetro y el más importante es el factor de seguridad, este factor de seguridad se obtuvo al colocar las cargas mostradas en la sección de análisis de elementos finitos. Los factores de seguridad para los brazos frontales y traseros fueron de 2.03 y 1.93 respectivamente. Es importante resaltar que la fuerza utilizada para este cálculo depende del peso del vehículo, y como no se tenía el dato real, se hizo una estimación en base a otros vehículos que han participado en la competencia tomando una distribución del peso sobre las llantas como la mostrada en la Figura No. 46.

Los requerimientos impuestos por la competencia se muestran en el Cuadro No. 18, sin embargo, no se puede afirmar que se cumplió con alguno de estos requerimientos debido a que estos solamente pueden ser verificados al momento en que los sistemas estén colocados en el vehículo. Sin embargo, los factores de seguridad nos muestran que el sistema será capaz de soportar las cargas a las que estará sometido por lo que el sistema es funcional.

Los materiales utilizados para los sistemas de suspensión se muestran en el Cuadro No. 49. Para la mayoría de los elementos se utilizó un acero AISI 1018, este material se seleccionó debido a que cumple los requerimientos de materiales por la SAE y debido a que es el que se tenía en disponibilidad en Tecniaceros quienes proveyeron el material.

En el diseño del sistema eléctrico y electrónico, uno de los resultados obtenidos fue la estimación del consumo de potencia eléctrica del vehículo; para dicha estimación se llevó a cabo un balance de cargas, el cual es mostrado en los Cuadros No. 19, 20 y 21. El resultado obtenido para la corriente en ralentí del alternador fue de 21A, el cual es mucho menor al usado en los vehículos convencionales, pues al inspeccionar catálogos de diferentes marcas pueden observarse valores de 55A, 60A o hasta 100A. La diferencia tan notoria se debe a que el vehículo Fórmula SAE no está destinado para el mismo uso de un vehículo convencional; no cuenta con luces delanteras, con aire acondicionado o con una radio por ejemplo, siendo estos elementos que brindan comodidad para el uso diario y a su vez incrementan el consumo de potencia, pero que no tienen ningún sentido en la competencia para la cual se realizó el diseño.

Así mismo, puede notarse como no fue necesario usar calibres superiores al AWG 14 para las conexiones eléctricas en componentes que no fuesen “por definición” de alta tensión (como los conductores para llevar la chispa de las bobinas a las bujías). Esto se deriva del mismo hecho de que no es un vehículo de uso diario que cuente con luces y limpiaparabrisas, sino que además, las dimensiones de este son también mucho menores que las de un automóvil de ciudad, lo que se traduce en que la longitud de los conductores también es mucho más corta, y por ello, el criterio de caída de tensión no puede provocar que el cálculo de estos calibres de cable indique la necesidad de uno más grande al obtenido en el diseño.

En cuanto a la selección del microcontrolador, este cumplió con los requerimientos estipulados y pudo llevar a cabo las tareas asignadas; el que este contara con tres módulos CCP fue un aporte vital al control del motor, pues el uso de la función de captura de dichos módulos permitió el cálculo de la velocidad y

posición del cigüeñal y el árbol de levas de manera mucho más exacta que si se hubiera llevado a cabo en dos etapas, es decir, detectando primero un cambio de subida en pines del microcontrolador y empezar a “contar” a partir de ello; esta diferencia debida a que el modo de captura ya está diseñado para realizar tareas de este tipo, pudiendo inclusive elegir el tipo de flanco (subida o bajada).

La interfaz gráfica realizada cumplió con el rol de monitorear el estado de las variables usadas para el control del motor. Un aspecto importante de la interfaz es que no fue posible la visualización en tiempo real de todas las variables, esto ocasionado por tres puntos principalmente:

- La rapidez de cambio en las variables y el tipo de señal: Los sensores de posición del cigüeñal y del árbol de levas producían una señal cuadrada cuyo periodo mínimo rondaba por los 50 ms, pero que solo iría en incremento conforme fueran aumentado las revoluciones del motor, y al ir más rápido, ya no podrían reproducirse en la interfaz. El sensor KS producía una señal que debía ser procesada antes de llegar al microcontrolador, por lo que ya no podría ser reproducida.
- La prioridad de controlar al motor antes que el envío de datos: El microcontrolador debía hacer el mapeo constante de variables y cálculos derivados de los valores de las mismas, por lo que la prioridad no rondaba en el envío de la información, sino en su análisis para el control del motor.
- La velocidad del puerto serial: Aunque el microcontrolador hubiese podido enviar la información casi instantáneamente, el enviar datos rápidamente (menos de 50 ms) saturaba el puerto serial, haciendo que la interfaz mostrara mensajes de error y dejase de funcionar de manera correcta.

A su vez, el tablero cumplió con su rol de despliegue de variables para el piloto. Debe mencionarse que se utilizó un microcontrolador específico para esta tarea por los siguientes aspectos:

- La disminución de tareas para la ECU: El microcontrolador del tablero recibe directamente el valor de ADC para cada variable desplegada, y la compara o procesa para su posterior despliegue. La ECU hubiera invertido tiempo y recursos en estas tareas de manera innecesaria, pues era mucho más eficiente el uso de un dispositivo aparte que las desempeñara.
- El ahorro de pines para la ECU: La LCD utilizada 12 pines, lo cual hubiera significado el uso de un puerto y medio del microcontrolador de la ECU solo para mostrar en texto el estado de dos variables.

Para el tablero además, fue necesario el uso de una Xbee adicional para el envío de datos, puesto que la ECU estaba empleando la comunicación serial con el uso de una de ellas; así, se formó una red de transmisión de datos siguiendo la línea ECU – Interfaz y ECU-Tablero. También fue necesario el uso de drivers de transistor y de un chip 74ls47 para el manejo de los displays, dado que los microcontroladores pueden otorgar corrientes máximas de 4 mA, contra los 6 mA o más que permiten que estos puedan verse claramente sin palidez en cada segmento.

X. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

A. PATROCINIOS

Inicialmente se recibieron pláticas con diferentes personas con el objetivo de guiarnos al equipo entero respecto a la solicitud de patrocinios. Se realizó una lista de posibles empresas en las que se podía solicitar patrocinio. Las condicionantes a buscar empresas fueron las siguientes:

Algunas restricciones fueron:

1. Empresas que habían participado patrocinando el Mega Proyecto “Shell Eco-Maratón” en la Universidad del Valle de Guatemala
2. Empresas de competencia directa con las empresas que habían patrocinado el proyecto anteriormente mencionado.
3. Empresas o Industrias cerveceras y licoreras.
4. Tabacaleras

Estas restricciones redujeron bastante nuestras opciones ya que el Mega Proyecto “Shell Eco-Maratón” se asocia con la construcción de un vehículo ultra eficiente. (Taq Balam, n.d.)

Luego de tener la lista, se repartieron empresas a algunos integrantes del equipo para empezar a conseguir contactos directos, o si estos ya los tenían entonces colocaban la información en un formato de Excel simple que se había realizado para patrocinadores.

Si se tenía el correo entonces se enviaba un correo adjuntando una carta “solicitud de cita” para agendar una reunión con los empresarios. En ausencia de correo, se tenía el número de teléfono, entonces se realizaba una llamada para ver la posibilidad de agendar una cita y así presentar el proyecto.

De todas las visitas, llamadas realizadas y correos enviados, se recibió muy poco apoyo de parte de las empresas. Ya que la mayoría de empresas esperaban ver algo físico o tener algo más concretado respecto al proyecto. Por lo general las primeras preguntas que realizaban era: ¿Qué empresas ya los patrocinan? Realmente no podíamos dar tantas referencias ya que contábamos probablemente con una o dos empresas. Es aquí donde varias de las empresas se retractaron a darnos patrocinio. Varias de las empresas en donde se esperaba obtener patrocinio de materiales y componentes se les hizo una carta especificando el motivo del patrocinio y lo que se necesitaba de la empresa. (Observar en anexos)

Actualmente contamos con el apoyo de las siguientes empresas:

1. Tecniaceros
2. Prosain
3. UVG
4. Delta Automotriz
5. Pepita Labs

6. Carburando en La Red

7. Antigua Sports: Desde Los Pits

En la parte de anexos se pueden observar las cartas de agradecimiento que se le otorgan a las empresas por el patrocinio que han dado hacia el proyecto. En ellas se especifica que materiales y para qué se están implementando y utilizando en el proyecto.

B. BUSINESS LOGICAL CASE

1. Costos. El análisis de costos es un estudio profundo y detallado sobre la manufactura del vehículo. Esto incluye costos de maquinado, ensamblaje, mano de obra, materiales y unión de los módulos en conjunto. El análisis de costos y económico-financiero se realizará en moneda (\$), ya que la competencia es internacional.

Ya que no se contaba con todo el patrocinio adecuado (que se discutirá en la sección del análisis económico-financiero), no se pudieron incluir los costos finales de la elaboración del vehículo, aparte que solo se ha empezado con la manufactura del chasis y pocos componentes del área eléctrica y electrónica, transmisión y suspensión.

La mayoría de los costos son aproximados y cotizados en el mercado automotriz. Son costos reales pero no son los costos finales del vehículo. El segundo equipo de Mega Proyecto “Fórmula SAE”, deberá encargarse de reescribir los costos reales del vehículo.

La fabricación del vehículo se compone de diferentes sistemas. Cada sistema se compone de sub-sistemas y estos están compuestos por partes. Para la elaboración detallada de costos se realiza un resumen de las partes que contienen el sub-sistema estos se encuentran separados cuya codificación es Part_# Observar en Anexos para el análisis de las partes se debe conocer el material, el proceso que se necesita para llevar a cabo esa parte en específico, los tipos de aseguradores que se utilizará para unirlos al sub-sistema o a otras partes y la mano de obra.

Teniendo completados los análisis de partes que componen el sub-sistema, se colocan los valores totales de cada parte. En el sub-sistema es necesario colocar el material, proceso de manufactura, asegurador o mano de obra que se requiere para llevar a cabo la unión de las partes y así completar el sub-sistema. Observar en Anexos.

Completados los sub-sistemas se colocan los valores totales correspondientes al mismo en el análisis en conjunto de todos los sistemas. De esta manera se pudo obtener el costo total de fabricación del vehículo de \$47,882.45. Observar en Anexos.

Por último se presenta el Resumen Básico de Costos, en el que ya no se especifican los sub-sistemas si no los sistemas completos que conforman el vehículo con sus totales respecto a materiales, procesos, aseguradores, mano de obra. Observar en Anexos.

2. Análisis económico-financiero. Este análisis se realiza para el segundo equipo que se queda a cargo del Mega Proyecto “Fórmula SAE”, el cual toma lugar desde el 2017 a 2018.

Utilizando el análisis VA, VNA y TIR se desea verificar cuan viable es el proyecto para un lapso de 18 y 24 meses.

Se utiliza la tasa de interés del 16% (Bantrab, n.d.) para préstamos fiduciarios del Banco Bantrab de Guatemala, suponiendo que ellos serán los que financien el proyecto. Esta tasa es para un lapso de 18 a 24 meses, para un préstamo de \$50,000.00 (inversión total para la fabricación del vehículo).

Realizado el análisis VNA de 18 y 24 meses los resultados son indiferentes, esto quiere decir que $VNA=0$, lo cual significa que la inversión no produce ganancias ni pérdidas. Normalmente se debe utilizar otro método para evaluación financiera y así poder comparar ambos resultados y ver si tienen sentido. Se escoge el análisis de la TIR para verificar de igual manera la viabilidad del proyecto.

Se obtiene la anualidad de 18 meses que debe ser \$8,594.24 y para 24 meses \$8,233.67 en este análisis. Estos valores se utilizan para hacer los flujos de caja tanto a 18 como a 24 meses observar en anexos. Esto servirá para realizar el análisis de TIR.

Para emplear el análisis de TIR se necesita un valor de TMAR para poderlo comparar. Este valor se obtiene ponderando el valor interanual de la tasa de inflación en Guatemala a 4 años (septiembre 2012-septiembre 2016) el cual es de 3.59% (Instituto Nacional de Estadística (INE), n.d.), sumando la tasa de 16% del Banco Bantrab de Guatemala (Bantrab, s.f.), siendo la TMAR de 20%.

- Para el análisis de 18 meses se obtiene la $TIR\ 16\% < 20\%\ TMAR$.
- Para el análisis de 24 meses se obtiene la $TIR\ 16\% < 20\%\ TMAR$.

Para que el proyecto sea viable $TIR > TMAR$, por lo tanto el proyecto no es viable a 18 y 24 meses. Esto tiene sentido ya que es un proyecto de gran magnitud con una inversión inicial bastante elevada. Esto quiere decir que se debería de tener patrocinadores fijos, si es uno, aproximadamente mes a mes debiera de aportar una cantidad de \$8,000. En estos momentos no se cuenta con este tipo de patrocinio.

En todo caso la duración para este tipo de proyectos debiera ser menor con inversiones fuertes, con una cantidad de participantes mayor, ya que se podrían distribuir de mejor manera los módulos para realizar el proyecto en el tramo establecido cumpliendo los objetivos y metas. En otras Universidad que participan en este tipo de competencias llegan a tener números de 20-30 integrantes, lo cual permite que el estudiante desarrolle mejor su trabajo de módulo ya que la carga está bien distribuida. Se puede decir que no se dimensionó la magnitud del proyecto por lo que desde el principio los módulos no estaban bien distribuidos y hubo bastantes fallas, no fue posible llegar al objetivo del proyecto el cual originalmente debía finalizar a finales del 2016 para ir a competencias en el 2017, lo cual iba a ser imposible. En todo caso por parte del área técnica hubiera sido posible dar fin al proyecto si se hubiera contado con un mayor número de estudiantes apoyando dicho proyecto con módulos distribuidos adecuadamente, evaluando antes la carga de trabajo por módulo. En la parte financiera hubiera sido necesario que la Universidad fuera uno de los primeros

inversionistas en el proyecto, aportando una cantidad adecuada para arrancar el proyecto y así tener respaldo y poder presentarle a los patrocinadores que la Universidad nos estaba apoyando económicamente. Se considera que fue un factor bastante importante desde el inicio, pues las empresas buscan seriedad en este tipo de proyectos, y al momento de no tener ayuda financiera de parte de la Universidad como tal, provoca un poco de desconfianza en los patrocinadores.

Se realizan dos tipos de Flujos de Caja. 1. Flujo de Caja 2015-2016 que es el que actualmente se encuentra vigente para el primer equipo de Mega Proyecto “Fórmula SAE”. 2. Flujo de Caja esperado 2017-2018, que es aproximadamente lo que debieran de recibir mes con mes los integrantes del segundo equipo de Mega Proyecto “Fórmula SAE”.

El flujo de caja esperado se proyecta de acuerdo a la planificación del proyecto que se realiza para dichos años (observar en página 192 de resultados). Estos se basan en los objetivos y metas de cada módulo por mes, se deberá recibir una cantidad aproximada a la que se detalla en el flujo de caja esperado. Si la cantidad que se ha estipulado para cada mes no se obtiene, el proyecto no podrá concretarse en el plazo establecido, o simplemente se va a atrasar y será poco probable que se cumpla el objetivo de participar en la competencia de “Fórmula SAE” en Michigan, 2018.

C. LOGÍSTICA DE TRANSPORTE, GASTOS Y PAPELEO

1. Logística global. Para realizar la exportación del vehículo se debe realizar por medio de una empresa exportadora e importadora. En este caso ya que el vehículo no está terminado ni en físico, se establece contacto con la empresa “*Logística Global*”, que se encarga de realizar exportaciones e importaciones terrestres, áreas y marítimas desde y hacia cualquier parte del mundo. (*Logística Global*, s.f.)

Se deben tener los datos exactos del vehículo como peso, dimensiones, dirección a la cual la empresa va a recoger el vehículo y dirección a la cuál será exportado en el extranjero. Estos trámites debieran realizarse con por lo menos 4-5 meses de anticipado para evitar atrasos.

Al momento que el vehículo llega hacia el puerto ubicado en Miami, ellos por medio de sedes que tienen alrededor de USA, se encargan de transportar el vehículo a Michigan. Al momento de llegar a Michigan, es necesario que el equipo realice reservaciones con alguna empresa para transportar el vehículo al lugar del evento.

Se realizaron aproximaciones con los valores que la SAT proporciona un aproximado para exportar vehículos de Guatemala hacia USA, ya que la Naviera con la que trabaja *Logística Global* rechazó la solicitud de exportación, por las malas experiencias exportando este tipo de vehículos para Formula SAE. En pocas palabras no pudieron proporcionarnos la cotización.

2. Fórmula SAE. Todas las etiquetas y los documentos asociados con el envío deben contener el equipo o la universidad como la parte receptora. No envíe su vehículo, ya sea con el organizador o el sitio de la competencia aparece como la parte receptora. Ni SAE ni MIS ejecutarán las costumbres o los documentos de embarque de cualquier tipo.

XI. CONCLUSIONES

- Es posible diseñar un chasis para un vehículo tipo fórmula SAE, utilizando el acero ASTM a500 grado b que tiene una resistencia a la fluencia de 290 MPa.
- La deformación total del chasis debido a las fuerzas provocadas por la aceleración que actúan en sentido opuesto al movimiento del vehículo, fue de 0.03 mm por lo que no existirá deformación significativa que impacte sobre el desempeño del vehículo.
- Como resultado del análisis estático del chasis, es posible concluir que los factores de seguridad obtenidos de 54.32 y 57.13 para la simulación del chasis como modelo de viga empotrada y los factores de 32.66 y 34.55 para la simulación de deformación del chasis debido a las fuerzas de aceleración, asegura que el chasis es un diseño seguro, mas este está sobredimensionado, causando que el peso del chasis sea mayor, se puede reducir el tamaño del tubo a la medida mínima y aún mantener un factor de seguridad arriba de 2.
- La rigidez torsional obtenida de $7,715.78 \frac{Nm}{grado}$, es un valor aceptable, ya que se encuentra por arriba del promedio de rigidez torsional para vehículos tipo fórmula SAE.
- La pieza más propensa a fallar, o pieza de sacrificio, en el sistema de direccionamiento es el eje de direccionamiento debido a que fue la pieza que presentó un menor factor de seguridad al realizar el análisis de elementos finitos, esto es conveniente debido a que es la pieza que requiere de menos material y complejidad para manufacturarse y por lo tanto la más económica.
- El sistema de direccionamiento es capaz de resistir un momento de 50Nm con un factor de seguridad de 1.81 según el análisis de elementos finitos realizado en los elementos del sistema.
- El sistema suspensión diseñado es capaz de soportar la carga de 3600N del peso del vehículo y del piloto con un factor de seguridad de 2.03 para la suspensión frontal y de 1.93 para la suspensión trasera según el análisis de elementos finitos realizados sobre los brazos de suspensión.
- El sistema de direccionamiento diseñado cumple con los requerimientos T6.5.1, T6.5.3, T6.5.9 y T6.5.10 mostrados en el Cuadro No. 46 impuestos por la competencia Formula SAE.
- No se puede afirmar que se cumplió con todos los requerimientos del sistema de suspensión mostrados en el Cuadro No. 18 debido a que estos pueden ser verificados hasta que el sistema este ensamblado al vehículo.
- El sistema eléctrico se diseñó estimando la potencia eléctrica requerida por los consumidores, la cual resultó siendo en total de 245W, y partir de ella calcular la corriente en ralentí del alternador, la cual tuvo un valor de 21A.
- Se pudo enlistar las características requeridas para cada componente utilizando manuales de posibles motores a implementarse en el proyecto, y pudo dimensionarse el calibre de los conductores para las conexiones eléctricas sabiendo su longitud y la corriente que pasa por ellos.

- Se seleccionó el microcontrolador para el control del motor enlistando los requerimientos mostrados en el Cuadro No. 23, y verificando que el microcontrolador los cumpliera revisando el manual y características del mismo.
- El control del encendido se programó tomando en cuenta las condiciones específicas del motor como su temperatura y apertura de la válvula de mariposa, implementando además un knock sensor que permitía retrasar el tiempo por pasos de 2° en caso de detectar detonación, y volviéndolo a incrementar por pasos de 1° paulatinamente una vez esta dejara de detectarse.
- Se programó el monitoreo de las variables medidas por los sensores del microcontrolador utilizando una interfaz gráfica en C#, la cual recibía los valores codificados por el protocolo mostrado en el Cuadro No. 28, utilizando el puerto serial.
- Se diseñó un tablero para el despliegue de las variables al piloto, utilizando para ello los componentes mostrados en la Figura No. 81, para que el piloto cuente con la información del vehículo disponible en todo momento.
- De acuerdo a la planificación realizada para el segundo equipo de “Fórmula SAE”, se identificaron actividades que son de prioridad máxima, los cuales, si no se cumplen en el lapso de tiempo establecido agregarán atrasos a la realización del mismo y esto perjudicará la participación en la competencia de Fórmula SAE, en Michigan, USA 2018.
- Se toma en cuenta aspectos minuciosos no obvios del vehículo en el análisis de costos, por lo cual presenta una diferencia de \$28,724.29 en comparación con el presupuesto, ya que este es realizado a grandes rasgos y no se definió a detalle incluyendo factores de manufactura.
- La estrategia que se implementó para la presentación del vehículo permitió el patrocinio exitoso de algunas empresas en apoyar el proyecto, el cual dio el primer empuje en apoyo de materiales de construcción para dar inicio a la manufactura, sin embargo se necesita de un apoyo financiero mayor para arrancar el proyecto con éxito.
- El proyecto como tal es ambicioso y requiere de bastante presupuesto para poder arrancar y cumplir con las fechas críticas establecidas. Por lo que no es viable realizar este tipo de proyectos, ya que la inversión es bastante elevada. Este se debe considerar más que un proyecto Tecnológico, un proyecto de Inversión, recibiendo la primera aportación de parte de la Universidad del Valle de Guatemala.

XII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en una siguiente etapa, poder realizar simulaciones que incluyan la dinámica del cuerpo y el comportamiento del chasis cuando este sufre un impacto frontal y lateral.
- Para simplicidad de cálculos para llenar el formulario de FSAE, se recomienda no perforar el chasis y cualquier unión que se le agregue, esta deberá ir únicamente unida por el método de soldadura.
- Se debe llenar la forma SES con anticipación, en la fecha especificada que se encuentra en la página de FSAE para la competencia del 2018, y de esa manera asegurar que el vehículo podrá competir de manera positiva sin verse perjudicado por las propiedades del material con el que se manufacturó el chasis.
- Algunos procesos de manufactura de las secciones de tubo del chasis, incluyen un fresado en los extremos, para que estas secciones encajen mejor con las otras secciones de tubo, se recomienda utilizar control numérico para realizar los cortes angulares con mayor precisión.
- Es importante mantener el chasis en un lugar no muy húmedo ni que este se encuentre expuesto al agua, para evitar la corrosión temprana del material.
- Para la segunda fase de FSAE, se recomienda hacer el cálculo de la rigidez torsional, con las platinas ensambladas al chasis y la suspensión unida a estos elementos.
- Los análisis de elementos finitos para el sistema de suspensión se realizaron considerando un peso de 3600N del vehículo por lo que se recomienda volver a realizar el cálculo una vez se tenga una mejor aproximación del peso del vehículo
- Se recomienda contar con un repuesto del eje de direccionamiento en la competencia debido a que es el elemento con menor factor de seguridad en el sistema de direccionamiento y por lo tanto el más propenso a fallar.
- Se recomienda el montar el sistema de direccionamiento sobre el chasis antes que el sistema de suspensión, para asegurar que no exista interferencia entre estos dos módulos.
- Se recomienda diseñar un sistema de suspensión activa para mejorar el rendimiento del sistema de suspensión debido a que es permisible en la competencia.
- Se recomienda ajustar las dimensiones de los sistemas al chasis y carrocería a utilizar para la competencia.
- En el momento en el que se cuente físicamente con el motor a emplear en el proyecto, se recomienda hacer una revisión de los componentes eléctricos para asegurarse que estos puedan ser acoplados al motor.
- En el momento en el que se cuente físicamente con el motor a emplear en el proyecto, se recomienda la realización de mapas de cambio en tiempo de encendido para la temperatura de operación del motor y la apertura de la válvula de mariposa, pues estos varían acorde a cada motor. Así mismo, se debe revisar el límite de detonación del motor.

- Se recomienda el uso de un dispositivo de transmisión serial más robusto que las Xbee's, como el MaxStream 900MHz, puesto que en la competencia se tendrán mayores interferencias para el envío de la información, como los otros conductores y sus respectivos vehículos.
- Realizar la planificación del proyecto desde un inicio para que los integrantes y el coordinador del equipo estén familiarizados con fechas críticas para entregar lo establecido, sea en este o cualquier proyecto, es uno de los primeros pasos que se debiera implementar.
- Los presupuestos son claves, ya que ayudan a tener un panorama acerca de la cantidad que se va a necesitar para realizar el proyecto.
- Antes de presentar el proyecto ante posibles patrocinadores, se debe conocer el producto a fondo y tener un plan de marketing o de lanzamiento, para luego proceder a ofrecer el proyecto.
- Tener suficiente conocimiento acerca del proyecto y establecer metas individuales y objetivos de cada meta, para evitar atrasos en el módulo.
- Realizar investigación exhaustiva del proyecto y como se desarrolla, comprendiendo su funcionalidad y los requerimientos que se deben realizar para llevar a cabo el mismo.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. M. (1998). *Técnicas del Automóvil: Equipo Eléctrico* (7ª ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Alonso, J. M. (2008). *Técnicas del Automóvil: Chasis* (8ª ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Álvarez, G. (2010). *Velocidades y avance para corte*. México D.F., México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Amazon. (s.f.). Obtenido de https://www.amazon.com/36-1-Trigger-Wheel-DIYAutoTune/dp/B005V3FZB0/ref=sr_1_1?s=automotive&ie=UTF8&qid=1468210321&sr=1-1&keywords=trigger+wheel
- Amazon. (s.f.). Recuperado el 6 de julio de 2016, de https://www.amazon.com/dp/B00DDE5KZ0/ref=biss_dp_t_asn
- American College of Sports Medicine. (2000). *Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio*. Barcelona, España.
- Ansys Monterrey. (s.f.). *Basic ANSYS*. Recuperado el 13 de julio de 2016, de http://www.gruposcc.com/ponencias/ponencia_39114164442.pdf
- Antoniacci, M. (s.f.). *Top 10 Sports Business Trends to Watch in 2016*. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de <http://www.inc.com/mandy-antoniacci/top-10-sports-business-trends-to-watch-in-2016.html>
- Arroyave, D. (2013). «*Diseño de chasis para sistema de transporte terrestre monoplaza útil en entornos urbanos planos y pavimentados*». Tesis Escuela de Ingeniería de Antioquía.
- AT Kearney. (s.f.). *The Sports Market, Major trends and challenges in an industry full of passion*. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <https://www.atkearney.com/documents/10192/6f46b880-f8d1-4909-9960-cc605bb1ff34>
- Bakker, E., & Nyborg, L. (s.f.). *Tyre Modelling for Use in Vehicle Dynamics Studies, Volvo car corp., 1,15*. SAE International. Recuperado el 10 de septiembre de 2016
- Bantrab. (s.f.). Recuperado el 16 de octubre de 2016, de <http://www.bantrab.com.gt/>
- Barajas, Y. (s.f.). *Marketing deportivo: una tendencia más de la mercadotecnia*. Recuperado el 21 de octubre de 2016, de <http://revistaentornoempresarial.com/index.php/marketing-deportivo-una-tendencia-mas-de-la-mercadotecnia>
- Beer, F. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Dinámica* (9na ed.). México D.F., México: McGraw Hill.
- Berkowitz, J. (2006). *Formula SAE Steering System*. Irlanda.
- Bosch. (2000). *Electricidad y Electrónica de los Automóviles (Alternador)*. Stuttgart, Alemania: Bosch.
- Brar, J., & Bansal, R. (2010). *A Textbook of Theory of Machines*. Nueva Delhi, India: Laxmi Publications.
- Bratu Serbán, N., & Campero Littlewood, E. (1995). *Instalaciones Eléctricas, conceptos básicos y diseño*. México D.F, México: Alfaomega.
- Building Department. (2011). «*Code of practice for the structural use of steel*». Recuperado el 14 de octubre de 2016, de <http://www.bd.gov.hk/english/documents/code/SUOS2011.pdf>

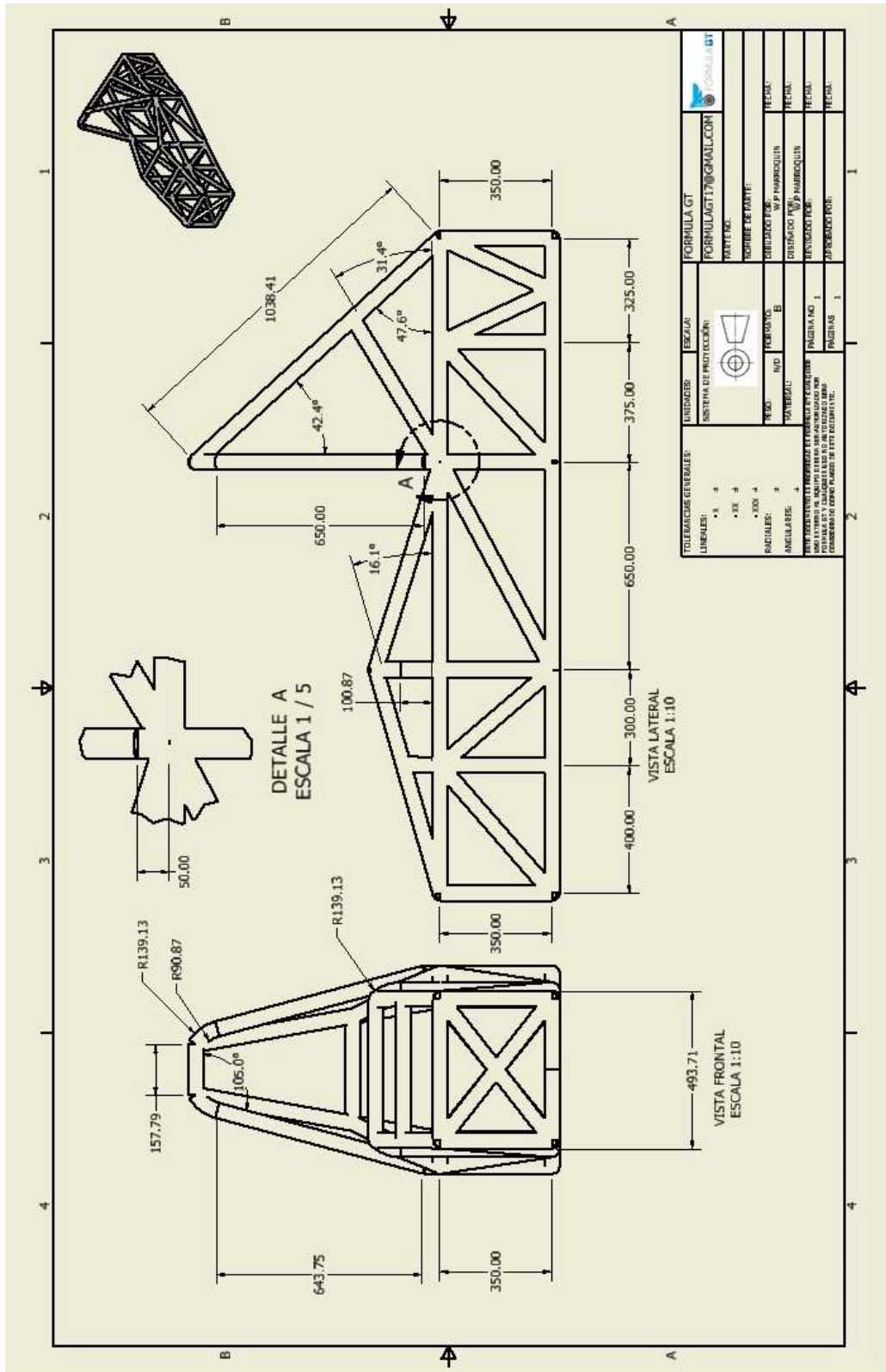
- Bundynas, R., & Nisbett, J. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México D.F., México: McGraw Hill.
- Calver, K. (s.f.). *Suspension Terminology*. Recuperado el 1 de abril de 2016, de Minimania: http://www.minimania.com/SUSPENSION___Terminology_1084
- Car - Traction Force*. (5 de junio de 2010). Obtenido de http://www.engineeringtoolbox.com/tractive-effort-d_1783.html
- CEEI Ciudad Real. (s.f.). *Creación y Desarrollo de Empresas*. Recuperado el 3 de abril de 2016, de http://www.eenasque.net/guia_transferencia_resultados/files/CEEI_Ciudad_Real-Guia_para_la_elaboraci%2B%A6n_de_un_estudio_de_mercado.pdf
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (1994). *Fundamentos de Análisis Económico*. Costa Rica.
- Cobb. (s.f.). *Dynamic Advance & Dynamic Advance Multiplier Explained v1.00*. Obtenido de https://static.cobbtuning.com/support/accessport/docs/Subaru_Dynamic_Advance_and_Multiplier_Explained.html
- Córdoba, J. (2012). *Método de diseño del sistema de suspensión de un vehículo de competencia "Formula SAE"*. México D.F., México: UNAM.
- de Oliveira, R. (2015). *A Discussion on Steady-State Lateral Weight Transfer and How to use it in Setup*. Recuperado el 5 de junio de 2016, de Racing Car Dynamics: <http://racingcardynamics.com/weighttransfer/>
- Deakin, A. C., Ramirez, D., & Hanley Ray, J. (2000). «*The effect of chassis stiffness on Race Car handling Balance*». SAE Technical Papers Series No. 2000-01-3554. SAE International.
- Deloitte. (s.f.). Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/consumer-business/articles/sports-business-trends-disruption.html>
- Denton, T. (2004). *Automobile Electrical and Electronic Systems*. Oxford, Estados Unidos: Elsevier Butterworth Heineman.
- Díaz, A., Fernández, O., González, O., & Ramos, C. (2015). «*FSAE 2015 Chassis and Suspension*». Tesis Florida International University.
- Ebay. (s.f.). Recuperado el 8 de julio de 2016, de <http://www.ebay.co.uk/bhp/m6-hex-bolt>
- Electrónica RLC. (s.f.). Recuperado el 6 de julio de 2016, de https://www.facebook.com/ElectronicaRLCgt/?hc_ref=SEARCH
- Electrónica SMD. (s.f.). Recuperado el 6 de julio de 2016, de <http://www.electronicasmd.com/productos/componentes-discretos/resistencias-1-4-w/>
- Estudio y clasificación de los aceros*. (s.f.). Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>
- F1-grandprix. (s.f.). *How much does it cost to build a formula 1 car?* Recuperado el 20 de octubre de 2016, de <http://www.f1-grandprix.com/?p=23009>
- Farrington, J. (2011). *Redesign of an FSAE Race Car's Steering and Suspension Systems*. University of Southern Queensland, Queensland.
- Fibras Sol Guatemala. (s.f.). Recuperado el 24 de septiembre de 2016, de <http://fibrasolguatemala.com/contacto/>

