

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Megaproyecto: Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente**

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto presentado por:

Ana Silvia López González, para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química; Gabriel David Quiñonez Castillo, Luis Gabriel Cariñes Medrano y Pedro Miguel Artiga Valencia, para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Mecánica; Luis Antonio Sigüenza Leiva, para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica y Mónica Denis Ruiz Herrera, para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala  
2014



# **Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente**



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



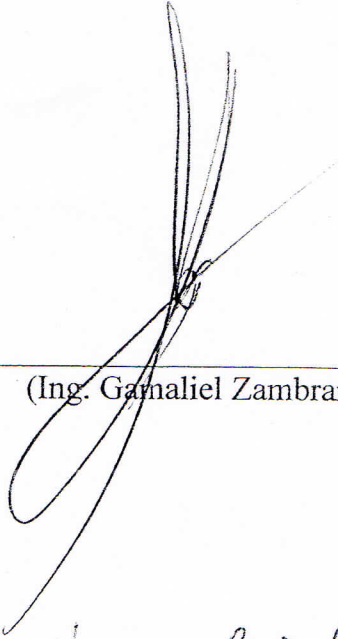
**Megaproyecto: Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente**

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto presentado por:

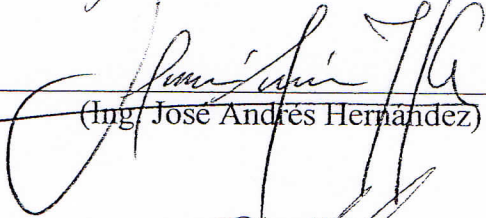
Ana Silvia López González, para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química; Gabriel David Quiñonez Castillo, Luis Gabriel Cariñes Medrano y Pedro Miguel Artiga Valencia, para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Mecánica; Luis Antonio Sigüenza Leiva, para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica y Mónica Denis Ruiz Herrera, para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Industrial


Guatemala  
2014

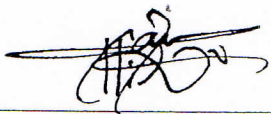
Vo. Bo.

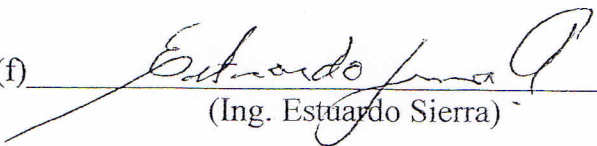
(f)   
\_\_\_\_\_ (Ing. Gamaliel Zambrano)

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_ (Ing. José Andrés Hernández)

(f)   
\_\_\_\_\_ (Ing. Víctor Hugo Ayerdi)

(f)   
\_\_\_\_\_ (Ing. Carlos Esquit)

(f)   
\_\_\_\_\_ (Ing. Estuardo Sierra)

Fecha de aprobación: Guatemala, 03 de noviembre del 2014

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xx
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
A. General.....	3
B. Específicos .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	4
MARCO TEÓRICO .....	5
A. Proceso de diseño .....	5
B. Principio Ackerman .....	6
C. Aerodinámica.....	7
D. Motores.....	8
E. Partes de un motor.....	9
F. Características del motor a utilizar.....	11
G. Funcionamiento del motor de gasolina de cuatro tiempos .....	13
H. Gráficas de potencia, torque y consumo de combustible .....	17
I. Funcionamiento de las válvulas .....	22
J. Sistema de enfriamiento.....	24
K. Sistemas de lubricación .....	24
L. Sistemas de carburación.....	25
M. Funcionamiento del carburador .....	30
N. Combustibles .....	31
O. Sistemas de inyección.....	32

P.	Etanol .....	34
Q.	Combustión.....	37
R.	Etanol y los motores Otto .....	38
S.	Sistema Electrónico.....	41
T.	Administración de proyectos .....	45
U.	Herramientas de control de tiempos .....	47
V.	Análisis estratégico.....	49
IV.	ANTECEDENTES.....	50
V.	METODOLOGÍA.....	51
A.	CHASIS.....	51
B.	CARROCERÍA.....	61
C.	DIRECCIÓN.....	66
D.	FRENOS.....	84
E.	TRANSMISIÓN DE POTENCIA .....	90
F.	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	109
G.	SISTEMA MONITOREO Y POSICIONAMIENTO INALÁMBRICO .....	112
H.	PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN.....	143
VI.	RESULTADOS.....	149
VII.	DISCUSIÓN .....	196
A.	Vehículo.....	196
B.	Eficiencia .....	203
C.	Planificación y coordinación .....	207
VIII.	CONCLUSIONES .....	220
IX.	RECOMENDACIONES .....	222
X.	BIBLIOGRAFÍA .....	228
XI.	ANEXOS.....	231

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Modificaciones en el motor en base al porcentaje de etanol.....	38
Cuadro 2. Cargas aplicadas al modelo.....	58
Cuadro 3. Comparación del módulo de sección y área transversal .....	59
Cuadro 4. Parámetros utilizados para cálculo de coeficiente de arrastre.....	63
Cuadro 5. Comparación Michelin 44 406 contra Kenda Kontender 700 23c.....	68
Cuadro 6. Dimensiones de la llanta Michelin 44 406.....	68
Cuadro 7. Variación de ancho de chasis y carrocería.....	69
Cuadro 8. Comparación de dimensiones según cálculos y reglamento.....	69
Cuadro 9. Dimensiones de eslabones del mecanismo de dirección.....	70
Cuadro 10. Análisis de posición, velocidad y aceleración del punto F .....	71
Cuadro 11. Análisis de posición, velocidad y aceleración del punto E.....	72
Cuadro 12. Valores máximos de aceleración: .....	73
Cuadro 13. Descripción de partes del eje .....	74
Cuadro 14. Propiedades del acero 4340 (Budynas, 2008).....	76
Cuadro 15. Dimensiones de eje de llantas delanteras.....	77
Cuadro 16. Datos de cojinete.....	77
Cuadro 17. Piezas del Sistema de dirección .....	78
Cuadro 18. Descripción de partes de sistema .....	82
Cuadro 19. Torque necesario en los frenos.....	86
Cuadro 20. Mordazas de frenos con sus torques (Shimano).....	86
Cuadro 21. Tiempo y distancia de frenado con desaceleración de $5.1 \text{ m/s}^2$ .....	89
Cuadro 22. Tiempo y distancia de frenado con desaceleración de $3.41 \text{ m/s}^2$ .....	89
Cuadro 23. Comparación de motores Honda (Anexos 12 y 13).....	91

Cuadro 24. Propiedades del Tecast Vekton 6XAU (Anexo 16).....	96
Cuadro 25. Datos de los engranes.....	97
Cuadro 26. Propiedades del acero AISI 4340 (Budynas) .....	98
Cuadro 27. Factores de confiabilidad aproximados.....	99
Cuadro 28. Dimensiones del eje de entrada.....	101
Cuadro 29. Factores de servicio para transmisiones por cadena (Mott).....	106
Cuadro 30. Factor de corrección de dientes.....	106
Cuadro 31. Factores de hileras múltiples.....	106
Cuadro 32. Datos relevantes de los acoples seleccionados .....	107
Cuadro 33. Resumen del cálculo de las velocidades .....	109
Cuadro 34. Factores de ponderación para la selección del micro-controlador.....	113
Cuadro 35. Características de los modelos de Arduino propuestos.....	113
Cuadro 36. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección del micro-controlador.....	114
Cuadro 37. Factores de ponderación para la selección del sensor de temperatura y humedad .....	114
Cuadro 38. Características de los sensores de temperatura y humedad propuestas .....	115
Cuadro 39. Resultado del análisis “Trade Study” del sensor de temperatura y humedad.....	115
Cuadro 40. Factores de ponderación para la selección del módulo GPS .....	116
Cuadro 41. Características de los módulos GPS propuestos .....	116
Cuadro 42. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección del módulo GPS .....	116
Cuadro 43. Factores de ponderación para la selección de los sensores ultrasónicos.....	117
Cuadro 44. Características de los sensores ultrasónicos propuestos .....	117
Cuadro 45. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección del sensor ultrasónico.....	117
Cuadro 46. Características de los módulos XBee Pro S1 .....	118
Cuadro 47. Factores de ponderación para la selección de la pantalla.....	118
Cuadro 48. Características de las pantallas propuestas.....	118

Cuadro 49. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección de la pantalla.....	118
Cuadro 50. Resumen de los dispositivos seleccionados.....	119
Cuadro 51. Cuantificación de energía del sistema de electrónico.....	128
Cuadro 52. Resumen de potencia del sistema de monitoreo y posicionamiento.....	128
Cuadro 53. Número de serie de los módulos XBee Pro S1.....	138
Cuadro 54. Funciones y responsabilidades.....	145
Cuadro 55. Estimación de tres tiempos de actividades.....	147
Cuadro 56. Datos cálculo de probabilidad.....	148
Cuadro 57. Resultados del chasis.....	149
Cuadro 58. Resultados de la aerodinámica del vehículo.....	158
Cuadro 59. Características de la carrocería.....	158
Cuadro 60. Pruebas realizadas al chasis y a la carrocería.....	159
Cuadro 61. Radio de giro real del vehículo al lado izquierdo.....	160
Cuadro 62. Porcentaje de error de radio de giro izquierdo.....	160
Cuadro 63. Radio de giro real del vehículo al lado derecho.....	160
Cuadro 64. Porcentaje de error de radio de giro derecho.....	160
Cuadro 65. Distancia de frenado real.....	161
Cuadro 66. Porcentaje de error de distancia de frenado real.....	161
Cuadro 67. Resultados de las pruebas de velocidad y aceleración.....	162
Cuadro 68: Parámetros definidos para el sistema de inyección.....	162
Cuadro 69: Rendimiento del combustible en modo estacionario.....	162
Cuadro 70: Eficiencia de la combustión, calculada por diferentes métodos.....	162
Cuadro 71. Resultados finales del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico.....	163
Cuadro 72. Rango de temperatura y humedad en la cabina del vehículo.....	163
Cuadro 73. Resumen de vueltas y tiempos recorridos por el vehículo.....	164

Cuadro 74. Resumen de tasa de transmisión de datos .....	165
Cuadro 75. Porcentaje de error de las revoluciones por minuto del motor .....	166
Cuadro 76. Masa del sistema de dirección .....	168
Cuadro 77. Masa de los componentes del sistema de frenos.....	168
Cuadro 78. Masa de los componentes del sistema de transmisión .....	168
Cuadro 79. Masa de los diversos sistemas del vehículo .....	169
Cuadro 80. Actividades pendientes .....	172
Cuadro 81. Resumen de presupuesto ejecutado 2014.....	173
Cuadro 82. Costos de transmisión y potencia.....	174
Cuadro 83. Costos de transporte y empaque.....	176
Cuadro 84. Costos de chasis .....	177
Cuadro 85. Costos de carrocería .....	178
Cuadro 86. Costos de sistema de dirección .....	179
Cuadro 87. Costos sistema de monitoreo .....	181
Cuadro 88. Costos de seguridad .....	183
Cuadro 89. Costos de comunicación.....	184
Cuadro 90. Costos de sistema de frenos .....	184
Cuadro 91. Costos sistema de inyección .....	185
Cuadro 92. Gastos por viáticos.....	185
Cuadro 93. Gastos por boletos aéreos.....	185
Cuadro 94. Gastos derivados de la competencia .....	186
Cuadro 95. Costos de repuestos.....	186
Cuadro 96. Detalle de ingresos 2014 .....	187
Cuadro 97. Resumen proveedores .....	188
Cuadro 98. Presupuesto 2015 .....	189

Cuadro 99. Resumen de horas/hombre por módulos.....	191
Cuadro 100. Mapa de oportunidades .....	192
Cuadro 101. Análisis FODA.....	193
Cuadro 102. Clientes de acuerdo a necesidades, beneficios y estrategias.....	194
Cuadro 103. Resumen de causas de retrasos .....	209
Cuadro 104. Consideraciones de actividades críticas.....	211
Cuadro 105. Resumen de calificación de las fuerzas de Porter.....	215
Cuadro 106. Calificación de amenaza de proveedores.....	215
Cuadro 107. Calificación de amenaza de sustitutos .....	216
Cuadro 108. Calificación de amenaza de clientes .....	216
Cuadro 109. Calificación de amenaza de rivalidad entre competidores.....	217
Cuadro 110. Calificación de nuevas amenazas.....	217
Cuadro 111. Enfoque de patrocinadores.....	217

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principio de Ackerman.....	6
Figura 2. Consumo de potencia según la velocidad.....	7
Figura 3. Reducción del coeficiente de arrastre al fuselar los cuerpos.....	8
Figura 4. Pistón recíprocante de un motor.....	9
Figura 5. Partes básicas de un motor de gasolina.....	9
Figura 6. Válvula enfriada con sodio.....	11
Figura 7. Motor enfriado por aire.....	12
Figura 8. Válvulas a la culata o de cabeza.....	12
Figura 9. Motor de gasolina de cuatro tiempos.....	13
Figura 10. Ciclo del motor de Otto.....	16
Figura 11. Ciclo de Otto estándar de aire.....	16
Figura 12. Gráfica de potencia, torque y consumo de combustible.....	17
Figura 13. Índice de compresión.....	21
Figura 14. Adelantos y atrasos de las válvulas.....	22
Figura 15. Círculo que representa dos vueltas del cigüeñal.....	22
Figura 16. Sistema de carburación.....	25
Figura 17. Bomba de combustible.....	27
Figura 18. Partes de un carburador y filtro de aire.....	27
Figura 19. Carburador con la mariposa de gases y mariposa de aire cerradas.....	30
Figura 20. Inyector.....	33
Figura 21. Principio de funcionamiento de un sensor ultrasónico.....	43
Figura 22. Topologías de una red ZigBee.....	45
Figura 23. Vehículo 2013.....	50

Figura 24. Diagrama de colocación de postes para verificación de visibilidad.....	52
Figura 25. Prueba de visibilidad durante la competencia. ....	52
Figura 26. Medición de visibilidad con restricción de simulación de carrocería .....	53
Figura 27. Vista en planta de las distancias en milímetros.....	53
Figura 28. Modelo CAD de un chasis de go kart.....	54
Figura 29. Modelo CAD del primer prototipo.....	54
Figura 30. Proceso de fresado del equipo Panther Rage G2.....	55
Figura 31. Ajuste a través de fresado por el equipo Panther Rage G2 .....	55
Figura 32. Prototipo fabricado con tubería cuadrada de hierro negro .....	56
Figura 33. Chasis con sillón de madera y dirección montada .....	57
Figura 34. Simulación realizada en Autodesk Inventor Professional 2014.....	57
Figura 35. Modelo con cargas y soportes aplicados.....	59
Figura 36. Chasis con soportes para otros sistemas soldados.....	60
Figura 37. Chasis con sillón y mamparo instalados .....	61
Figura 38. Boceto inicial para carrocería vista en planta (milímetros).....	62
Figura 39. Boceto inicial para carrocería vista lateral (milímetros).....	62
Figura 40. Boceto inicial para carrocería vista en elevación (milímetros).....	63
Figura 41. Simulación de túnel de viento para encontrar forma adecuada.....	64
Figura 42. Manufactura del molde.....	64
Figura 43. Molde para carrocería terminado .....	64
Figura 44. Carrocería con marcas para cortes de ventanas.....	65
Figura 45. Carrocería con ventanas y calcomanías.....	65
Figura 46. Mecanismo de cuatro barras (Unioviado).....	70
Figura 47. Mecanismo de 6 barras.....	70
Figura 48. Trayectoria del punto F .....	71

Figura 49. Análisis del punto F.....	72
Figura 50. Trayectoria del punto E.....	72
Figura 51. Análisis del punto E.....	73
Figura 52. Bosquejo del eje para llantas.....	73
Figura 53. Plano del eje de llantas delanteras.....	74
Figura 54. Diagrama de cuerpo libre del eje de las llantas delanteras en isométrico.....	74
Figura 55. Diagramas de corte y momento en el eje de llantas delanteras YZ.....	75
Figura 56. Diagramas de corte y momento en el eje de llantas delanteras XZ.....	75
Figura 57. Resistencia a la fatiga $S_n$ en función de la resistencia a la tensión (Mott).....	76
Figura 58. Factor de seguridad en eje de llantas delanteras.....	77
Figura 59. Ensamble de sistema de dirección.....	78
Figura 60. Explosionado sistema de dirección.....	78
Figura 61. Manivela.....	79
Figura 62. Balancín.....	79
Figura 63. Nodo del acoplador.....	79
Figura 64. Abrazaderas.....	80
Figura 65. Soporte.....	80
Figura 66. Ensamble de abrazaderas, soportes y chasis.....	80
Figura 67. Diagrama de cuerpo libre de Sistema de dirección.....	81
Figura 68. Simulación de sistema de dirección.....	81
Figura 69. Partes de sistema de sujeción de timón.....	82
Figura 70. Acople macho.....	82
Figura 71. Acople hembra.....	82
Figura 72. Diagrama de cuerpo libre de vehículo en curva.....	83
Figura 73. Diagrama de cuerpo libre del vehículo en pendiente de 20%.....	85

Figura 74. Mordazas y palanca Shimano Deore.....	87
Figura 75. Frente del acople diseñado para los frenos en material transparente.....	87
Figura 76. Instalación en el vehículo.....	87
Figura 77. Muestra el diagrama de cuerpo libre del vehículo en movimiento.....	88
Figura 78. Motor Honda GXH 50.....	92
Figura 79. Embrague manual.....	93
Figura 80. Embrague centrífugo.....	93
Figura 81. El embrague DBRT1.....	94
Figura 82. Engranaje planetario considerado, GBPH-0602-NS-012 (Anexo 15).....	96
Figura 83. Resistencia a la fatiga $S_n$ en función de la resistencia a la tensión.....	98
Figura 84. Factor por Tamaño $C_s$ .....	99
Figura 85. Esquema del eje de entrada.....	99
Figura 86. Diseño original.....	102
Figura 87. Segundo diseño de la caja reductora.....	102
Figura 88. Otro diseño de la caja reductora.....	103
Figura 89. Diseño final de la caja reductora.....	103
Figura 90. La caja reductora de aluminio.....	104
Figura 91. Disposición final de los componentes de la transmisión.....	105
Figura 92. Sistema de velocidades.....	108
Figura 93. Diagrama general del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico.....	120
Figura 94. Primeras pruebas realizadas del sistema electrónico.....	121
Figura 95. Diagrama de conexión del sensor DHT11.....	122
Figura 96. Señal de datos del sensor DHT11.....	122
Figura 97. Diagrama de conexión del módulo GPS Click.....	123
Figura 98. Diagrama de conexión de los sensores ultrasónicos.....	124

Figura 99. Señales de datos del sensor ultrasónico HC-RS04.....	124
Figura 100. Pruebas del sensor infrarrojo montado sobre la llanta de una bicicleta .....	125
Figura 101. Señal de pulsos detectados por el sensor óptico.....	125
Figura 102. Pines de la pantalla TFT LCD 2.8” .....	126
Figura 103. Despliegue de datos en pantalla TFT LCD 2.8” .....	127
Figura 104. Indicadores de cambio de velocidad .....	127
Figura 105. Esquemático del sistema electrónico.....	129
Figura 106. Esquemático del circuito de potencia eléctrica del sistema .....	130
Figura 107. Esquemático del sistema de despliegue de datos .....	130
Figura 108. Esquemático de conexión del sensor ultrasónico .....	131
Figura 109. Esquemático del sensor infrarrojo.....	131
Figura 110. Diseño del circuito impreso de la unidad de control.....	132
Figura 111. Diseño del circuito impreso del sistema de despliegue de datos.....	132
Figura 112. Diseño del circuito impreso y vista en 3D del sensor ultrasónico.....	132
Figura 113. Diseño del circuito impreso del sensor infrarrojo .....	133
Figura 114. Circuito impreso de la unidad de control .....	133
Figura 115. Circuito impreso del sistema de despliegue de datos .....	134
Figura 116. Circuito impreso del sensor ultrasónico .....	134
Figura 117. Circuito impreso del sensor óptico.....	134
Figura 118. Segunda versión del esquemático del sensor infrarrojo .....	135
Figura 119. Diseño final del circuito impreso de la unidad de control.....	135
Figura 120. Segunda versión de la unidad de control del sistema electrónico .....	136
Figura 121. Segunda versión del sistema de despliegue de datos del vehículo.....	136
Figura 122. Segunda versión del circuito impreso de los sensores ultrasónicos .....	136
Figura 123. Segunda versión del sensor infrarrojo .....	137

Figura 124. Diagrama del proceso de transmisión inalámbrica de datos .....	137
Figura 125. Configuración del módulo coordinador y router (dispositivo final) .....	138
Figura 126. Diagrama del proceso de transmisión inalámbrica de datos .....	139
Figura 127. Ventana para configurar conexión con el módulo XBee .....	140
Figura 128. Ventana principal del programa de monitoreo .....	141
Figura 129. Ventana de despliegue de datos recibidos.....	141
Figura 130. Ventana del gráfico de temperatura y humedad.....	141
Figura 131. Ventana del gráfico de velocidad.....	142
Figura 132. Ventana del gráfico de revoluciones por minuto.....	142
Figura 133. Estructura organizacional.....	144
Figura 134. Factor de seguridad en chasis en condiciones estáticas .....	149
Figura 135. Factor de seguridad en barra antivuelco.....	150
Figura 136. Deflexión en chasis .....	150
Figura 137. Factor de seguridad después de colisión lateral (2500N).....	150
Figura 138. Deflexión tras colisión lateral.....	151
Figura 139. Factor de seguridad en soporte trasero .....	151
Figura 140. Deflexión en soporte trasero.....	151
Figura 141. Desalineación de la llanta trasera, vista superior .....	152
Figura 142. Desalineación de la llanta trasera, vista frontal.....	152
Figura 143. Diposición de ejes para análisis de falla en soporte trasero .....	153
Figura 144. Diagrama de cuerpo libre de la llanta trasera .....	153
Figura 145. Dimensiones para diagrama de cuerpo libre .....	154
Figura 146. Distancias para diagrama de cuerpo libre.....	154
Figura 147. Distancia cadena placa .....	154
Figura 148. Momento en el eje x .....	155

Figura 149. Momento en el eje z .....	156
Figura 150. Medición de altura mínima.....	157
Figura 151. Magnitud de la velocidad del aire .....	158
Figura 152. Presión estática (perfil).....	159
Figura 153. Presión estática y líneas de flujo (perfil).....	159
Figura 154. Temperatura y Humedad de la cabina del vehículo en la competencia .....	163
Figura 155. Control de vueltas y tiempos del vehículo en la competencia .....	164
Figura 156. Mapeo de los datos almacenados en la memoria SD .....	164
Figura 157. Posición del vehículo desplegada en la plataforma <i>Google Maps</i> .....	165
Figura 158. Gráfico de la velocidad aproximada del vehículo .....	165
Figura 159. Gráfico de las revoluciones por minuto del motor del vehículo .....	166
Figura 160. Sistema de despliegue de datos montado en el vehículo.....	166
Figura 161. Unidad de control del sistema montada el vehículo.....	167
Figura 162. Sensor infrarrojo montado en el vehículo .....	167
Figura 163. Sensores ultrasónicos montados sobre el vehículo.....	167
Figura 164. Cuadro de mando integral marzo 2014 .....	171
Figura 165. División de costos y horas laborales .....	190
Figura 166. Diagrama de flujo proceso de patrocinio .....	191
Figura 167. Fuerzas de Porter .....	192
Figura 168. Las 5 P's de mercadeo.....	193
Figura 169. Diagrama de flujo proceso de compras UVG .....	213
Figura 170. Enfoque de patrocinadores .....	218
Figura 171. Rediseño de acoplador.....	222
Figura 172. Mecanismo engrane y piñón.....	223

## RESUMEN

El presente proyecto consistió en la construcción de un vehículo ultraeficiente para participar en la competencia Shell Eco-Marathon 2014, dentro la categoría prototipo etanol. Ésta es una competencia organizada por Shell Internacional, que se lleva a cabo en Houston, Texas; en la que estudiantes deben diseñar, construir y manejar vehículos especiales para lograr alcanzar consumos de combustible altamente eficientes. El equipo ganador es aquel que recorra la mayor distancia con la menor cantidad de combustible.