- Formula SAE. (s.f.). *Business Logic Case*. Recuperado el 3 de abril de 2016, de <http://www.fsaeonline.com/page.aspx?pageid=5ade9b01-8903-4ae1-89e1-489a8a4f08d9>
- Formula SAE. (s.f.). *FSAE Cost eBOM 2016*. Recuperado el 3 de abril de 2016, de <http://www.fsaeonline.com/page.aspx?pageid=5ade9b01-8903-4ae1-89e1-489a8a4f08d9>
- Formula SAE. (s.f.). *Vehicle Shipping Procedures*. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://students.sae.org/cds/formulaseries/fsae/shipping/>
- Formula Seven. (s.f.). Recuperado el 24 de septiembre de 2016, de <http://www.formula-seven.com/shop-products/carbon-fiber-and-kevlar-formula-sae-seat/>
- Fuentes, R. (s.f.). *Exportación y reimportación*. Recuperado el 21 de octubre de 2016, de <http://www.logisticaglobal.com/>
- Full Function Engineering. (2012). *Hall vs. Variable Reluctance Sensors*. Recuperado el 28 de enero de 2016, de <http://fullfunctioneng.com/info/Hall%20vs%20VR.pdf>
- Gámiz, A. (2011). «*Diseño y análisis de una estructura tubular para un vehículo de carreras todo terreno*». Tesis Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, unidad Azcapotzalco.
- García, A. (2012). «*Proyecto fin de carrera: Diseño de chasis para vehículo FSAE*». Tesis Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Garzón, J. (s.f.). *Mecánica del automóvil, parte I*. Recuperado el 24 de marzo de 2016, de <http://jeroitim.blogspot.com/2012/05/v-behaviorurldefaultvml.html>
- Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Washington D.C., Estados Unidos: SAE International.
- Hansen, D., & Mowen, M. (2007). *Administración de costos, contabilidad y control*. México: Thomson.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (s.f.). Recuperado el 12 de octubre de 2016, de <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/sr/sr005>
- JR Elektronik. (s.f.). Recuperado el 8 de julio de 2016, de <http://www.jrelektronik.com/precios-pcb/>
- Kawasaki. (1997). *Ninja ZX-6 ZZ-R600 ZZ-R500 Service Manual. Motorcycle Service Manual*. Japón.
- Ketelhöhn, W., Marín, J., & Montiel, E. (2004). *Análisis de Inversiones estratégicas, INVERSIONES*. Bogotá, Colombia: Norma.
- Khwaya, A. (s.f.). *The basics of startup financing*. Recuperado el 24 de octubre de 2016, de <https://www.entrepreneur.com/article/52718>
- Kotler, P., & Lane, K. (2006). *Dirección de Marketing: Administración y Economía*. México: Pearson.
- Ladera, C. (2011). «*Análisis estructural de un prototipo FSAE*». Tesis Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Lima.
- Lance Talent. (s.f.). *Plan de Medios*. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de http://info.lancetalent.com/plan_de_medios/
- Logística Global. (s.f.). Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://www.logisticaglobal.com/>
- Longhurst, C. (s.f.). *Car Bibles*. Recuperado el 1 de abril de 2016, de <http://www.carbibles.com>
- Mateus, Miguel. (2009). «*Diseño de un vehículo prototipo Formula SAE y creación de una guía metodológica para el diseño de vehículos de carreras*». Tesis Universidad Industrial de Santander.

- Microchip. (s.f.). *PIC18F4550*. Obtenido de <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/pic18f4550>
- Ministerio de Economía. (2016). *Reglamento del Código Aduanero Uniforme Centroamericano*. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/reglamento-del-codigo-aduanero-c-a.pdf>
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México D.F.: Pearson.
- MX-5 Miata.net. (s.f.). *Know your car series #10*. Obtenido de https://www.miata.net/garage/KnowYourCar/S10_Timing.html
- NGK Spark Plugs. (s.f.). *NGK Wire Sets*. Obtenido de <https://www.ngksparkplugs.com/products/wire-sets>
- Nisbett, K., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. McGraw Hill.
- Puentes, W. (s.f.). *Estructuras y carrocerías de vehículos*. Recuperado el 22 de marzo de 2016, de <http://maxautomocion.blogspot.com/2015/12/estructuras-y-carrocerias-de-vehiculos.html>
- Recomendaciones para soldadura*. (s.f.). Obtenido de http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales_recomendaciones.html [23]
- Retro Race Cars. (s.f.). *F1 Car for Sale - 1991 Ferrari F1-91 (Type 642)*. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de <http://retroracecars.com/f1-car-for-sale-1991-ferrari-f1-91-type-642/>
- Riley, W. B., & George, A. R. (2002). *Design, Analysis and Testing of a Formula SAE Car Chassis*. SAE Technical Papers Series Cornell University. SAE International.
- Rodney, S. (1995). *Cost Estimator's Reference Manual* (2ª ed.). Canadá: John Wiley & Sons, Inc.
- Rodríguez, M. (1996). *El Mercadeo en los Emprendimientos asociativos de pequeños productores rurales* (1ra ed.). Argentina: Paseo Colón.
- Royce, M. (2011). *Frame Design 101*. SAE Detroit Section.
- Sathyanarayana, A. (2014). A Comparison of Bending Stress and Contact Stress of a Helical Gear as Calculated by AGMA Standards and FEA. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 38-43.
- Singh, R. (2010). «*Structural performance analysis of Formula SAE car*». Tesis Chitkara Institute of engineering and technology Rajpura, Punjab.
- Smith, C. (1978). «*Tune to Win: The art and science of a race car development and tuning*». California: Aero Publishers.
- Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). (s.f.). *Tabla de Valores Importación y Exportación de Vehículos*. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de http://portal.sat.gob.gt/sitio/index.php/leyes/doc_download/3130-acuerdosat052012.html
- Taq Balam. (s.f.). Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <https://www.facebook.com/pg/Taq-Balam-461202290592327/about/>
- Tecniaceros. (s.f.). Recuperado el 12 de junio de 2016, de <http://www.tecniaceros.com/home.htm>
- Top Speed. (s.f.). *2012 Formula Ford Race Car*. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de <http://www.topspeed.com/cars/ford/2015-formula-ford-ecoboost-ar164066.html>
- Toro, M. (s.f.). *Diseño de Chasis para vehículos de competición*. Recuperado el 22 de marzo de 2016, de <https://www.scribd.com/doc/20314825/Diseno-y-tipos-de-chasis#scribd>

- TPS Knowledge is Power. (1998). *Well's Counter Point*, 2(1).
- Troublecodes. (s.f.). *P0324 – Knock control system error*. Obtenido de <http://www.troublecodes.net/pcodes/p0324/>
- Ubricarmotos. (s.f.). Recuperado el 12 de junio de 2016, de <http://www.ubricarmotos.com/baterias/12210-bateria-moto-ttz10s-ttz10s-bs-yuasa-hermetica-sin-mantenimient.html>
- Universidad del Valle de Guatemala. (s.f.). Recuperado el 2 de octubre de 2016, de <http://www.uvg.edu.gt/>
- Universidad Nacional de Colombia. (2004). *Introducción a la Ingeniería Económica*. Bogotá.
- Universidad Tecnológica Equinoccial. (2008). *Estudio del motor de arranque*. Ecuador.
- Violi, G. (2012). «*Diseño de ruedas de fibra de carbono y conceptualización del proceso de fabricación para el prototipo Formula SAE USB*». Tesis Universidad Simón Bolívar.
- Vosswinkel, M. (s.f.). *Formula SAE Monocoque and Frame 3D Cad Model*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://www.3dcadbrowser.com/download.aspx?3dmodel=60289>
- Waterman, B. (2011). «*Design and Construction of a Space-frame Chassis*». Tesis Universidad de Western Australia.
- Williams, S. (s.f.). Recuperado el 24 de septiembre de 2016, de <http://www.sherwinca.com/pages/autoln/segmentos/repintadoauto.html>
- Williamson, M. (s.f.). *A brief history of Formula One*. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://en.espn.co.uk/f1/motorsport/story/3831.html>
- Winding Road Staff. (s.f.). *Race Class Profile: Formula Mazda*. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de <http://www.windingroad.com/articles/blogs/race-class-profile-formula-mazda/>
- XBee.cl. (s.f.). *XBee Pro 60mW wire antenna (series 1)*. Obtenido de <http://xbee.cl/xbee-pro-60mw-wire-antenna/>
- Yamaha Motor. (2007). *Yamaha YZFR6X(C) Service Manual*. Estados Unidos.
- YouTube. (s.f.). *Ignition Timing VS TPS*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=5iDvrOIMnj4>

XIV. ANEXOS

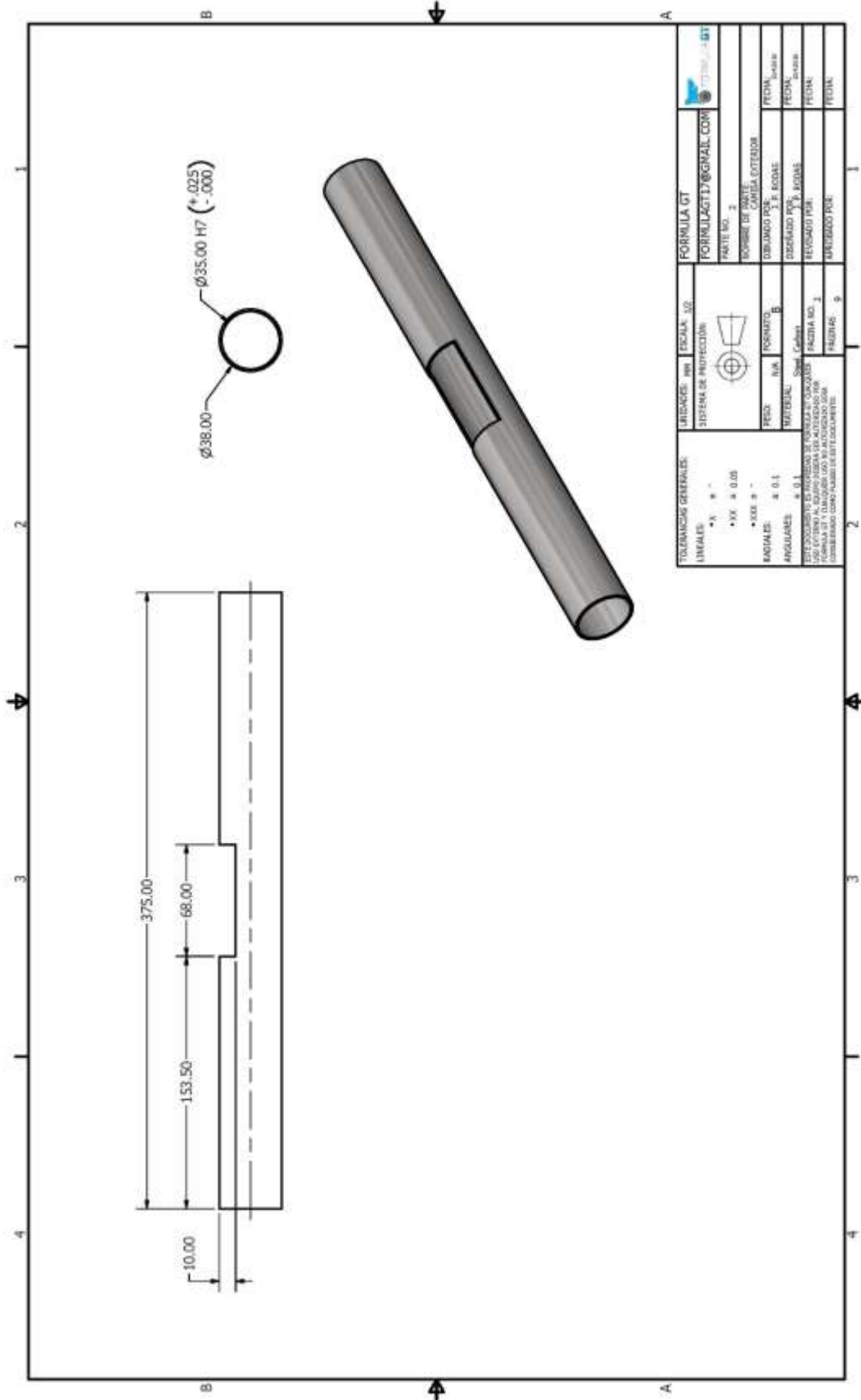


ID	responsable	modulo	sub-modulo	Requerimientos	Prioridad	Hijo(s)	Plan de Verificación	Fuente	Estatus
T2.1	Waleska	Configuración del vehículo	Estructura general	El vehículo debe tener la cabina anierta y las ruedas al descubierto: Con un cuerpo estilo fórmula, con cuatro llantas que no se encuentran en línea recta.		T2.1.1 T2.1.2 T2.1.3 T2.1.4	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.1.1	Waleska	Aerodinámica	Caroceria	Los primeros 180 grados de las llantas deben estar sin obstrucciones cuando estas se observen desde una vista vertical por encima de la llanta.			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.1.2	Waleska	Aerodinámica	Caroceria	Las llantas deben estar sin obstrucción alguna cuando estas se observen desde el lado.		T2.1	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.1.3	Waleska	Aerodinámica	Caroceria	Ninguna parte del vehículo debe entrar en keeo-out-zone que este definido por dos líneas que se extienden verticalmente desde las posiciones de 75mm por delante y 75mm por detrás del diametro exterior de las llantas delanteras y traseras. Esta zona se extiende lateralmente desde el plano exterior de la llanta, al plano interior de la llanta. (Ver Figura en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág. 24)			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.1.4	Waleska	Aerodinámica	Caroceria	Se debe cumplir con las dimensiones del artículo 9 de dispositivos aerodinámicos que se encuentra en la Parte T del Reglamento de Formula SAE 2015		T2.1	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.2	Waleska	Aerodinámica	Caroceria	No debe haber aberturas a través de la carrocía en el compartimiento del conductor desde la parte delantera del vehículo a la barra antivuelco principal, o firewall que no sea la requerida para la apertura de la cabina. Se permiten aberturas mínimas alrededor de los componentes de la suspensión delantera.			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.3	Waleska y	Chasis y Suspensión	Distancia entre ejes	El vehículo debe tener una distancia entre ejes de al menos 1525 mm (60 pulgadas). La distancia entre ejes se mide desde el centro de contacto con el suelo de las llantas delanteras y traseras, se debe medir con las llantas apuntando hacia delante.			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.4	Waleska	Chasis y Aerodinámica	Caroceria	La parte más pequeña del vehículo (frontal o posterior) debe ser no menos de 75% de la parte más grande.			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T2.5	Waleska	Aerodinámica	Caroceria	Todos los artículos en el formulario de inspección deben ser claramente visibles a los inspectores técnicos sin necesidad de utilizar instrumentos como los endoscopios o espejos. Para lograr esto se pueden eliminar paneles de la carrocía o colocar paneles de acceso extraíbles.			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.2	Waleska	Configuración del vehículo	Estructura general	La estructura del vehículo debe incluir dos roll hoops que se apoyan, un bulkhead delantero con sistema de apoyo e impacto atenuador, y las estructuras de impacto lateral.			Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.4.1	Waleska	Chasis	Estructura general	La estructura principal del vehículo debe ser construido de: tubo redondo, suave o de aleación de acero, con un mínimo de 0.1% de carbono, con las dimensiones mínimas especificadas. (Ver tabla en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág. 26-27)		T3.4	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.4.1.4	Waleska	Chasis	Estructura general	Las propiedades del acero de referencia utilizada para los cálculos que se presentarán en un SES no podrán ser inferiores a las siguientes: Flexión y pandeo cálculos de resistencia. Módulo de Young (E) = 200 GPa (29.000 ksi) Rendimiento Fuerza (Sy) = 305 MPa (44.2 MPa) Resistencia límite (Sb) = 365 MPa (52.9 MPa) Soldada puntos de fijación monocasco o tubo soldado cálculos conjuntos: Resistencia Fuerza (Sy) = 180 MPa (26ksi) Resistencia límite (Sb) = 300 MPa (43.5 MPa) Cuando se requieran refuerzos de tubos con costura (por ejemplo, inserciones de agujeros de los tornillos o materiales para apoyar los recortes de suspensión) de la tubería debe conservarse la fuerza laminada en frío línea de base durante el uso de la fuerza soldado para el material de refuerzo adicional.		T3.4	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.10.1	Waleska	Chasis	Main and Front Roll Hoops	La Cabeza y las manos del conductor no deben ponerse en contacto con el suelo en cualquier actitud de vuelco.		T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.10.2	Waleska	Chasis	Main and Front Roll Hoops	El marco debe incluir el Main Hoop y Front Hoop (Ver figura en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág. 32)		T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado

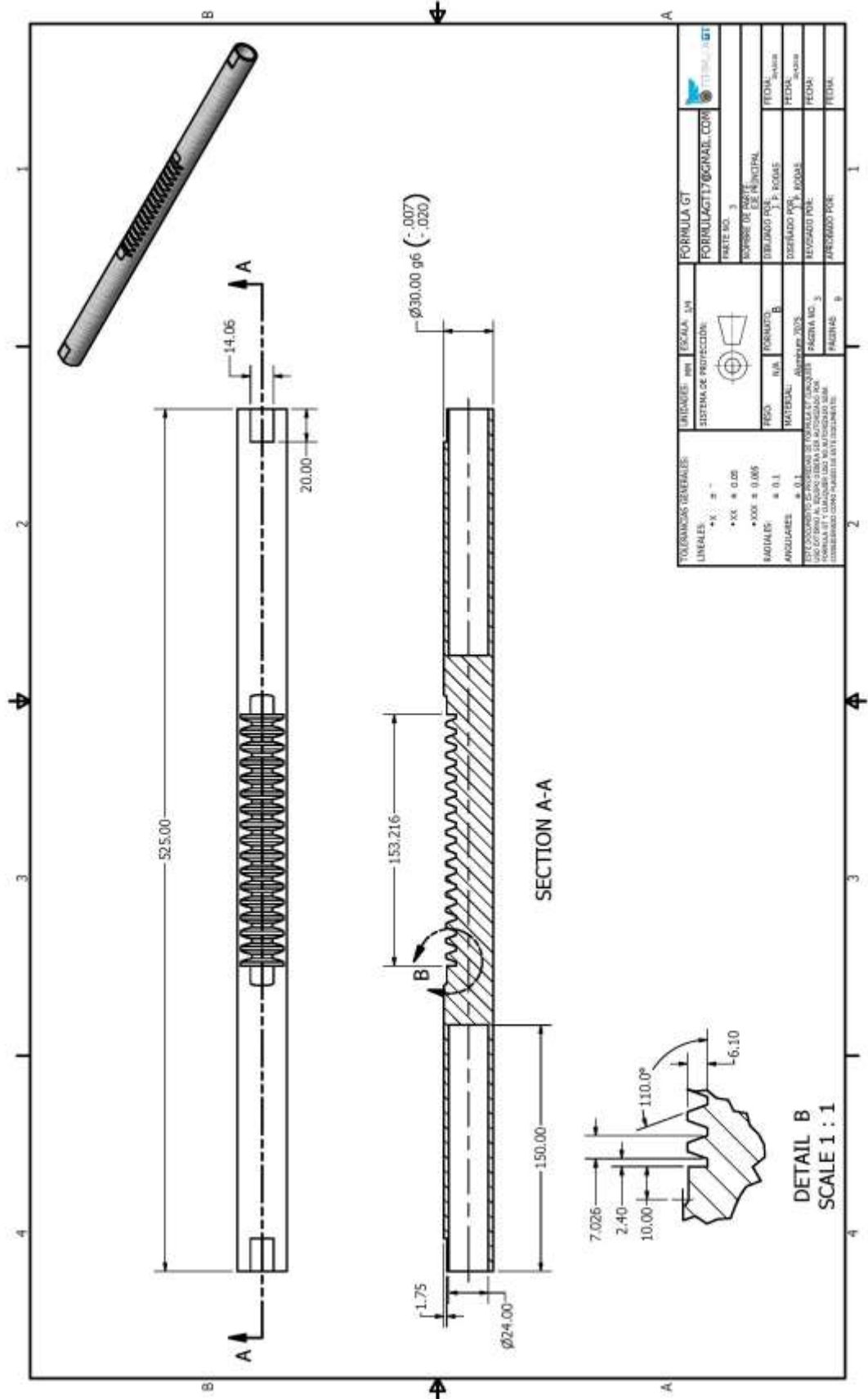
T3.10.3.2	Waleska	Chasis	Main and Front Roll Hoops	<p>Cuando el conductor esté sentado normalmente y tenga colocado el sistema de sujeción del conductor, el casco de un hombre del percentil 95 (datos antropométricos) y todos los pilotos del equipo debe: Tener un mínimo de 50.8 mm (2 pulgadas) de la línea recta trazada desde la parte superior del main hoop al extremo inferior del main hoop bracing si el bracing se extiende hacia atrás. (Ver figura en el reglamento de Fórmula SAE 2015, Pág 32)</p>	T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.10.3.3	Waleska	Chasis	Main and Front Roll Hoops	<p>Cuando el conductor esté sentado normalmente y tenga colocado el sistema de sujeción del conductor, el casco de un hombre del percentil 95 (datos antropométricos) y todos los pilotos del equipo debe: No debe haber más hacia atrás que la superficie trasera del arco principal, si el main hoop bracing se extiende hacia delante. (Ver figura en el reglamento de Fórmula SAE 2015, Pág 32)</p>	T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.10.4	Waleska	Chasis y Asiento	Main and Front Roll Hoops	<p>El piloto se debe posicionar con: A) El asiento se puede ajustar a la posición más retrasada. B) Los pedales se colocarán en la posición más adelantada. C) La parte inferior 200 mm del círculo será colocado en la parte inferior del asiento de tal manera que la distancia entre el centro de este círculo y la parte más retrasada de los pedales no es inferior a 915 mm (36 pulgadas). D) La media del círculo de 200mm, que representa a los hombros, se colocará en el asiento trasero. E) El círculo superior de 300 mm se posicionará no más de 25.4 mm (1 pulgada) del reposacabezas (es decir, donde normalmente se encuentra el casco del conductor durante el manejo). (Ver figura en el reglamento de Fórmula SAE 2015, Pág 33)</p>	T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.10.7	Waleska	Chasis	Main and Front Roll Hoops	<p>El radio mínimo de cualquier curva, medida en la línea central del tubo, debe ser al menos tres veces el tubo de diámetro exterior. Las Curvas debe ser lisas y continua</p>	T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.10.8	Waleska	Chasis	Main and Front Roll Hoops	<p>El main hoop y front hoop deben integrarse de forma segura en la estructura primaria mediante triangulación adecuada.</p>	T3.10	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.11.1	Waleska	Chasis	Main Hoop	<p>El Main Hoop debe ser construido de una sola pieza de sección cerrada sin contar la tubería, continuo, acero por regla T3.4.1.</p>	T3.11	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.11.3	Waleska	Chasis	Main Hoop	<p>El Main Hoop debe extenderse desde el Frame member más bajo a un lado del marco, arriba, sobre y abajo del Frame member más bajo del otro lado del marco.</p>	T3.11	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.11.4	Waleska	Chasis	Main Hoop	<p>En la vista lateral del vehículo, la parte del Main Roll Hoop que se encuentra por encima de su punto de fijación a la Major Structure of the frame (el punto donde se une a la parte superior del tubo de impacto lateral) debe estar dentro de los diez grados (10 °) de la vertical.</p>	T3.11	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.11.5	Waleska	Chasis	Main Hoop	<p>En la vista lateral del vehículo, cualquier curva en el Main Roll Hoop por encima de su punto de fijación a la Major Structure of the frame deberá tener un soporte a un nodo de la estructura del Main Hoop Bracing. La estructura debe ser con los requerimientos del Roll Hoop Bracing T3.4.1</p>	T3.11	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.11.6	Waleska	Chasis	Main Hoop	<p>En la vista lateral del vehículo, la porción del Main Roll Hoop que se encuentra por debajo del punto de fijación del miembro de impacto lateral superior puede estar inclinado en cualquier ángulo respecto a la vertical en la dirección hacia adelante, pero, sólo puede estar inclinada hacia atrás dentro de diez grados (10 °) de la vertical.</p>	T3.11	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.11.7	Waleska	Chasis	Main Hoop	<p>En la vista frontal del vehículo, los elementos verticales del Main Hoop deben ser de al menos 380 mm (15 pulgadas) de distancia (dentro de la dimensión) en el lugar donde el Main Hoop está unida a los tubos inferiores de la Major Structure of the frame .</p>	T3.11	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.12.1	Waleska	Chasis	Front Hoop	<p>El Front Hoop debe estar contruido con la sección de tubo metálico cerrado, mostrado en la regla T3.4.1</p>	T3.12	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.12.2	Waleska	Chasis	Front Hoop	<p>El Front Hoop debe extenderse desde el Frame Member más bajo, sobre un lado del marco, arriba, sobre y abajo del Frame Member más bajo del otro lado del marco.</p>	T3.12	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado

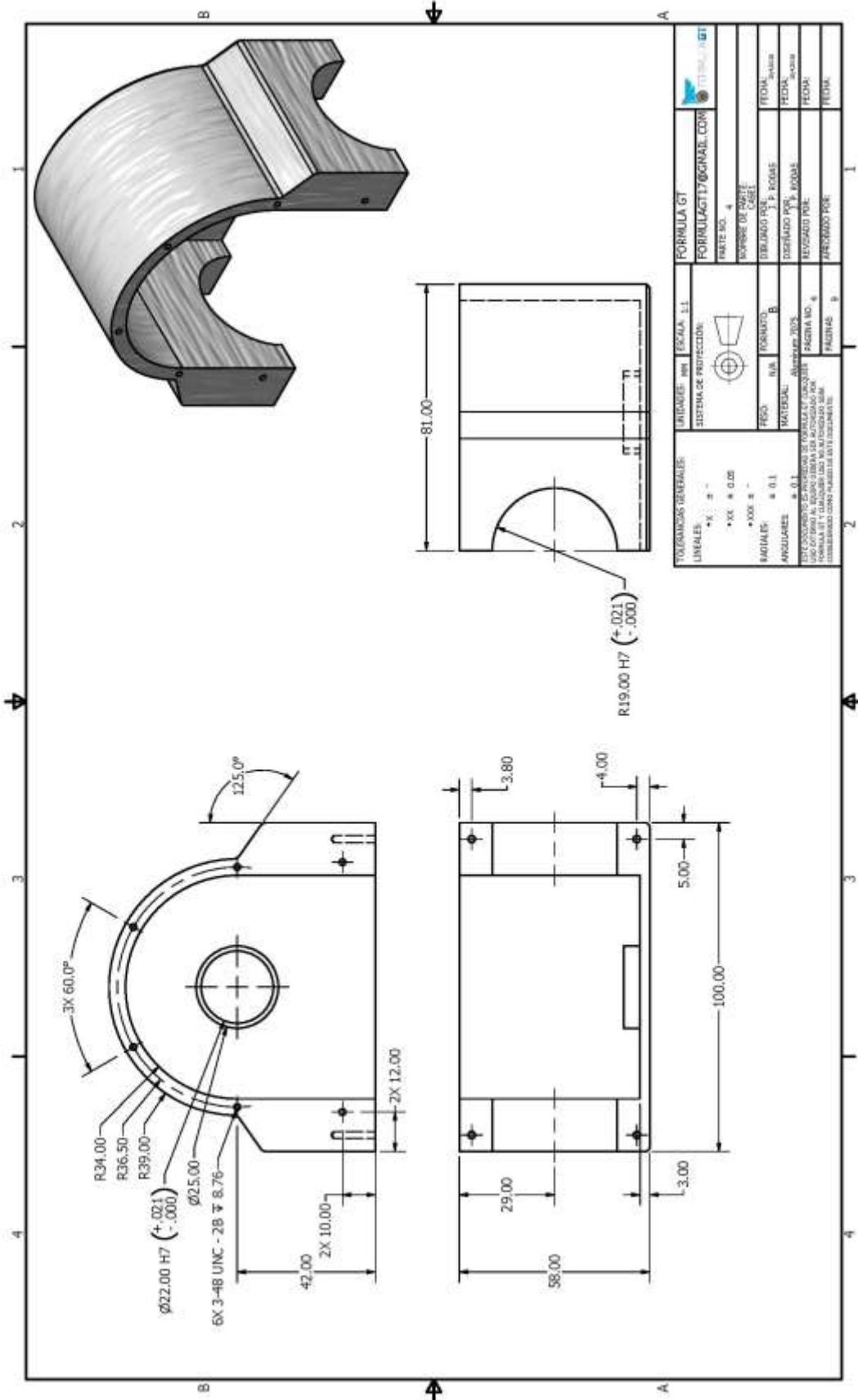
T3.12.2	Waleska	Chasis	Front Hoop	El Front Hoop debe extenderse desde el Frame Member más bajo, sobre un lado del marco, arriba, sobre y abajo del Frame Member más bajo del otro lado del marco.	T3.12	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.12.3	Waleska	Chasis	Front Hoop	Con triangulación adecuada, es permisible fabricar el Front Hoop de más de una pieza de tubo.	T3.12	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.12.4	Waleska	Chasis	Front Hoop	La superficie superior del Front Hoop no debe ser inferior a la parte superior del volante en cualquier posición angular	T3.12	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.12.5	Waleska	Chasis	Front Hoop	El Front Hoop debe ser de no más de 250mm (9.8 pulgadas) hacia adelante del volante. Esta distancia se medirá horizontalmente, en la línea central del vehículo, desde la superficie trasera del Front Hoop a la superficie del volante, con el volante en posición de marcha recta	T3.12	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.12.6	Waleska	Chasis	Front Hoop	En vista lateral, ninguna parte del Front Hoop se puede inclinar en más de veinte grados (20 °) respecto a la vertical.	T3.12	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.1	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	El Main Hoop braces debe ser contruido de tubos de acero de sección cerrada por la regla T3.4.1	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.2	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	El Main Hoop debe ser sostenido por dos apoyos que se extienden en la dirección hacia delante o hacia atrás, tanto al lado derecho e izquierdo del Main Hoop	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.3	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	En la vista lateral del marco el Main Hoop y el Main Hoop braces no deben estar en el mismo lado de la línea vertical a través de la parte superior del Main Hoop, es decir, si el Main Hoop se inclina hacia adelante, los apoyos debe ser hacia delante del Main Hoop, y si el Main Hoop se inclina hacia atrás, los apoyos deben ser hacia atrás del arco principal.	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.4	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	El Main Hoop braces debe estar adjunto lo más cerca posible de la parte superior del Main Hoop, pero no más de 160mm (6.3 pulgadas) por debajo de la superficie superior del Main Hoop. El ángulo formado por el Main Hoop y el Main Hoop braces debe ser al menos de treinta grados (30°) (Ver figura en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág 35)	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.5	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	Los Main Hoop braces deben ser rectos, es decir sin ningún tipo de curvas	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.7	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	El extremo inferior del Main Hoop Braces debe ser apoyado de nuevo al Main Hoop por un mínimo de dos Frame Members en cada lado del vehículo. Un Miembro superior y uno inferior en una triangulación adecuada. A) El miembro de soporte superior debe unir al nodo en el que la parte superior del Side impact member se une al Main Hoop. B) El miembro de soporte inferior debe unir al nodo donde se une el Side impact member inferior hasta el Main Hoop.	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.13.8	Waleska	Chasis	Main Hoop Bracing	Todos los elementos que conforman el Main Hoop Bracing deberán estar contruidos con tubos de sección cerrada debos por la regla T3.4.1	T3.13	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.14.1	Waleska	Chasis	Front Hoop Bracing	El Front Hoop braces debe ser contruido de material dado por la regla T3.4.1	T3.14	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.14.1	Waleska	Chasis	Front Hoop Bracing	El Front Hoop debe ser sostenido por dos apoyos que se extienden en dirección de avance tanto en el lado derecho como en el izquierdo del Front Hoop	T3.14	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.14.3	Waleska	Chasis	Front Hoop Bracing	El Front Hoop braces debe ser contruido de tal manera que se protejan las piernas del conductor y debe extenderse la estructura hasta la parte delantera de los pies delconductor	T3.14	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.14.4	Waleska	Chasis	Front Hoop Bracing	El Front Hoop braces debe estar junto lo más cerca posible del Front Hoop pero no más de 50.8mm (2 pulgadas) por debajo de la superficie del Front Hoop. (Ver figura en el reglamento de Formula SAE 2015, Pág 35)	T3.14	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado
T3.14.5	Waleska	Chasis	Front Hoop Bracing	Si el Front Hoop se inclina hacia atrás en más de diez grados (10°) respecto a la vertical, debe ser apoyado por refuerzos adicionales en la parte trasera. Este refuerzo debe ser contruido de material dado por la regla T3.4.1	T3.14	-	Pendiente	2015/16 formula SAE rules	No completado