El proyecto se manejó en dos fases, el diseño y la construcción del vehículo. Tras haber concluido con la construcción se procedió a realizar pruebas en Guatemala, las que fueron concluidas durante la competencia y tras regresar de la misma. Con estas pruebas se aseguró que el vehículo cumpla con todos los requerimientos establecidos por la competencia.

El módulo de chasis y carrocería consistió en el diseño y construcción del chasis y carrocería. El chasis fue fabricado con tubería cuadrada de aluminio de 1 pulgada y cuenta con una barra antivuelco y barras de protección laterales. La carrocería fue fabricada con fibra de vidrio y las ventanas fueron fabricadas con acrílico y termoformadas para ajustarse a la carrocería. El chasis pesó 12.42 kg, con un factor de seguridad de 4, pero las placas traseras fallaron al tener un factor de seguridad de 0.06. Las barras laterales y la barra antivuelco protegen al conductor en un caso de choque con un factor de seguridad de 2.5 y de 10 respectivamente. La carrocería pesó 24.04 kg y se logró un coeficiente de arrastre teórico de 0.18. El peso de la carrocería fue muy alto debido al proceso de manufactura utilizado.

El módulo de dirección consistió en el diseño y construcción de un mecanismo de barras que permitiera al vehículo cumplir con el radio de giro establecido de 8 m y la implementación de un sistema de levas para remover el timón y permitir que el conductor saliera en 10 s. El módulo de frenos consistió en la adaptación de frenos Shimano Deore.

El módulo de transmisión de potencia comprende diseñar y construir un sistema que cumpla con los requerimientos de la competencia, y que logre que la potencia del motor llegue de la manera más eficiente a la rueda motriz. Por requerimiento de la competencia el carro debe contar con un embrague. El vehículo también contará con un sistema de velocidades para que el motor trabaje siempre en el rango de revoluciones más eficiente. Como complemento al sistema de velocidades se diseñará una caja reductora 12:1 con engranajes de polímero la cual multiplica el torque del motor para que sea capaz de impulsar al carro.

El vehículo utiliza un motor Honda GXH50, que utiliza un carburador de tipo flotante para suministrar el combustible. Para que este pudiera funcionar con etanol, fue necesaria la instalación de un

sistema de inyección ECOTRONS (sistema de inyección electrónica de combustible, para motores pequeños), cambiando el flujo másico de inyección de combustible a 16.996 g/min, utilizando una presión de inyección de 2bar con ayuda de un sistema de presurización y ajustando el ángulo de encendido con un valor de  $-70^{\circ}$ . Con estos cambios se midió el rendimiento del motor para ambos combustibles, de manera estacionaria en el banco de trabajo, obteniendo como resultado 0.5220 L/h para la gasolina y 0.1380L/h para el etanol. Es importante mencionar, que para el rendimiento de la gasolina se utilizó el carburador, mientras que para el etanol se utilizó el inyector.

Adicionalmente se realizó un análisis Orsat para los gases de combustión, obteniendo la eficiencia de la combustión por el método indirecto, teniendo como resultado una eficiencia promedio de 61.63%. Así mismo, se realizó el cálculo de la eficiencia térmica con Ciclo Otto y con el Ciclo de Carnot, obteniendo como resultado eficiencias de 78.18% y 82.39% respectivamente. La eficiencia total del vehículo fue de 67.75%, cálculo que toma en cuenta las pérdidas de potencia por arrastre aerodinámico, resistencia a la rodadura y pérdidas en el sistema de transmisión de potencia

El vehículo cuenta con un sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico que permitió brindar herramientas de seguridad y protección al piloto, así como el monitoreo de las condiciones ambientales adecuadas dentro del vehículo, a través de la medición de temperatura y humedad de la cabina, posición del vehículo en la pista y detección de vehículos adversarios.

La planificación y coordinación del proyecto, tuvo una duración de nueve meses, una inversión de 1,559.01 horas/hombre y un retraso de tres meses aproximadamente de la planificación inicial. Se determinó que el módulo de transmisión y potencia y las actividades del transporte del vehículo, son las actividades críticas, y de mayor inversión de tiempo y recursos económicos.

El presupuesto total ejecutado en el 2014, incluyendo los costos de la construcción del vehículo y la competencia fue de Q191, 858.66. Se diseñó un proceso de patrocinio, siendo los patrocinadores la principal fuente de ingresos del proyecto, en el cual se seleccionó los mercados objetivos en base a las necesidades que requiere el proyecto y a los beneficios que se puede obtener de estos. Según las necesidades del proyecto, este proceso se debe enfocar a las empresas de servicios y a las que aporten recursos económicos, ya que estas representan un 73% del presupuesto ejecutado 2014.

# I. INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto consistió en la construcción de un vehículo ultraeficiente para participar en la competencia Shell Eco-Marathon 2014, organizado por Shell internacional, que desafía a equipos de estudiantes de todo el mundo a diseñar, construir y probar vehículos ultraeficientes. El evento Shell Eco-marathon Americas 2014, se llevó a cabo del 23 al 27 de abril 2014, en Houston, Texas, Estados Unidos. El equipo Taq Balam, con el objetivo de representar al país y demostrar la capacidad de los estudiantes Guatemaltecos para el desarrollo de tecnología, además de motivar el uso de combustibles renovables, decidió participar en el evento Shell Eco-Marathon 2014, en la categoría prototipo etanol. Los acontecimientos en este evento, despiertan debate sobre el futuro de la movilidad e inspiran a jóvenes ingenieros a impulsar los límites de la eficiencia del combustible.

El proyecto se manejó en dos fases, el diseño y la construcción del vehículo. A lo largo de este documento se encuentran los resultados de las pruebas realizadas antes, durante y después de la competencia, así como el análisis de las fallas presentadas en cada una de las partes del vehículo, buscando mejoras para el futuro.

El módulo de chasis y carrocería consistió en el diseño y construcción del chasis y carrocería. El chasis fue fabricado con tubería cuadrada de aluminio de 1 pulgada y cuenta con una barra antivuelco y barras de protección laterales. La carrocería fue fabricada con fibra de vidrio y las ventanas fueron fabricadas con acrílico y termoformadas para ajustarse a la carrocería.

También se describe el diseño y construcción del sistema de dirección, el cual consiste en un mecanismo de barras que permitiera al vehículo cumplir con el radio de giro establecido de 8 m y la implementación de un sistema de levas para remover el timón y permitir que el conductor saliera en 10 s. Así mismo se incluye el módulo de frenos que consistió en la adaptación de frenos Shimano Deore.

Con el propósito de diseñar y construir un vehículo ultra eficiente, el módulo de transmisión de potencia tenía el objetivo de lograr que el vehículo se desplazara a una velocidad de 35 km/h y proporcionar al vehículo con un embrague que le permitiera estar en reposo aún con el motor arrancado. A lo largo del documento se describe a detalle el proceso, el cual inicio con la delimitación de requerimientos, prosiguiendo con el diseño de los componentes que integrarían el sistema, la integración y las pruebas del funcionamiento del mismo sistema.

El vehículo también cuenta con un sistema de velocidades para que el motor trabaje siempre en el rango de revoluciones más eficiente. Como complemento al sistema de velocidades se diseñará una caja reductora 12:1 con engranajes de polímero la cual multiplica el torque del motor para que sea capaz de

impulsar al carro. A lo largo del trabajo, se explica el proceso de diseño, la forma en la que se tomaron las decisiones y los resultados obtenidos luego de su construcción.

Un motor de combustión interna puede ser carburado o inyectado. El vehículo utiliza un motor Honda GXH50, el cual trae instalado un carburador de tipo flotante para suministrar gasolina como combustible. Sin embargo, el objetivo es utilizar el mismo motor con etanol como combustible, siendo necesario el cambio de la relación aire combustible que entra en la cámara de combustión del motor. Esto se puede modificar de dos maneras: modificando el orificio de entrada de combustible del carburador o instalando un sistema de inyección. En este caso se realizó la instalación de un sistema de inyección ECOTRONS (sistema de inyección electrónica de combustible, para motores pequeños), cambiando el flujo másico de inyección de combustible, la presión de inyección con ayuda de un sistema de presurización y ajustando el ángulo de encendido de chispa. Con estos cambios se midió el rendimiento del motor para ambos combustibles, de manera estacionaria en el banco de trabajo. Adicionalmente se realizó un análisis Orsat para los gases de combustión, obteniendo la eficiencia de la combustión por el método indirecto. Así mismo, se realizó el cálculo de la eficiencia térmica con Ciclo Otto y con el Ciclo de Carnot.

El sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico permitió brindar herramientas de seguridad y protección al piloto, se implementaron dispositivos electrónicos que permitieron medir las siguientes variables: desplazamiento, velocidad y posición del vehículo, proximidad de objetos al mismo, temperatura y humedad de la cabina, y además revoluciones por minuto del motor. Dicha información fue transmitida inalámbricamente a una computadora a una distancia de 160 m, esto permitió al equipo monitorear al vehículo durante el desarrollo de la competencia.

Para poder alcanzar el objetivo del proyecto fue necesaria la planificación y seguimiento de todas las actividades que se llevaron a cabo para el diseño y construcción del vehículo, para asegurar el éxito del proyecto en el tiempo establecido. Se categorizó con mayor importancia y priorizar las actividades del módulo de transmisión y potencia y el transporte del vehículo ya que representan las mayores inversiones económicas y laborales del proyecto. Además el proyecto requirió materiales, herramientas, piezas y procesos de manufactura, por lo que se llevó a cabo un control del presupuesto en base a los recursos económicos que disponía el proyecto gracias a los patrocinios obtenidos. Considerando que los patrocinadores son parte fundamental para que el proyecto se lleve a cabo, se realizó un plan de mercadeo con una serie de pasos para darle seguimiento a este proyecto e implementar las oportunidades de mejora detectadas.

## II. OBJETIVOS

### A. General

Diseñar y construir un vehículo ultraeficiente a base de etanol con un consumo promedio de 2,600 km/galón.

### B. Específicos

- Diseñar el chasis y la carrocería, para un vehículo ultraeficiente; adecuado para reducir el consumo de combustible en el vehículo.
- Diseñar un sistema de dirección que cumpla con el radio de giro requerido por la competencia.
- Diseñar y construir un sistema de frenos que mantenga el vehículo en reposo sobre una pendiente de 20%.
- Diseñar y construir un sistema de transmisión que logre que la potencia del motor se transfiera a la rueda motriz.
- Adaptar un motor GXH50 para que trabaje con etanol, obteniendo un rendimiento mayor o igual al que se tiene utilizando gasolina, mediante la sustitución del carburador por un sistema de inyección.
- Diseñar, construir e implementar un sistema electrónico inalámbrico que permita al equipo monitorear al vehículo durante el desarrollo de la competencia.
- Coordinar los recursos humanos y financieros para gestionar el proyecto de manera eficiente y eficaz

### III. JUSTIFICACIÓN

La participación en esta competencia comprueba el alto rendimiento que se puede alcanzar con combustibles alternativos, en este caso el etanol. Además permite sustentar la implementación de estos combustibles o la utilización de éstos en mezclas con los combustibles tradicionales para el uso cotidiano en nuestro país.

Por otra parte, permite demostrar la capacidad que tienen los profesionales guatemaltecos y de la Universidad del Valle en el área tecnológica y posicionarnos como un país con la capacidad de crear y desarrollar nuevas y diferentes ideas; compitiendo a nivel internacional.