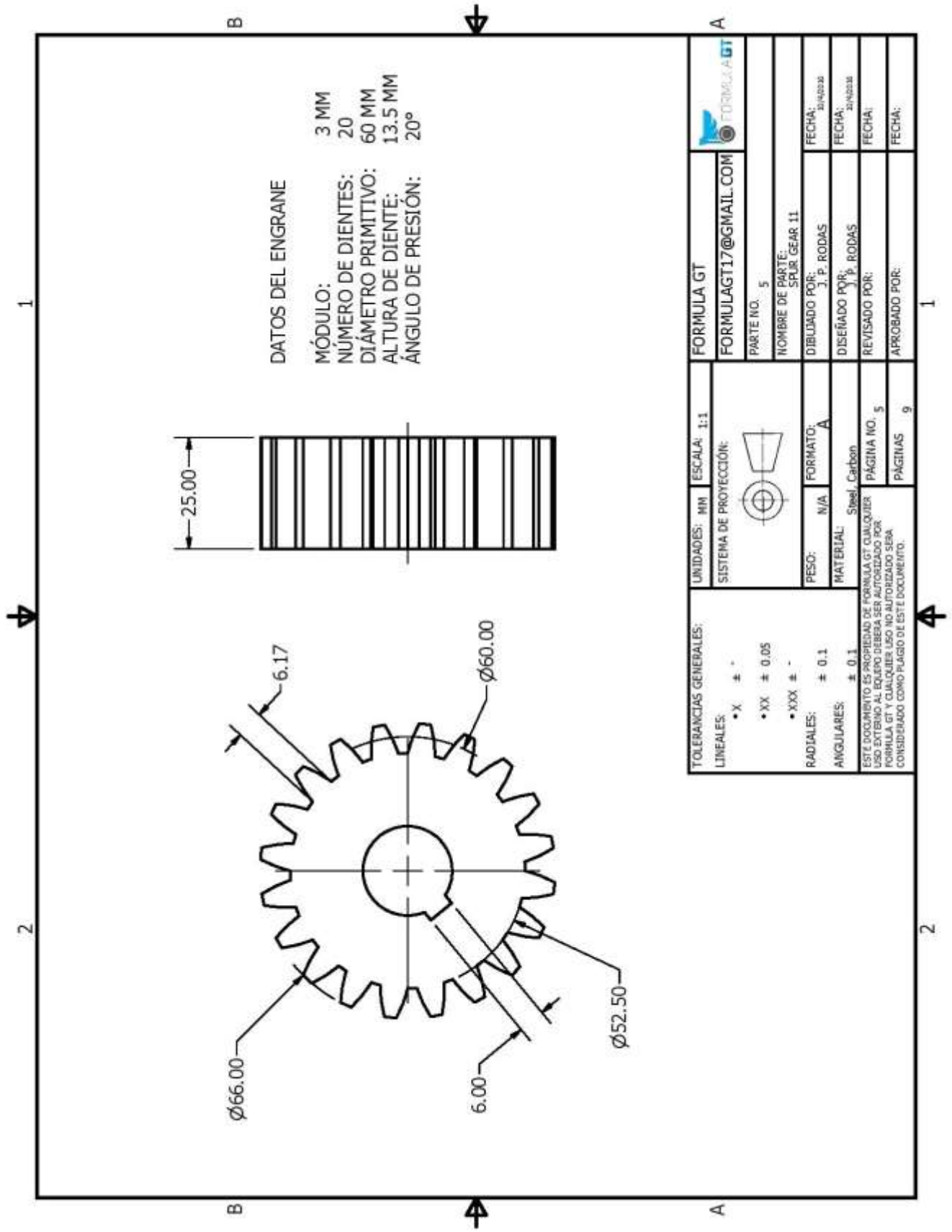
T3.14.5	Waleska	Chasis	Front Hoop Bracing	Si el Front Hoop se inclina hacia atrás en más de diez grados (10°) respecto a la vertical, debe ser apoyado por refuerzos adicionales en la parte trasera. Este refuerzo debe ser continuo de material dado por la regla T3.4.1	T3.14	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.18.1	Waleska	Chasis	Frontal Impact Structure	Los pies y las piernas del conductor deben estar completamente contenidos dentro del Major Structure of the Frame. Mientras los pies del conductor están tocando los pedales, en vistas laterales y frontales, ninguna parte de los pies o las piernas del conductor puede extenderse por encima o fuera del Major Structure of the Frame.	T3.18	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.18.2	Waleska	Chasis	Frontal Impact Structure	Adelante del Front Bulkhead debe haber un atenuador de impacto de absorción de energía	T3.18	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.19.1	Waleska	Chasis	Bulkhead	El bulkhead debe ser continuo con el tubo de sección cerrada dado por la regla T3.4.1	T3.19	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.19.2	Waleska	Chasis	Bulkhead	A excepción de lo permitido por T3.19.3, The Front Bulkhead debe estar situado por delante de todos los objetos que no se rompen, por ejemplo, baterías, cilindros maestros, depósitos hidráulicos.	T3.19	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.19.3	Waleska	Chasis	Bulkhead	El front bulkhead debe estar ubicado de tal manera que las plantas de los pies del conductor, al tocar los pedales pero no presionándolos, están antrás del plano del bulkhead. (Este plano está definido por la superficie más adelantada de la tubería) Pedales ajustables deben estar en la posición más adelante.	T3.19	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.20.1	Waleska	Chasis	Front Bulkhead Support	El front bulkhead debe integrarse de forma segura dentro del Frame	T3.20	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.20.2	Waleska	Chasis	Front Bulkhead Support	El Front Bulkhead debe ser apoyado de nuevo al Front Roll Hoop por un mínimo de tres Frame Members en cada lado del vehículo, un superior, un inferior y un soporte en diagonal para proporcionar la triangulación.	T3.20	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.20.2.1	Waleska	Chasis	Front Bulkhead Support	El apoyo superior debe fijarse dentro de 50mm (2") de la superficie del Front Bulkhead, y se debe unir al Front Roll Hoop dentro de una zona que se extiende 100mm (4") por encima y 50mm (2") por debajo del Upper Side impact member. Si el upper support member está a más de 100mm (4") por encima del Upper side impact member, entonces se requiere de un refuerzo triangular adecuado para transferir la carga a la unión del Upper side impact member al Front Roll Hoop.	T3.20	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.20.2.2	Waleska	Chasis	Front Bulkhead Support	El apoyo inferior se debe unir a la base del Front bulkhead y a la base del Front Roll Hoop	T3.20	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.20.2.3	Waleska	Chasis	Front Bulkhead Support	El apoyo diagonal debe triangular adecuadamente el apoyo superior y el inferior	T3.20	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.20.3	Waleska	Chasis	Front Bulkhead Support	Todos Frame Members del front bulkhead support system deben ser continuos con tubos de sección cerrada dados en la sección T3.4.1	T3.20	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.21.1	Waleska	Chasis	Impact Attenuator	El impact attenuator debe ser: A) instalado delante del Front bulkhead. B) Por lo menos 200mm (7.8 pulgadas) de largo, con su longitud orientado a lo largo del primer plano / eje longitudinal del marco. C) Por lo menos 100mm (3.9 pulgadas) de alto y 200mm (7.8 pulgadas) de ancho para una distancia mínima de 200mm (7.8 pulgadas) delante del Front bulkhead. D) De tal manera que no pueda penetrar el Front bulkhead en el caso de un impacto. E) Se adjunta de forma segura y directa al Front Bulkhead y no por ser parte de la carrocería no estructural.	T3.21	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.21.2	Waleska	Chasis	Impact Attenuator	En todos los vehículos, un 1,5mm (0.060 in) de acero soldado o 4,0 mm (0.157 in) de aluminio soldado placa anti-intrusión deben integrarse en el impact attenuator. Si el impact attenuator y la placa anti-intrusión están atornillados al Front Bulkhead, Si está soldado al Front Bulkhead, debe extenderse por lo menos a la línea central del tubo del Front Bulkhead en todas direcciones.	T3.21	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.21.3	Waleska	Chasis	Impact Attenuator	Si el ensamble del Impact Attenuator no se integra con el Frame, es decir, soldado, un mínimo de cuatro (4) 8mm grado métrico 8.8 (5/16 pulgadas SAE Grade 5) Pernos deben adjuntar el Impact Attenuator al Front Bulkhead.	T3.21	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado
T3.21.4	Waleska	Chasis	Impact Attenuator	La unión de ensamblaje del Impact Attenuator debe ser continuo para proporcionar una trayectoria de carga adecuada para cargas transversales y verticales en el caso de descentrado y fuera del eje de impacto. Nota: Atenuadores de espuma segmentadas deben tener los segmentos unidos entre sí para evitar deslizamiento o parallelogramming.	T3.21	Pendiente	2015/16 fórmula SAE rules	No completado

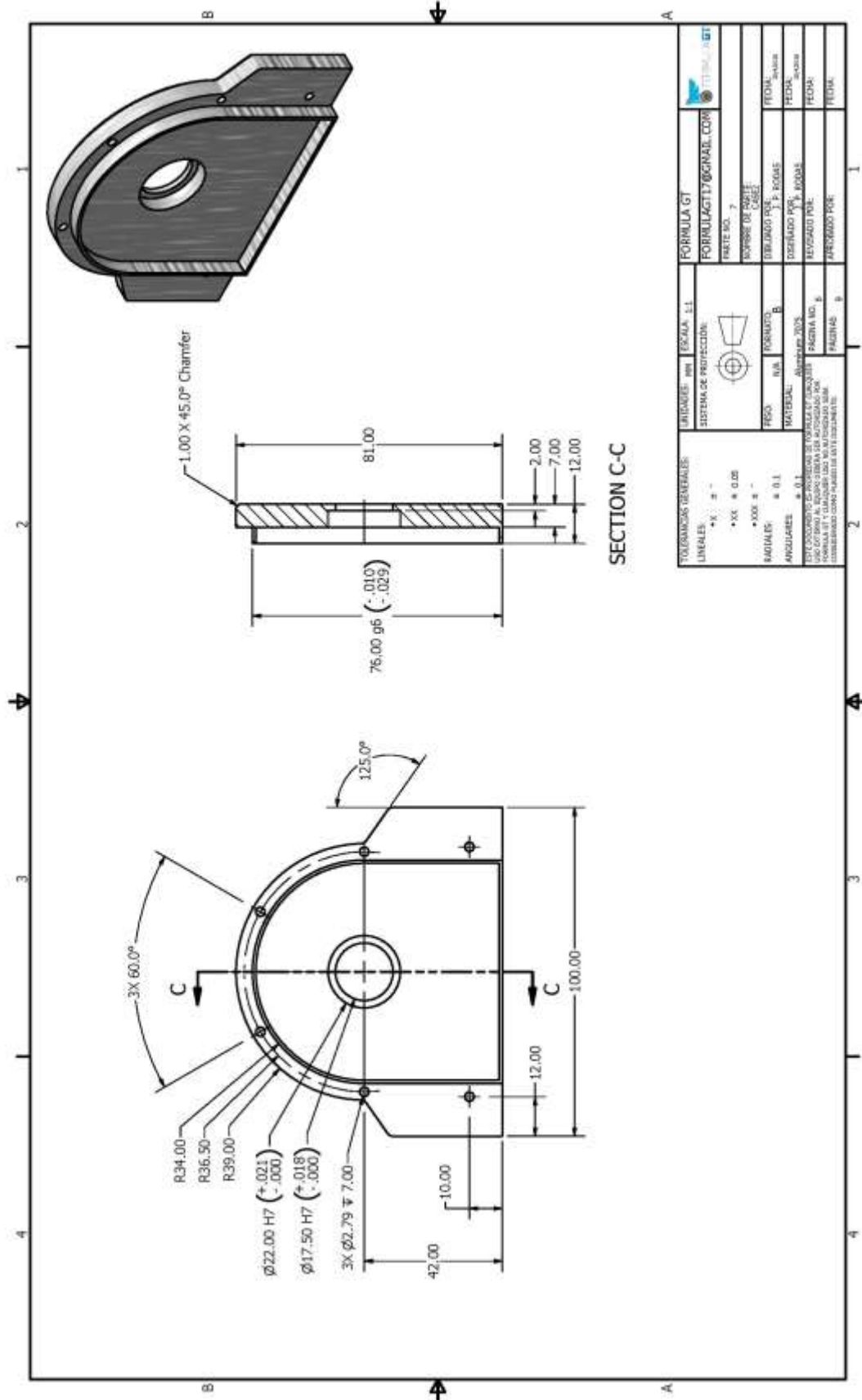


TOLERANCIAS GENERALES:		FORMULA GT	
LINIALES	•A• ± 0.1	FORMULA GT	
	•XX• ± 0.05	FORMULAGT17@GMAIL.COM	
	•XXX• ± 0.1	FOYTE NO. 2	
RADIALES	•XX• ± 0.1	FORMULA DE BORTE	
ANGULARES	•XX• ± 0.1	CAMISA EXTERIOR	
ESTE DISEÑO ES PROPIEDAD DE FORMULAS GTCOMERCIAL Y FARMACIA GTCOMERCIAL. ESTE DOCUMENTO SE ENTREGA SIN GARANTIA DE NINGUN TIPO Y FARMACIA GTCOMERCIAL NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DAÑOS QUE PUEDAN OCURRIR COMO CONSECUENCIA DEL USO DE ESTE DOCUMENTO.		DIBUJADO POR: J.P. RODAS	
		REVISADO POR: J. AGUIAR	
		FECHA: 10/05/2016	
		FECHA: 10/05/2016	
		FECHA: 10/05/2016	
		FECHA: 10/05/2016	



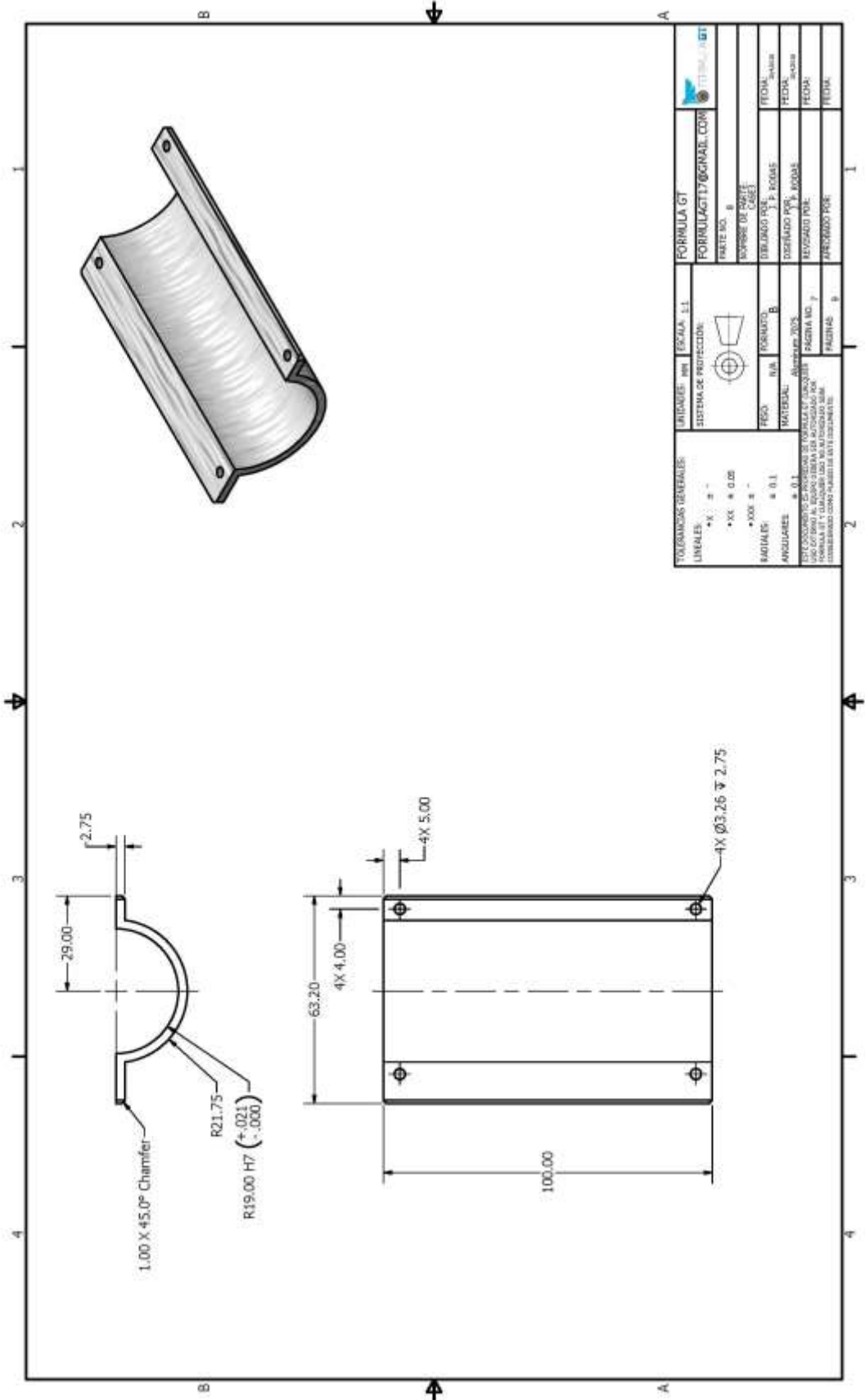


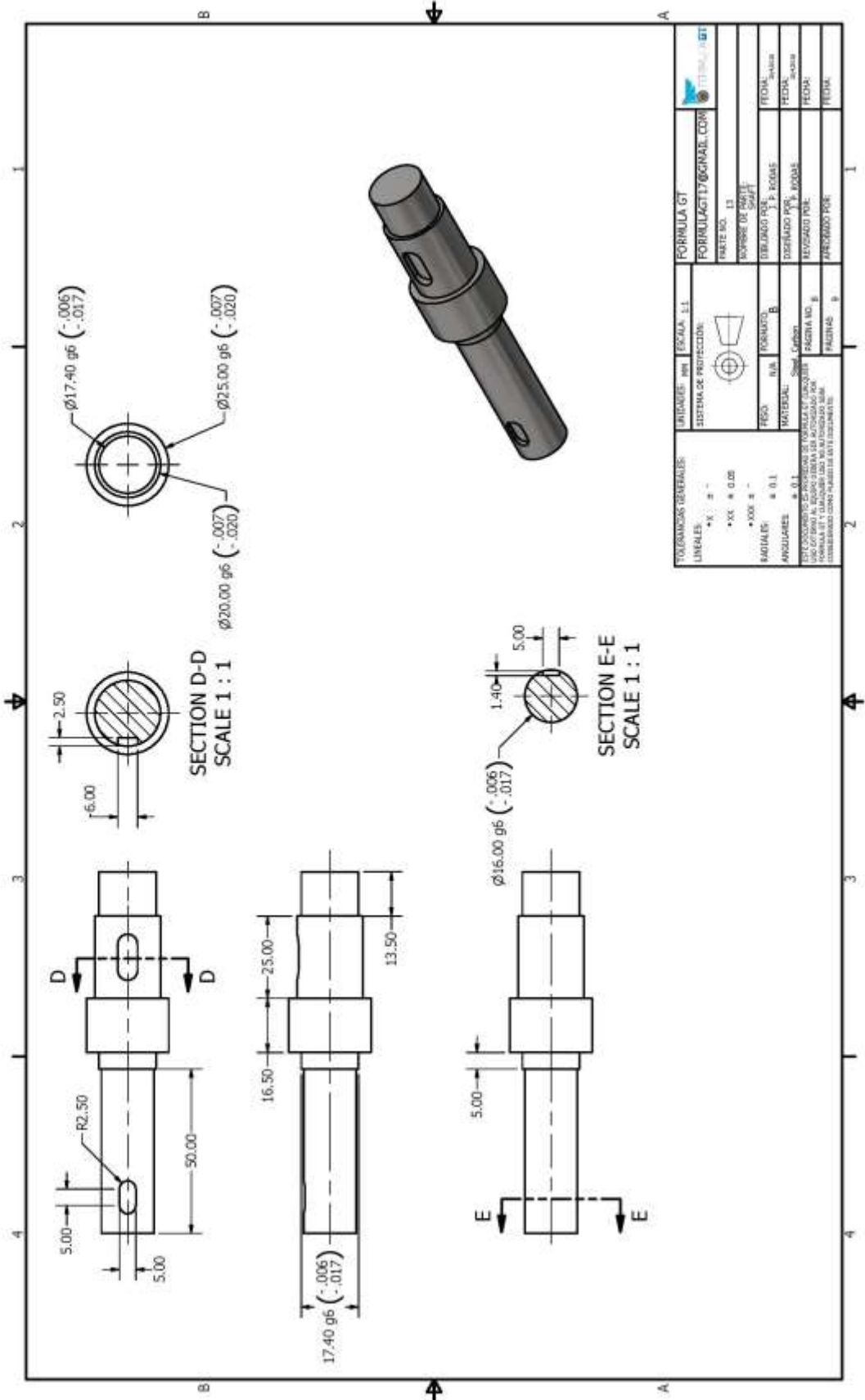


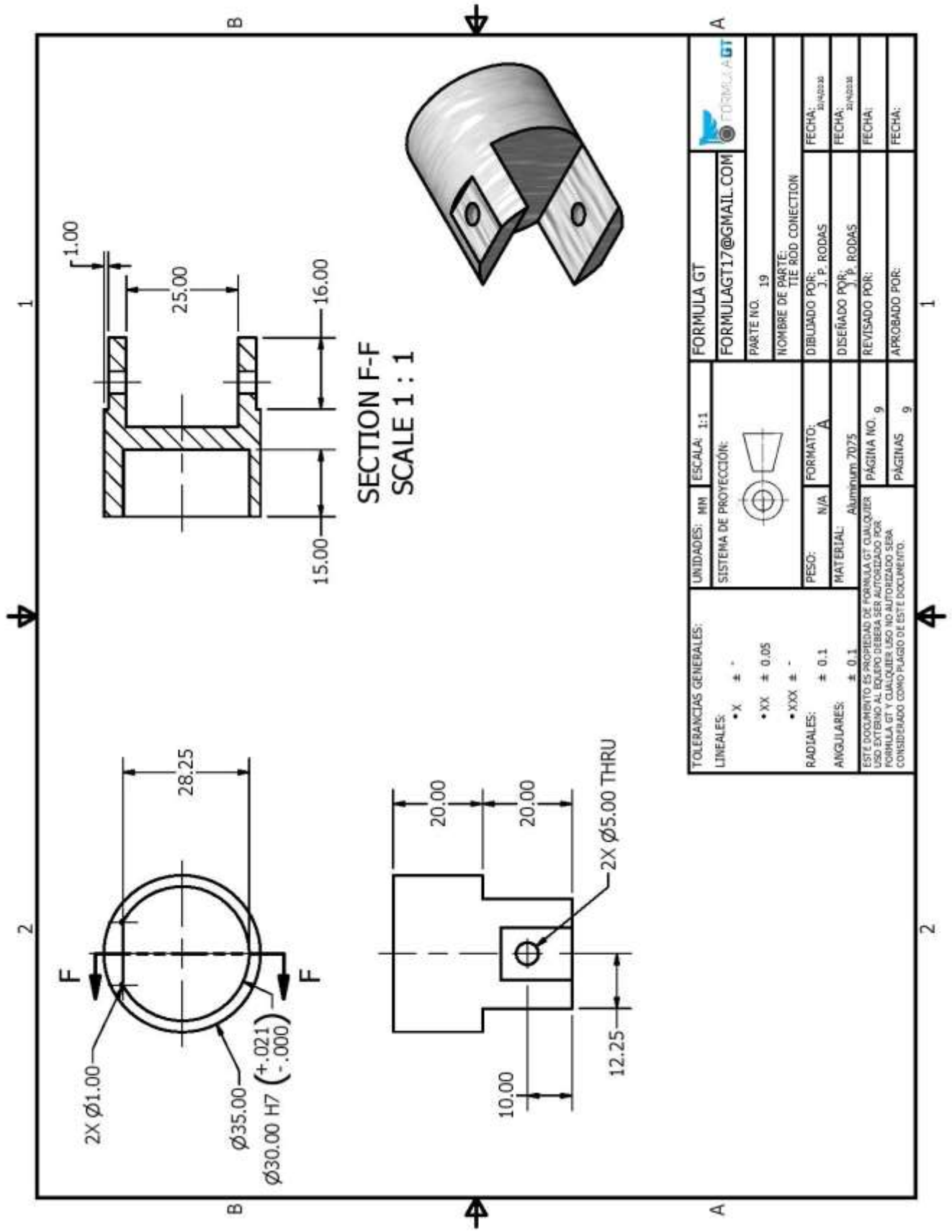


SECTION C-C

TOLERANCIAS GENERALES:		UNIDADES:	ESCALA:	FORMULA GT	
LINIALES:	+X	mm	1:1	FORMULA GT	FORMULA GT
	-X			FORMULAGT17@GMAIL.COM	FORMULAGT17@GMAIL.COM
	XX			TIPO DE PROTECCION:	TIPO DE PROTECCION:
	XXX			FORMA:	FORMA:
RADIALES:	+XXX			MATERIAL:	MATERIAL:
	-XXX			Aluminum 7025	Aluminum 7025
ANGULARES:	+0.1			PAGINA NO.:	PAGINA NO.:
	-0.1			Aluminum 7025	Aluminum 7025
TODAS LAS DIMENSIONES DE MATERIALES Y ANGULOS SE TOMARAN DE LOS DISEÑOS DE FABRICACION A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.		TODAS LAS DIMENSIONES DE MATERIALES Y ANGULOS SE TOMARAN DE LOS DISEÑOS DE FABRICACION A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.		REVISADO POR:	REVISADO POR:
DISEÑADO POR:		DISEÑADO POR:		APROBADO POR:	APROBADO POR:
FORMULA GT		FORMULA GT		FECHA:	FECHA:
FORMULA GT		FORMULA GT		FECHA:	FECHA:
FORMULA GT		FORMULA GT		FECHA:	FECHA:







SECTION F-F
SCALE 1 : 1

TOLERANCIAS GENERALES: LINEALES: • X ± - • XX ± 0.05 • XXX ± - RADIALES: ± 0.1 ANGULARES: ± 0.1		UNIDADES: MM ESCALA: 1:1 SISTEMA DE PROYECCION: 	FORMULA GT FORMULAGT17@GMAIL.COM PARTE NO. 19 NOMBRE DE PARTE: TIE ROD CONNECTION	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE FORMULA GT CUALQUIER USO EXTERNO AL QUELLO DEBERA SER AUTORIZADO POR FORMULA GT Y CUALQUIER USO NO AUTORIZADO SERA CONSIDERADO COMO PLAGIO DE ESTE DOCUMENTO.		PESO: N/A MATERIAL: Aluminum 7075	DIBUJADO POR: J. P. RODAS DISEÑADO POR: J. P. RODAS REVISADO POR: APROBADO POR:	FECHA: 21/03/2018 FECHA: 21/03/2018 FECHA: FECHA:
PÁGINA NO. 9 PÁGINAS 9				

Códigos disponibles para descarga en:

<https://www.dropbox.com/sh/k65j0taiou7nar0/AADTS0X-30rR43CMWGUOTWQ7a?dl=0>

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c
**
* File: ControlEncendido.c
* Author: Andrea
*
* Created on: 18 de septiembre de 2010, 11:18:00
**

#include <stdio.h>
#include <stdint.h>

#include <math.h>
#include <string.h>
#include <stdbool.h>

// Always modify statements inside macros instead of files directly.
// Use proper macros instead of macros for ON and OFF.