Para participar en la competencia Shell Eco-Marathon 2014 se construyó un vehículo ultraeficiente que cumpliera con los requisitos establecidos por la competencia y requisitos de diseño, buscando una alta eficiencia del vehículo. Dentro de los diseños mecánicos y electrónicos del vehículo, se tomó en cuenta la seguridad y protección del piloto. Así mismo, se llevó a cabo un proceso administrativo que permitió cumplir con los objetivos principales del proyecto.

# MARCO TEÓRICO

## A. Proceso de diseño

La tarea de un ingeniero es encontrar la solución a una necesidad, ya sea mejorando algo existente o inventando una nueva solución. El método por el cual una persona se guía para encontrar esta solución es conocido como el Proceso de Diseño, esto sirve como guía lógica para encontrar la mejor solución. Es necesario hacer énfasis en “mejor” ya que soluciones pueden haber muchas, pero es tarea del ingeniero evaluar sus opciones y seleccionar la que sea más conveniente dada una situación específica. Los principales pasos en el proceso de diseño son los siguientes:

1. Identificación de la necesidad
2. Definición del problema
3. Definición de requisitos, restricciones y objetivos
4. Diseño de soluciones
5. Análisis y optimización
6. Presentación

En estos pasos existe mucha iteración, ya que a medida que se trabaja surgen nuevos problemas que solucionar y el mismo análisis descubre aspectos previamente no considerados. Este fue el proceso que se siguió para el diseño del vehículo prototipo.

Los principales aspectos a definir en el diseño de componentes mecánicos son las dimensiones de la pieza y el material del que está fabricada. A nivel de análisis lo que se busca es encontrar el balance entre las propiedades del material y sus dimensiones, para así lograr que la pieza soporte los esfuerzos a los que será sometida. Por ejemplo, al doblar una varilla de madera esta se romperá, sin embargo si uno dobla una varilla de hierro, esta probablemente solo se doble. Cada material puede ser aprovechado al máximo si se conocen las condiciones de uso y sus propiedades físicas; es la tarea del ingeniero estudiar esto y tomar decisiones científicas basadas en cálculos.

Los cálculos a realizar dependen del tipo de componente a diseñar, se deben definir las fuerzas y momentos que actuarán sobre la pieza y detectar el aspecto crítico por el cual podría fallar. Los engranes deben ser diseñados para que soporten los esfuerzos de flexión y de contacto en sus dientes, para lograr esto se necesita un material que sea duro para que el desgaste sea mínimo, pero que al mismo tiempo sea flexible para soportar la fuerza ejercida en sus dientes. Por otro lado, los ejes deberán soportar esfuerzos de flexión y en ocasiones esfuerzos axiales y una columna o soporte deberá soportar esfuerzos de compresión. Los casos son muchos, y se debe analizar cada uno por separado para poder diseñar piezas que soportarán las condiciones de trabajo a las que serán sometidas.

Esto nos lleva al siguiente punto a considerar al momento de diseñar partes mecánicas: las condiciones y la manera en la que se espera que trabaje. Es muy diferente diseñar piezas para un ascensor que transportará personas que diseñar para uno que solo elevará partes de automóviles, o también es muy diferente diseñar piezas que serán utilizadas en un vehículo comercial que en un carro de fórmula 1. Un ascensor de personas debe ser mucho más seguro que uno que solamente transporte repuestos y al momento de diseñar se deberá buscar un factor de seguridad más elevado con confiabilidades más altas. Asimismo, las partes de un vehículo comercial deben diseñarse para que tengan largas vidas, mientras que en un vehículo de alto rendimiento se puede sacrificar la vida con el propósito de reducir peso y aumentar la eficiencia.

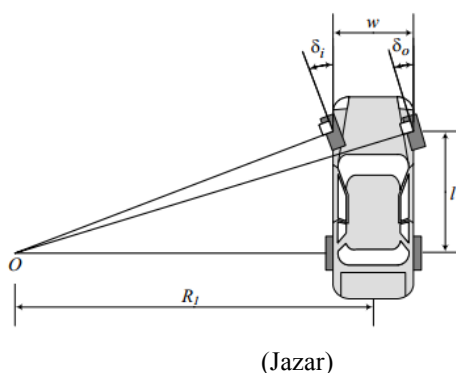
Hemos hablado del diseño de componentes nuevos, sin embargo muchas de las piezas a utilizar en un diseño serán piezas comercialmente disponibles, como rodamientos, tornillos, retenedores, etc. o incluso componentes completos, como motores o conjuntos reductores. En estos casos el trabajo del ingeniero no es diseñar, sino seleccionar las piezas que mejor se acomoden a sus necesidades y que cumplan en la mayor medida sus requerimientos.

En conclusión, el proceso de diseño requiere de mucho análisis, iteración y toma de decisiones. Cada caso es diferente y se deben estudiar los factores que afectarán a nuestro diseño en específico.

## B. Principio Ackerman

En el momento en el que un vehículo recorre una curva es necesario que se cumpla un requisito geométrico llamado principio de Ackerman. Éste nos indica que mientras el vehículo esté girando los ejes de las ruedas deben converger en un centro instantáneo. Resulta ventajoso elegir este sistema para satisfacer la necesidad de dirección de un vehículo ya que permite una adherencia óptima de los neumáticos a la carretera. Además, la llanta interna al giro se cerrará más en comparación a la externa, lo cual garantizará tener menos resistencia al girar. En la Figura 1 se muestra el principio Ackerman, en donde los ángulos  $\delta_1$  y  $\delta_2$  son diferentes, de no ser así a altas velocidades el mecanismo de dirección podría destrozarse debido a la resistencia a girar.

Figura 1. Principio de Ackerman



Los ángulos descritos en la figura anterior se pueden obtener por medio de las siguientes ecuaciones.

$$\delta_i = \operatorname{atan} \frac{l}{R_1 - \frac{w}{2}} \quad \delta_o = \operatorname{atan} \frac{l}{R_1 + \frac{w}{2}}$$

En donde:

$\delta_i$ : es el ángulo de giro de la llanta interna a la curva

$\delta_o$ : es el ángulo de giro de la llanta externa a la curva

$l$ : es la longitud entre los ejes de las llantas traseras y delanteras

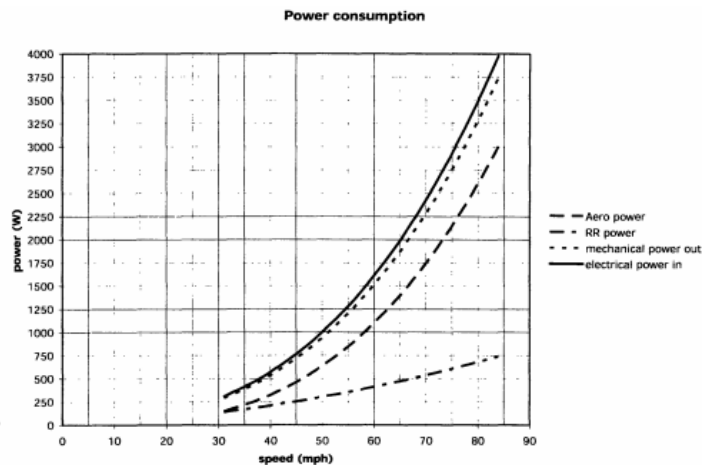
$w$ : es la distancia entre centros de las llantas delanteras

$R_1$ : es el radio de giro

## C. Aerodinámica

Varios autores han dedicado mucho esfuerzo al estudio de la optimización de la carrocería de vehículos ultraeficientes a lo largo de los últimos años. Augenbergs (2005) y Cheng *et al* (2011) entre otros autores han analizado el consumo de potencia para vehículos solares y han llegado a la conclusión que la resistencia aerodinámica es la fuente principal de consumo como se observa en la siguiente figura tomada del estudio de Augenbergs. Cabe resaltar que la fuerza de arrastre aumenta con el cuadrado de la velocidad por lo que se vuelve un aspecto importante a tomar en cuenta, no es el caso de la resistencia al rodamiento que varía linealmente con la velocidad.

Figura 2. Consumo de potencia según la velocidad



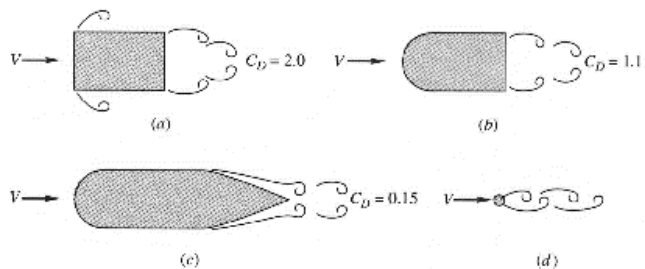
$$F_D = \frac{C_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2}{2}$$

$$F_R = C_R \cdot m \cdot g \cdot v$$

(Augenbergs, 2006)

En el caso de la resistencia aerodinámica se deben analizar el coeficiente de arrastre;  $C_d$  y el área de sección transversal o área frontal. White (2010) enfatiza en la importancia de fuselar los cuerpos para reducir su resistencia (basado en la misma área frontal). White indica que se pueden lograr reducciones de hasta un 85% al aplicar esta técnica. El cuerpo fuselado tiene el mismo coeficiente de arrastre ( $C_d=0.15$ ) que la esfera, con un espesor ocho veces mayor y un área de sección transversal trescientas veces mayor. Basándose en estas consideraciones se procedió a bocetar los perfiles a utilizar en el diseño de la carrocería.

Figura 3. Reducción del coeficiente de arrastre al fuselar los cuerpos



(Augenbergs, 2006)

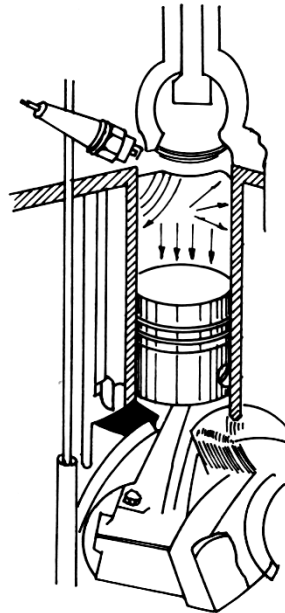
La causa por la cual el coeficiente de arrastre se reduce, es porque el flujo en el cuerpo fuselado se separa menos y a mayor distancia del cuerpo, por lo que genera menos turbulencia que en el modelo rectangular. Esta reducción en la separación de la capa límite reduce el arrastre por presión. El arrastre por fricción está dado por la integral extendida a toda la superficie del cuerpo del esfuerzo en la pared, que en muchos casos es en comparación a la resistencia por presión, insignificante.

$$C_D = C_{D,presión} + C_{D,fricción}$$

## D. Motores

Por lo general, en los vehículos se utilizan motores de combustión interna, lo que quiere decir que la mezcla carburante se quema dentro del cilindro para producir trabajo mecánico. El principal tipo de energía es la química, que se encuentra de manera potencial en el combustible. La combustión del combustible con el aire es originada por una chispa eléctrica en los motores de gasolina, queroseno y gas, y por autocombustión en los motores diesel. La combustión libera una gran cantidad de energía calórica, la cual ocasiona un gran aumento de presión dentro del cilindro, misma que es utilizada para mover al pistón recíprocante de un motor convencional, como se muestra en la figura. El pistón realiza un movimiento recíprocante y comunica su movimiento al eje cigüeñal por intermedio de un brazo de conexión, denominado biela. La biela efectúa el movimiento oscilante y el eje cigüeñal el movimiento rotatorio. Después de producir el movimiento rotatorio en el cigüeñal, la biela queda a disposición de la transmisión y a otras partes del vehículo por medio del sistema de embrague. (Gilardi, 1978)