// CONFIG
#define FREQ 1 // Hz frequency definition (divided by 2 if the oscillator input)
#define CPU_FREQ 100 // System Clock Frequency definition (divided by 1000000000 if the oscillator input)
#define CPU_FREQ 1 // Hz Clock Selection bit (used in Full-Speed mode only) CPU_FREQ = 1 (CPU clock source comes directly from the pins)

// OSCILLATOR
#define CPU_FREQ 100 // Oscillator Selection bits (0: oscillator, 1: enables OSCILL)
#define CPU_FREQ 100 // Full-Speed Clock Selection Enable bit (Full-Speed Clock Selection disabled)
#define CPU_FREQ 100 // Internal/External Oscillator Disconnection bit (Oscillator Disconnection mode disabled)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Power-up Reset Enable bit (CPU disabled)
#define CPU_FREQ 100 // Brown-out Reset Enable bit (Brown-out Reset enabled to hardware only (BORR) is disabled)
#define CPU_FREQ 100 // Brown-out Reset Voltage Value (Hardware setting)
#define CPU_FREQ 100 // BOD Voltage Regulator Enable bit (BOD voltage regulator disabled)

// WATCHDOG
#define CPU_FREQ 100 // Watchdog Timer Enable bit (WDT disabled)
#define CPU_FREQ 100 // Watchdog Timer Reload Value (WDT reload)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // CPU WDT bit (WDT input/output is multiplexed with A/D)
#define CPU_FREQ 100 // CPU WDT Enable bit (PCWDTCR) plus are configured as active input (enable on reset)
#define CPU_FREQ 100 // Low-Power Timer 1 Oscillator Enable bit (Timer configuration for highest power operation)
#define CPU_FREQ 100 // WDT Enable bit (WDT bit enabled) WDT timer bit disabled)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Sleep Full/NoSleep Sleep Enable bit (Sleep Full/NoSleep will occur Sleep)
#define CPU_FREQ 100 // Single-Supply USB Enable bit (Single-Supply USB disabled)
#define CPU_FREQ 100 // Dedicated In-Circuit Debug/Emulation Port (ICDAP) Enable bit (ICDAP disabled)
#define CPU_FREQ 100 // Extended Instruction Set Enable bit (Instruction set normally not enabled) (Security mode)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Code Protection bit (Block 0 (00000-01FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Code Protection bit (Block 1 (02000-03FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Code Protection bit (Block 2 (04000-05FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Code Protection bit (Block 3 (06000-07FFFF) is not write-protected)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Boot Block Code Protection bit (Boot Block 00000-01FFFF is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Data EEPROM Code Protection bit (Data EEPROM is not write-protected)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Write Protection bit (Block 0 (00000-01FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Write Protection bit (Block 1 (02000-03FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Write Protection bit (Block 2 (04000-05FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Write Protection bit (Block 3 (06000-07FFFF) is not write-protected)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Configuration Register Write Protection bit (Configuration registers 00000-01FFFF) are not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Boot Block Write Protection bit (Boot Block 00000-01FFFF) is not write-protected)
#define CPU_FREQ 100 // Data EEPROM Write Protection bit (Data EEPROM is not write-protected)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Table Read Protection bit (Block 0 (00000-01FFFF) is not protected from table reads executed in write mode)
#define CPU_FREQ 100 // Table Read Protection bit (Block 1 (02000-03FFFF) is not protected from table reads executed in write mode)
#define CPU_FREQ 100 // Table Read Protection bit (Block 2 (04000-05FFFF) is not protected from table reads executed in write mode)
#define CPU_FREQ 100 // Table Read Protection bit (Block 3 (06000-07FFFF) is not protected from table reads executed in write mode)

// CPU
#define CPU_FREQ 100 // Boot Block Table Read Protection bit (Boot Block 00000-01FFFF) is not protected from table reads executed in write mode)

#define _NDA_ 00000000

```


C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

RUMORAS = RUMORAS + 00111111 //Limpieza de buzones
FOTODIAG_BRE = 1 //Indicador de estado de los sensores de buzones
RUMORAS = RUMORAS + 00111111 //Reseteo de buzones para sensores de buzones

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

BOMBAS = BOMBAS + BOMBAS1 //Limpia la bomba
POTENCIA_AIR = 1 //Indicador de potencia de los sensores de las bombas
BOMBAS = BOMBAS + BOMBAS1 //Reseteo la bomba para evitar la bomba

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```


C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

TIMING = TIMING + k*(VRL_MOTORS*2.0)*VTR_MOTOR_C1);
VTR_MOTOR_C1++;
VTR_MOTOR_C1 = 1;
}

while(
//En todo momento, siempre avanzo el timing por parte de 2°
TIMING = TIMING + k*(VRL_MOTORS*2.0)*VTR_MOTOR_C1);
VTR_MOTOR_C1++;
VTR_MOTOR_C1 = 1;
}

}

}

//en 4º (VTR_MOTOR == 4)
if(MOTOR_C1 == 4) //Siempre, avanzar el bus control a su
//En su implementación el control del bus para el cilindro 1
//Avanzar el de hecho, sólo tiene para el bus cilindro de el cilindro anterior
if(MOTOR_C1 == 4) //Si
//En todo momento, siempre avanzo el timing por parte de 2°
TIMING = TIMING + k*(VRL_MOTORS*2.0)*VTR_MOTOR_C1);
VTR_MOTOR_C1++;
VTR_MOTOR_C1 = 1;
}

}

while(
//En todo momento, siempre avanzo el timing por parte de 2°
TIMING = TIMING + k*(VRL_MOTORS*2.0)*VTR_MOTOR_C1);
VTR_MOTOR_C1++;
VTR_MOTOR_C1 = 1;
}

}

}

//en 4º (VTR_MOTOR == 4)
if(MOTOR_C1 == 4) //Siempre, avanzar el bus control a su
//En su implementación el control del bus para el cilindro 1
//Avanzar el de hecho, sólo tiene para el bus cilindro de el cilindro anterior
if(MOTOR_C1 == 4) //Si
//En todo momento, siempre avanzo el timing por parte de 2°
TIMING = TIMING + k*(VRL_MOTORS*2.0)*VTR_MOTOR_C1);
VTR_MOTOR_C1++;
VTR_MOTOR_C1 = 1;
}

}

}

//en 4º (VTR_MOTOR == 4)
if(MOTOR_C1 == 4) //Siempre, avanzar el bus control a su
//En su implementación el control del bus para el cilindro 1
//Avanzar el de hecho, sólo tiene para el bus cilindro de el cilindro anterior
if(MOTOR_C1 == 4) //Si
//En todo momento, siempre avanzo el timing por parte de 2°
TIMING = TIMING + k*(VRL_MOTORS*2.0)*VTR_MOTOR_C1);
VTR_MOTOR_C1++;
VTR_MOTOR_C1 = 1;
}

}

}

```


C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

}
else if(COBT_BOTON == 0) //OFF
    TONDI = 84; //T
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 111; //P
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 129;

}

else if(COBT_BOTON == 1) //Boton de Comenzada
    TONDI = 70; //P
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 129; //A
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 129;

}

else if(COBT_BOTON == 2) //Boton del Indicador
    TONDI = 83; //T
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 129; //A
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 8_200129888;

}

else if(COBT_BOTON == 3) //Boton del Estado de Embrague
    TONDI = 61; //R
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 131; //P
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 8_131_PRRND;

}

else if(COBT_BOTON == 4) //Boton de Avance
    TONDI = 78; //D
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 138; //A
    while(TSTTIMEIN(TONDI) == 0 {}

    TONDI = 8_08138;

}

}

COBT_BOTON++;
if(COBT_BOTON == 7) //Cuando llegamos al boton que al presionarse para ser reiniciado
    COBT_BOTON = 0;
}

void TONDItoPPRNCorreo()
//Este es el correo que manda el tiempo en segundos más próximo al correcto, teniendo en cuenta los RPM del motor
//y la carga del motor en el TPI
// RPM = motor/1000
// Carga = 800/100 TPI
// Tiempo = tiempo de correo para el tiempo

//Se genera un TPI = 10000/1000
//Se genera un CORREO = 80000/1000
//CORREO = TPI * 100000

//Con los datos se genera los 8 RPM, y 8 días después se genera para determinar todos los datos

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

// por defecto se enciende "a mano"
// ENCENDIDO == 01
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 01
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 21
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 31
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 41
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 51
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 61
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 71
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 81
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 91
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 101
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 111
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 121
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 131
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 141
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 151
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 161
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 171
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 181
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 191
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 201
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 211
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 221
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 231
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 241
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 251
TIMERO = 0000;
}
// caso de ENCENDIDO == 261
TIMERO = 0000;
}

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formula SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

#408 LE (COORDINADA -- 541)
  TIERNO = 574)
  )
#409 LE (COORDINADA -- 551)
  TIERNO = 611)
  )
#410 LE (COORDINADA -- 561)
  TIERNO = 641)
  )
#411 LE (COORDINADA -- 571)
  TIERNO = 684)
  )
#412 LE (COORDINADA -- 581)
  TIERNO = 641)
  )
#413 LE (COORDINADA -- 591)
  TIERNO = 651)
  )
#414 LE (COORDINADA -- 601)
  TIERNO = 704)
  )
#415 LE (COORDINADA -- 611)
  TIERNO = 704)
  )
#416 LE (COORDINADA -- 621)
  TIERNO = 734)
  )
#417 LE (COORDINADA -- 631)
  TIERNO = 754)
  )
#418 LE (COORDINADA -- 641)
  TIERNO = 844)
  )
#419 LE (COORDINADA -- 651)
  TIERNO = 884)
  )
#420 LE (COORDINADA -- 661)
  TIERNO = 941)
  )
#421 LE (COORDINADA -- 671)
  TIERNO = 944)
  )
#422 LE (COORDINADA -- 681)
  TIERNO = 994)
  )
#423 LE (COORDINADA -- 691)
  TIERNO = 944)
  )
#424 LE (COORDINADA -- 701)
  TIERNO = 974)
  )
#425 LE (COORDINADA -- 711)
  TIERNO = 914)
  )
#426 LE (COORDINADA -- 721)
  TIERNO = 944)
  )
#427 LE (COORDINADA -- 731)
  TIERNO = 944)
  )
#428 LE (COORDINADA -- 741)
  TIERNO = 944)
  )
#429 LE (COORDINADA -- 751)
  TIERNO = 944)
  )
#430 LE (COORDINADA -- 761)
  TIERNO = 944)
  )
#431 LE (COORDINADA -- 771)
  TIERNO = 974)
  )
#432 LE (COORDINADA -- 781)
  TIERNO = 974)
  )
#433 LE (COORDINADA -- 791)
  TIERNO = 944)
  )
#434 LE (COORDINADA -- 801)
  TIERNO = 944)
  )
#435 LE (COORDINADA -- 811)
  TIERNO = 944)
  )

```

13.1 of 48

2017.06.21 22:32:13

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

TIERNO = 200)
}
else if (CONDICIONA == 821)
TIERNO = 301)
}
else if (CONDICIONA == 831)
TIERNO = 322)
}
else if (CONDICIONA == 841)
TIERNO = 322)
}
else if (CONDICIONA == 851)
TIERNO = 374)
}
else if (CONDICIONA == 861)
TIERNO = 431)
}
else if (CONDICIONA == 871)
TIERNO = 431)
}
else if (CONDICIONA == 881)
TIERNO = 431)
}
else if (CONDICIONA == 891)
TIERNO = 431)
}
else if (CONDICIONA == 901)
TIERNO = 431)
}
else if (CONDICIONA == 911)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 921)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 931)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 941)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 951)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 961)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 971)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 981)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 991)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1001)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1011)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1021)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1031)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1041)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1051)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1061)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1071)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1081)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1091)
TIERNO = 471)
}
else if (CONDICIONA == 1101)
TIERNO = 471)
}

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formula SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formula SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

*000 LE (COORDENADA -- 1000)
  TIERNO = 000
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 1200)
  TIERNO = 100
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 1400)
  TIERNO = 200
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 1600)
  TIERNO = 300
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 1800)
  TIERNO = 400
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 2000)
  TIERNO = 500
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 2200)
  TIERNO = 600
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 2400)
  TIERNO = 700
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 2600)
  TIERNO = 800
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 2800)
  TIERNO = 900
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 3000)
  TIERNO = 1000
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 3200)
  TIERNO = 1100
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 3400)
  TIERNO = 1200
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 3600)
  TIERNO = 1300
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 3800)
  TIERNO = 1400
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 4000)
  TIERNO = 1500
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 4200)
  TIERNO = 1600
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 4400)
  TIERNO = 1700
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 4600)
  TIERNO = 1800
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 4800)
  TIERNO = 1900
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 5000)
  TIERNO = 2000
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 5200)
  TIERNO = 2100
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 5400)
  TIERNO = 2200
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 5600)
  TIERNO = 2300
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 5800)
  TIERNO = 2400
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 6000)
  TIERNO = 2500
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 6200)
  TIERNO = 2600
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 6400)
  TIERNO = 2700
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 6600)
  TIERNO = 2800
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 6800)
  TIERNO = 2900
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 7000)
  TIERNO = 3000
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 7200)
  TIERNO = 3100
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 7400)
  TIERNO = 3200
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 7600)
  TIERNO = 3300
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 7800)
  TIERNO = 3400
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 8000)
  TIERNO = 3500
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 8200)
  TIERNO = 3600
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 8400)
  TIERNO = 3700
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 8600)
  TIERNO = 3800
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 8800)
  TIERNO = 3900
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 9000)
  TIERNO = 4000
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 9200)
  TIERNO = 4100
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 9400)
  TIERNO = 4200
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 9600)
  TIERNO = 4300
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 9800)
  TIERNO = 4400
  ;
*000 LE (COORDENADA -- 10000)
  TIERNO = 4500
  ;

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

TIERNO = 170
}
*109 IF (CONDICIONA = 104)
TIERNO = 182
}
*108 IF (CONDICIONA = 103)
TIERNO = 205
}
*107 IF (CONDICIONA = 102)
TIERNO = 228
}
*106 IF (CONDICIONA = 101)
TIERNO = 251
}
*105 IF (CONDICIONA = 100)
TIERNO = 274
}
*104 IF (CONDICIONA = 99)
TIERNO = 297
}
*103 IF (CONDICIONA = 98)
TIERNO = 320
}
*102 IF (CONDICIONA = 97)
TIERNO = 343
}
*101 IF (CONDICIONA = 96)
TIERNO = 366
}
*100 IF (CONDICIONA = 95)
TIERNO = 389
}
*99 IF (CONDICIONA = 94)
TIERNO = 412
}
*98 IF (CONDICIONA = 93)
TIERNO = 435
}
*97 IF (CONDICIONA = 92)
TIERNO = 458
}
*96 IF (CONDICIONA = 91)
TIERNO = 481
}
*95 IF (CONDICIONA = 90)
TIERNO = 504
}
*94 IF (CONDICIONA = 89)
TIERNO = 527
}
*93 IF (CONDICIONA = 88)
TIERNO = 550
}
*92 IF (CONDICIONA = 87)
TIERNO = 573
}
*91 IF (CONDICIONA = 86)
TIERNO = 596
}
*90 IF (CONDICIONA = 85)
TIERNO = 619
}
*89 IF (CONDICIONA = 84)
TIERNO = 642
}
*88 IF (CONDICIONA = 83)
TIERNO = 665
}
*87 IF (CONDICIONA = 82)
TIERNO = 688
}
*86 IF (CONDICIONA = 81)
TIERNO = 711
}
*85 IF (CONDICIONA = 80)
TIERNO = 734
}
*84 IF (CONDICIONA = 79)
TIERNO = 757
}
*83 IF (CONDICIONA = 78)
TIERNO = 780
}
*82 IF (CONDICIONA = 77)
TIERNO = 803
}
*81 IF (CONDICIONA = 76)
TIERNO = 826
}
*80 IF (CONDICIONA = 75)
TIERNO = 849
}
*79 IF (CONDICIONA = 74)
TIERNO = 872
}
*78 IF (CONDICIONA = 73)
TIERNO = 895
}
*77 IF (CONDICIONA = 72)
TIERNO = 918
}
*76 IF (CONDICIONA = 71)
TIERNO = 941
}
*75 IF (CONDICIONA = 70)
TIERNO = 964
}
*74 IF (CONDICIONA = 69)
TIERNO = 987
}
*73 IF (CONDICIONA = 68)
TIERNO = 1010
}
*72 IF (CONDICIONA = 67)
TIERNO = 1033
}
*71 IF (CONDICIONA = 66)
TIERNO = 1056
}
*70 IF (CONDICIONA = 65)
TIERNO = 1079
}
*69 IF (CONDICIONA = 64)
TIERNO = 1102
}
*68 IF (CONDICIONA = 63)
TIERNO = 1125
}
*67 IF (CONDICIONA = 62)
TIERNO = 1148
}
*66 IF (CONDICIONA = 61)
TIERNO = 1171
}
*65 IF (CONDICIONA = 60)
TIERNO = 1194
}
*64 IF (CONDICIONA = 59)
TIERNO = 1217
}
*63 IF (CONDICIONA = 58)
TIERNO = 1240
}
*62 IF (CONDICIONA = 57)
TIERNO = 1263
}
*61 IF (CONDICIONA = 56)
TIERNO = 1286
}
*60 IF (CONDICIONA = 55)
TIERNO = 1309
}
*59 IF (CONDICIONA = 54)
TIERNO = 1332
}
*58 IF (CONDICIONA = 53)
TIERNO = 1355
}
*57 IF (CONDICIONA = 52)
TIERNO = 1378
}
*56 IF (CONDICIONA = 51)
TIERNO = 1401
}
*55 IF (CONDICIONA = 50)
TIERNO = 1424
}
*54 IF (CONDICIONA = 49)
TIERNO = 1447
}
*53 IF (CONDICIONA = 48)
TIERNO = 1470
}
*52 IF (CONDICIONA = 47)
TIERNO = 1493
}
*51 IF (CONDICIONA = 46)
TIERNO = 1516
}
*50 IF (CONDICIONA = 45)
TIERNO = 1539
}
*49 IF (CONDICIONA = 44)
TIERNO = 1562
}
*48 IF (CONDICIONA = 43)
TIERNO = 1585
}
*47 IF (CONDICIONA = 42)
TIERNO = 1608
}
*46 IF (CONDICIONA = 41)
TIERNO = 1631
}
*45 IF (CONDICIONA = 40)
TIERNO = 1654
}
*44 IF (CONDICIONA = 39)
TIERNO = 1677
}
*43 IF (CONDICIONA = 38)
TIERNO = 1700
}
*42 IF (CONDICIONA = 37)
TIERNO = 1723
}
*41 IF (CONDICIONA = 36)
TIERNO = 1746
}
*40 IF (CONDICIONA = 35)
TIERNO = 1769
}
*39 IF (CONDICIONA = 34)
TIERNO = 1792
}
*38 IF (CONDICIONA = 33)
TIERNO = 1815
}
*37 IF (CONDICIONA = 32)
TIERNO = 1838
}
*36 IF (CONDICIONA = 31)
TIERNO = 1861
}
*35 IF (CONDICIONA = 30)
TIERNO = 1884
}
*34 IF (CONDICIONA = 29)
TIERNO = 1907
}
*33 IF (CONDICIONA = 28)
TIERNO = 1930
}
*32 IF (CONDICIONA = 27)
TIERNO = 1953
}
*31 IF (CONDICIONA = 26)
TIERNO = 1976
}
*30 IF (CONDICIONA = 25)
TIERNO = 1999
}
*29 IF (CONDICIONA = 24)
TIERNO = 2022
}
*28 IF (CONDICIONA = 23)
TIERNO = 2045
}
*27 IF (CONDICIONA = 22)
TIERNO = 2068
}
*26 IF (CONDICIONA = 21)
TIERNO = 2091
}
*25 IF (CONDICIONA = 20)
TIERNO = 2114
}
*24 IF (CONDICIONA = 19)
TIERNO = 2137
}
*23 IF (CONDICIONA = 18)
TIERNO = 2160
}
*22 IF (CONDICIONA = 17)
TIERNO = 2183
}
*21 IF (CONDICIONA = 16)
TIERNO = 2206
}
*20 IF (CONDICIONA = 15)
TIERNO = 2229
}
*19 IF (CONDICIONA = 14)
TIERNO = 2252
}
*18 IF (CONDICIONA = 13)
TIERNO = 2275
}
*17 IF (CONDICIONA = 12)
TIERNO = 2298
}
*16 IF (CONDICIONA = 11)
TIERNO = 2321
}
*15 IF (CONDICIONA = 10)
TIERNO = 2344
}
*14 IF (CONDICIONA = 9)
TIERNO = 2367
}
*13 IF (CONDICIONA = 8)
TIERNO = 2390
}
*12 IF (CONDICIONA = 7)
TIERNO = 2413
}
*11 IF (CONDICIONA = 6)
TIERNO = 2436
}
*10 IF (CONDICIONA = 5)
TIERNO = 2459
}
*9 IF (CONDICIONA = 4)
TIERNO = 2482
}
*8 IF (CONDICIONA = 3)
TIERNO = 2505
}
*7 IF (CONDICIONA = 2)
TIERNO = 2528
}
*6 IF (CONDICIONA = 1)
TIERNO = 2551
}

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formula SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```


C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

LAFixa = 90;
else
LAFixa = 90;
}
}

CASE LET (211) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 212111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2111, 2121) == 01;
LAFixa = 90;
}
else
LAFixa = 90;
}
}

CASE LET (212) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 213111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2121, 2131) == 01;
LAFixa = 90;
}
else
LAFixa = 110;
}
}

CASE LET (213) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 214111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2131, 2141) == 01;
LAFixa = 110;
}
else
LAFixa = 110;
}
}

CASE LET (214) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 215111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2141, 2151) == 01;
LAFixa = 110;
}
else
LAFixa = 110;
}
}

CASE LET (215) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 216111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2151, 2161) == 01;
LAFixa = 110;
}
else
LAFixa = 110;
}
}

CASE LET (216) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 217111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2161, 2171) == 01;
LAFixa = 110;
}
else
LAFixa = 110;
}
}

CASE LET (217) == VERL_SUSTENO AS VERL_MOTOR = 218111
SECUNDARIO(VERL_MOTOR, 2171, 2181) == 01;
LAFixa = 110;
}
else
LAFixa = 110;
}
}

```


C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formula SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

*1000)
  InChidamento = F;
}
}
}

*1001 LET 1010 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1002 LET 1020 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1003 LET 1030 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1004 LET 1040 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1005 LET 1050 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1006 LET 1060 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1007 LET 1070 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1008 LET 1080 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1009 LET 1090 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

*1010 LET 1100 == TPO; AA TPO + 1000 J;
  InChidamento(100, 100, 100) == 0;
  InChidamento = F;
}
}
}

```

C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formulas SAE Pic/MP_ControlEncendido.X/ControlEncendido.c

```

while (1) {if (TP1 == 0) or (TP2 == 0) {
    if (SensorLaTP1 == 0) or (TP1 == 0) {
        LedCilindro = 1;
    }
    else {
        LedCilindro = 0;
    }
}
}

while (1) {if (TP1 == 0) or (TP2 == 0) {
    if (SensorLaTP2 == 0) or (TP2 == 0) {
        LedCilindro = 1;
    }
    else {
        LedCilindro = 0;
    }
}
}

while (1) {if (TP3 == 0) or (TP4 == 0) {
    if (SensorLaTP3 == 0) or (TP3 == 0) {
        LedCilindro = 1;
    }
    else {
        LedCilindro = 0;
    }
}
}

return LedCilindro;
}

//funcion para calcular el valor, cuando los ledOn, cuando los ledOff()
//funcion del tiempo = 0
if (SensorLaTP1 == 0) or (TP1 == 0) {
    tiempo = 1;
}
return tiempo;
}

void setup() {
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_2, OUTPUT);
}

```


C:/Users/Andrea/Documents/UVG/Formula SAE Pic/KnockSensor.X/DetectorKnock.c

```

}
while (LEVEL_MOTOR == 2150 && VEL_MOTOR > 2150 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.284244){
        BRUCE = 1;
    }
}

while (LEVEL_MOTOR == 2150 && VEL_MOTOR > 2150 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.284244){
        BRUCE = 1;
    }
}

while (LEVEL_MOTOR == 2150 && VEL_MOTOR > 2150 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.287779){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

while (LEVEL_MOTOR == 41){
    if (VEL_MOTOR == 411 && VEL_MOTOR > 4148 ){
        if (VEL_MOTOR > 0.284244){
            BRUCE = 1;
        }
    }

}

while (LEVEL_MOTOR == 5110 && VEL_MOTOR > 5070 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.284244){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

while (LEVEL_MOTOR <= 3000 && VEL_MOTOR < 3071 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.284244){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

while (LEVEL_MOTOR == 3771 && VEL_MOTOR > 2070){
    if (VEL_MOTOR > 0.284244){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

while (LEVEL_MOTOR <= 3000 && VEL_MOTOR > 3100 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.287779){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

while (LEVEL_MOTOR == 2150 && VEL_MOTOR > 2150 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.287779){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

while (LEVEL_MOTOR <= 3000 && VEL_MOTOR > 3100 ){
    if (VEL_MOTOR > 0.284244){
        BRUCE = 1;
    }
}

}

}

```

/*Procedura, sempre de comparat el rezultat integralului peisii cu valoarea realizata, se realizea el tabeli motor = 00

```

1: /******
2: UVG
3: María Andrea Monzón
4: Tablero FSAE
5: *****/
6:
7: // Conexiones del módulo LCD
8: sbit LCD_RS at RB4_bit;
9: sbit LCD_EN at RB5_bit;
10: sbit LCD_D4 at RB0_bit;
11: sbit LCD_D5 at RB1_bit;
12: sbit LCD_D6 at RB2_bit;
13: sbit LCD_D7 at RB3_bit;
14: sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
15: sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
16: sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
17: sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
18: sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
19: sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
20: // Final de las conexiones del módulo LCD
21:
22:
23:
24: //Funciones propias
25: void Display_Vss(void);
26: void LCD_RPM(void);
27: void LCD_Combustible(void);
28:
29: /*
30: CI = nivel de refrigerante
31: Bf = nivel de líquido de frenos
32: OI = nivel de aceite
33: Rc = RPM del motor
34: Ve = velocidad del vehículo
35: Fl = nivel de gasolina
36:
37:
38: LED nivel de refrigerante bajo = RA0;
39: LED nivel de líquido de frenos bajo = RA1
40:
41: */
42:
43: // Declarar variables
44: unsigned char ch;
45: unsigned int adc_rd;
46: char *text;
47: long tlong;
48: long tlong2;
49: int cont_entradas = 0;
50: int codigo1 = 0;
51: int codigo2 = 0;
52: int codigo3 = 0;
53: int velocidad_vehiculo = 0;
54: int RPM_motor = 0;

```

```

55: int NivelCombustible = 255;
56: int BANDERAS = 0;
57: long valor_display = 0;
58: int elDisplay = 0;
59:
60:
61: void interrupt() {
62:
63:     if (PIR1.RCIF ==1){
64:         PIR1.RCIF = 0; //Limpiar la bandera
65:
66:         if(cont_entradas==0){
67:             codigo1 = RCREG;
68:             cont_entradas++;
69:
70:         }
71:         else if(cont_entradas==1){
72:             codigo2 = RCREG;
73:             cont_entradas++;
74:
75:         }
76:
77:         else if(cont_entradas==2){
78:             codigo3 = RCREG;
79:             cont_entradas = 0;
80:             BANDERAS = BANDERAS | 0b00000001;
81:
82:         }
83:
84:     }
85:     else if (INTCON.TOIF ==1){
86:         INTCON.TOIF = 0; //Limpiar la bandera
87:         elDisplay++;
88:         TMRO = 217;
89:         BANDERAS = BANDERAS | 0b000000010;
90:
91:     }
92:
93:
94:
95: }
96:
97: void main() {
98:     ANSEL = 0x04; // Pin RA2 se configura como una entrada analógica
99:     ANSELH = 0;
100:    TRISA = 0b00000100;
101:    TRISD = 0;
102:    TRISD = 0;
103:    TRISC = 0;
104:    ANSELH = 0; // Los demás pines se configuran como digitales.
105:
106:    PORTA = 0;
107:    PORTB = 0;

```

```

108: PORTC = 0;
109: PORTD = 0;
110:
111: INTCON = 0b11100000;           //Habilitar GIE, PEIE y timer0
112:
113: PIR1.RCIE = 1;
114: RCSTA = 0b10010000;
115: TXSTA = 0;
116: SPBRG = 32;                   //Baud-rate de 9600, 20 MHz
117: BAUDCTL.BRG16 = 0;
118: TXSTA.BRGH = 0;
119:
120: Lcd_Init();                     // Inicialización del visualizador LCD
121: Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);      // Comando LCD (apagar el cursor)
122: Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Comando LCD (borrar el LCD)
123:
124: text = "RPM:";                 // Definir el primer mensaje
125: Lcd_Out(1,1,text);            // Escribir el primer mensaje en la primera línea
a
126:
127: ADCON1 = 0x82;                 // Voltaje de referencia para la conversión A/D es
es VCC
128:
129: OSCCON=0b01111100;
130:
131: OPTION_REG = 0b00000110;
132: TMR0 = 217;
133:
134: text = "Fuel:";                // Definir el segundo mensaje
135: LCD_Out(2,1, text);
136:
137: LCD_RPM();
138: LCD_Combustible();
139:
140:
141: while (1) {
142:
143:
144: if((BANDERAS & 0b00000001)!=0){
145:
146: BANDERAS = BANDERAS & 0b11111110;
147: //Nivel de refrigerante
148: if(codigol ==67){ //C
149:
150:     if(codigo2==108){ //I
151:         if(codigo3>=100){
152:             PORTC.RC4 = 1;
153:         }
154:         else{
155:             PORTC.RC4 = 0;
156:         }
157:     }
158: }
159:

```

```
160:     }
161:
162:
163: //Nivel de liquido de frenos
164:     else if(codigo1 ==56){ //B
165:
166:         if(codigo2==102){ //f
167:             if(codigo3>=100){
168:                 PORTC.RC5 = 1;
169:             }
170:             else{
171:                 PORTC.RC5 = 0;
172:             }
173:
174:         }
175:
176:     }
177:
178: //Nivel de aceite
179:     else if(codigo1 ==79){ //O
180:
181:         if(codigo2==108){ //I
182:             if(codigo3>=100){
183:                 PORTC.RC3 = 1;
184:             }
185:             else{
186:                 PORTC.RC3 = 0;
187:             }
188:
189:         }
190:
191:     }
192:
193: //Velocidad del vehiculo
194:     else if(codigo1 ==86){ //V
195:
196:         if(codigo2==101){ //e
197:
198:             velocidad_vehiculo = codigo3;
199:
200:
201:         }
202:
203:     }
204:
205: //RPM del motor
206:     else if(codigo1==82){ //R
207:
208:         if(codigo2 == 99){ //c
209:             RPM_motor = codigo3;
210:             LCD_RPM();
211:
212:         }
213:
```

```

214:     }
215:
216:
217: //Nivel de combustible
218:
219:     else if(codigo1 == 70){ //F
220:
221:         if(codigo2 == 108){ //I
222:             NivelCombustible = codigo3;
223:             LCD_Combustible();
224:
225:         }
226:
227:     }
228:
229:
230: }
231:
232: if((BANDERAS & 0b00000010)!=0){
233:
234: BANDERAS = BANDERAS & 0b11111101;
235:
236: if(elDisplay==3){
237:     elDisplay = 0;
238: }
239:     Display_Vss();
240:
241: }
242:     // Display_Vss();
243:
244: }
245: }
246: }
247:
248: void LCD_RPM(){
249:
250:     // RPM del motor
251:     tlong= (long)(RPM_motor*70/255);
252:     tlong = tlong*100;
253:
254:     ch =(tlong/ 1000) %10;           //Extraer milésimas
255:     Led_Chr(1,7, 48+ch);           // Escribir resultado en formato ASCII
256:     ch = (tlong / 100) % 10;       // Extraer centenas
257:     Lcd_Chr_CP(48+ch);           // Escribir resultado en formato ASCII
258:     ch = (tlong / 10) % 10;       // Extraer decenas
259:     Led_Chr_CP(48+ch);           // Escribir resultado en formato ASCII
260:     ch = tlong % 10;             // Extraer unidades
261:     Led_Chr_CP(48+ch);           // Escribir resultado en formato ASCII
262:
263:
264: }
265:
266: void LCD_Combustible(){
267:

```

```

268: // Nivel de combustible
269: tlong = (long)(NivelCombustible*100/255);
270: ch = (tlong / 100) % 10; // Extraer centenas
271: Lcd_Chr(2,7,48+ch); // Escribir resultado en formato ASCII
272: ch = (tlong / 10) % 10; // Extraer decenas
273: Lcd_Chr_CP(48+ch); // Escribir resultado en formato ASCII
274: ch = tlong % 10; // Extraer unidades
275: Lcd_Chr_CP(48+ch); // Escribir resultado en formato ASCII
276: Lcd_Chr_CP('%');
277:
278: }
279:
280:
281:
282:
283: void Display_Vss() {
284:
285: // Centenas
286:
287: valor_display = (long)(velocidad_vehiculo/100) % 10;
288: PORTD = valor_display;
289: PORTD.RD4 = 1;
290:
291: delay_ms(2);
292:
293: // Decenas
294:
295: valor_display = (long)(velocidad_vehiculo/10) % 10;
296: PORTD = valor_display;
297: PORTD.RD5 = 1;
298:
299: delay_ms(2);
300:
301: // Unidades
302: valor_display = (long)(velocidad_vehiculo) % 10;
303: PORTD = valor_display;
304: PORTD.RD6 = 1;
305:
306: delay_ms(2);
307:
308:
309: }

```

C:\User s\Andrea\ Document s\ UMG\ Formula SAE\ Tel emet r i a\ GUI_ FSAE_ V2\ GUI_ FSAE_ V2\ Form t. cs

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.Drawing.Drawing2D;
using System.IO.Ports;
using System.Globalization;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting;
using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;

namespace GUI_FSAE_V2
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        float anguloVelocimetro = 0f;
        float anguloTacometro = 0f;
        float anguloCombustible = 0f;
        float tempRefrigerante = 50f;
        float valor_TPS = 0f;
        float valor_KS = 0f;

        float limitesupTempRefrigerante = 100;
        float limitelnfTempRefrigerante = 0;

        public static string indata;
        string codigo1 = " ";
        string codigo2 = " ";

        int[] elcodigo = new int[3];

        int contadorCodigo = 0;

        StringComparer stringComparer = StringComparer.OrdinalIgnoreCase;

        int contadorEspacios = 0;
        PictureBox[] picMstire;
        Bitmap RedSquaredButton = new Bitmap(@"C:\User s\Andrea\ Document s\ UMG\ Formula SAE\ Tel emet r i a\ GUI_ FSAE_ V2\ RedBut ton. bmp");
        Bitmap GraySquaredButton = new Bitmap(@"C:\User s\Andrea\ Document s\ UMG\ Formula SAE\ Tel emet r i a\ GUI_ FSAE_ V2\ GrayBut ton. bmp");

        int ancho_pantalla = 1367;
        int alto_pantalla = 728;

        int count_knock = 0;
        double[] datos_knock = new double[] { 1.1, 1.5, 3.1, 2.4, 1.2 };
        string[] KnockSensor = { "Knock Sensor" };

        int count_Crankshaft = 0;
        double[] datos_Crankshaft = new double[] { 0, 12, 12, 0, 0, 12, 12, 0 };
        string[] Crankshaft = { "Crankshaft" };

        int count_Camshaft = 0;
        double[] datos_Camshaft = new double[] { 0, 12, 12, 0, 0, 12, 12, 0 };
        string[] Camshaft = { "Camshaft" };
    }
}

```

```

int count_TPS = 0;
double[] datos_TPS = new double[] { 0, 3.3, 4.1, 7.6, 8.9, 10.1, 10.1, 8.3 };
string[] TPS = { "TPS" };

private SerialPort port = new SerialPort("COM16", 9600, Parity.None, 8, StopBits.One);

public Form1()
{
    InitializeComponent();

    // Con SerialPort Program() se inicia la comunicación serial
    SerialPort Program();

    this.BackColor = Color.LightGray;

    // Esto permite la configuración de gráficos
    tabControl1.Enter += new EventHandler(tabPage1_Widgets);
    tabControl1.Enter += new EventHandler(tabControl1_Charts);

    // Timer para KS
    timer1.Interval = (int)500;
    timer1.Tick += timer1_Tick;
    timer1.Start();

    // Timer para Crankshaft
    timer2.Interval = (int)1000;
    timer2.Tick += timer2_Tick;
    timer2.Start();

    // Timer para TPS, sensores de nivel y temperatura
    timer3.Interval = (int)500;
    timer3.Tick += timer3_Tick;
    timer3.Start();

    Bitmap Logo1 = new Bitmap(@"C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formula SAE\Telmetria\GUI_FSAE_V2\
LogoDelEquipo.bmp");
    logo1.SizeMode = PictureBoxSizeMode.StretchImage; // La imagen se acomoda al pictureBox
    logo1.Image = Logo1; // Se inserta la imagen

    Bitmap Logo2 = new Bitmap(@"C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formula SAE\Telmetria\GUI_FSAE_V2\
LogoUMG.bmp");
    logo2.SizeMode = PictureBoxSizeMode.StretchImage; // La imagen se acomoda al pictureBox
    logo2.Image = Logo2; // Se inserta la imagen
}

private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    // Configuración para que la forma se coloque al tope de la pantalla, y ocupe todo el espacio
    hasta la barra de herramientas
    this.FormBorderStyle = FormBorderStyle.FixedToolWindow;
    this.Location = new Point(0, 0);
    this.Size = new Size(ancho_pantalla, alto_pantalla);
    this.tabControl1.SizeMode = TabSizeMode.FillToRight;
    this.tabControl1.Size = new Size(ancho_pantalla, alto_pantalla);
}

private void Form1_Paint(object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e)
{

```

}

```

private void tabControl1_Chart(object sender, EventArgs e) {

    // Gráfico para mostrar la señal recibida del Knock Sensor
    graficaKS.Titles.Add("Knock Sensor");
    graficaKS.Titles[0].Font = new Font("Arial", 16, FontStyle.Bold);
    graficaKS.Series.Clear();
    graficaKS.Series.Add("Knock Sensor");
    graficaKS.Series[0].IsVisibleInLegend = false;
    graficaKS.Series[0].ChartType = SeriesChartType.Line;
    graficaKS.Series[0].Color = Color.FromArgb(255, 220, 10, 30);
    graficaKS.Series[0].BorderWidth = 2;
    graficaKS.Size = new Size(ancho_pantalla, alto_pantalla - 40);
    graficaKS.Location = new Point(0, 0);
    graficaKS.ChartAreas[0].AxisX.Title = "Tiempo (s)";
    graficaKS.ChartAreas[0].AxisY.Title = "mV";
    graficaKS.ChartAreas[0].AxisX.TitleFont = new Font("Arial", 12, FontStyle.Regular);
    graficaKS.ChartAreas[0].AxisY.TitleFont = new Font("Arial", 12, FontStyle.Regular);

    // Gráfico para mostrar la señal recibida del sensor de efecto hall en el crankshaft
    graficaCrankshaft.Titles.Add("Crankshaft");
    graficaCrankshaft.Titles[0].Font = new Font("Arial", 16, FontStyle.Bold);
    graficaCrankshaft.Series.Clear();
    graficaCrankshaft.Series.Add("Crankshaft");
    graficaCrankshaft.Series[0].IsVisibleInLegend = false;
    graficaCrankshaft.Series[0].ChartType = SeriesChartType.Stepline;
    graficaCrankshaft.Series[0].Color = Color.FromArgb(255, 0, 0, 255);
    graficaCrankshaft.Series[0].BorderWidth = 2;
    graficaCrankshaft.Size = new Size(ancho_pantalla, alto_pantalla - 40);
    graficaCrankshaft.Location = new Point(0, 0);
    graficaCrankshaft.ChartAreas[0].AxisX.Title = "Tiempo (s)";
    graficaCrankshaft.ChartAreas[0].AxisY.Title = "V";
    graficaCrankshaft.ChartAreas[0].AxisX.TitleFont = new Font("Arial", 12, FontStyle.Regular);
    graficaCrankshaft.ChartAreas[0].AxisY.TitleFont = new Font("Arial", 12, FontStyle.Regular);

    // Gráfico para mostrar la señal recibida del TPS
    graficaTPS.Titles.Add("TPS");
    graficaTPS.Titles[0].Font = new Font("Arial", 12, FontStyle.Bold);
    graficaTPS.Series.Clear();
    graficaTPS.Series.Add("TPS");
    graficaTPS.Series[0].IsVisibleInLegend = false;
    graficaTPS.Series[0].ChartType = SeriesChartType.Line;
    graficaTPS.Series[0].Color = Color.FromArgb(255, 0, 0, 255);
    graficaTPS.Series[0].BorderWidth = 2;
    graficaTPS.ChartAreas[0].AxisX.Title = "Tiempo (s)";
    graficaTPS.ChartAreas[0].AxisY.Title = "mV";
    graficaTPS.ChartAreas[0].AxisX.TitleFont = new Font("Arial", 10, FontStyle.Regular);
    graficaTPS.ChartAreas[0].AxisY.TitleFont = new Font("Arial", 10, FontStyle.Regular);

    // Gráfico para mostrar la señal recibida del sensor de efecto hall en el camshaft
    graficaCamshaft.Titles.Add("Camshaft");
    graficaCamshaft.Titles[0].Font = new Font("Arial", 16, FontStyle.Bold);
    graficaCamshaft.Series.Clear();
    graficaCamshaft.Series.Add("Camshaft");
    graficaCamshaft.Series[0].IsVisibleInLegend = false;
    graficaCamshaft.Series[0].ChartType = SeriesChartType.Stepline;
    graficaCamshaft.Series[0].Color = Color.FromArgb(255, 0, 0, 255);
    graficaCamshaft.Series[0].BorderWidth = 2;
    graficaCamshaft.Size = new Size(ancho_pantalla, alto_pantalla - 40);
    graficaCamshaft.Location = new Point(0, 0);
    graficaCamshaft.ChartAreas[0].AxisX.Title = "Tiempo (s)";
    graficaCamshaft.ChartAreas[0].AxisY.Title = "V";
}

```

```

C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formula SAE\Telmetria\GUI_FSAE_V2\GUI_FSAE_V2\Form.cs 4
    graficaCamshaft, ChartAreas[0].AxisX.TitleFont = new Font("Arial", 12, FontStyle.Regular);
    graficaCamshaft, ChartAreas[0].AxisY.TitleFont = new Font("Arial", 12, FontStyle.Regular);
}

private void tabPage1_Widgets(object sender, EventArgs e)
{
    // ----- Nivel de combustible ----- ✓
    // Se importa la imagen para mostrar el nivel de combustible
    Bitmap NivelCombustible = new Bitmap(@"C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formula SAE\Telmetria
GUI_FSAE_V2\FuelLevel.bmp");
    imagen picFuelLevel.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.AutoSiZe; //La pictureBox se ajusta al tamaño de la
    picFuelLevel.Image = NivelCombustible; //Se inserta la imagen
    //Se crea un evento para que la pictureBox se actualice con el método dibujarFechaCombustible
    picFuelLevel.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler(dibujarFechaCombustible);

    // ----- Velocímetro ----- ✓
    // Se importa la imagen del velocímetro que se usará para la GUI
    Bitmap velocímetro = new Bitmap(@"C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formula SAE\Telmetria
GUI_FSAE_V2\velocímetro.bmp");
    picVelocímetro.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler(dibujarFecha); //Se crea un
    evento para dibujar en la pictureBox con el método dibujarFecha
    imagen picVelocímetro.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.AutoSiZe; //La pictureBox se ajusta al tamaño de la
    picVelocímetro.Image = velocímetro; //Se inserta la imagen en la pictureBox

    // ----- Tacómetro ----- ✓
    // Se importa la imagen del tacómetro que se usará para la GUI
    Bitmap tacómetro = new Bitmap(@"C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formula SAE\Telmetria\GUI_FSAE_V2
\tacómetro.bmp");
    picTacómetro.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler(dibujarFecha); //Se crea un
    evento para dibujar en la pictureBox con el método dibujarFecha
    imagen picTacómetro.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.AutoSiZe; //La pictureBox se ajusta al tamaño de la
    picTacómetro.Image = tacómetro; //Se inserta la imagen en la pictureBox

    // ----- Temp refrigerante ----- ✓
    picTempRefrigerante.Paint += picTempRefrigerante.Paint;

    // ----- M S F I R E ----- ✓
    msfire1.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.StretchImage; //La imagen se ajusta al pictureBox
    msfire2.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.StretchImage; //La imagen se ajusta al pictureBox
    msfire3.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.StretchImage; //La imagen se ajusta al pictureBox
    msfire4.SiZeMde = PictureBoxSiZeMde.StretchImage; //La imagen se ajusta al pictureBox
}

```

```

msfire1.Image = GraySquar edBut ton;
msfire2.Image = GraySquar edBut ton;
msfire3.Image = GraySquar edBut ton;
msfire4.Image = GraySquar edBut ton;

picsMsfire = new PictureBox[] { msfire1, msfire2, msfire3, msfire4 };

// ..... Líquido de frenos ..... ✓
-----

Nivel_Refrigerante.Si zeMde = PictureBoxSi zeMde.StretchImage; //La imagen se ajusta al ✓
pictureBox
Nivel_LiqFrenos.Si zeMde = PictureBoxSi zeMde.StretchImage;
Nivel_Acelta.Si zeMde = PictureBoxSi zeMde.StretchImage;

Nivel_Refrigerante.Image = GraySquar edBut ton;
Nivel_LiqFrenos.Image = GraySquar edBut ton;
Nivel_Acelta.Image = GraySquar edBut ton;

}

private void dibujarFlecha(object sender, PaintEventArgs)
{
// Este método dibuja la flecha de los widgets de medición de RPM del motor y la velocidad del ✓
vehículo
// Recibe como parámetro la PictureBox del widget sobre el que se debe dibujar la flecha
PictureBox pic = sender as PictureBox;
float radio = 0;
float x1 = 0;
float y1 = 0;
float x2 = 0;
float y2 = 0;

if (pic.Equals(picVelocimetro))
{
radio = (float)(135);
x1 = (float)(180);
y1 = (float)(168);
x2 = (float)(x1 + radio * Math.Cos(3.783 - anguloVelocimetro));
y2 = (float)(y1 - radio * Math.Sin(3.783 - anguloVelocimetro));

}

else if (pic.Equals(picTacometro))
{
radio = (float)(92);
x1 = (float)(pic.Width / 2);
y1 = (float)(pic.Height / 2);
x2 = (float)(x1 + radio * Math.Cos(3.654 - anguloTacometro));
y2 = (float)(y1 - radio * Math.Sin(3.654 - anguloTacometro));

label_rpm.Text = (7000 * anguloTacometro / 4.278).ToString("###");

if (anguloTacometro == 0f) {
label_rpm.Text = "0";
}

}

Pen pen = new Pen( Color.FromRgba(255, 220, 10, 30), 7); // Se crea una pluma para dibujar la ✓
flecha, indicando color y grosor

```

```

        pen.EndCap = LineCap.ArrowAnchor; //La línea finaliza con una punta (así se ✓
        dibuja como una flecha)
        pen.StartCap = LineCap.RoundAnchor; //Inicia la línea como un círculo

        //Para este método, el dibujo de la flecha no inicia en el pivote del tacómetro, sino que ✓
        finaliza en ese pivote
        e.Graphics.DrawLine(pen, x1, y1, x2, y2);

    }

```

```

private void dibujarFlechaCombustible(object sender, PaintEventArgs e)
{
    //Este método dibuja la flecha únicamente para el widget del combustible

    float radioPeq = (float)15;
    float radioGrande = (float)94.366;
    float x1 = (float)(125 + radioPeq * Math.Cos(anguloCombustible + 0.4731));
    float y1 = (float)(135 - radioPeq * Math.Sin(anguloCombustible + 0.4731));
    float x2 = (float)(125 + radioGrande * Math.Cos(anguloCombustible + 0.4731));
    float y2 = (float)(135 - radioGrande * Math.Sin(anguloCombustible + 0.4731));

    Pen pen = new Pen(Color.FromArgb(255, 220, 10, 30), 8);
    pen.EndCap = LineCap.ArrowAnchor;

    e.Graphics.DrawLine(pen, x1, y1, x2, y2);
}

```

```

// ----- INDICADORES LINEALES -----

```

```

private void pintarTempRefrigerante_Paint(object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e)
{
    Graphics g = e.Graphics;
    float Pvacio = tempRefrigerante / (limiteSup_tempRefrigerante - limiteInf_tempRefrigerante);
    pintarRectangulo(g, this.pintTempRefrigerante, 10, 300, Pvacio, (float)(this.pintTempRefrigerante. ✓
    Height - 20) / 10);
    DibujarRegla(g, pintTempRefrigerante);

    Label_TempRefrigerante.Text = tempRefrigerante.ToString("##");
}

```

```

private void DibujarRegla(Graphics g, PictureBox pic)
{
    //Este método dibuja las divisiones y marcas de nivel para el indicador de temperatura

    Font Fuente = new Font("Times New Roman", 6.0f);
    float Pxeles = (pic.Height - 20) / 10;
    float count = limiteSup_tempRefrigerante - limiteInf_tempRefrigerante;
    for (float i = 0; i <= (pic.Height - 20); i += 1)
    {
        if ((i % Pxeles) == 0)
        {
            Pen blackPen = new Pen(Color.Black, 1);

```

```

        g.DrawLine(blackPen, 20, 10 + i, (pic.Width / 3), (10 + i));

        // Dibujar las marcas
        g.DrawString(count.ToString(), Fuente, Brushes.Black, 5, (10 + i - 5), new StringFormat {
            count -= 10;
        });
    }

    int y1 = 10;
    int y2 = 300;

    g.DrawRectangle(new Pen(Color.Black, 2), pic.Width / 2, y1, pic.Width / 2 - 10, y2);

    float R_xels_div = R_xels / 5;
    for (float i = 0; i <= y2; i += 1)
    {
        if ((i % R_xels_div) == 0)
        {
            Pen blackPen = new Pen(Color.Black, 2);

            g.DrawLine(blackPen, pic.Width / 2, y1 + i, (pic.Width - 10), (y1 + i));
        }
    }
}

private void pintarRectangulo(Graphics g, PictureBox pic, float y1, float y2, float vacio, float
R_xels)
{
    // Este método rellena el indicador de temperatura, llegando hasta el nivel de medición
    // y utilizando un gradiente de color para indicar si está caliente o frío

    LinearGradientBrush linGBrush = new LinearGradientBrush(
        new Point(0, pic.Height), new Point(0, 0),
        Color.FromArgb(255, 0, 255, 0), // Verde
        Color.FromArgb(255, 255, 0, 0)); // Rojo

    float alRectangulo = y2;
    Pen pen2 = new Pen(linGBrush);
    g.FillRectangle(linGBrush, pic.Width / 2, y1 + alRectangulo * vacio, pic.Width / 2 - 10, y2 -
alRectangulo * vacio);
}

// ----- GRÁFICAS -----

private void timer_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    graficaKS.Series[0].Points.AddXY(count_knock * timer.Interval / 1000, datos_knock[count_knock %
5]);

    if (graficaKS.Series[0].Points.Count == 15)
    {

```

```

        graficaKS.Series[0].Points.RemoveAt(0);
    }

    graficaKS.ChartAreas[0].RecalculateAxesScale();

    count_knock++;

}

private void timer2_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    graficaCrankshaft.Series[0].Points.AddXY(count_Crankshaft * timer2.Interval / 1000,
datos_Crankshaft[count_Crankshaft % 8]);
    if (graficaCrankshaft.Series[0].Points.Count == 20)
    {
        graficaCrankshaft.Series[0].Points.RemoveAt(0);
    }

    graficaCrankshaft.ChartAreas[0].RecalculateAxesScale();

    count_Crankshaft++;

    graficaCamshaft.Series[0].Points.AddXY(count_Camshaft * timer2.Interval / 1000, datos_Camshaft
[count_Crankshaft % 8]);
    if (graficaCamshaft.Series[0].Points.Count == 20)
    {
        graficaCamshaft.Series[0].Points.RemoveAt(0);
    }

    graficaCamshaft.ChartAreas[0].RecalculateAxesScale();

    count_Camshaft++;

}

private void timer3_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    // graficaTPS.Series[0].Points.AddXY(count_TPS * timer3.Interval / 1000, valor_TPS);
    graficaTPS.Series[0].Points.AddXY(count_TPS * timer3.Interval / 1000, datos_TPS[count_TPS%8]);

    if (graficaTPS.Series[0].Points.Count == 20)
    {
        graficaTPS.Series[0].Points.RemoveAt(0);
    }

    graficaTPS.ChartAreas[0].RecalculateAxesScale();

    count_TPS++;

}

// ----- COMUNICACIÓN SERIAL -----
-----

private void SerialPortProgram()
{
    // Hay datos esperando en el puerto serial
    port.DataReceived += new SerialDataReceivedEventHandler(DataReceivedHandler);

    // Iniciar comunicaciones
    port.Open();
}

```

```

    }

    private void DataReceivedHandler(object sender, SerialDataReceivedEventArgs e)
    {
        SerialPort sp = (SerialPort)sender;

        // Hay una codificación para saber a qué sensor pertenece el dato recibido
        // por lo que se almacenan los datos recibidos para analizarlos y desplegar la información en el
        widget correspondiente
        elCodiGo[0] = sp.ReadByte();
        elCodiGo[1] = sp.ReadByte();
        elCodiGo[2] = sp.ReadByte();

        this.Invoke(new EventHandler(detSensor));
    }

    void detSensor(object sender, EventArgs e)
    {
        // Mstire
        if (elCodiGo[0] == 77) // M
        {
            if (elCodiGo[1] == 70) // F
            {
                PictureBox pic = picsMstire[contadorChiSpazos];

                if (elCodiGo[2] == 0)
                {
                    pic.Image = GraySquaredButton;
                }
                else
                {
                    pic.Image = RedSquaredButton;
                }

                contadorChiSpazos++;
                contadorChiSpazos = contadorChiSpazos % 4;
            }
        }

        // Knock sensor
        if (elCodiGo[0] == 75) // K
        {
            if (elCodiGo[1] == 115) // s
            {
                valor_KS = elCodiGo[2];
            }
        }

        // Nivel del refrigerante
        else if (elCodiGo[0] == 67) // C
        {
            if (elCodiGo[1] == 108) // l
            {

```

```

        if (el codi go[2] >= 100)
        {
            Nivel_Refrigerante.Image = RedSquaredButton;
        }
        else
        {
            Nivel_Refrigerante.Image = GraySquaredButton;
        }
        Nivel_Refrigerante.Refresh();
    }
}

//Nivel de gasolina
else if (el codi go[0] == 70) //F
{
    if (el codi go[1] == 108) //f
    {
        anguloCombustible = (float)((2.1953 / 255) * el codi go[2]);
        picFuelLevel.Refresh();
    }
}

//Temperatura refrigerante
else if (el codi go[0] == 67) //C
{
    if (el codi go[1] == 116) //t
    {
        tempRefrigerante = (float)((100 / 255) * el codi go[2]);
    }
}

//TPS
else if (el codi go[0] == 84) //T
{
    if (el codi go[1] == 112) //p
    {
        valor_TPS = (float)((5 - 0.0165) / 255) * el codi go[2];
    }
}

//Nivel del liquido de frenos
else if (el codi go[0] == 66) //B
{
    if (el codi go[1] == 102) //f
    {
        if (el codi go[2] >= 100)
        {
            Nivel_LiqFrenos.Image = RedSquaredButton;
        }
        else
        {
            Nivel_LiqFrenos.Image = GraySquaredButton;
        }
    }
}

```

```

    }
}

// Tacòmetro
else if (el codi go[0] == 82) // R
{
    if (el codi go[1] == 99) // c
    {
        anguloTacometro = (float)((4.276 / 255) * el codi go[2]);
        picTacometro.Refresh();
    }
}

// Velocímetro
else if (el codi go[0] == 86) // V
{
    if (el codi go[1] == 101) // e
    {
        anguloVelocímetro = (float)((4.4244 / 255) * el codi go[2]);
        picVelocímetro.Refresh();
    }
}

}

}

//----- Reporte en Excel ----- ✓

private void generarReporte_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Excel.Application xlApp = new Microsoft.Office.Interop.Excel.Application();

    if (xlApp == null)
    {
        MessageBox.Show("Excel no está correctamente instalado");
        return;
    }

    Excel.Workbook xlWorkbook;
    object m_sValue = System.Reflection.Message.Value;
    xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Add(m_sValue);

    Excel._Worksheet xlWorksheet;
    xlWorksheet = xlWorkbook.Worksheets.Add(m_sValue);

    Excel.Worksheet Sheet1 = xlWorkbook.Worksheets.get_Item(1);

    Sheet1.Cells[1, 1] = "Tiempo (s)";
    Sheet1.Cells[1, 2] = "Ks (m/s)";
    Sheet1.Cells[1, 3] = "TPS (m/s)";

    for (int i = 0; i <= count_knock; i += 1)
    {
        Sheet1.Cells[i+2, 1] = (i*0.5).ToString();
    }
}

```

```

        Sheet1.Cells[i+2, 2] = datos_Knock[i%5];
        Sheet1.Cells[i+2, 3] = datos_TPS[i%6];

    }

    try
    {
        xlWorkbook.SaveAs(@"C:\Users\Andrea\Documents\UMG\Formatua_SAE\Telernetria\GUI_FSAE_V2\Reporte
        .xls", Excel.XlFileFormat.xlWorkbookNormal, m sValue, m sValue, m sValue, m sValue, Excel
        .XlSaveAsAccessMode.xlExclusive, m sValue, m sValue, m sValue, m sValue, m sValue);
        xlWorkbook.Close(true, m sValue, m sValue);
        xlApp.Quit();

        releaseObject(Sheet1);
        releaseObject(xlWorkbook);
        releaseObject(xlApp);

        MessageBox.Show("Reporte creado!");
    }
    catch (Exception ex)
    {
        releaseObject(Sheet1);
        releaseObject(xlWorkbook);
        releaseObject(xlApp);
    }
}

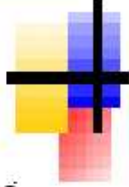
private void releaseObject(object obj)
{
    try
    {
        System.Runtime.InteropServices.Marshal.ReleaseComObject(obj);
        obj = null;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        obj = null;
        MessageBox.Show("Exception Occured while releasing object " + ex.ToString());
    }
    finally
    {
        GC.Collect();
    }
}
}
}

```

Resumen Básico de Costo:

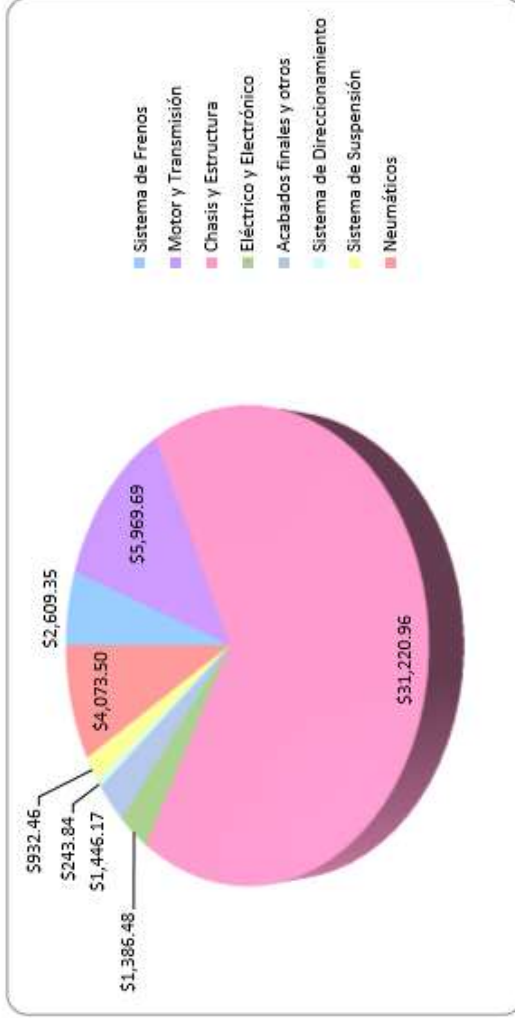


Para: Universidad del Valle de Guatemala
Carro #



Total del área	Material	Procesos	Aseguradores	Mano de obra	Total
Sistema de Frenos	\$ 2,069.18	\$ -	\$ 540.17	\$ -	\$ 2,609.35
Motor y Transmisión	\$ 4,793.46	\$ 512.40	\$ 663.83	\$ -	\$ 5,969.69
Chasis y Estructura	\$ 18,974.30	\$ 3,368.00	\$ 21.94	\$ 2,272.77	\$ 31,220.96
Eléctrico y Electrónico	\$ 1,287.11	\$ 54.37	\$ 37.04	\$ 7.96	\$ 1,386.48
Acabados finales y otros	\$ 1,393.31	\$ 39.49	\$ 13.37	\$ -	\$ 1,446.17
Sistema de Direccionamiento	\$ 131.95	\$ 69.69	\$ 17.20	\$ 10.00	\$ 243.84
Sistema de Suspensión	\$ 642.65	\$ 267.31	\$ -	\$ 25.00	\$ 932.46
Neumáticos	\$ 3,556.00	\$ 107.50	\$ -	\$ 10.00	\$ 4,073.50
Total del Carro	\$ 32,847.97	\$ 4,418.76	\$ 1,293.55	\$ 2,325.73	\$ 47,882.45

Composición total del vehículo



Universidad	Universidades del Valle de Guatemala
Código de Competencia	FSAEM
Año	18
Carro #	

Num. De Línea	Area de acomodación	Ens:#	Ens	Parte #	Rev. Lvl.	Componente	Descripción	
1	Sistema de Frenos	A0001	Conjunto del rotor de freno delantero	-				
2						Disco o Rotor	Comprada por estudiante	
3					P0001	AA	Calibrador	Comprada por estudiante
4					P0002	AA	Pastillas de Freno	Comprada por estudiante
5					P0003	AA	Coilmete de Rueda	Comprada por estudiante
6					P0004	AA	Bobina	Comprada por estudiante
7					P0005	AA		
8		A0002	Conjunto de rotor de freno trasero				Disco o Rotor	Comprada por estudiante
9					P0006	AA	Calibrador	Comprada por estudiante
10					P0007	AA	Pastillas de Freno	Comprada por estudiante
11					P0008	AA	Coilmete de Rueda	Comprada por estudiante
12					P0009	AA		
13		A0003	Línea de Montaje de Frenos				Pedal de freno	Fabricado por estudiante
14					P0010	AA	Servofreno	Comprado por estudiante
15					P0011	AA	Cilindro Maestro	Comprado por estudiante
16					P0012	AA	Líneas de Freno	Comprado por estudiante
17		A0004	Circuito Hidráulico Frontal					
18					P0013	AA	Electroválvula	Comprado por estudiantes
19					P0014	AA	Depósito de líquido de frenos	Comprado por estudiantes
20					P0015	AA	Válvula de retención	Comprado por estudiantes
21					P0016	AA		
22		A0005	Circuito Hidráulico Trasero				Electroválvula	Comprado por estudiantes
23					P0017	AA	Deposito de líquido de frenos	Comprado por estudiantes
24					P0018	AA	Válvula de retención	Comprado por estudiantes
25					P0019	AA	Area Total	Comprado por estudiantes
Brake System								

Costo Unitario	Cantidad	Costo de Material	Costo del Proceso	Costo de Aseguradores	Costo Mano de Obra	Costo Total	Detalle número de página
\$ 139.15	1	\$ -	\$ -	\$ 139.15	\$ -	\$ 139.15	1
\$ 188.99	1	\$ 188.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 188.99	2
\$ 149.98	1	\$ 149.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 149.98	3
\$ 139.98	1	\$ 139.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 139.98	4
\$ 59.98	1	\$ 59.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 59.98	5
\$ 13.98	1	\$ 13.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13.98	6
\$ 139.15	1	\$ -	\$ -	\$ 139.15	\$ -	\$ 139.15	7
\$ 188.99	1	\$ 188.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 188.99	8
\$ 149.98	1	\$ 149.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 149.98	9
\$ 139.98	1	\$ 139.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 139.98	10
\$ 59.98	1	\$ 59.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 59.98	11
\$ 57.97	1	\$ -	\$ -	\$ 57.97	\$ -	\$ 57.97	12
\$ -	1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	13
\$ 81.49	1	\$ 81.49	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 81.49	14
\$ 25.99	1	\$ 25.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 25.99	15
\$ 191.92	1	\$ 191.92	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 191.92	16
\$ 101.95	1	\$ -	\$ -	\$ 101.95	\$ -	\$ 101.95	17
\$ 246.00	1	\$ 246.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 246.00	18
\$ 56.99	1	\$ 56.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 56.99	19
\$ 35.98	1	\$ 35.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 35.98	20
\$ 101.95	1	\$ -	\$ -	\$ 101.95	\$ -	\$ 101.95	21
\$ 246.00	1	\$ 246.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 246.00	22
\$ 56.99	1	\$ 56.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 56.99	23
\$ 35.98	1	\$ 35.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 35.98	24
\$		\$ 2,069.18	\$ -	\$ 540.17	\$ -	\$ 2,609.35	

1	Motor y Transmisión	A1001	Ensamblaje del Motor	P1001	AA	Motor	Comprado por estudiante
2							
4		A1002	Ensamblaje de Escapa	P1002	AA	Colector de Escapa	Comprado por estudiante
5				P1003	AA	Convertor catalítico	Comprado por estudiante
6				P1004	AA	Tubo de Escapa y Silenciador	Comprado por estudiante
8		A1003	Ensamblaje de la Entrada de Aire				
10				P1005	AA	Filtro de Aire	Comprado por estudiante
11				P1006	AA	Cuenco del acelerador	Comprado por estudiante
13				P1007	AA	Restrictor de admisión de aire	Fabricado por estudiante
14		A1004	Componente de Combustible				
16				P1008	AA	Indicador de combustible	Comprado por estudiante
17				P1009	AA	Bomba de combustible	Comprado por estudiante
18				P1010	AA	Bomba del filtro	Comprado por estudiante
19		A1005	Ensamblaje de Refrigeración				
21				P1011	AA	Radiador	Comprado por estudiante
22				P1012	AA	Ventilador	Comprado por estudiante
23				P1013	AA	Bomba de agua	Comprado por estudiante
24				P1014	AA	Tanque de Reserva	Comprado por estudiante
26		A1006	Ensamblaje de Diferencial				
27				P1021	AA	Diferencial	Comprado por estudiantes
29				P1022	AA	Soporte del diferencial lado izquierdo	Comprado por estudiante
30				P1023	AA	Soporte del diferencial lado derecho	Comprado por estudiante
31				P1024	AA	Conjunte de apoyo izquierdo	Comprado por estudiante
32				P1025	AA	Conjunte de apoyo derecho	Comprado por estudiante
33				P1026	AA	Conjunta izquierdo	Rodamiento de rodillos, Comprado por estudiante
34				P1027	AA	Conjunta derecho	Rodamiento de rodillos, Comprado por estudiante
35		A1007	Ensamblaje del tran de Tracción				
36				P1028	AA	Diente delantero	Rueda de esquis de 15 dientes, comprada
37				P1029	AA	Diente trasero	Rueda de esquis blanco de 48 dientes, comprado y modificado
38				P1030	AA	Cadena	Cadena de Rodillos, comprada
39				P1031	AA	Guardia de cadena	Comprado por estudiantes
40				P1032	AA	Eje	Semi eje estriado
41				P1033	AA	Unión del eje	Articulaciones Moog, compradas
42		A1008	Ensamblaje del sistema de cambio				
43				P1034	AA	Arbano	Microcontrolador de válvula, comprado
44				P1035	AA	Válvula	3/2 válvula solenoide, comprado
44				P1036	AA	Pistón Neumático	Neumático del número de doble actuación, comprado
45				P1037	AA	Manguera	Comprado por estudiante
45	Motor y Transmisión					Area Total	