Figura 4. Pistón recíprocante de un motor

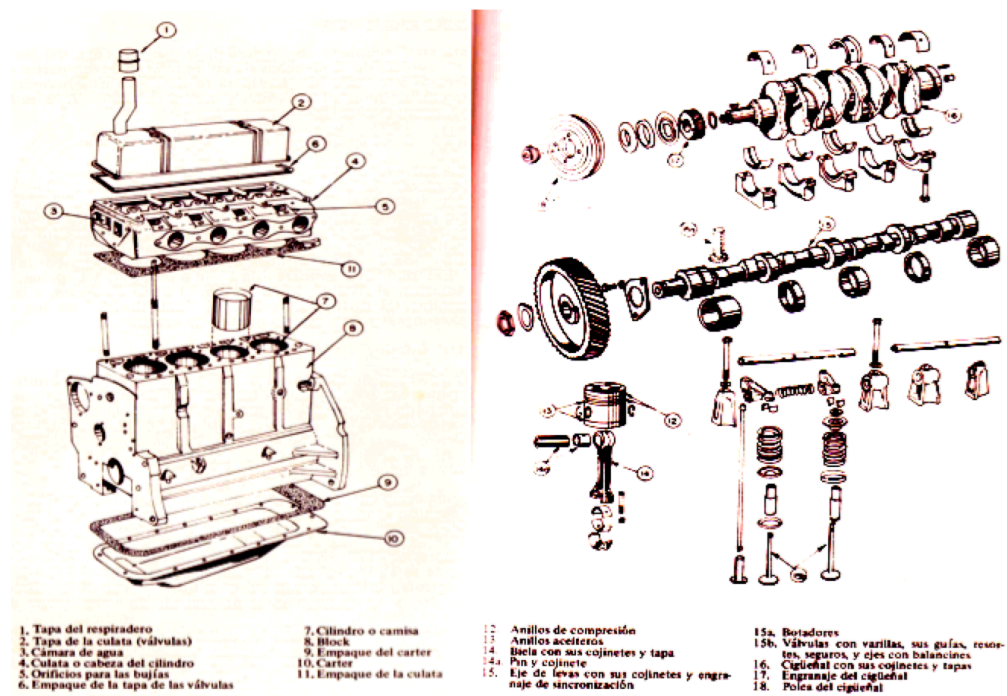


(Gilardi, 1978)

## E. Partes de un motor

Un motor de gasolina consta de las partes que se muestran en la Figura 5, las cuales se detallan a continuación. (Gilardi, 1978)

Figura 5. Partes básicas de un motor de gasolina



1. Tapa del respiradero  
2. Tapa de la culata (válvulas)  
3. Cámara de agua  
4. Culata o cabeza del cilindro  
5. Orificios para las bujías  
6. Empaque de la tapa de las válvulas

7. Cilindro o camisa  
8. Block  
9. Empaque del carter  
10. Carter  
11. Empaque de la culata

12. Anillos de compresión  
13. Anillos aceiteros  
14. Biela con sus cojinetes y tapa  
15. Pin y cojinete  
16. Eje de levas con sus cojinetes y engranaje de sincronización

15a. Botadores  
15b. Válvulas con varillas, sus guías, resortes, seguros, y ejes con balancines  
16. Cigüeñal con sus cojinetes y tapas  
17. Engranaje del cigüeñal  
18. Poleas del cigüeñal

(Gilardi, 1978)

Las partes más importantes para el proyecto, se describen a continuación:

1. **Bujía.** Artefacto eléctrico, compuesto de dos electrodos separados entre los que salta una chispa eléctrica de alto voltaje (alrededor de 20,000 V). Esta chispa es la que origina la combustión de la mezcla carburante comprimida en la cámara de combustión. La bujía va enroscada en la culata del motor y se usa en motores que funcionan con gasolina, queroseno y gas. (Gilardi, 1978)

2. **Pistón.** Es una pieza cilíndrica hueca; se fabrica de fierro fundido o de aleación de aluminio. Su diámetro externo es apenas ligeramente menor que el diámetro interno del cilindro donde se aloja (0.0042-0.008"). El pistón posee 2 ó 3 ranuras donde se insertan los anillos de compresión o superiores y 1 ó 2 ranuras inferiores donde se alojan los anillos aceiteros que son los encargados de controlar la lubricación del cilindro. Los anillos de compresión son sólidos y su función es la de realizar un buen ajuste entre el pistón y el cilindro. (Gilardi, 1978)

Los anillos aceiteros tienen ranuras u orificios en toda su periferia y por allí pasa el aceite que lubrica el cilindro internamente. El pistón posee orificios para que pase un pin de acero que conecta con la parte superior de la biela (articulación móvil). (Gilardi, 1978)

La parte superior o cabeza recibe toda la presión de la combustión (600-800 psi), presión que produce el movimiento del pistón alejándose de la cámara de combustión. El pistón recorre dentro del cilindro desde su punto más alto (punto muerto superior o PMS), hasta su posición más baja (punto muerto inferior o PMI), dicha distancia se denomina carrera. La carrera y el área del pistón, la presión media de la combustión y la velocidad de giro del eje cigüeñal determinan la potencia del motor. (Gilardi, 1978)

Los pistones de los motores Diesel tienen cavidades en la cabeza para producir turbulencia de aire durante el tiempo de compresión. En cambio los pistones de los motores de gasolina de dos tiempos, tienen una protuberancia para empujar los gases quemados. (Gilardi, 1978)

3. **Cilindro.** Pieza, que como su nombre lo indica, es cilíndrica y se encuentra en el "monoblock". Se fabrica de fierro fundido maquinado y pulimentado. Su función es la de alojar al pistón para que se realicen los tiempos del ciclo. El cilindro puede ser parte de la misma fundición del "monoblock", en cuyo caso se llama simplemente cilindro. También se fabrica aparte otro tipo de cilindro que se denomina camiseta, siendo la camiseta, más versátil que el cilindro, en mantenimiento y reparación. La luz entre el cilindro y el pistón varía de 0.005" a 0.008" y permite la dilatación. (Gilardi, 1978)

4. **Válvulas.** Son piezas de acero en forma de sombrillas, que tienen la función de abrir y cerrar los pasajes de admisión y escape de la cámara de combustión de los motores de cuatro tiempos. Está compuesta de: cola, vástago y cabeza; esta última es la encargada de la acción de apertura y cierre en sus respectivos asientos. Si las válvulas operan en la culata se denominan válvulas a la culata o de cabeza; si se operan

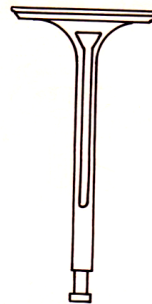
en el “block” son válvulas al “block” o laterales. Las primeras son más eficientes, se usan en motores modernos; las otras, son típicas de los motores antiguos o pequeños. (Gilardi, 1978)

5. **Válvulas.** Son piezas de acero en forma de sombrillas, que tienen la función de abrir y cerrar los pasajes de admisión y escape de la cámara de combustión de los motores de cuatro tiempos. Está compuesta de: cola, vástago y cabeza; esta última es la encargada de la acción de apertura y cierre en sus respectivos asientos. Si las válvulas las operan en la culata se denominan válvulas a la culata o de cabeza; si se operan en el “block” son válvulas al “block” o laterales. Las primeras son más eficientes, se usan en motores modernos; las otras, son típicas de los motores antiguos o pequeños. (Gilardi, 1978)

Las válvulas al “block” son operadas directamente por los botadores, y las válvulas a la culata son operadas por medio de unas varillas y unos balancines. Las válvulas de admisión tienen mayor diámetro que las de escape (esto referido a la cabeza de la válvula). (Gilardi, 1978)

Algunos motores poseen válvulas con enfriamiento interno, por medio de sodio (Figura 6). El sodio metálico se encuentra dentro del vástago, que es hueco; el sodio funde a 100°C y en estado líquido es movido de arriba hacia abajo dentro del vástago; absorbe calor, el cual transfiere el sistema de enfriamiento, lo que resulta en una mejor operación y una mayor duración. (Gilardi, 1978)

Figura 6. Válvula enfriada con sodio



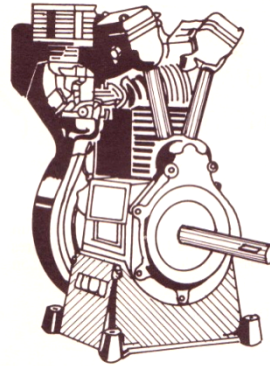
(Gilardi, 1978)

## F. Características del motor a utilizar

### 1. Sistema de enfriamiento

a. **Enfriado por aire.** Se realiza por medio de aletas de enfriamiento que rodean externamente al cilindro y a la culata (Figura 6), acción reforzada por un ventilador o turbina que está montada en la misma volante del cigüeñal. Algún tipo de artefacto controla la temperatura, y así se tiene un termostato en la línea de aire, una cortina o un deflector que controla el flujo de aire. Algunas son de control automático. (Gilardi, 1978)

Figura 7. Motor enfriado por aire



(Gilardi, 1978)

## 2. Tipo de combustible

a. Motos de gasolina. Funcionan realizando la combustión de una mezcla de gasolina y aire en proporciones casi estables (1 a 15). La relación de compresión del cilindro es alrededor de 1 a 8. (Gilardi, 1978)

b. Otros: alcoholes (metanol y etanol), hidrógeno y “dual fuel” (gas y líquido).

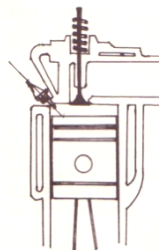
## 3. Ciclos

a. Cuatro tiempos. El cigüeñal tiene que realizar dos vueltas, lo que equivale a cuatro viajes del pistón. Los tiempos son bien definidos. Este tipo de motor no puede arrancar hacia la izquierda, ya que las válvulas invierten su funcionamiento. La lubricación es forzada y posee bomba de aceite. El motor tiene válvulas de admisión y de escape. (Gilardi, 1978)

## 4. Arreglo de las válvulas

a. Válvulas a la culata. Tiene las válvulas montadas en la culata, posee botadores, varillas y balancines. (Figura 8) (Gilardi, 1978)

Figura 8. Válvulas a la culata o de cabeza

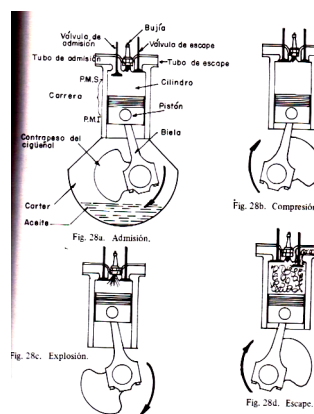


(Gilardi, 1978)

5. Por la disposición de los cilindros
  - a. Cilindro único. Un solo pistón conectado al eje cigüeñal. (Recinos Roca, 2002)
6. Encendido
  - a. Chispa eléctrica. Son aquellos en los que la combustión es iniciada por medio de una bujía. Ella proporciona una descarga eléctrica de alto voltaje entre dos electrodos que encienden la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión. (Recinos Roca, 2002)
7. Tipo de pistón
  - a. Pistón recíprocante
8. Diseño básico
  - a. Rotativos. El motor es fabricado a partir de un estator construido alrededor de un rotor y eje cigüeñal no concéntrico. Las cámaras de combustión se localizan en el bloque estático. (Recinos Roca, 2002)
9. Proceso de toma de aire
  - a. Motor naturalmente aspirado: no hay sistema de compresión. (Recinos Roca, 2002)
10. Método de entrada de combustible
  - a. Motor carburado. Utiliza un carburador. (Recinos Roca, 2002)
  - b. Motor inyectado. Los inyectores realizan la tarea de introducir el combustible. (Recinos Roca, 2002)

## G. Funcionamiento del motor de gasolina de cuatro tiempos

Figura 9. Motor de gasolina de cuatro tiempos



(Gilardi, 1978)

Este tipo de motor tiene las siguientes características: (Gilardi, 1978)

1. El encendido es por chispa eléctrica de alto voltaje.
2. La cámara de combustión tiene tal volumen que durante la compresión la presión sube a 120 psi, aproximadamente 8 atmósferas.
3. La entrada de la mezcla carburante se realiza pasando por un conducto que es controlado por la válvula de admisión. La salida de los gases de escape se efectúa por un conducto que es controlado por la válvula de escape. Estas válvulas son abiertas y cerradas por los mecanismos explicados con anterioridad.
4. El “cárter” se utiliza para depósito de aceite; este tiene sistemas de lubricación por presión forzada (con bomba) o por salpicadura, barboteo o neblina.
5. El cigüeñal efectúa dos vueltas completas para cumplir con el ciclo, es decir que el pistón realiza cuatro viajes, dos de bajada y dos de subida. Cada tiempo del ciclo queda perfectamente definido y no existen suposiciones como en los motores de dos tiempos.

## 1. Explicación del funcionamiento

- Tiempo de admisión

El pistón está en el punto muerto superior y la válvula de admisión comienza a abrirse. En su viaje hacia abajo, el pistón aumenta el volumen del cilindro y baja la presión atmosférica a 7 psi, aproximadamente. Como la presión atmosférica es de 14.7 psi, ingresará la mezcla del carburador debido a esta succión ocasionada por la caída de la presión. Este tiempo termina con el cierre de la válvula de admisión y el cilindro habrá quedado lleno de mezcla de aire y gasolina. (Gilardi, 1978)

- Tiempo de compresión

El pistón está en el punto muerto inferior como consecuencia del viaje anterior. Ambas válvulas están cerradas y continuarán en esta situación. El pistón sube comprimiendo la mezcla en la cámara de combustión. El volumen del cilindro se reduce, más o menos ocho veces, y por lo tanto, la presión sube aproximadamente en igual proporción 8 atm o 120 psi. En estas circunstancias la mezcla estará altamente explosiva y fuertemente comprimida. (Gilardi, 1978)

- Tiempo de explosión

El pistón está en el punto muerto superior; ambas válvulas están cerradas y se realiza el salto de la chispa entre los electrodos de la bujía. La mezcla combustiona violentamente y produce la elevación de la temperatura y el consiguiente aumento de la presión (alrededor de 600psi). Esta presión se desarrolla en la cámara de combustión, en todas direcciones, y con igual intensidad. Hacia arriba no ejerce ningún efecto, puesto que la culata soporta la presión, por estar empernada al “monoblock”. A los lados hay una pequeña porción de la parte superior del cilindro que tampoco sufrirá ningún efecto. Sin embargo, hacia abajo se

encuentra la cabeza del pistón, la que por tratarse de una pieza móvil, será movida muy rápidamente hacia abajo, realizando el tiempo motriz o de trabajo mecánico. Este tiempo dura toda la carrera de la bajada del pistón y termina cuando éste se encuentre en el punto muerto inferior. (Gilardi, 1978)

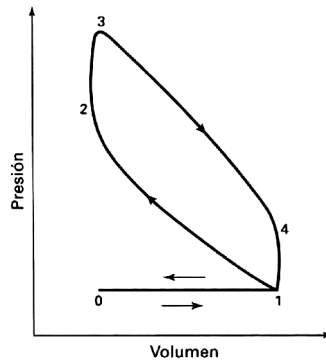
- Tiempo de escape

Se inicia con el pistón en el punto muerto inferior, luego la válvula de escape se abre y el pistón en su recorrido ascendente desaloja los gases del escape. Al finalizar este tiempo, el pistón queda en el punto muerto superior, el cilindro estará limpio y la válvula de admisión comienza a abrirse para iniciar nuevamente el ciclo con el tiempo de admisión. (Gilardi, 1978)

2. **El motor de Otto.** El motor de combustión interna más común, debido a su uso en automóviles, es el de Otto. Su ciclo consta de cuatro tiempos, e inicia con el tiempo de admisión a presión prácticamente constante, durante el cual un pistón en movimiento hacia fuera arrastra una mezcla de aire/combustible hacia dentro de un cilindro, lo cual se representa por la línea  $0 \rightarrow 1$  en la Figura 10. Durante el segundo tiempo ( $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ), todas las válvulas se cierran y la mezcla aire/combustible se comprime, aproximadamente de manera adiabática a lo largo del segmento de la línea  $1 \rightarrow 2$ ; en seguida, la mezcla se enciende y la combustión sucede tan rápido que el volumen permanece casi constante, mientras que la presión aumenta a lo largo del segmento de la línea  $2 \rightarrow 3$ . Es durante el tercer tiempo ( $3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ ) que se produce trabajo. Los productos de la combustión a temperatura y presión altas se expanden, aproximadamente, de manera adiabática a lo largo del segmento de línea  $3 \rightarrow 4$ ; a continuación, la válvula de descarga se abre y la presión baja rápidamente a volumen casi constante a lo largo del segmento de línea  $4 \rightarrow 1$ . Durante el cuarto tiempo o descarga (línea  $1 \rightarrow 0$ ), el pistón empuja los gases de la combustión restantes (salvo el contenido del volumen del espacio muerto) del cilindro. El volumen que se representa de manera gráfica en la Figura 10 es el volumen total de gas contenido en el motor entre el pistón y el cabezal del cilindro. (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007)

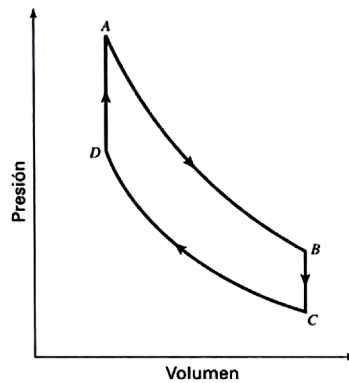
El efecto de aumentar la relación de compresión, que se define como la relación de los volúmenes al inicio y al final de la compresión desde el punto 1 hasta el punto 2, consiste en incrementar la eficiencia del motor, es decir, aumenta la cantidad de trabajo producido por cantidad unitaria de combustible. En la Figura 11 se muestra lo expuesto para un ciclo idealizado, que se conoce como el ciclo de Otto estándar de aire. Consiste de las etapas dos adiabáticas y dos a volumen constante, que incluye un ciclo de la máquina térmica para la que el fluido de trabajo es aire, considerado como un gas ideal con capacidades caloríficas constantes. La etapa  $CD$ , de compresión adiabática reversible, es seguida por la etapa  $DA$ , en la que el aire absorbe suficiente calor a volumen constante para aumentar su temperatura y presión a los valores que resultan de la combustión en un motor de Otto real. En seguida, el aire se expande de manera adiabática y reversible (etapa  $AB$ ), después se enfría a volumen constante (etapa  $BC$ ) hasta el estado inicial en  $C$ . (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007)

Figura 10. Ciclo del motor de Otto



(Smith, Van Ness, &amp; Abbott, 2007)

Figura 11. Ciclo de Otto estándar de aire



(Smith, Van Ness, &amp; Abbott, 2007)

Ecuación 1: Eficiencia térmica del ciclo estándar con aire

$$\eta = \frac{|W_{(neto)}|}{Q_{DA}} = \frac{Q_{DA} + Q_{BC}}{Q_{DA}}$$

Ecuación 2: Eficiencia térmica del ciclo estándar para 1 mol de aire con capacidades caloríficas constantes

$$\eta = 1 - \frac{T_B - T_C}{T_A - T_D}$$

Ecuación 3: Eficiencia térmica del ciclo estándar para las dos etapas adiabáticas, reversibles, donde  $PV^\gamma = \text{constante}$ 

$$\eta = 1 - r \left( \frac{1}{r} \right)^\gamma$$

3. Cálculo de potencia. Se emplean las siguientes fórmulas como:

Ecuación 2: Potencia indicada, sistema métrico

$$H.P.I. = \frac{P * L * A * N * V}{60 * 75 * 2}$$

(Gilardi, 1978)

Ecuación 3: Potencia indicada, sistema inglés

$$H.P.I. = \frac{P * L * A * N * V}{33000 * 2}$$

(Gilardi, 1978)

Donde:

H.P.I.: Potencia indicada

P= presión (Kg/cm<sup>2</sup>)

L = carrera del pistón (m)

A/N= área de la base del cilindro (cm<sup>2</sup>) / numero de cilindros

V= velocidad de giro del cigüeñal (rpm)

Ecuación 4: potencia al freno, sistema métrico

$$H.P.B. = \frac{2\pi * T * V}{60 * 75}$$

(Gilardi, 1978)

Ecuación 5: potencia al freno, sistema inglés

$$H.P.B. = \frac{2\pi * T * V}{33000}$$

(Gilardi, 1978)

Donde:

H.P.B.: Potencia al freno o en la volante

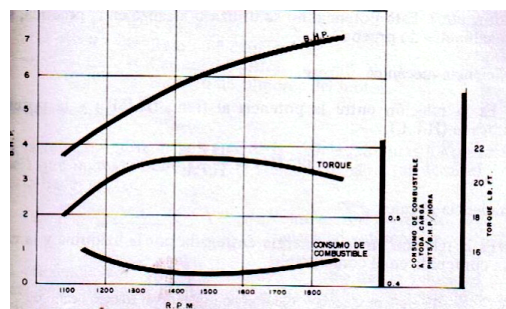
T= Torque en el cigüeñal (m\*Kg)

V = Velocidad de giro del cigüeñal (rpm)

## H. Gráficas de potencia, torque y consumo de combustible

Las gráficas que se presentan en la Figura 12 presentan tres curvas: la superior, representa al H.P.B. ; la curva debajo de la anterior, es el torque desarrollado por el motor; y la curva inferior, indica el consumo de combustible. Se puede observar que: (Gilardi, 1978)

Figura 12. Gráfica de potencia, torque y consumo de combustible



(Gilardi, 1978)

- La potencia H.P.B. aumenta conforme aumentan las rpm del cigüeñal hasta alcanzar un máximo de más o menos 7 HP, correspondiente a 1900 rpm. (Gilardi, 1978)
- El torque o par motor o fuerza de giro del cigüeñal aumenta hasta alcanzar un máximo de más o menos 21psi y que este torque máximo es producido a 1400 rpm del cigüeñal. (Gilardi, 1978)
- Pasadas las 1400 rpm, el torque comienza a disminuir; esto se debe a que la eficiencia de operación de las válvulas se hace menor a mayor velocidad. Es decir, que el tiempo que permanecen abiertas las válvulas no es suficiente para un buen llenado del cilindro ni para permitir el escape completo de los gases quemados; por lo tanto, la presión de la combustión y la respectiva fuerza sobre el pistón resulta cada vez menor mientras se aumenta la velocidad o la aceleración del motor. (Gilardi, 1978)

1. **Eficiencia mecánica.** Es la relación entre la potencia al freno (H.P.B.) y la potencia indicada (H.P.I.):

Ecuación 6: Eficiencia mecánica

$$Ef.Mec = \frac{H.P.B.}{H.P.I.}$$

(Gilardi, 1978)

2. **Eficiencia térmica.** Es la relación entre la energía entregada por la máquina y la energía contenida en el combustible. (Gilardi, 1978)

Ecuación 7: Eficiencia térmica

$$Ef.T. = \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía latente}} = \frac{\text{Calorías equivalentes al trabajo hecho}}{\text{Calorías totales suplidadas}}$$

(Gilardi, 1978)

Aproximadamente la eficiencia térmica de los motores de combustión (máquinas de vapor) es de 10%. La de los motores de queroseno, es 20%; la de los motores a gasolina, es 25%; y la de los motores Diesel, es de 30 a 35%. (Gilardi, 1978)

$$\text{Eficiencia térmica} = \frac{\text{energía entregada por el motor}}{\text{energía química recibida del combustible}}$$

La eficiencia de una máquina variará considerablemente con el diseño, ajuste y condiciones de operación. Esto indica por ejemplo, para el motor de gasolina, que de 100 unidades de energía contenida en la gasolina, solamente 25 unidades se utilizan para producir movimiento mecánico. El 75% restante se pierde. Según Rogowski: (Gilardi, 1978)

- 68% se pierde en los gases de escape, por la imposibilidad del aprovechamiento posterior de la exposición de los gases en el cilindro.
- 1.5% se pierde por demora en el quemado, lo cual aumenta la temperatura de expulsión de los gases.
- 1.6% por pérdidas directas de calor de los gases del cilindro.
- 1.0% por pérdidas de mezcla y soplado, lo cual redundará en un aumento de la temperatura de los gases de escape.