	\$	82.99	1	\$	-	\$	82.99	\$	-	\$	82.99	\$	-	\$	82.99	25
	\$	849.46	1	\$	849.46	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	849.46	26
	\$	82.99	1	\$	-	\$	82.99	\$	-	\$	82.99	\$	-	\$	82.99	27
	\$	868.10	1	\$	868.10	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	868.10	28
	\$	54.99	1	\$	54.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	54.99	29
	\$	650.68	1	\$	650.68	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	650.68	30
	\$	139.90	1	\$	-	\$	139.90	\$	-	\$	-	\$	-	\$	139.90	31
	\$	39.99	1	\$	39.99	\$	-	\$	-	\$	39.99	\$	-	\$	39.99	32
	\$	181.54	1	\$	181.54	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	181.54	33
	\$	313.94	1	\$	57.54	\$	256.40	\$	-	\$	-	\$	-	\$	313.94	34
	\$	82.99	1	\$	-	\$	82.99	\$	-	\$	82.99	\$	-	\$	82.99	35
	\$	53.99	1	\$	53.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	53.99	36
	\$	299.99	1	\$	299.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	299.99	37
	\$	11.99	1	\$	11.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	11.99	38
	\$	162.96	1	\$	-	\$	162.96	\$	-	\$	-	\$	-	\$	162.96	39
	\$	149.00	1	\$	149.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	149.00	40
	\$	59.99	1	\$	59.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	59.99	41
	\$	153.99	1	\$	153.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	153.99	42
	\$	13.99	1	\$	13.99	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	13.99	43
	\$	88.00	1	\$	-	\$	16.00	\$	-	\$	72.00	\$	-	\$	88.00	44
	\$	105.00	1	\$	105.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	105.00	45
	\$	64.00	1	\$	4.00	\$	60.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	64.00	46
	\$	64.00	1	\$	4.00	\$	60.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	64.00	47
	\$	64.00	1	\$	4.00	\$	60.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	64.00	48
	\$	64.00	1	\$	4.00	\$	60.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	64.00	49
	\$	45.00	1	\$	45.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	45.00	50
	\$	45.00	1	\$	45.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	45.00	51
	\$	40.00	1	\$	-	\$	40.00	\$	-	\$	40.00	\$	-	\$	40.00	52
	\$	35.00	1	\$	35.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	35.00	53
	\$	42.00	1	\$	42.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	42.00	54
	\$	21.59	1	\$	21.59	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	21.59	55
	\$	375.00	1	\$	375.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	375.00	56
	\$	230.00	1	\$	230.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	230.00	57
	\$	196.00	1	\$	196.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	196.00	58
	\$	-	1	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	59
	\$	25.00	1	\$	25.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	25.00	60
	\$	120.00	1	\$	120.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	120.00	61
	\$	92.00	1	\$	92.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	92.00	62
	\$	0.63	1	\$	0.63	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	0.63	63
	\$			\$	4,793.46	\$	512.40	\$		\$	663.83	\$		\$	5,969.69	

d/c

1	Estructura y Chasis	A.2001	Chasis	-	AA	-	-	-	-	Estructura completa	Fabricado por estudiante
2		P2001			AA					Tab Stock	Fabricado por estudiante
3		A.2002	Ensamblaje de Pedales y control		AA						
4					AA						
5					AA						
6					AA						
7		A.2002	Aerodinámica		AA						
8					AA						
9					AA						
10					AA						
11					AA						
12					AA						
13		A.2003	Ensamblaje de enlaces		AA						
14					AA						
15		A.2004	Ensamblaje del Atenuador de Impactos		AA						
16					AA						
17					AA						
Estructura y Chasis											
1	Eléctrico y Electrónico	A.3001	Ensamblaje del motor electrónico	-	AA					Area Total	
2		P3001			AA					Ames del motor	Construido por estudiantes
3		P3002			AA					Kill Switch	Construido por estudiantes
4		P3003			AA					Tablero	Construido por estudiantes
5		A.3002	Ensamblaje de la luz de freno		AA						
6					AA						
7		A.3003	Ensamblaje del motor eléctrico		AA					Luz de Freno	Construido por estudiantes
8					AA						
9		A.3004	Ensamblaje de telemetría		AA					Motor (Eléctrico)	Construido por estudiantes
10					AA					Telemetría	Construido por estudiantes
Eléctrico y Electrónico										Area Total	

6,453.84	\$	4,793.46	\$	512.40	\$	663.83	\$	-	\$	3,669.69
6,472.07	\$	1,162.36	\$	3,049.62	\$	-	\$	-	\$	6,388.94
119.87	\$	18.96	\$	87.84	\$	0.30	\$	2,219.91	\$	6,472.07
-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	4.33	\$	110.87
153.54	\$	3.20	\$	141.39	\$	7.04	\$	-	\$	173.54
32.43	\$	21.80	\$	4.63	\$	6.00	\$	-	\$	32.43
25.70	\$	16.80	\$	5.90	\$	3.40	\$	-	\$	25.70
-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
9,044.30	\$	9,000.00	\$	44.30	\$	-	\$	-	\$	9,044.30
11.99	\$	-	\$	10.99	\$	4.10	\$	2.39	\$	11.99
13.39	\$	-	\$	10.99	\$	-	\$	2.39	\$	13.39
4,352.39	\$	4,350.00	\$	6.67	\$	-	\$	1.34	\$	4,352.39
4,091.72	\$	4,090.00	\$	6.54	\$	-	\$	1.18	\$	4,091.72
-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
3.40	\$	-	\$	1.40	\$	-	\$	-	\$	1.40
-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
25.00	\$	18,914.30	\$	3,348.00	\$	21.84	\$	2,217.77	\$	33,220.96
537.39	\$	-	\$	-	\$	35.00	\$	-	\$	25.00
61.78	\$	419.09	\$	72.80	\$	7.14	\$	7.96	\$	637.66
72.14	\$	33.00	\$	9.76	\$	-	\$	-	\$	61.78
-	\$	39.34	\$	9.69	\$	4.00	\$	-	\$	72.14
28.66	\$	-	\$	-	\$	0.30	\$	-	\$	28.66
-	\$	22.25	\$	2.01	\$	-	\$	-	\$	20.96
469.13	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	469.13
-	\$	469.13	\$	6.93	\$	-	\$	-	\$	469.13
303.37	\$	203.63	\$	2.84	\$	-	\$	-	\$	203.37
-	\$	1,287.11	\$	54.37	\$	37.04	\$	1.96	\$	1,366.48

1	A4001	Seguridad de Cockpit safety y Ensamblaje de la butaca	-	P4001	AA	Muro Antifuigos	Muro Antifuigos
2				P4002	AA	Butaca	Butaca del piloto
3				P4003	AA	Arnés	Prevención de Seguridad
4				P4004	AA	Reposacabezas	Comodidad para el piloto
5				P4005	AA	Pintura	Estética
Acabados finales y otros							
1	A5001	Ensamblaje de cremallera de direccionamiento	-	P5001	AA	Rueda dentada	Comprado por alumnos
2				P5002	AA	Cremallera de direccionamiento	Estante de aluminio
3				P5003	AA	Alojamiento de la cremallera de direccionamiento	Cubierta de aluminio
4				P5004	AA	Eje del engranaje de cremallera	Eje de aluminio
5	A5002	Ensamblaje de la Columna de direccionamiento	-	P5005	AA	U Joints	Comprado por alumnos
6				P5006	AA	Eje de direccionamiento	Tubo de acero
7				P5007	AA	Quick Release	Liberación rápida de aluminio
8	A5003	Ensamblaje del timón	-	P5008	AA	Timón	Timón
9				P5009	AA	Punta final del tie rod	Comprado por alumnos
10				P5010	AA	Conector Tie Rod	Construido por alumnos
11	A5004	Ensamblaje de tie rod	-	P5011	AA	Pasador del seguro	Comprado por alumnos
12				P5012	AA	Brazo del tie Rod	Acero comprado
13							
14							
15							
16							
Sistema de Direccionamiento							
Area Total							

\$	561.83	1	\$	512.82	\$	35.64	\$	13.37	\$	-	\$	561.83
\$	544.99	1	\$	541.14	\$	3.85	\$	-	\$	-	\$	544.99
\$	147.02	1	\$	147.02	\$	-	\$	-	\$	-	\$	147.02
\$	162.33	1	\$	162.33	\$	-	\$	-	\$	-	\$	162.33
\$	30.00	1	\$	30.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	30.00
			\$	1,393.31	\$	39.49	\$	13.37	\$	-	\$	1,446.17
\$	32.25	1	\$	-	\$	1.25	\$	16.00	\$	-	\$	32.25
\$	14.36	1	\$	4.00	\$	10.36	\$	-	\$	-	\$	14.36
\$	4.03	1	\$	1.84	\$	2.20	\$	-	\$	-	\$	4.03
\$	37.15	1	\$	9.34	\$	26.62	\$	1.20	\$	-	\$	37.15
\$	9.36	1	\$	0.28	\$	9.28	\$	-	\$	-	\$	9.36
\$	11.25	1	\$	-	\$	1.25	\$	-	\$	10.00	\$	11.25
\$	32.50	1	\$	30.00	\$	2.50	\$	-	\$	-	\$	32.50
\$	18.00	1	\$	15.50	\$	2.50	\$	-	\$	-	\$	18.00
\$	1.25	1	\$	-	\$	1.25	\$	-	\$	-	\$	1.25
\$	21.25	1	\$	20.00	\$	1.25	\$	-	\$	-	\$	21.25
\$	31.25	1	\$	30.00	\$	1.25	\$	-	\$	-	\$	31.25
\$	1.25	1	\$	-	\$	1.25	\$	-	\$	-	\$	1.25
\$	12.50	1	\$	10.00	\$	2.50	\$	-	\$	-	\$	12.50
\$	10.00	1	\$	7.50	\$	2.50	\$	-	\$	-	\$	10.00
\$	3.50	1	\$	1.00	\$	2.50	\$	-	\$	-	\$	3.50
\$	3.75	1	\$	2.50	\$	1.25	\$	-	\$	-	\$	3.75
			\$	131.95	\$	69.69	\$	17.20	\$	10.00	\$	243.84

Partida	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Código	Descripción	Valor Unitario	Valor Total	Observaciones
Suspensión									
A.6001	Ensamblaje del amortiguador	1	\$ 5.00	\$ 5.00	P.6001	Amortiguador	5.00	\$ 5.00	Comprado por alumnos
		4	\$ 112.50	\$ 450.00	P.6002	Muelle en espiral	112.50	\$ 450.00	Espiral de acero
A.6002	Ensamblaje de la Varilla de empuje	1	\$ 10.00	\$ 10.00	P.6003	Punta final del Tie Rod	10.00	\$ -	Comprado por alumnos
		1	\$ -	\$ -	P.6004	Incisiones de Varillas	-	\$ -	Comprado por alumnos
A.6003	Ensamblaje del Brazo Frontal	1	\$ 80.00	\$ 80.00	P.6005	Varilla de empuje, tubo de acero	80.00	\$ -	Soldadura del brazo de tubo de acero
		1	\$ 76.00	\$ 76.00	P.6006	Espolleta del brazo superior	76.00	\$ -	Soldadura del brazo de tubo de acero
A.6004	Ensamblaje del Brazo Trasero	1	\$ 24.90	\$ 24.90	P.6007	Espolleta del brazo inferior	24.90	\$ -	Soldadura del brazo de tubo de acero
		2	\$ 18.93	\$ 37.85	P.6008	Balancín frontal del brazo	18.93	\$ 37.85	Aluminio acotado
A.6005	Ensamblaje de la barra acotada frontal	2	\$ 19.23	\$ 38.45	P.6009	Balancín trasero del brazo	19.23	\$ 38.45	Aluminio acotado
A.6006	Ensamblaje de la barra acotada Trasera	1	\$ 5.00	\$ 5.00	P.6010	Área Total	5.00	\$ -	
		2	\$ 8.00	\$ 16.00	P.6011	Área Total	8.00	\$ 16.00	
Suspensión									
A.7001	Ensamblaje de Rueda	1	\$ 100.00	\$ 100.00	P.7001	Tuerca	100.00	\$ -	Comprado por alumnos
		4	\$ 10.00	\$ 40.00	P.7002	Rueda frontal	10.00	\$ 40.00	Comprado por alumnos
		1	\$ -	\$ -	P.7003	Rueda trasera	-	\$ -	Comprado por alumnos
		1	\$ 80.00	\$ 80.00	P.7004	Neumático Frontal	80.00	\$ -	Comprado por alumnos
		1	\$ 56.00	\$ 56.00	P.7005	Neumático trasero	56.00	\$ -	Comprado por alumnos
A.7002	Ensamblaje del Bujie delantero y Trasero	1	\$ 12.40	\$ 12.40	P.7006	Bujie Delantero	12.40	\$ -	Comprado por alumnos
		2	\$ 2.43	\$ 4.86	P.7007	Bujie Trasero	2.43	\$ 4.86	Comprado por alumnos
		2	\$ 2.73	\$ 5.46			2.73	\$ 5.46	
		1	\$ -	\$ -			-	\$ -	
		2	\$ 20.05	\$ 40.10			20.05	\$ 40.10	
		2	\$ 17.18	\$ 34.36			17.18	\$ 34.36	
		1	\$ -	\$ -			-	\$ -	
		2	\$ 14.13	\$ 28.25			14.13	\$ 28.25	
		2	\$ 8.00	\$ 16.00			8.00	\$ 16.00	
		2	\$ 5.18	\$ 10.36			5.18	\$ 10.36	
		1	\$ 267.31	\$ 267.31			267.31	\$ 267.31	
		1	\$ 30.00	\$ 30.00			30.00	\$ 30.00	
		1	\$ 25.00	\$ 25.00			25.00	\$ 25.00	
		1	\$ 402.00	\$ 402.00			402.00	\$ 402.00	
		1	\$ 402.50	\$ 402.50			402.50	\$ 402.50	
		1	\$ 655.00	\$ 655.00			655.00	\$ 655.00	
		1	\$ 665.00	\$ 665.00			665.00	\$ 665.00	
		1	\$ 665.00	\$ 665.00			665.00	\$ 665.00	
		1	\$ 20.00	\$ 20.00			20.00	\$ 20.00	
		1	\$ 665.00	\$ 665.00			665.00	\$ 665.00	
		1	\$ 20.00	\$ 20.00			20.00	\$ 20.00	
		1	\$ 144.00	\$ 144.00			144.00	\$ 144.00	
		1	\$ 300.00	\$ 300.00			300.00	\$ 300.00	
		1	\$ 80.00	\$ 80.00			80.00	\$ 80.00	
		1	\$ 107.50	\$ 107.50			107.50	\$ 107.50	
		1	\$ 3556.00	\$ 3556.00			3556.00	\$ 3556.00	
		1	\$ 4418.76	\$ 4418.76			4418.76	\$ 4418.76	
		1	\$ 1293.55	\$ 1293.55			1293.55	\$ 1293.55	
		1	\$ 2325.73	\$ 2325.73			2325.73	\$ 2325.73	
		1	\$ 47882.45	\$ 47882.45			47882.45	\$ 47882.45	

Partida	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Código	Descripción	Valor Unitario	Valor Total	Observaciones
Ruedas y Neumáticos									
		1	\$ 15.00	\$ 15.00			15.00	\$ 15.00	
		4	\$ 112.50	\$ 450.00			450.00	\$ 450.00	
		1	\$ -	\$ -			-	\$ -	
		1	\$ 80.00	\$ 80.00			80.00	\$ 80.00	
		1	\$ 76.00	\$ 76.00			76.00	\$ 76.00	
		1	\$ 24.90	\$ 24.90			24.90	\$ 24.90	
		2	\$ 18.93	\$ 37.85			37.85	\$ 37.85	
		2	\$ 19.23	\$ 38.45			38.45	\$ 38.45	
		1	\$ 5.00	\$ 5.00			5.00	\$ 5.00	
		2	\$ 20.05	\$ 40.10			40.10	\$ 40.10	
		2	\$ 17.18	\$ 34.36			34.36	\$ 34.36	
		1	\$ -	\$ -			-	\$ -	
		2	\$ 14.13	\$ 28.25			28.25	\$ 28.25	
		2	\$ 8.00	\$ 16.00			16.00	\$ 16.00	
		2	\$ 5.18	\$ 10.36			10.36	\$ 10.36	
		1	\$ 267.31	\$ 267.31			267.31	\$ 267.31	
		1	\$ 30.00	\$ 30.00			30.00	\$ 30.00	
		1	\$ 25.00	\$ 25.00			25.00	\$ 25.00	
		1	\$ 402.00	\$ 402.00			402.00	\$ 402.00	
		1	\$ 402.50	\$ 402.50			402.50	\$ 402.50	
		1	\$ 655.00	\$ 655.00			655.00	\$ 655.00	
		1	\$ 665.00	\$ 665.00			665.00	\$ 665.00	
		1	\$ 665.00	\$ 665.00			665.00	\$ 665.00	
		1	\$ 20.00	\$ 20.00			20.00	\$ 20.00	
		1	\$ 665.00	\$ 665.00			665.00	\$ 665.00	
		1	\$ 20.00	\$ 20.00			20.00	\$ 20.00	
		1	\$ 144.00	\$ 144.00			144.00	\$ 144.00	
		1	\$ 300.00	\$ 300.00			300.00	\$ 300.00	
		1	\$ 80.00	\$ 80.00			80.00	\$ 80.00	
		1	\$ 107.50	\$ 107.50			107.50	\$ 107.50	
		1	\$ 3556.00	\$ 3556.00			3556.00	\$ 3556.00	
		1	\$ 4418.76	\$ 4418.76			4418.76	\$ 4418.76	
		1	\$ 1293.55	\$ 1293.55			1293.55	\$ 1293.55	
		1	\$ 2325.73	\$ 2325.73			2325.73	\$ 2325.73	
		1	\$ 47882.45	\$ 47882.45			47882.45	\$ 47882.45	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala

Sistema Frenos

Ensamblaje Conjunto del rotor de freno Delantero

Parte Cojinete de Rueda

P/N Base P0004

Sufijo AA

Detalles Compra por estudiante

Carro#

Costo Ensam Cantidad \$ 59.98 1

Costo extendido \$ 59.98

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Duralast	Cojinete de Rueda	\$ 29.99	1.03	lb							2	\$ 59.98
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 59.980

Universidad Universidad del Valle de Guatemala

Sistema Frenos

Ensamblaje Conjunto del rotor de freno Delantero

Parte Pastillas de Freno

P/N Base P0003

Sufijo AA

Detalles Compra por estudiante

Carro#

Costo Ensam Cantidad \$ 139.98 1

Costo extendido \$ 139.98

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Duralast Semi-Metálico	Pastillas de Freno	\$ 69.99	3.59	lb							2	\$ 139.98
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 139.980

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Llave		\$ 2.37	14 mm				1	\$ 2.37
20	Arandela del perno de la manguera de freno		\$ 3.69	0.013 lb				4	\$ 14.76
30	Tuerca de cierre para freno		\$ 4.99	0.05 lb				2	\$ 9.98
40	Sangrador de Freno		\$ 24.99	0.31 lb				1	\$ 24.99
50	Desatornillador de cabeza plana		\$ 3.99	0.15 lb				1	\$ 3.99
60	Tomillo Duralast		\$ 4.99	0.26 lb				2	\$ 9.98
70	Líquido de frenos		\$ 6.59	2.525 lb			32 oz	2	\$ 13.18
80	Pinza de calibre para prueba de presión		\$ 59.90	0.45 lb				1	\$ 59.90
Sub Total									\$ 139.15

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Conjunto del rotor de freno Delantero
Parte Bobina
P/N Base P0005
Sufijo AA
Detalles Compra por estudiante

Carro#

Costo Ensam \$ 13.98
Cantidad 1

Costo extendido \$ 13.98

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Duralast	Bobina	\$ 6.99	0.107 lb								2	\$ 13.98
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total												\$ 13.980	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Conjunto del rotor de freno trasero
P/N Base A0002
Sufijo AA
Detalles

Carro#

Costo Ensam \$ 678.08
Cantidad 1

Costo extendido \$ 678.08

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Disco o Rotor	\$ 188.99	1	\$ 188.990
20	Calibrador	\$ 149.98	1	\$ 149.980
30	Pastillas de Freno	\$ 139.98	1	\$ 139.980
40	Cojinete de Rueda	\$ 59.98	1	\$ 59.980
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
Sub Total				\$ 538.930

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Línea de Montaje de Frenos
Parte Líneas de Freno
P/N Base P0012
Sufijo A.A
Detalles

Carro#
Costo Ensam Cantidad \$ 191.92 1
Costo extendido \$ 191.92

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Línea de freno Rusell	Línea de Freno	\$ 23.99	0.25 lb									\$ 191.92
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total \$ 191.920	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Circuito Hidráulico Delaniero
P/N Base A0004
Sufijo AA
Detalles

Carro#
Costo Ensam Cantidad \$ 440.92 1
Costo extendido \$ 440.92

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Esmeriladora	\$ 246.00	1	\$ 246.00
20	Deposito de liquido de frenos	\$ 56.99	1	\$ 56.99
30	Velocidad de rotacion	\$ 37.93	1	\$ 37.93
				Sub Total \$ 340.920

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Brake Bleeder Screw		\$ 24.99	0.31 lb				1	\$ 24.99
20	OEM Brake Tool		\$ 5.99	0.2 lb				1	\$ 5.99
30	OEM Vacuum Pump Brake Bleed Kit		\$ 34.99	1.2 lb				1	\$ 34.99
40	Duralast Brake Hose-Front		\$ 17.99	0.223 lb				2	\$ 35.98
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									Sub Total \$ 101.95

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Circuito Hidráulico Delantero
Parte Electroválvula
P/N Base P0013
Sufijo AA
Detalles

Carro#
Costo Ensam Cantidad \$ 246.00 1
Costo extendido \$ 246.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio	Válvula de Presión	\$ 61.50	100	psi	1000	psi					4	\$ 246.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total												\$ 246.000	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Circuito Hidráulico Delantero
Parte Deposito de liquido de frenos
P/N Base P0014
Sufijo AA
Detalles

Carro#
Costo Ensam Cantidad \$ 56.99 1
Costo extendido \$ 56.99

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio Brembo	Reserva de líquido de frenos	\$ 56.99	27	ml							1	\$ 56.99
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total												\$ 56.990	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Circuito Hidráulico Trasero
Parte Depósito de líquido de frenos
P/N Base P0017
Sufijo AA
Detalles

Carro#

**Costo Ensam
Cantidad** \$ 56.99
1

Costo extendido \$ 56.99

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño I	Unidad I	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio Brembo	Reserva de líquido de frenos	\$ 56.99	27	ml							1	\$ 56.99
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total													\$ 56.990

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Frenos
Ensamblaje Circuito Hidráulico Trasero
Parte Válvula de retención
P/N Base P0018
Sufijo AA
Detalles

Carro#

**Costo Ensam
Cantidad** \$ 35.98
1

Costo extendido \$ 35.98

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño I	Unidad I	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio Witwood	Válvula Residual	\$ 17.99	10	psi							2	\$ 35.98
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total													\$ 35.980

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmision
Ensamblaje Ensamblaje de Motor
Parte Motor
P/N Base P1001
Sufijo AA
Detalles

Carro#
Costo Ensam Cantidad \$ 849.46 1
Costo extendido \$ 849.46

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Motor Kawasaki ZZR 600	Motor	\$ 849.46	600	cc	98	hp					1	\$ 849.46
Sub Total													\$ -

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	OEM Torque Wrench	Torque	\$ 50.00	1.95	lb	200	in-lb	1	\$ 50.00
20	Ratchet Handel		\$ 32.99	5.05	lb			1	\$ 32.99
Sub Total									\$ 82.99

Costo Ensam Cantidad \$ 932.45 1
Costo extendido \$ 932.45

Carro#

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmision
Ensamblaje Ensamblaje de Motor
P/N Base A1001
Sufijo AA
Detalles

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Motor	\$ 849.46	1	\$ 849.460
Sub Total				\$ 849.460

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de la Entrada de Aire
Parte Filtro de Aire
P/N Base P1005
Sufijo AA
Detalles

Carro#
Costo Ensam \$ 39.99
Cantidad 1

Costo extendido \$ 39.99

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Desempeño K&N	Filtro de Aire	\$ 39.99	0.486 lb								1	\$ 39.99
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 39.990

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de la Entrada de Aire
Parte Cuerpo del acelerador
P/N Base P1006
Sufijo AA
Detalles

Carro#
Costo Ensam \$ 181.54
Cantidad 1

Costo extendido \$ 181.54

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Holley	Cuerpo del acelerador	\$ 181.54	1.59 lb								1	\$ 181.54
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 181.540

Universidad	Universidad del Valle de Guatemala	Carro#		Costo Ensam	\$ 153,99
Sistema	Motor y Transmisión	Cantidad			1
Ensamblaje	Ensamblaje de Refrigeración				
Parte	Bomba de agua	Costo extendido	\$	153,99	
P/N Base	P1013				
Sufijo	AA				
Detalles					

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Rendimiento Proforma	Bomba de agua	\$ 153,99	5,9	lb							1	\$ 153,99
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 153,990

Universidad	Universidad del Valle de Guatemala	Carro#		Costo Ensam	\$ 13,99
Sistema	Motor y Transmisión	Cantidad			1
Ensamblaje	Ensamblaje de Refrigeración				
Parte	Tanque de Reserva	Costo extendido	\$	13,99	
P/N Base	P1014				
Sufijo	AA				
Detalles					

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Refrigerante plástico Dorman	Tanque de Reserva	\$ 13,99	0,795	lb							1	\$ 13,99
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 13,990

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de Diferencial
Parte Diferencial
P/N Base P1015
Sufijo AA
Detalles

Car #
Part Cost \$ 105.00
Qty 1
Extended Cost \$ 105.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Diferencial	Iron Trasero	\$ 105.00									1	\$ 105.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total													\$ 105.000

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de Diferencial
Parte Soporte del diferencial lado izquierdo
P/N Base P1016
Sufijo AA
Detalles

Car #
Part Cost \$ 64.00
Qty 1
Extended Cost \$ 64.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio 7075	Material Puro	\$ 4.00	2.5 cm		25 cm				65.00	2,810.00	1	\$ 4.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total													\$ 4.000

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Maquinado		\$ 30.00	\$/hora	2			\$ 60.00
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
Sub Total								\$ 60.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de Diferencial
Parte Cojinete de apoyo izquierdo
P/N Base P1018
Sufijo AA
Detalles Fabricado por el estudiante

Car #

Part Cost Qty \$ 64.00 1
Extended Cost \$ 64.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio 7075	Material Puro	\$ 4.00	2.5 cm	22.5 cm					22.50	2,810.00	1	\$ 4.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													Sub Total \$ 4.00

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Maquinado		\$ 30.00	\$/hora	2			\$ 60.00
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								Sub Total \$ 60.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de Diferencial
Parte Cojinete de apoyo derecho
P/N Base P1019
Sufijo AA
Detalles Fabricado por el estudiante

Car #

Part Cost \$ 64.00
Qty 1

Extended Cost \$ 64.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio 7075	Material Puro	\$ 4.00	2.5 cm	cm	22.5	cm			22.50	2.810.00	1	\$ 4.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 4.000

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total	
10	Maquinado		\$ 30.00	\$ hora	2			\$ 60.00	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								Sub Total	\$ 60.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje de Diferencial
Parte Cojinete izquierdo
P/N Base P1020
Sufijo AA
Detalles Comprado por estudiante

Car #

Part Cost \$ 45.00
Qty 1

Extended Cost \$ 45.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Cojinete de Bola	Montaje del diferencial	\$ 45.00	5 cm	cm							1	\$ 45.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 45.000

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmision
Ensamblaje Ensamblaje de Diferencial
Parte Cojinete derecho
P/N Base P1021
Sufijo AA
Detalles Comprado por estudiante

Car.#

Part Cost \$ 45.00
Qty 1

Extended Cost \$ 45.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Cojinete de bola	Montaje del diferencial	\$ 45.00	5 cm								1	\$ 45.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total												\$ 45.000	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmision
Ensamblaje Ensamblaje del Tren de Traccion
P/N Base A1007
Sufijo AA
Detalles

Car.#

Asm Cost \$ 1,757.59
Qty 1

Extended Cost \$ 1,757.59

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Diente delantero	\$ 35.00	1	\$ 35.000
20	Diente trasero	\$ 42.00	1	\$ 42.000
30	Cadena	\$ 21.59	1	\$ 21.594
40	Guardia de cadena	\$ 375.00	1	\$ 375.000
50	Eje	\$ 230.00	2	\$ 460.000
60	Union del eje	\$ 196.00	4	\$ 784.000
				\$ -
				\$ -
				\$ -
Sub Total				\$ 1,717.594

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Tornillo M10 x 1.5 x 32 mm	Conectar el piñon trasero con diferencial	2	32 mm	8 mm	8 mm	8 mm	10	\$ 20.00
20	Tuerca M10 x 1.5	Conectar el piñon trasero con diferencial	2	5 mm	8 mm	8 mm	8 mm	10	\$ 20.00
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
Sub Total									\$ 40.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje del Tren de Tracción
Parte Diente delantero
P/N Base P1022
Sufijo AA
Detalles

Car #

Part Cost \$ 35.00
 Qty 1
 Extended Cost \$ 35.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
	10 Sprocket		\$ 35.00	8.6 cm								1	\$ 35.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													Sub Total \$ 35.000

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje del Tren de Tracción
Parte Diente trasero
P/N Base P1023
Sufijo AA
Detalles

Car #

Part Cost \$ 42.00
 Qty 1
 Extended Cost \$ 42.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
	10 Sprocket		\$ 42.00	25.28 cm								1	\$ 42.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													Sub Total \$ 42.000

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje del Tren de Tracción
Parte Cadena
P/N Base P1024
Sufijo AA
Detalles

Car #

Part Cost \$ 21.59
 Qty 1
 Extended Cost \$ 21.59

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
	10 Cadena	Conectar al Tren de Tracción	\$ 21.59	183 cm								183	\$ 21.59
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													Sub Total \$ 21.594

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje del sistema de cambio
Parte Válvula
P/N Base P1029
Sufijo AA
Detalles

Car #
Part Cost \$ 120.00
Qty 1
Extended Cost \$ 120.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Válvula 3/2	Control del pistón neumático	\$ 120.00									1	\$ 120.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 120.000

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje del sistema de cambio
Parte Pistón Neumático
P/N Base P1030
Sufijo AA
Detalles

Car #
Part Cost \$ 92.00
Qty 1
Extended Cost \$ 92.00

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Pistón neumático de doble efecto	Transmisión	\$ 92.00									1	\$ 92.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 92.000

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Motor y Transmisión
Ensamblaje Ensamblaje del sistema de cambio
Parte Manguera
P/N Base P1031
Sufijo AA
Detalles

Car #
Part Cost \$ 0.63
Qty 1
Extended Cost \$ 0.63

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Manguera neumática	Conexión con el ensamble de sistema de cambios	\$ 0.63	65	cm							1	\$ 0.63
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 0.630

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Estructura y Chasis
Ensamblaje Chasis
Parte Tab Stock
P/N Base P2002
Sufijo AA
Detalles

Carro#

Costo Ensam \$ 110.87
Cantidad 1

Costo extendido \$ 110.87

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Acero, Alloy	Tab	\$ 2.25	0.0129	kg							8	\$ 18.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total												\$ 18.00	

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Corte waterjet	Cortar Tabs	\$ 0.01	cm	126.56	1	1	\$ 1.27
20	Tubo y preparación para soldar	Preparación para soldar	\$ 0.75	end	32	1	1	\$ 24.00
30	Soldar tubo redondo	Soldar tubos y tabs	\$ 0.38	cm	162.56	1	1	\$ 61.77
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
Sub Total								\$ 87.04

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Todos los pernos para ensamblar	Sujetar	\$ 0.50					1	\$ 0.50
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
Sub Total									\$ 0.50

Orden	Mano de Obra	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	PVF	FractionIncluded	Sub Total
10	Articulos para Tabs	Espacio igual para los tabs	\$ 500.00	point	16	3000	2	\$ 5.33
Sub Total							5.333333333	