- Método indirecto

También denominado método de pérdidas de calor, consiste en la evaluación de las pérdidas en el generador de vapor y del calor suministrado como crédito con los fluidos que entran a él. Para aplicar este método son necesarios los siguientes cálculos y mediciones: (Campos, Figueroa, Quispe, Vidal, & etal)

- Pérdidas totales de calor por:
  - Gases secos
  - Formación de CO
  - Radiación
  - Combustión del H<sub>2</sub>
  - Humedad del aire
  - Humedad en el combustible
  - Pérdidas no determinadas
- Créditos:
  - Calor de aire de entrada
  - Calor sensible en el combustible
  - Calor que entra con la humedad del aire
  - Calor en el vapor de atomización (externo)

La eficiencia se calcula mediante:

$$\eta = (1 - \text{pérdidas}) * 100\%$$

En el caso de los motores de gasolina, el factor principal que causa la combustión incompleta, es la proporción de combustible/aire. Para obtener una máxima potencia, en donde la relación de mezcla es rica en aproximadamente 10%, la eficiencia de la combustión está destinada a ser baja (el valor teórico es alrededor del 90%). Incluso para una mezcla estequiométrica, la eficiencia de la combustión en un motor de un solo cilindro no alcanza el 100%. Una razón para esto es la falta de homogeneidad en pequeña escala de la mezcla dentro del cilindro. (Fenton, 1986)

Otro factor que afecta la combustión es el tiempo de encendido, lo que influye en gran medida en la eficiencia del ciclo. Cabe mencionar que el retraso en el tiempo también causa una combustión incompleta. Dado a que la combustión en los motores de gasolina está esencialmente de tipo de mezcla premezclada,

los productos no quemados contienen poco carbono, sobre todo monóxido de carbono y una fracción parcial del combustible original. (Fenton, 1986)

- Pérdidas por calor

La pérdida de calor de los gases del cilindro a la pared de la cámara de combustión es proporcional a la diferencia entre las temperaturas del gas y la pared, el área de la pared y el coeficiente de transferencia de calor (dependiendo de la densidad y la velocidad de los gases). Para una eficiencia óptima la temperatura del gas generalmente ocurre en alrededor de 20 grados del punto muerto superior. El coeficiente de transferencia de calor, para el tipo de cámara en la que se induce la combustión, como los motores de gasolina y diésel de inyección directa, tiene su máximo en algún lugar del punto muerto superior. La pared de la cámara es mínima en el punto muerto superior y aumenta con el ángulo del cigüeñal. (Fenton, 1986)

Hay dos formas en las que se puede reducir la pérdida de calor. La primera es reducir la diferencia de temperatura entre el gas de combustión y la temperatura de la pared del motor. La otra manera es reducir el coeficiente de transferencia de calor, mediante la reducción de la velocidad del aire. Esto significa una tasa de mezcla baja, lo que quiere decir que se debe aumentar la velocidad de combustible y mejorar la distribución. (Fenton, 1986)

3. Capacidad volumétrica o cilindrada. Es el volumen correspondiente a la carrera del pistón. (Gilardi, 1978)

Ecuación 8: Cilindrada

$$CV = \pi * R^2 * C * N$$

(Gilardi, 1978)

Donde

R = radio del cilindro

C = carrera del pistón

N = número de cilindros del motor

4. Eficiencia volumétrica. Es la relación entre el volumen de la mezcla (aire para los motores Diesel) que ingresa al cilindro y el volumen de la mezcla (o aire) que debería haber entrado. (Gilardi, 1978)

Ecuación 9: Eficiencia volumétrica

$$E.V. = \frac{VR}{C.V.}$$

(Gilardi, 1978)

Donde:

VR = volumen real ingresado

C.V. = capacidad volumétrica

La eficiencia volumétrica disminuye al aumentar la velocidad del motor. Esta eficiencia oscila entre el 50 y el 80%, y depende de la velocidad y del diseño del sistema de alimentación de combustible o de aire. (Gilardi, 1978)

5. **Índice de compresión.** Es la relación entre el volumen correspondiente a la carrera del pistón más el volumen de la cámara de combustión comparado con el volumen de la cámara de combustión. (Gilardi, 1978)

Ecuación 10: índice de compresión

$$I_c = \frac{V_c + V_{cc}}{V_{cc}}$$

(Gilardi, 1978)

Donde:

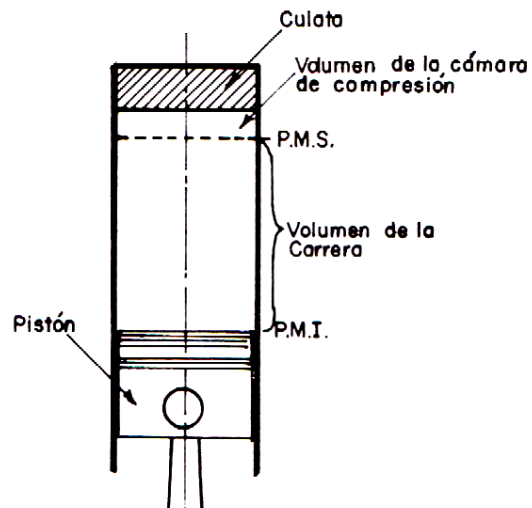
$V_c$  = volumen de la carrera del pistón ( $\pi \cdot R^2 \cdot C$ )

$V_{cc}$  = volumen de la cámara de combustión

También podría definirse como la relación del volumen cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior y el volumen cuando el pistón está en el punto muerto superior. (Figura 13) (Gilardi, 1978)

El índice de compresión de los motores de gasolina es de 7 a 1 y el de los motores Diesel, es de 16 a 1 o más. (Gilardi, 1978)

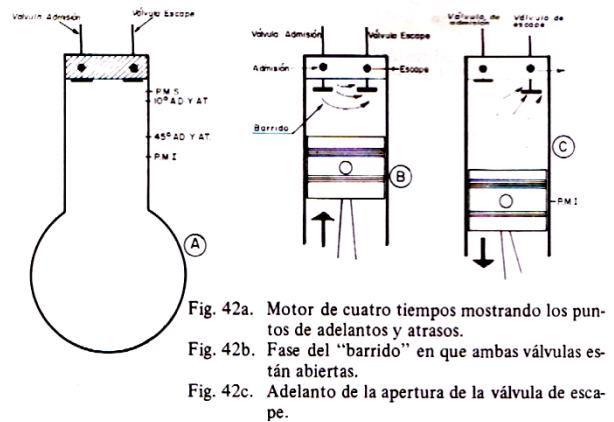
Figura 13. Índice de compresión



(Gilardi, 1978)

# I. Funcionamiento de las válvulas

Figura 14. Adelantos y atrasos de las válvulas

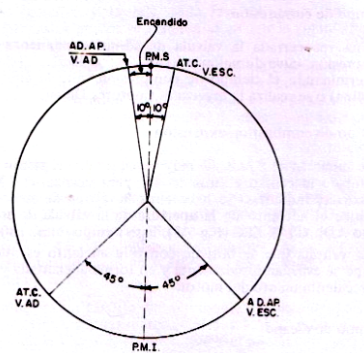


(Gilardi, 1978)

Cada fase del ciclo de los motores de cuatro tiempos, tiene una duración de 180°; estos grados se refieren al giro de la volante y son los que se alteran en su magnitud. Cada tiempo del ciclo se define o determina por la acción e las válvulas. Por lo expuesto, se concluye que se alteran los instantes de apertura y el cierre de las válvulas, se logrará aumentar o disminuir la duración de cada tiempo del ciclo. (Gilardi, 1978)

La Figura 14 se muestra un motor de cuatro tiempos (gasolina y diesel) con el punto muerto superior (PMS), punto muerto inferior, 10° de adelanto y atraso (10° AD y AT), que significa que algunas válvulas adelantarán y atrasarán en esa medida su operación y 45°, de adelanto y atraso (45° AD y AT), que indica que las válvulas adelantarán y atrasarán en esa medida su operación de apertura y cierre. (Gilardi, 1978)

Figura 15. Círculo que representa dos vueltas del cigüeñal



(Gilardi, 1978)

La Figura 15 muestra un círculo que representa dos revoluciones del cigüeñal o de la volante, con las marcas PMS y PMI en concordancia con el dibujo de la Figura 13, es decir, que si el pistón está en el PMS, la volante (Figura 15) tendrá ese instante el PMS donde está ubicado en el dibujo, lo mismo para los puntos muertos inferiores correlativos, así como los adelantos y atrasos de  $10^\circ$  y  $45^\circ$ . (Gilardi, 1978)

1. **Tiempo de admisión.** La válvula de admisión debería abrir teóricamente cuando el pistón está en el PMS. En la práctica sufre un adelanto de  $10^\circ$  en el instante de abrirse. Este adelanto se realiza durante el tiempo de escape, y quiere decir, que la válvula de admisión se abre en realidad al final del tiempo de escape; por lo tanto, ambas válvulas estarán abiertas produciéndose una buena limpieza o “barrido” en la parte superior del cilindro. (Figura 13) (Gilardi, 1978)

En la Figura 15 este instante está referido con AD. AP. V. AD. que significan: adelanto de la apertura de la válvula de admisión. Luego el pistón culmina su subida hasta el PMS y continuará bajando en admisión (válvula de admisión abierta) llega al PMI, sube hasta la referencia de  $45^\circ$  donde recién cierra dicha válvula (AT. C. V. AD.) que significa atraso en el cierre de la válvula de admisión. Es decir, que el tiempo de admisión dura:  $10^\circ + 180^\circ + 45^\circ = 235^\circ$ . A tener gran duración el tiempo de admisión se llenará mejor el cilindro, mejorando la eficiencia volumétrica. (Gilardi, 1978)

2. **Tiempo de compresión.** Una vez cerrada la válvula de admisión comienza el tiempo de compresión, cuya duración es:  $180 - 45 = 135^\circ$ . (Gilardi, 1978)

Terminando el tiempo de compresión salta la chispa (motores a gasolina) o se realiza la inyección (motores diesel). (Gilardi, 1978)

3. **Tiempo de combustión-expansión.** Se inicia en el PMS (o muy cerca de él); el pistón baja, produce su trabajo mecánico y faltando  $45^\circ$  para alcanzar el PMI se hace abrir la válvula de escape, es decir, se produce el adelanto de la apertura de la válvula de escape, referida como AD. AP.V. ESC (Figura 15). Este tiempo dura:  $180 - 45 = 135^\circ$ . (Gilardi, 1978)

La ventaja que se obtiene con este adelanto es que los gases de escape se evacúan rápidamente y en forma adelantada y se evita así el sobrecalentamiento del motor. (Gilardi, 1978)

4. **Tiempo de escape.** Prácticamente se inicia con el adelanto de  $45^\circ$  (AD. AP. V. ESC), Figura 15. Continúa bajando el pistón, llega al PMI, comienza a subir, llega al PMS y la válvula de escape continuará abierta hasta pasar  $10^\circ$  del PMS (de bajada del pistón). Este instante está referido en la Figura 15 como AT.C.V.ESC. El tiempo de escape durará:  $45^\circ + 180^\circ + 10^\circ = 235^\circ$ . (Gilardi, 1978)

Si se observa la Figura 15 puede deducirse que el tiempo de “barrido” dura  $10^\circ$  antes del PMS y  $10^\circ$  después del PMS; es decir,  $10^\circ + 10^\circ = 20^\circ$ , con lo que se garantiza una buena limpieza del cilindro. Para que todas estas ventajas puedan obtenerse, es necesario hacer una perfecta sincronización de los engranajes de distribución durante el armado del motor, ajustar la culata al torque recomendado por el fabricante y regular

en forma precisa la luz de las válvulas de admisión y de escape, por lo menos cada 300 horas de operación. (Gilardi, 1978)

## J. Sistema de enfriamiento

1. Generalidades del enfriamiento por aire. En este sistema que es el más simple, tanto en su control como en su mantenimiento, la parte externa de la culata y los cilindros están constituidos por superficies delgadas y de un área apreciable llamadas aletas de enfriamiento. (Gilardi, 1978)