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Tornillo, grado AN	Montaje del pedal	0.53	7.94 mm	mm	38.1	mm	8	\$ 4.24
20	Tuerca, Grado AN	Montaje del pedal	0.29	7.94 mm	mm			4	\$ 1.16
30	Tornillo, Grado AN	frente del pedal	0.2	4.83 mm	mm	38.1	mm	4	\$ 0.80
40	Tuerca, grado AN	frente del pedal	0.16	4.83 mm	mm			4	\$ 0.64
50	Arandela grado AN	frente del pedal	0.01	4.83 mm	mm			4	\$ 0.04
60	Arandela grado AN	Montaje del pedal	0.02	7.94 mm	mm			8	\$ 0.16
									\$ -
									\$ -
									Sub Total \$ 7.04

Orden	Mano de Obra	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	PVF	FractionIncluded	Sub Total
								Sub Total 0

Universidad: Universidad del Valle de Guatemala
Sistema: Estructura y Chasis
Ensamblaje: Ensamblaje de pedales y control
Parte: Pedal de Gasolina
P/N Base: P2004
Sufijo: AA
Detalles:

Carro#

Costo Ensam \$ 32.43
Cantidad 1

Costo extendido \$ 32.43

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio, Premium (per kg)	Material del pedal	\$ 4.20	0.43 kg	kg							4	\$ 16.80
20	Cojinete, robllo de agua de empuje, arandela	Arandela de Empuje	\$ 0.50									6	\$ 3.00
30	Resorte, tension (General)	Muelle de retorno	\$ 1.00									2	\$ 2.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													Sub Total \$ 21.800

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Instalación de Maquinado, Instalar o remover	Instalar para maquinado	\$ 1.30	unit	1			\$ 1.30
20	Instalación de Maquinado, Instalar o remover	Remover material	\$ 0.04	cm³	83.26	1		\$ 3.33
								Sub Total \$ 4.63

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Tornillo, grado AN	Montaje del pedal	0.53	7.94 mm	mm	38.1	mm	5	\$ 2.65
20	Tuerca, Grado AN	Montaje del pedal	0.29	7.94 mm	mm			5	\$ 1.45
30	Tornillo, Grado AN	frente del pedal	0.2	4.83 mm	mm	38.1	mm	5	\$ 1.00
40	Tuerca, grado AN	Frente del pedal	0.16	4.83 mm	mm			5	\$ 0.80
50	Arandela grado AN	frente del pedal	0.01	4.83 mm	mm			10	\$ 0.10
									\$ -
									\$ -
									Sub Total \$ 6.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electronico
Ensamblaje Ensamblaje del motor electrónico
P/N Base A3001
Sufijo AA
Detalles Cables para Amés & ECU

Carro#

**Costo Ensam
Cantidad** \$ 552.59
1

Costo extendido \$ 552.59

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Arnés del motor	\$ 527.59	1	\$ 527.59
20	Kill Switch	\$ 61.79	1	\$ 61.79
30	Tablero	\$ 72.14	1	\$ 72.14
Sub Total				\$ 527.590

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Area	Area	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
Sub Total												\$ -	

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	Asegurador de Batería	Asegurar batería a la estructura	\$ 15.00	15.00	1 unit			1	\$ 15.00
20	Tirantes para batería	Asegurar batería a la estructura	\$ 10.00	10.00	1 unit			1	\$ 10.00
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
Sub Total									\$ 25.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electrónico
Ensamblaje Ensamblaje del motor electrónico
Parte Arnés del motor
P/N Base P3001
Sufijo AA
Detalles Construido por estudiante

Carro#

Costo Ensam \$ 527.59
Cantidad 1

Costo extendido \$ 527.59

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	ECU (PIC18F4550)	Datos	\$ 10.49	1	unidad							1.00	\$ 10.49
20	Sensor de la posición del acelerador	Sensor	\$ 36.18	1	unidad							1.00	\$ 36.18
30	Sensor efecto Hall	Sensor	\$ 75.98	1	unidad							2.00	\$ 151.96
40	Rueda de gatillo	Sensor	\$ 60.00	1	unidad							2.00	\$ 120.00
50	Sensor de la temperatura del refrigerante	Sensor	\$ 30.00	1	unidad							1.00	\$ 30.00
60	Sensor de golpe	Sensor	\$ 58.66	1	unidad							1.00	\$ 58.66
70	Sensor nivel líquido de frenos	Sensor	\$ 10.97	1	unidad							1.00	\$ 10.97
80	Sensor nivel de refrigerante	Sensor	\$ 26.62	1	unidad							1.00	\$ 26.62
90	Switch de la presión de aceite	Sensor	\$ 20.45	1	unidad							1.00	\$ 20.45
100	Tubo termoretractil	Proteger el cableado	\$ 5.00	1	m							1.50	\$ 7.50
110	Cables, señal	Cableado	\$ 1.60	1	m							3.50	\$ 5.60
120	Bloque de terminales	Conexión de cableado	\$ 0.15	1	Terminal							30.00	\$ 4.50
130	Resistores	Circuito de ignición	\$ 0.12	1	unidad							8.00	\$ 0.96
140	Porta NAND	Circuito de ignición	\$ 1.30	1	unidad							4.00	\$ 5.20
150	Transistor	Circuito de ignición	\$ 0.25	1	unidad							4.00	\$ 1.00
160	Octoacoplador	Circuito de ignición	\$ 0.50	1	unidad							4.00	\$ 2.00
												Sub Total	\$ 489.090

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total	
10	Colocación de alambres	Colocación de alambre	\$ 0.01	m	35			\$ 0.35	
20	Cortar alambres	Cortar a la medida	\$ 0.05	unidad	150			\$ 7.50	
30	Encogimiento del tubo	Conexión del alambre	\$ 0.01	cm	150			\$ 1.95	
40	Encrespado	Conexión del alambre	\$ 0.20	Terminal	65			\$ 13.00	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								Sub Total	\$ 22.80

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total
10	PCB	ECU	0.01		cm ²			625	\$ 6.25
20	tornillo 6,6mm diámetro	Montaje del sensor	0.09		unit			1	\$ 0.09
30	tornillo 1/2 inch diámetro	Montaje del sensor	0.8		unit			1	\$ 0.80
40	tornillo 1/4 inch diámetro	Montaje del sensor	0.15		unit			4	\$ 0.60
									\$ -
									\$ -
									\$ -
									\$ -
								Sub Total	\$ 7.74

Orden	Mano de Obra	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	PVF	FractionIncluded	Sub Total	
10	Punta de soldadura	Soldar	\$ 3.98	cm	2	1		\$ 7.96	
								Sub Total	7.96

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electrónico
Ensamblaje Ensamblaje del motor electrónico
Parte Tablero
P/N Base P3003
Sufijo AA
Detalles Construido por estudiante

Carro#

Costo Ensam Cantidad \$ 72.14 1

Costo extendido \$ 72.14

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	PIC16F877	Control de tablero	\$ 4.00	1	unidad							1	\$ 4.00
20	GLCD	Visualización de data	\$ 32.28	1	unidad							1	\$ 32.28
30	7	visualización de segmentos	\$ 1.50	1	unidad							3	\$ 4.50
40	LED's	Visualización de data	\$ 0.40	1	unidad							3	\$ 1.20
50	CD4511	Visualización de data	\$ 1.50	1	unidad							3	\$ 4.50
60	Resistores	Conexión LED	\$ 0.12	1	unidad							3	\$ 0.36
70	Alambre, señal	Alambrado	\$ 1.60	1	m							4	\$ 6.40
80	Tubo termoretractil	Protección del alambre	\$ 5.00	1	m							1	\$ 5.00
90	Octocoplador	Conexión alámbrica	\$ 0.15	1	Terminal							6	\$ 0.90
												Sub Total	\$ 59.140

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total	
10	Colocación de alambre	Colocación del alambre	\$ 0.01	m	400			\$ 4.00	
20	Cortar alambre	Cortar a la medida	\$ 0.05	unit	50			\$ 2.50	
30	Encogimiento del tubo	Protección del alambre	\$ 0.01	cm	100			\$ 1.30	
40	Encrespado	Conexión del alambre	\$ 0.20	Terminal	6			\$ 1.20	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								Sub Total	\$ 9.00

Orden	Asegurador	Uso	Costo Unitario	Tamaño	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Cantidad	Sub Total	
10	PCB	Circuito del tablero	0.01	cm^2				400	\$ 4.00	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									\$ -	
									Sub Total	\$ 4.00

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electrónico
Ensamblaje Ensamblaje luz de freno
P/N Base A3002
Sufijo AA
Detalles Luz de freno

Carro#

Costo Ensam Cantidad \$ 26.06 1

Costo extendido \$ 26.06

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total	
10	Luz de freno	\$ 26.06	1	\$ 26.060	
				Sub Total	\$ 26.060

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electrónico
Ensamblaje Ensamblaje del motor (eléctrico)
Parte Motor (Eléctrico)
P/N Base P3005
Sufijo AA
Detalles Construido por estudiante

Carro#
Costo Ensam \$ 468.33
Cantidad 1
Costo extendido \$ 468.33

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Bateria	Fuente de energia eléctrica	\$ 90.00		1 unit							1	\$ 90.00
20	Alternador	Carga de bateria	\$ 192.00		1 unit							1	\$ 192.00
30	Bobina de encendido	Ignición del motor	\$ 13.00		1 unit							4	\$ 52.00
40	Bujía	Ignición del motor	\$ 8.00		1 unit							4	\$ 32.00
50	Alambre	cableado	\$ 5.00		1 m							4	\$ 20.00
60	Tubo termoretáctil	protección del cableado	\$ 5.00		1 m							0.5	\$ 2.50
70	Alambrado Bobina de encendido	Ignición del motor	\$ 23.00		1 unit							1	\$ 23.00
80	Switch del freno	Switch de seguridad	\$ 10.00		1 unit							1	\$ 10.00
90	Panel de control, montaje interruptor principal	Switch de seguridad	\$ 20.00		1 unit							1	\$ 20.00
100	Switch del Starter	Ignición del motor	\$ 5.00		1 unit							1	\$ 5.00
110	Faja del Alternador	Acoplamiento del motor y alternador	\$ 15.00		1 unit							1	\$ 15.00
												Sub Total \$ 461.600	

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Colocación del alambre	colocación del alambre	\$ 0.01	m	4			\$ 0.04
20	Cortar el alambre	contar a la medida	\$ 0.05		10			\$ 0.50
30	Encogimiento del tubo	protección de alambre	\$ 0.01	cm	330			\$ 4.29
40	Encrespado	conexión de alambre	\$ 0.20	Terminal	10			\$ 2.00
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								Sub Total \$ 6.83

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electrónico
Ensamblaje Ensamblaje de Telemetría
P/N Base A3004
Sufijo AA
Detalles Telemetría

Carro#
Costo Ensam \$ 205.57
Cantidad 1
Costo extendido \$ 205.57

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Telemetría	\$ 205.57	1	\$ 205.569
				Sub Total \$ 205.569

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Eléctrico y Electrónico
Ensamblaje Ensamblaje de Telemetría
Parte Telemetría
P/N Base P3006
Sufijo AA
Detalles Construido por estudiantes

Carro#

**Costo Ensam
Cantidad** \$ 205.57
1

Costo extendido \$ 205.57

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Xbee	Envío de datos	\$ 60.00	1	unidad							2	\$ 120.00
20	Antena de Alta ganancia	Envío de datos	\$ 14.99	1	unidad							2	\$ 29.98
30	Adaptador Xbee USB	Envío de datos	\$ 24.95	1	unidad							2	\$ 49.90
40	Alambres	Cableado	\$ 1.00	1	m							1	\$ 1.00
50	Tubo termoretáctil	Protección de Cableado	\$ 5.00	1	m							0.2	\$ 1.00
60	Pines	Conexión de cableado	\$ 0.15	1	unidad							1	\$ 0.15
70	Bloque de Terminales	Conexión de cableado	\$ 0.15	1	Terminal							4	\$ 0.60
Sub Total													\$ -
Sub Total													\$ 202.630

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Colocación del alambre	colocación del alambre	\$ 0.01	m	1			\$ 0.01
20	Cortar el alambre	cutar a la medida	\$ 0.05		8			\$ 0.40
30	Encogimiento del tubo	protección de alambre	\$ 0.01	cm	133			\$ 1.73
40	Encrespado	conexión de alambre	\$ 0.20	Terminal	4			\$ 0.80
Sub Total								\$ -
Sub Total								\$ -
Sub Total								\$ -
Sub Total								\$ -
Sub Total								\$ -
Sub Total								\$ -
Sub Total								\$ 2.94

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Acabados finales y otros
Ensamblaje Seguridad de Cockpit safety y Ensamblaje de la butaca
P/N Base A4001
Sufijo AA
Detalles

Carro#

**Costo Ensam
Cantidad** \$ 1,446.17
1

Costo extendido \$ 1,446.17

Orden	Parte	Costo de la parte	Cantidad	Sub Total
10	Muro Antifuegos	\$ 561.83	1	\$ 561.831
20	Butaca	\$ 544.99	1	\$ 544.987
30	Arnés	\$ 147.02	1	\$ 147.018
40	Reposacabezas	\$ 162.33	1	\$ 162.331
50	Pintura	\$ 30.00	1	\$ 30.000
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
Sub Total				\$ 1,446.167

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Acabados finales y otros
Ensamblaje Seguridad de Cockpit safety y Ensamblaje de la butaca
Parte Butaca
P/N Base P4002
Sufijo AA
Detalles Butaca de Cabina

Carro#
Costo Ensam \$ 544.99
Cantidad 1

Costo extendido \$ 544.99

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño I	Unidad I	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Fibra de Carbono	Asiento Kevlar	\$ 541.14									1	\$ 541.14
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 541.141

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Agujeros para el Arnés	Seguridad del Arnés	\$ 0.36	mm²	5			\$ 1.79
20	Agujeros para ensamblar al Chasis	Seguridad de la butaca al chasis	\$ 0.51	mm²	4			\$ 2.05
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								Sub Total \$ 3.85

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Acabados finales y otros
Ensamblaje Seguridad de Cockpit safety y Ensamblaje de la
Parte Arnés
P/N Base P4003
Sufijo AA
Detalles Cinturón de seguridad

Carro#
Costo Ensam \$ 147.02
Cantidad 1

Costo extendido \$ 147.02

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño I	Unidad I	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Cinturón de Seguridad 5 puntos		\$ 73.51									2	\$ 147.02
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 147.018

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Acabados finales y otros
Ensamblaje Seguridad de Cockpit safety y Ensamblaje de la butaca
Parte Reposacabezas
P/N Base P4004
Sufijo AA
Detalles Soporte para la cabeza

Carro#
Costo Ensam \$ 162.33
Cantidad 1

Costo extendido \$ 162.33

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Relleno	Para el Reposacabezas	\$ 162.33									1	\$ 162.33
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total \$ 162.331	

University Universidad del Valle de Guatemala
Universidad Acabados finales y otros
Sistema Seguridad de Cockpit safety y Ensamblaje de la butaca
Ensamblaje Pintura
Parte P4005
P/N Base AA
Sufijo Pintura en aerosolo Negro/Gris

Carro#
Costo Ensam \$ 30.00
Cantidad 1

Costo extendido \$ 30.00

Item/Order	Material	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Area Name	Area	Length	Density	Quantity	Sub Total
10	Pintura Sherwin Williams ULTRA 7000	Pintar el chasis	\$ 30.00	12 m²								1	\$ 30.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total \$ 30.000	

Universidad Universidad del Valle de Guatemala
Sistema Direccionamiento
Ensamblaje Ensamblaje cremallera direccionamiento
Parte Rueda dentada
P/N Base P-5001
Sufijo AA
Detalles

Carrero#

Costo Fxsum \$ 14.36
Cantidad 1

Costo extendido \$ 14.36

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio 7075	Material para el engranaje de piñón	\$ 4.00	0.72	kg							1	\$ 4.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total \$ 4.00	

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Preparación de Maquinado, Instalar y Remover	Preparación de Máquina para el engranaje de piñón.	\$ 1.00	Labor	1		1.5	\$ 1.50
20	Maquinado	Maquinado del engranaje de Piñón	\$ 0.03	cm ³	194		1.5	\$ 8.73
30	Ensamblaje	Ensamblaje del Engranaje a la cremallera	\$ 0.10	Labor	1		1.25	\$ 0.13
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								Sub Total \$ 10.36

Universidad	Universidad del Valle de Guatemala	Carro#		Costo Ensam Cantidad	\$ 4.03 1
Sistema	Direccionamiento				
Ensamblaje	Ensamblaje cremallera direccionamiento				
Parte	Cremallera de direccionamiento				
P/N Base	P-5002				
Sufijo	AA			Costo extendido	\$ 4.03
Detalles					

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño 2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Aluminio 7075	Material para el engranaje de la cremallera	\$ 1.25	15	mm					0.525	2.80	1	\$ 1.84
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 1.838

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total	
10	Preparación de Máquina, Instalar y Remover	Preparación de Máquina para el engranaje de piñón.	\$ 1.00	Labor	1		1.5	\$ 1.50	
20	Máquinado	Máquinado del engranaje de Piñón	\$ 0.03	cm ³	12.7		1.5	\$ 0.57	
30	Ensamblaje	Ensamblaje del Engranaje a la cremallera	\$ 0.10	Labor	1		1.25	\$ 0.13	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								\$ -	
								Sub Total	\$ 2.20

Universidad	Universidad del Valle de Guatemala	Carre#		Costo Ensam	\$ 32.50
Sistema	Direccionamiento			Cantidad	1
Ensamblaje	Ensamblaje de la Columna de direccionamiento			Costo extendido	\$ 32.50
Parte	U joints				
P/N Base	P5005				
Sufijo	AA				
Detalles					

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	U Joint	Columna de direccionamiento	\$ 15.00	1.00	Labor	2						2	\$ 30.00
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 30.000

Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Ensamblaje	Ensamblar el Ujoinr a la columna de direccionamiento	\$ 1.25	Labor	2		2.50	\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
							Sub Total	\$ 2.50

Universidad	Universidad del Valle de Guatemala	Carre#		Costo Ensam	\$ 18.00
Sistema	Steering			Cantidad	1
Ensamblaje	Steering Column Assembly			Costo extendido	\$ 18.00
Parte	Eje de direccionamiento				
P/N Base	P5006				
Sufijo	AA				
Detalles					

Orden	Material	Uso	Costo Unitario	Tamaño 1	Unidad 1	Tamaño2	Unidad 2	Nombre de Área	Área	Largo	Densidad	Cantidad	Sub Total
10	Acero	Columna de direccionamiento	\$ 2.00	25	mm					1.00	7.75	1	\$ 15.50
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
													\$ -
												Sub Total	\$ 15.500

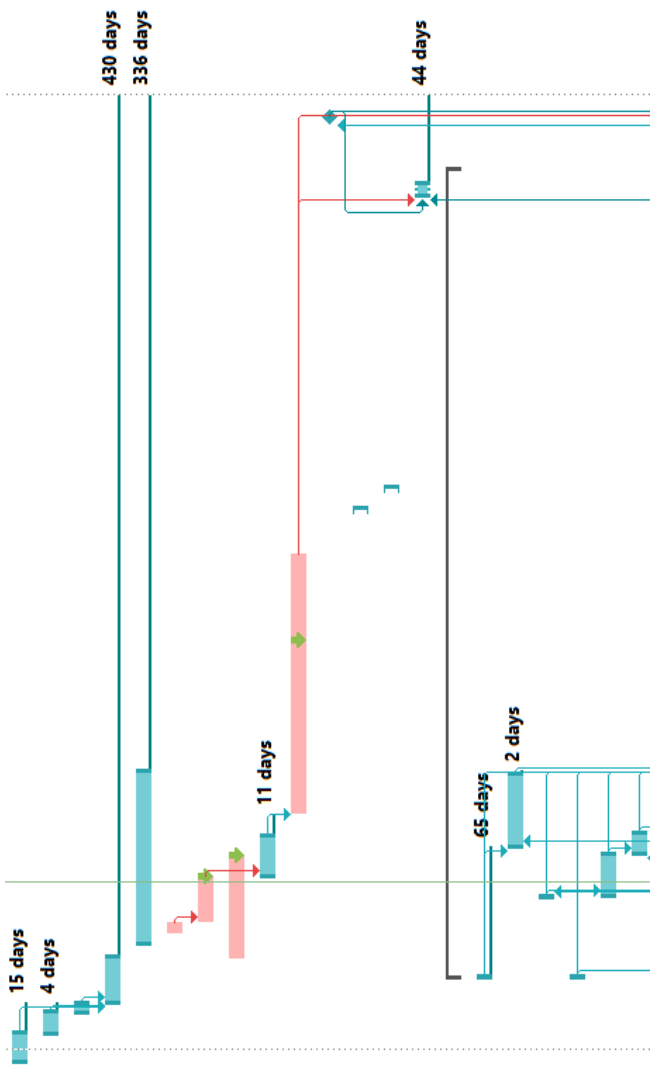
Orden	Proceso	Uso	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Multiplicador	Mult. Val.	Sub Total
10	Ensamblaje	Ensamblaje de la columna de direccionamiento	\$ 1.25	Labor	2		2.50	\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
								\$ -
							Sub Total	\$ 2.50

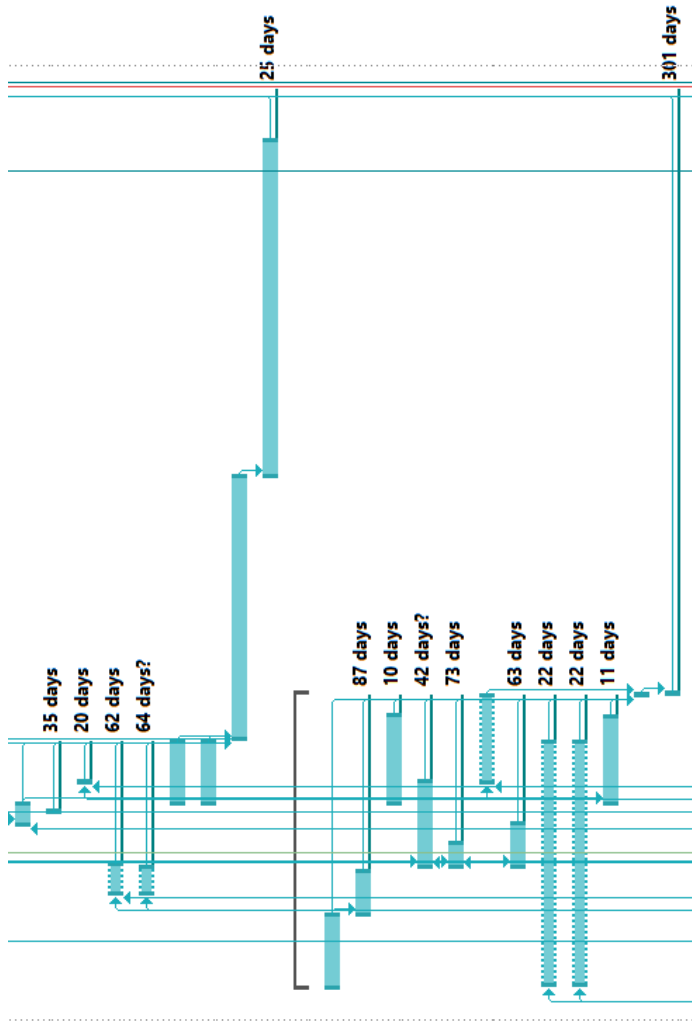
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
1		TODO EL EQUIPO	482 days	Fri 9/9/16	Mon 7/16/18
2		Revisión de Requerimientos	15 days	Fri 9/9/16	Thu 9/29/16
3		Tabla de Requisitos del proyecto	12 days	Thu 9/29/16	Fri 10/14/16
4		Validación de Requisitos	5 days	Fri 10/14/16	Thu 10/20/16
5		Marco Teórico y diseño Preeliminar	22 days	Fri 10/21/16	Mon 11/21/16
6		Búsqueda de Patrocinios	87 days	Thu 12/1/16	Fri 3/31/17
7		Retroalimentación	6 days	Thu 12/8/16	Thu 12/15/16
8		Diseño Final	22 days	Fri 12/16/16	Mon 1/16/17
9		Protocolo Individual	53 days	Sun 11/20/16	Tue 1/31/17
10		Revisión final de diseño	20 days	Tue 1/17/17	Mon 2/13/17
11		Construcción/Integración de todos los módulos	130 days	Wed 3/1/17	Tue 8/29/17
12		Pruebas	0 days	Sun 7/1/18	Sun 7/1/18
13		Entrega del trabajo individual			
14		Entrega del trabajo consolidado	7 days	Mon 5/7/18	Mon 10/16/17
15		Competencia			
16		Motor y Frenos	405 days	Mon 11/7/16	Fri 5/25/18
17		Revisión Diseño de Diego Castro	1 day	Mon 11/7/16	Mon 11/7/16
18		Diseño del Freno de mano	37 days	Tue 2/7/17	Wed 3/29/17
19		Compra del motor y selección de discos de freno	1 day	Mon 1/2/17	Mon 1/2/17
20		Selección y compra de frenos	1 day?	Mon 11/7/16	Mon 11/7/16
21		Ajuste de restrictor al motor	22 days?	Tue 1/3/17	Wed 2/1/17
22		Montaje del motor	10 days	Thu 2/2/17	Wed 2/15/17
23		Definición de líneas de combustible y frenos	1 day	Sat 2/11/17	Sat 2/11/17
24		Montaje discos de freno	1 day	Fri 3/3/17	Fri 3/3/17
25		Montaje de Switch para frenado sobre la marcha	14 days	Fri 12/16/16	Wed 1/4/17
26		Montaje de Luz de Freno	12 days?	Fri 12/16/16	Mon 1/2/17
27		Pruebas dinámicas de Frenos	32 days	Thu 2/16/17	Fri 3/31/17
28		Pruebas dinámicas de Motor	32 days?	Thu 2/16/17	Fri 3/31/17
29		Construcción Módulo Motor y frenos	131 days	Mon 4/3/17	Mon 10/2/17
30		Finalización Módulo Motor y Frenos	169 days	Tue 10/3/17	Fri 5/25/18
31		Transmisión	148 days	Tue 10/11/16	Thu 5/4/17

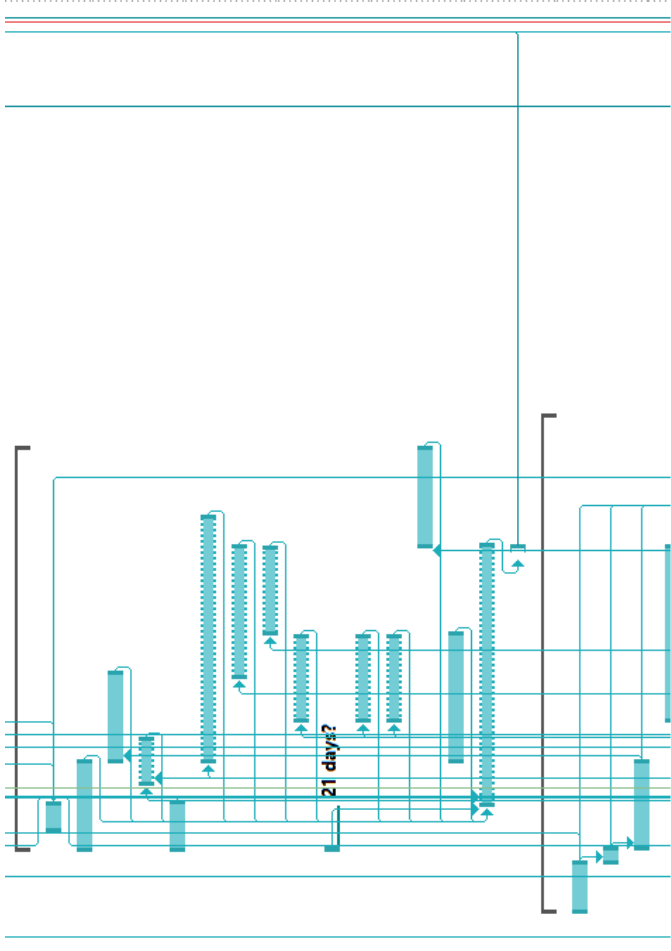
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
32		Revisión del diseño de Edwin Ruano	37 days	Tue 10/11/16	Wed 11/30/16
33		Diseño de manecilla para el tanque de CO2	22 days	Thu 12/1/16	Fri 12/30/16
34		Diseño de Manecilla para el embrague ubicada atrás del volante	44 days	Thu 2/16/17	Tue 4/18/17
35		Diseño de Guarda para cadena	44 days?	Tue 1/3/17	Fri 3/3/17
36		Montaje del diferencial al chasis y motor	13 days	Tue 1/3/17	Thu 1/19/17
37		Acople de flechas de transmisión traseras a la llanta	43 days	Fri 3/3/17	Tue 5/2/17
38		Pruebas dinámicas del diferencial	23 days	Tue 1/3/17	Thu 2/2/17
39		Instalación de micro controlador, electroválvula y pistón neumático para el cambio de velocidad	122 days	Thu 10/13/16	Fri 3/31/17
40		Instalación de manecilla para el embrague al volante	122 days	Thu 10/13/16	Fri 3/31/17
41		Pruebas dinámicas de cambios de velocidad	43 days	Thu 2/16/17	Mon 4/17/17
42		Construcción Módulo de Transmisión	1 day?	Wed 5/3/17	Wed 5/3/17
43		Finalización Módulo Transmisión	1 day	Thu 5/4/17	Thu 5/4/17
44		Estructura y Seguridad	201 days	Thu 12/1/16	Thu 9/7/17
45		Chasis diseñado y construido	13 days	Thu 12/15/16	Sun 1/1/17
46		Diseño de Nose Cone	44 days	Thu 12/1/16	Tue 1/31/17
47		Diseño del Monocasco con respecto Aerodinámica	44 days	Wed 2/1/17	Mon 4/3/17
48		Elaborar estructura para sostener el timón	23 days	Mon 1/16/17	Wed 2/15/17
49		Unión de los pedales	23 days	Thu 12/1/16	Mon 1/2/17
50		Cerrar cabina	122 days	Wed 2/1/17	Thu 7/20/17
51		Atenuador de Impactos	66 days	Sat 4/1/17	Fri 6/30/17
52		Muro antifuegos	44 days	Mon 5/1/17	Thu 6/29/17
53		Ensamblaje de Asiento	43 days	Wed 3/1/17	Fri 4/28/17
54		Ensamblaje de la Aerodinámica	1 day?	Thu 12/1/16	Thu 12/1/16
55		Head Rest y ensamble al Chasis	43 days	Wed 3/1/17	Fri 4/28/17
56		Arneses	43 days?	Wed 3/1/17	Fri 4/28/17
57		Pintura	50 days	Sat 7/1/17	Thu 9/7/17
58		Pruebas Dinámicas	64 days	Wed 2/1/17	Sun 4/30/17
59		Construcción Módulo Estructura y Seguridad	132 days	Sun 1/1/17	Sat 7/1/17
60		Finalización Módulo Estructura y Seguridad			Sat 7/1/17
61		Aerodinámica	248 days	Wed 10/19/16	Fri 9/29/17

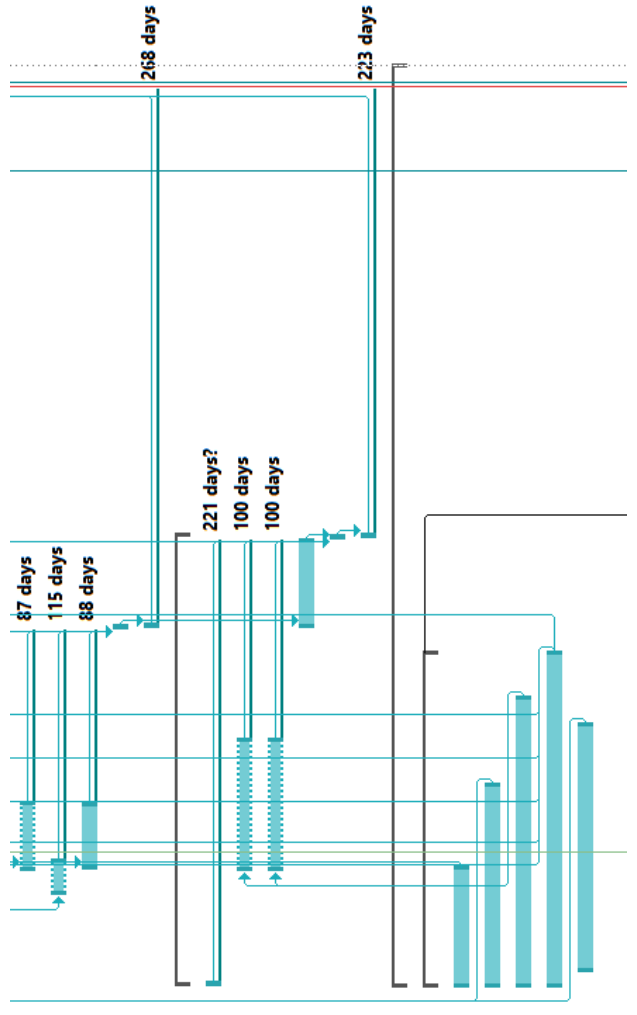
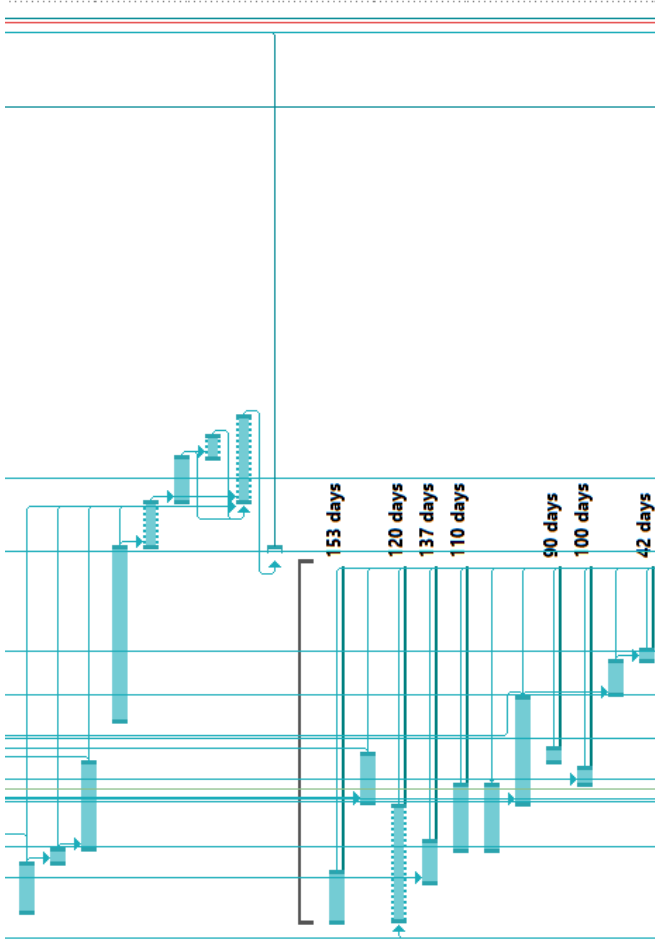
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
62		Rendering de diseño preliminar	24 days	Wed 10/19/16	Mon 11/21/16
63		Rendering del diseño preliminar Revisado	8 days	Tue 11/22/16	Thu 12/1/16
64		Pruebas en software para validación del diseño final	43 days	Fri 12/2/16	Tue 1/31/17
65		Elaboración de prototipo 3D a escala	88 days	Wed 3/1/17	Fri 6/30/17
66		Pruebas en tunel de viento con prototipo 3D a escala	22 days	Sat 7/1/17	Mon 7/31/17
67		Cambios a diseño final de acuerdo a resultados de pruebas	24 days	Tue 8/1/17	Fri 9/1/17
68		Validación de cambios en diseño final	11 days	Fri 9/1/17	Fri 9/15/17
69		Cotización de Fase 1 de construcción de carrocería	44 days	Tue 8/1/17	Fri 9/29/17
70		Finalización Módulo Aerodinámica		Sat 7/1/17	
71		Suspensión	180 days	Wed 10/12/16	Tue 6/20/17
72		Revisión Cálculos y diseño de Juan Pablo	25 days	Wed 10/12/16	Tue 11/15/16
73		Diseño Preliminar Up-Right	25 days	Tue 1/3/17	Mon 2/6/17
74		Selección de amortiguador	58 days	Thu 10/13/16	Sat 12/31/16
75		Selección de aros y llantas	22 days	Tue 11/8/16	Wed 12/7/16
76		Diseño de eje de transmisión	33 days	Thu 12/1/16	Sun 1/15/17
77		Diseñar Up right	33 days	Thu 12/1/16	Sun 1/15/17
78		Diseñar unión de suspensión a chasis	55 days	Mon 1/2/17	Fri 3/17/17
79		Comprar Amortiguador, Hub y Tie Rods	8 days	Wed 2/1/17	Fri 2/10/17
80		Manufacturar "Up Right"	10 days	Mon 1/16/17	Fri 1/27/17
81		Manufacturar Barras de Suspensión	17 days	Mon 3/20/17	Tue 4/11/17
82		Pintar Barras de suspensión	6 days	Wed 4/12/17	Wed 4/19/17
83		Soldar Unión de suspensión al chasis (Platinas)	34 days	Sun 1/1/17	Wed 2/15/17
84		Ensamblar Barras de suspensión	16 days	Fri 12/16/16	Fri 1/6/17
85		Ensamblar "Up Right hub Assembly"	32 days	Mon 1/2/17	Tue 2/14/17
86		Construcción Módulo de Suspensión	1 day?	Mon 6/19/17	Mon 6/19/17
87		Finalización módulo de Suspensión	1 day	Tue 6/20/17	Tue 6/20/17
88		Direccionamiento	224 days	Thu 10/13/16	Tue 8/22/17
89		Revisión del diseño de Juan Pablo	1 day?	Thu 10/13/16	Thu 10/13/16
90		Fabricación del mecanismo de la columna de dirección	67 days	Sun 1/1/17	Sat 4/1/17
91		Fabricar punta de cremallera	67 days	Sun 1/1/17	Sat 4/1/17
92		Ensamblar componentes de dirección	44 days?	Tue 6/20/17	Fri 8/18/17

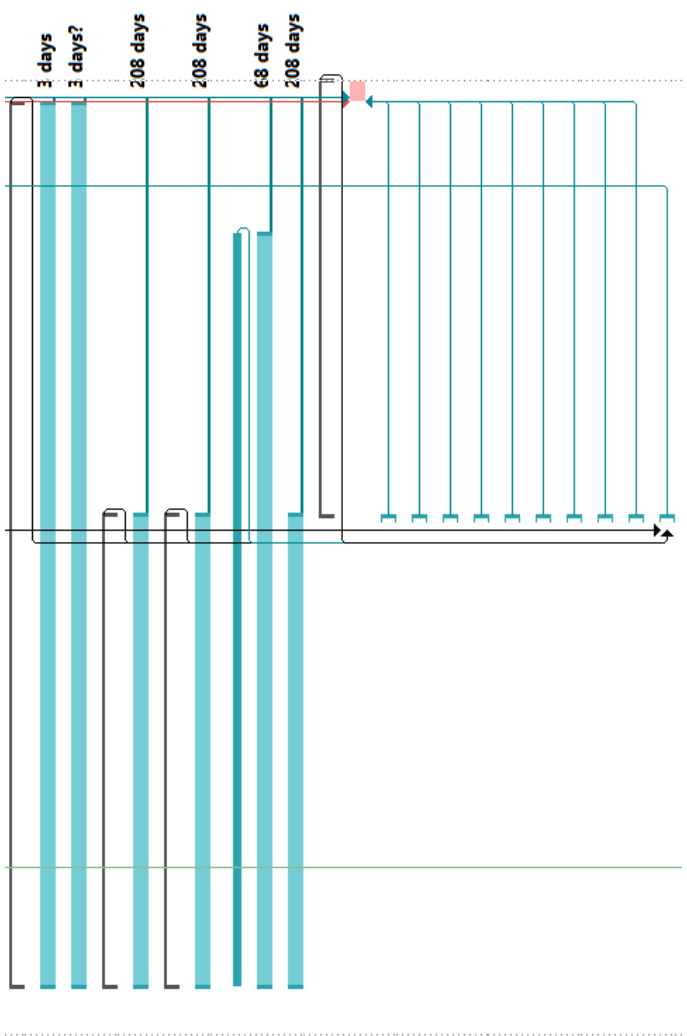
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
93		Ensamblaje de la dirección y Suspensión al chasis	1 day?	Mon 8/21/17	Mon 8/21/17
94		Finalización módulo Direcccionamiento	1 day	Tue 8/22/17	Tue 8/22/17
95		Administración	459 days	Wed 10/12/16	Mon 7/16/18
96		Patrocinios	166 days	Wed 10/12/16	Wed 5/31/17
97		Patrocinio Módulo Motor y Frenos	59 days	Wed 10/12/16	Sun 1/1/17
98		Patrocinio Suspensión	100 days	Wed 10/12/16	Tue 2/28/17
99		Patrocinio Dirección	144 days	Wed 10/12/16	Sun 4/30/17
100		Patrocinio Estructura y Seguridad	166 days	Wed 10/12/16	Wed 5/31/17
101		Patrocinio Transmisión	123 days	Sun 10/23/16	Tue 4/11/17
102		Patrocinio Aerodinámica			
103		Redes sociales y medios de comunicación	440 days	Sat 10/22/16	Sat 6/30/18
104		Comunicados en prensa, radio y televisión cada 2 a 3 meses	442 days	Sat 10/22/16	Sat 6/30/18
105		Publicaciones en redes semanalmente	442 days?	Sat 10/22/16	Sat 6/30/18
106		Costos	235 days	Sat 10/22/16	Fri 9/15/17
107		Actualización de Costos reales	236 days	Sat 10/22/16	Fri 9/15/17
108		Análisis Financiero	235 days	Sat 10/22/16	Fri 9/15/17
109		Realizar Análisis financiero Real	236 days	Sat 10/22/16	Fri 9/15/17
110		Plan de Mercadeo			
111		Desarrollo de la presentación de proyecto a ejecutivos	377 days	Sat 10/22/16	Sat 3/31/18
112		Desarrollo plan de mercadeo (Incluyendo análisis de mercado)	236 days	Sat 10/22/16	Fri 9/15/17
113		Varios con respecto a la competencia	217 days	Fri 9/15/17	Mon 7/16/18
114		Inscripción a la competencia	11 days	Mon 7/2/18	Mon 7/16/18
115		Business Logic Plan			Fri 9/15/17
116		Otros documentos que requiere FSAE			Fri 9/15/17
117		Electronic Throttle Control Failure Modes and Effect Analysis			Fri 9/15/17
118		Data del Atenuador de Impactos			Fri 9/15/17
119		Envío de programa			Fri 9/15/17
120		Reporte de diseño y Spec sheet			Fri 9/15/17
121		Copia del análisis de costos impreso			Fri 9/15/17
122		Análisis de Costos: FSAE eBOM			Fri 9/15/17
123		Orden tipo de combustible			Fri 9/15/17
124		Task Name Finalización	Duration	Start	Finish Fri 9/15/17











Presupuesto Fórmula GT

Concepto	Total (\$)	Total (Q)
<i>Sistema de potencia</i>		
Motor	\$ 1,322.37	Q 10,050.00
Diferencial	\$ 171.05	Q 1,300.00
Bomba de gasolina	\$ 26.32	Q 200.00
Sistema de Refrigeración	\$ 39.47	Q 300.00
Tubería de escape	\$ 39.47	Q 300.00
Silenciador	\$ 19.74	Q 150.00
Filtro de aire	\$ 7.89	Q 60.00
Tanque de gasolina de (4 o 6 gal)	\$ 52.63	Q 400.00
Lubricantes (3 o 4 litros)	\$ 36.84	Q 280.00
<i>Sistema de frenos</i>		
Discos de freno	\$ 84.21	Q 640.00
Bomba de freno	\$ 21.05	Q 160.00
Líquido de frenos	\$ 203.95	Q 1,550.00
Canalizaciones	\$ 178.95	Q 1,360.00
Frenos de expansión interna (bobines)	\$ 23.16	Q 176.00
Servofreno	\$ 86.84	Q 660.00
<i>Sistema de transmisión</i>		

Tanque de aire comprimido	\$ 789.47	Q 6,000.00
Cilindro Neumático	\$ 118.42	Q 900.00
Arduino Dos	\$ 85.53	Q 650.00
Valvula neumática	\$ 95.39	Q 725.00
Manguera Neumática	\$ 95.39	Q 725.00
Diferencial Honda Civic	\$ 131.58	Q 1,000.00
Sistema de suspensión		
Neumáticos	\$ 5,263.16	Q 40,000.00
Amortiguadores	\$ 1,052.63	Q 8,000.00
Resortes	\$ 1,052.63	Q 8,000.00
Otros	\$ 31.58	Q 240.00
Sistema de direccionamiento		
Cremallera y engranes	\$ 1,052.63	Q 8,000.00
Eje central	\$ 31.58	Q 240.00
Timón	\$ 210.53	Q 1,600.00
U-joints	\$ 21.05	Q 160.00
Housing	\$ 105.26	Q 800.00
Brazos	\$ 52.63	Q 400.00
Otros	\$ 197.37	Q 1,500.00
Sistema eléctrico y electrónico		
Batería	\$ 111.45	Q 847.00
Alternador	\$ 101.32	Q 770.00

Bujías	\$ 26.32	Q 200.00
Caja de fusibles	\$ 70.92	Q 539.00
Bobinas	\$ 101.32	Q 770.00
Luces de freno	\$ 40.53	Q 308.00
Switch de freno	\$ 23.29	Q 177.00
Cable (aprox)	\$ 105.26	Q 800.00
Tablero (aprox - hecho por nosotros)	\$ 65.79	Q 500.00
PE3-8400P (ECU)	\$ 1,089.08	Q 8,277.00
PE3 Connector Set*	\$ 80.00	Q 608.00
Sensor de presión en el tubo de admisión (MAP sensor)	\$ 60.79	Q 462.00
Sensor de temperatura del aire en el tubo de admisión	\$ 30.39	Q 231.00
Sensor de temperatura del refrigerante	\$ 30.39	Q 231.00
Sensor de posición del acelerador	\$ 49.61	Q 377.00
Conectores	\$ 26.32	Q 200.00
Sensor Efecto Hall	\$ 78.95	Q 600.00
Trigger Wheel	\$ 60.79	Q 462.00
Sensor de nivel gasolina	\$ 20.26	Q 154.00
Sensor de nivel de refrigerante	\$ 20.26	Q 154.00
Sensor de nivel de líquido de frenos	\$ 20.26	Q 154.00
Sensor de presión barométrica	\$ 11.05	Q 84.00
Modulo USB Xbee	\$ 25.26	Q 192.00
Xbee pro*	\$ 43.42	Q 330.00

Sistema de estructura

Acero para la fabricación	\$ 394.74	Q 3,000.00
Electrodo	\$ 65.79	Q 500.00
Molde de carrocería	\$ 356.58	Q 2,710.00
Manufacturación	\$ 754.87	Q 5,737.00
Firewall	\$ 251.58	Q 1,912.00
Suelo	\$ 131.58	Q 1,000.00
Cinturón 6 puntos	\$ 503.29	Q 3,825.00
Butaca del conductor	\$ 251.58	Q 1,912.00
Atenuador de impactos	\$ 322.11	Q 2,448.00
Material extra	\$ 1,132.24	Q 8,605.00

Administración y logística de transporte

Diseño del Logotipo	\$ 105.26	Q 800.00
Tarjetas de Presentación	\$ 39.47	Q 300.00
Playeras	\$ 657.89	Q 5,000.00
Uniforme del conductor	\$ 921.05	Q 7,000.00
Casco	\$ 210.53	Q 1,600.00
Botas	\$ 315.79	Q 2,400.00
Uniforme del equipo	\$ 427.63	Q 3,250.00
Pasajes	\$ 4,618.42	Q 35,100.00
Alojamiento	\$ 3,289.47	Q 25,000.00
Viáticos	\$ 2,236.84	Q 17,000.00

Transporte del vehículo y gastos aduanales	\$ 6,157.89	Q 46,800.00
Alquiler trailer para transportar el vehículo al lugar de competencia	\$ 339.47	Q 2,580.00
Total proyecto	\$ 38,477.89	Q 292,432.00

Plan de Lanzamiento

Patrocinios

Cartas Citas a empresas



Guatemala, 23 de junio 2016

Canella
Lic. René Cotto
Gerente

Estimado Lic. René Cotto:

Nos dirigimos a ustedes por parte de la Universidad del Valle de Guatemala, como miembros del equipo *Fórmula GT*, un grupo de estudiantes de ingeniería construyendo un vehículo para participar en la competencia *Formula SAE* que se llevará a cabo en Michigan, E.E.U.U. en 2017.

Esta competencia forma parte de una serie de eventos celebrados anualmente en Estados Unidos, Alemania, Brasil, Japón e Italia, en donde estudiantes de las mejores universidades a nivel mundial son retados a diseñar, construir y probar vehículos de alto desempeño. Los vehículos deben ser construidos para completar pruebas de aceleración, freno, consumo y conducción y para lograr esto se deben diseñar los sistemas de potencia, dirección, frenos, aerodinámica, chasis y eléctricos.

Por la magnitud del proyecto, estamos buscando el apoyo de empresas que compartan nuestra visión y estén dispuestas a formar parte de nuestro equipo. Nuestro objetivo es lograr construir un vehículo que cumpla con todos los requerimientos de la competencia y que logre terminar satisfactoriamente todas las pruebas dinámicas. Además, vemos esta oportunidad como una manera de llevar el nombre de Guatemala a un nivel internacional.

Nos gustaría reunirnos en una cita, para presentarles nuestro proyecto y las maneras en las que solicitamos su apoyo.

Agradeciendo de antemano su atención,

Débora Rodríguez

Administración y Logística de Transporte

Fórmula GT

Correo: formulagt17@gmail.com

Cel.: 52061762



Guatemala, 2 de Mayo 2015

HONDA
Lic. Luis Alberto Morales
Presente

Estimado Lic. Luis Alberto Morales:

Nos dirigimos a ustedes por parte de la Universidad del Valle de Guatemala, como miembros del equipo *Fórmula GT*, un grupo de estudiantes de ingeniería construyendo un vehículo para participar en la competencia *Formula SAE* que se llevará a cabo en Michigan, E.E.U.U. en 2017.

Esta competencia forma parte de una serie de eventos celebrados anualmente en Estados Unidos, Alemania, Brasil, Japón e Italia, en donde estudiantes de las mejores universidades a nivel mundial son retados a diseñar, construir y probar vehículos de alto desempeño. Los vehículos deben ser construidos para completar pruebas de aceleración, freno, consumo y conducción y para lograr esto se deben diseñar los sistemas de potencia, dirección, frenos, aerodinámica, chasis y eléctricos.

Por la magnitud del proyecto, estamos buscando el apoyo de empresas que compartan nuestra visión y estén dispuestas a formar parte de nuestro equipo. Nuestro objetivo es lograr construir un vehículo que cumpla con todos los requerimientos de la competencia y que logre terminar satisfactoriamente todas las pruebas dinámicas. Además, vemos esta oportunidad como una manera de llevar el nombre de Guatemala a un nivel internacional.

Nos gustaría reunirnos en una cita, para presentarles nuestro proyecto y las maneras en las que solicitamos su apoyo.

Agradeciendo de antemano su atención,

Débora Rodríguez

Administración y Logística de Transporte

Fórmula GT



Guatemala, 10 de mayo 2015

Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala
Lic. Ricardo Castillo
Presidente

Estimado Lic. Ricardo Castillo:

Nos dirigimos a ustedes por parte de la Universidad del Valle de Guatemala, como miembros del equipo *Fórmula GT*, un grupo de estudiantes de ingeniería construyendo un vehículo para participar en la competencia *Formula SAE* que se llevará a cabo en Michigan, E.E.U.U. en 2017.

Esta competencia forma parte de una serie de eventos celebrados anualmente en Estados Unidos, Alemania, Brasil, Japón e Italia, en donde estudiantes de las mejores universidades a nivel mundial son retados a diseñar, construir y probar vehículos de alto desempeño. Los vehículos deben ser construidos para completar pruebas de aceleración, freno, consumo y conducción y para lograr esto se deben diseñar los sistemas de potencia, dirección, frenos, aerodinámica, chasis y eléctricos.

Por la magnitud del proyecto, estamos buscando el apoyo de empresas que compartan nuestra visión y estén dispuestas a formar parte de nuestro equipo. Nuestro objetivo es lograr construir un vehículo que cumpla con todos los requerimientos de la competencia y que logre terminar satisfactoriamente todas las pruebas dinámicas. Además, vemos esta oportunidad como una manera de llevar el nombre de Guatemala a un nivel internacional.

Nos gustaría reunirnos en una cita, para presentarles nuestro proyecto y las maneras en las que solicitamos su apoyo.

Agradeciendo de antemano su atención,

Débora Rodríguez

Administración y Logística de Transporte

Fórmula GT

Correo: formulagt17@gmail.com

Cel.: 52061762



Guatemala, June 28th, 2016

Esbenshade's Greenhouses
Esbenshade Brothers
Owners

Dear Esbenshade's:

We greet you, hoping your daily activities are going well and successful. The reason of this letter, is to invite you to participate as sponsors of the team "FormulaGT", integrated by students of last year of Mechanical, Mechatronics and Administration Engineering of Universidad del Valle de Guatemala, and that will participate in the competition "Formula SAE", organized by SAE International (formerly Society of Automotive Engineers).

This competition consists in the design and manufacture of a small formula style vehicle. It gives the opportunity to the teams to demonstrate and prove their abilities, competing against other universities around all the world. In our case, we are the first team of students in Guatemala that will participate in this competition.

We consider that these types of projects contribute to the development of technical and technological environments of our country. Like a team, we desire that our participation motivates Guatemalan youth to participate and integrate in these types of events and to study technical programs as engineering. This will allow future generations to achieve higher goals.


We are asking for a sponsorship that consists in helping us with an engine. This engine has to be a 4 stroke engine, and no bigger than 610 cubic centimeters. This type of engine is used in these motorcycles: Honda CBR 600, Yamaha R6 or Suzuki GSX 600.


Attached you will find additional information about our project and the competition. You can also see the web page with more information <http://www.fsaconline.com>

In case you need more information, we would be glad to give it to you.

Sincerely yours,

Débora Rodríguez
Administration and Logistics
Cellphone: (502) 5206-1762
Universidad del Valle de Guatemala


V. Bo. Ing. Victor Ayerdi
Head of Mechanical Engineering
Universidad del Valle de Guatemala





Guatemala, 24 de junio de 2016

Prysa
Señores Edgar Galindo y Diego Herrera
Ejecutivos de Ventas

Estimados Señores Galindo y Herrera

Los saludamos cordialmente, deseando que sus actividades se desarrollen de forma exitosa. El motivo de la presente, es para invitarles a participar como patrocinadores del equipo "FórmulaGT", conformado por estudiantes de último año de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería en Ciencia de la Administración de la Universidad del Valle de Guatemala, que participa en la competencia "Formula SAE", organizada por la SAE International (formerly Society of Automotive Engineers).

Esta competencia integra a equipos de pregrado universitarios y postgrado para concebir, diseñar, fabricar y competir con un pequeño vehículo estilo fórmula. Esta competencia da la libertad a los equipos de diseñar y de expresar la creatividad e imaginación, cumpliendo con restricciones en el diseño general del vehículo que proporciona SAE International. Estas competencias dan la posibilidad de que los equipos puedan demostrar y probar tanto la creación y la habilidad de la ingeniería compitiendo contra varias Universidades alrededor de todo el mundo, siendo nosotros el único equipo de Guatemala y Centroamérica.

Consideramos que este tipo de proyectos contribuirá al desarrollo en ámbitos técnicos y tecnológicos de nuestro país, a medida que más estudiantes y profesionales incursionen en estos temas. Como equipo, deseamos que nuestra participación en esta competencia se convierta en el primer paso que permita motivar a más guatemaltecos poder integrarse en este tipo de eventos y poner en práctica lo que se ha aprendido a lo largo de la carrera, descubriendo e investigando maneras más efectivas y más avanzadas de sacar adelante el proyecto. Esto permitirá que los jóvenes de futuras generaciones se impulsen a alcanzar metas aún más altas.

El patrocinio que solicitamos consiste en componentes para sistemas neumáticos que serán utilizados en el vehículo, tales como actuadores, válvulas, reguladores de presión y manguera.

Débora Rodríguez
Administración y Logística
Celular: 52061762
Universidad del Valle de Guatemala

Vo. Bo. Ing. Víctor Ayerdi
Director Ingeniería Mecánica



Guatemala, 27 de junio de 2016

Vitatrack
Lic. Ronaldo Gabriel
Gerente de Mayoreo

Estimado Lic. Ronaldo Gabriel

Lo saludamos cordialmente, deseando que sus actividades se desarrollen de forma exitosa. El motivo de la presente, es para invitarles a participar como patrocinadores del equipo "FórmulaGT", conformado por estudiantes de último año de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería en Ciencia de la Administración de la Universidad del Valle de Guatemala, que participa en la competencia "Formula SAE", organizada por la SAE International (formerly Society of Automotive Engineers).

Esta competencia integra a equipos de pregrado universitarios y postgrado para concebir, diseñar, fabricar y competir con un pequeño vehículo estilo fórmula. Esta competencia da la libertad a los equipos de diseñar y de expresar la creatividad e imaginación, cumpliendo con restricciones en el diseño general del vehículo que proporciona SAE International. Estas competencias dan la posibilidad de que los equipos puedan demostrar y probar tanto la creación y la habilidad de la ingeniería compitiendo contra varias Universidades alrededor de todo el mundo, siendo nosotros el único equipo de Guatemala y Centroamérica.

Consideramos que este tipo de proyectos contribuirá al desarrollo en ámbitos técnicos y tecnológicos de nuestro país, a medida que más estudiantes y profesionales incursionen en estos temas. Como equipo, deseamos que nuestra participación en esta competencia se convierta en el primer paso que permita motivar a más guatemaltecos poder integrarse en este tipo de eventos y poner en práctica lo que se ha aprendido a lo largo de la carrera, descubriendo e investigando maneras más efectivas y más avanzadas de sacar adelante el proyecto. Esto permitirá que los jóvenes de futuras generaciones se impulsen a alcanzar metas aún más altas.

El patrocinio que solicitamos consiste en amortiguadores y neumáticos slick Hankok rin 13

Adjunto encontrarán información adicional de nuestro proyecto y la competencia. También pueden revisar más información en la página web: <http://www.fsaonline.com/>

En caso requieran información adicional, con gusto podremos proporcionarla.

Agradeciendo de antemano su atención,

Débora Rodríguez
Administración y Logística
Celular: 52061762
Universidad del Valle de Guatemala



Vo. Bo. Ing. Víctor Ayérdi
Director Ingeniería Mecánica



Guatemala, 27 de junio de 2016

Servicio Industrial
Señor Kevin Porras
Asesor Industrial y Ejecutivo de Ventas

Estimado Señor Kevin Porras,

Lo saludamos cordialmente, deseando que sus actividades se desarrollen de forma exitosa. El motivo de la presente, es para invitarles a participar como patrocinadores del equipo "FórmulaGT", conformado por estudiantes de último año de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería en Ciencia de la Administración de la Universidad del Valle de Guatemala, que participa en la competencia "Formula SAE", organizada por la SAE International (formerly Society of Automotive Engineers).

Esta competencia integra a equipos de pregrado universitarios y postgrado para concebir, diseñar, fabricar y competir con un pequeño vehículo estilo fórmula. Esta competencia da la libertad a los equipos de diseñar y de expresar la creatividad e imaginación, cumpliendo con restricciones en el diseño general del vehículo que proporciona SAE International. Estas competencias dan la posibilidad de que los equipos puedan demostrar y probar tanto la creación y la habilidad de la ingeniería compitiendo contra varias Universidades alrededor de todo el mundo, siendo nosotros el único equipo de Guatemala y Centroamérica.

Consideramos que este tipo de proyectos contribuirá al desarrollo en ámbitos técnicos y tecnológicos de nuestro país, a medida que más estudiantes y profesionales incursionen en estos temas. Como equipo, deseamos que nuestra participación en esta competencia se convierta en el primer paso que permita motivar a más guatemaltecos poder integrarse en este tipo de eventos y poner en práctica lo que se ha aprendido a lo largo de la carrera, descubriendo e investigando maneras más efectivas y más avanzadas de sacar adelante el proyecto. Esto permitirá que los jóvenes de futuras generaciones se impulsen a alcanzar metas aún más altas.

El patrocinio que solicitamos consiste en rodamientos, sprockets y cadena que serán utilizados en la transmisión de potencia del vehículo.

Adjunto encontrarán información adicional de nuestro proyecto y la competencia. También pueden revisar más información en la página web: <http://www.fbaonline.com>

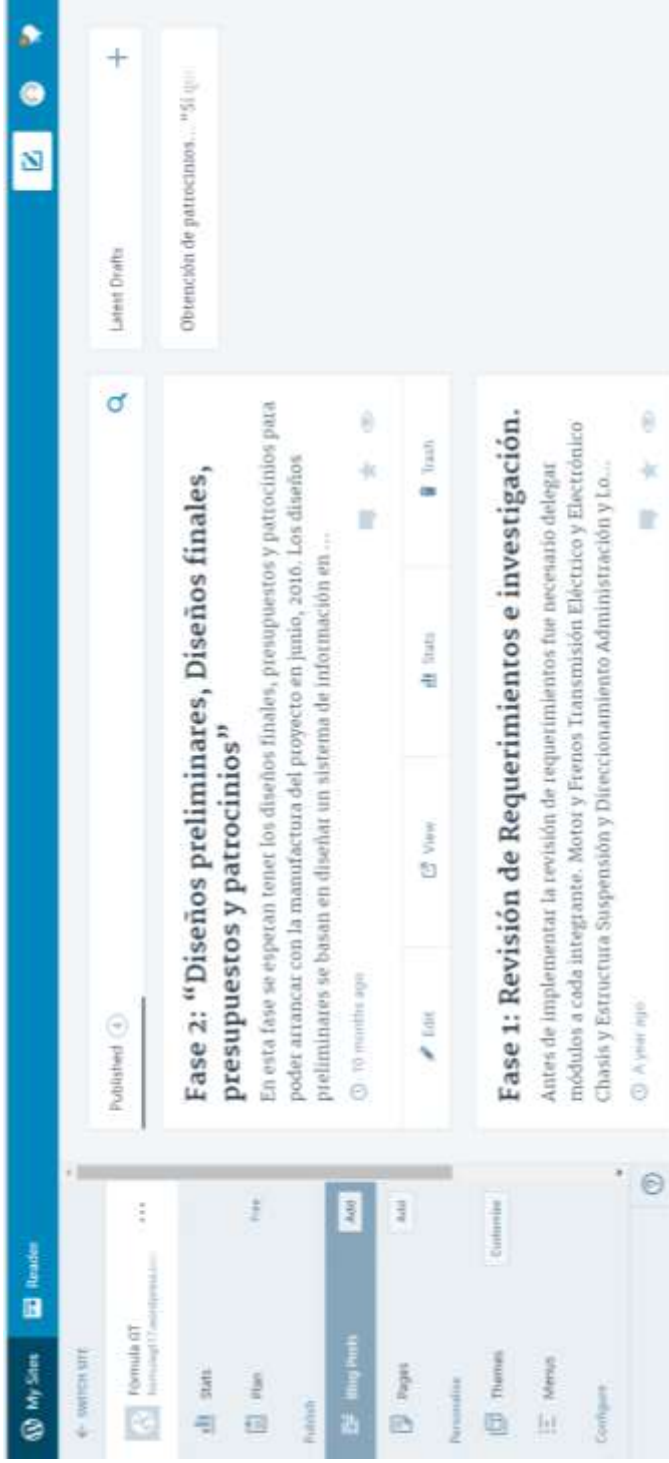
En caso requieran información adicional, con gusto podremos proporcionarla.

Agradeciendo de antemano su atención,

Débora Rodríguez
Administración y Logística
Celular: 52061762
Universidad del Valle de Guatemala

Vs. Bc. Ing. Víctor Ayerdi
Director Ingeniería Mecánica
Universidad del Valle de Guatemala

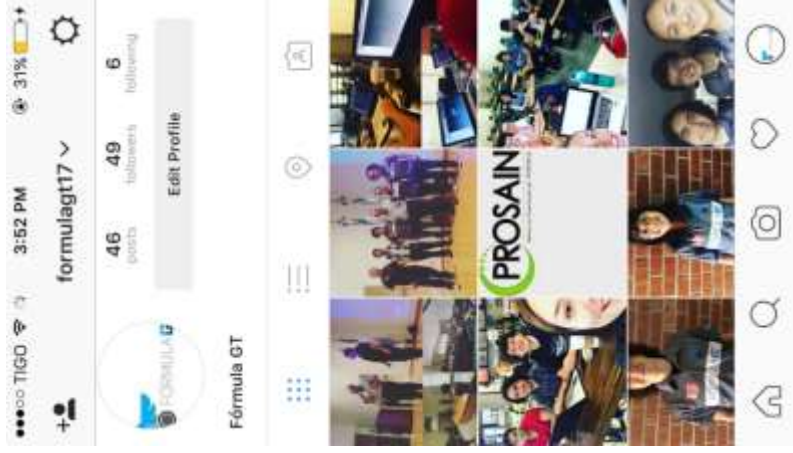
Blog



Facebook



Instagram



Twitter



Youtube