El calor producido por la combustión es transferido por radiación desde las aletas hacia una corriente de aire fresco que es impulsado por un ventilador. El ventilador generalmente forma parte de la volante en los motores de uno o dos cilindros o puede estar montado al extremo delantero del eje cigüeñal en motores de mayor tamaño. El aire es encausado por una cubierta metálica hacia los cilindros (parte externa). La temperatura puede ser controlada por un termostato que abre o cierra el conducto del aire hacia los cilindros, según la temperatura adquirida. (Gilardi, 1978)

Al arrancar el motor este se encuentra frío y el termostato contraído dentro del conducto de aire, obturándolo. Esto favorece un rápido calentamiento que es necesario. Al subir la temperatura, el termostato se dilata y abre el conducto de aire comenzando a controlar la temperatura hasta estabilizarla alrededor de 85° C y la mantiene a ese nivel. (Gilardi, 1978)

La ventaja del enfriamiento por aire es que no requiere radiador líquido, mangueras, bomba de agua ni cámaras de agua en el “block” y en la culata. (Gilardi, 1978)

El metal mayormente utilizado para fabricar estos motores es el aluminio, no solamente por su peso liviano, sino por ser cuatro veces más eficiente en la transferencia del calor que el acero o el fierro fundido. El volumen de aire requerido para este tipo de enfriamiento es de aproximadamente 50 ft<sup>3</sup>/min por cada caballo de fuerza (HP) producido por el motor. (Gilardi, 1978)

La limpieza de las aletas y el buen estado del ventilador y el termostato es suficiente para obtener una buena eficiencia en el enfriamiento del motor. (Gilardi, 1978)

## K. Sistemas de lubricación

1. Funciones que cumple el sistema de lubricación. Los sistemas de lubricación de los motores están diseñados y construidos para cumplir con las siguientes funciones: (Gilardi, 1978)

1. Evitar la fricción o rozamiento entre las piezas metálicas.
2. Evitar o disminuir el aumento de temperaturas.
3. Evitar o disminuir el desgaste de las piezas móviles,

4. Transportar materiales tales como carbón, gomas, barro, óxidos limallas y otros. Todos ellos son acarreados hasta el filtro donde son retenidos, manteniendo limpias las tuberías y la parte interna del motor.
5. Amortiguar los golpes o presiones entre las piezas, es decir, que cumpla una función de colchón hidráulico.
6. Realizar el cierre hermético entre el cilindro y el pistón.

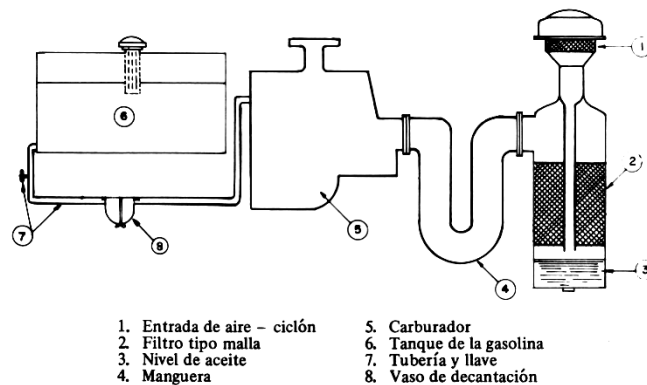
## L. Sistemas de carburación

La mezcla de combustible debe mantenerse en cierta proporción a una velocidad moderada del motor y debe ser alterada en velocidades bajas y altas cuando el motor desarrolle un mayor esfuerzo o carga. Para el arranque del motor se requiere una mezcla rica, es decir, que haya mayor cantidad de gasolina en proporción. La relación 1 a 10 indica una mezcla rica (una parte de gasolina por 10 partes de aire, en peso). (Gilardi, 1978)

Cuando el motor calienta, el carburador debe bajar automáticamente la riqueza a 1 en 15 y para aceleraciones rápidas a carga completa, la mezcla nuevamente debe enriquecerse. Una mezcla pobre sería de una proporción 1 en 20. (Gilardi, 1978)

1. Partes del sistema de carburación. Las diferentes partes que constituyen un sistema de carburación son: el tanque de combustible, la llave de control, las tuberías, el vaso de decantación, la bomba de la gasolina (si el tanque está más bajo que el carburador), el carburador, el múltiple de admisión, el filtro de aire, el medidor de nivel de la gasolina y el gobernador (Figura 16). (Gilardi, 1978)

Figura 16. Sistema de carburación



(Gilardi, 1978)

- Tanque de combustible

Generalmente está localizado a mayor altura que el carburador, por lo tanto no se requerirá de la bomba de gasolina y la alimentación será simplemente por gravedad. El método de alimentación de combustible por gravedad está siendo reemplazado por el de bomba de combustible. (Gilardi, 1978)

- Llave de control

Está ubicada a la salida de la tubería de la parte inferior del tanque. Sirve para abrir o cerrar el flujo de la gasolina. (Gilardi, 1978)

- Tuberías

Sirven para conducir el combustible desde el tanque hasta el carburador; las uniones se hacen por medio de niples de bronce. (Gilardi, 1978)

- Vaso de decantación

Es un vasito de vidrio en el cual puede encontrarse un elemento filtrante. La función del vaso es permitir que la gasolina decante la suciedad, el óxido y el agua, en la parte inferior. (Gilardi, 1978)

- Bomba de gasolina

Si el tanque está a un nivel inferior que el carburador, es necesaria una bomba tipo diafragma. El diafragma se somete a un movimiento recíprocante desde el eje de levas del motor, de tal manera que el volumen entre el diafragma y la caja varía en cada viaje de éste. Al aumentar el volumen en la cámara se admite combustible y se abre la válvula respectiva; al disminuir el volumen se aumenta la presión en esa cámara y el combustible puede salir hacia el carburador. (Gilardi, 1978)

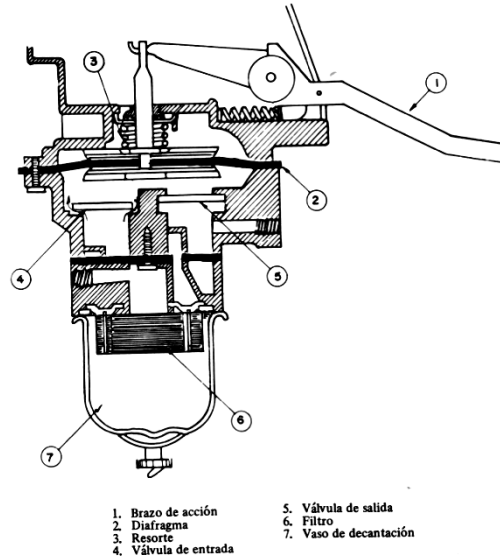
La bomba tiene una válvula de entrada y otra de salida que operan en forma alternada. Un resorte empuja el diafragma en su viaje de compresión. Si el depósito de gasolina del carburador se llena y la aguja cierra la entrada de gasolina, el resorte no podrá empujar al diafragma para seguir bombeando gasolina hasta que se produzca una disminución de la presión entre la cámara de bombeo y la entrada al carburador; es decir, hasta que nuevamente se permita la entrada de la gasolina a la cuba o de depósito del carburador. (Gilardi, 1978)

- Carburador

Este artefacto tiene a su cargo las siguientes funciones: (Gilardi, 1978)

1. Preparar la mezcla de la gasolina y del aire.
2. Variar la proporción de la mezcla de acuerdo a las velocidades y a los requerimientos del motor.
3. Mantiene la proporción mientras permanecen las condiciones de trabajo del motor inalterables.
4. Atomiza la gasolina
5. Cambia la aceleración del motor (velocidad de giro del cigüeñal).
6. Inicia y favorece la vaporización de la gasolina.

Figura 17. Bomba de combustible



(Gilardi, 1978)

Para poder llevar a cabo todas estas funciones, el carburador (Figura 18) consta de las siguientes partes: (Gilardi, 1978)

Figura 18. Partes de un carburador y filtro de aire



(Gilardi, 1978)

- Filtro: se encuentra a la entrada, cerca del niple de conexión. Generalmente es de material lavable, como malla metálica fina. (Gilardi, 1978)

- Asiento y válvula de aguja: allí se controla la entrada de la gasolina hacia la cuba. La aguja puede subir o bajar según el nivel de gasolina en la cuba y la acción de un flotador. Si la aguja sube, la entrada de la gasolina se cierra. (Gilardi, 1978)
- Flotador: es una pieza metálica hueca o a veces simplemente de corcho, que al flotar en la gasolina sube o baja actuando así sobre la válvula de aguja. El flotador mantiene un nivel constante de gasolina en la cuba, esté parado el motor o funcionando. (Gilardi, 1978)
- Cuba o cámara del flotador: es el espacio donde se aloja el flotador y donde se almacena la gasolina a un nivel constante. (Gilardi, 1978)
- Economizadores o “giglairs”: son piezas pequeñas en forma de tornillos con una perforación longitudinal en el centro. Se colocan en las líneas de gasolina y su función es controlar el pasaje de la gasolina. Forman parte del sistema de compensación del carburador (cambios en la proporción de la mezcla). (Gilardi, 1978)
- Conductos: son pasajes de pequeño calibre que comunican las diferentes partes del carburador. Hay conductos para gasolina, para aire y para mezcla. (Gilardi, 1978)
- Surtidor principal: es un conducto vertical o inclinado que contiene gasolina hasta cierta altura (la correspondiente a la de la cuba). Su función es la de abastecer de gasolina cuando el motor no está en mínima. En algunos carburadores existen más de uno y toman el nombre de auxiliar o suplementario, según las exigencias del motor. (Gilardi, 1978)
- Surtidor de mínima: es un tubo o conducto que abastece de gasolina solamente cuando el motor está en mínima, es decir, cuando el acelerador está sin accionar. (Gilardi, 1978)
- Tornillos de regulación: sirven para regular el carburador para obtener la máxima eficiencia. Generalmente son tres; a veces solamente dos. Ellos son: (Gilardi, 1978)
- Tornillo de alta: se usa para la regulación a medianas y altas velocidades
- Tornillo de mínima: regula el suministro de gasolina en mínima (alrededor de 600 rpm).
- Tornillo de posición: su función es permitir que la mariposa de gases (acelerador) no cierre completamente el conducto de la mezcla y así pueda obtenerse una buena velocidad de mínima sin que se apague el motor.
- Mariposa de aire (“choque”): es una pieza circular que está ubicada en la entrada de aire del carburador y controla el ingreso de éste para producir una mezcla rica durante el arranque. Una vez calentado el motor, deberá permanecer completamente abierta. (Gilardi, 1978)
- Mariposa del acelerador: es similar en forma a la anterior. Esta colocada a la salida del carburador y su función es determinar la velocidad de giro del motor, es decir, que controla el volumen de la mezcla que pasará a los cilindros. (Gilardi, 1978)
- Venturi: es una constricción o disminución del diámetro del conducto de aire del carburador, que provoca una disminución de la presión, para permitir la salida de la

gasolina del surtidor principal y/o suplementario. La gasolina puede “saltar” a la corriente de aire y así formarse la mezcla carburante. (Gilardi, 1978)

- Múltiple admisión: es el conjunto de tubos que se inician en cada una de las aberturas de admisión del motor y luego se van reuniendo hasta constituir uno solo. Este tubo es el que va conectado al carburador. El múltiple y el tubo de admisión tienen menor presión que la atmosférica (4-14.6 psi). Cuando se hace girar el motor para el arrancado, ésta baja de presión o vacío relativo es lo que ocasiona que el aire sea “absorbido” a través del filtro de aire, continúe al carburador, donde se prepara la mezcla y de allí pase a cada cilindro a través de su respectiva válvula de admisión. Cerca del múltiple de admisión se encuentra el múltiple de escape que irradia calor y favorece la vaporización de la gasolina. (Gilardi, 1978)
- Filtro de aire: los motores estacionarios, como los de los vehículos convencionales, utilizan el sistema de filtrado de aire en “baño de aceite”. En ciertos modelos y marcas se utiliza un elemento cambiabile y el sistema se llama “filtrado en seco” o “filtrado con cartucho”. En todo caso el objetivo es retener respectivamente las impurezas del aire (polvo, arena, hojas, paja, etc.). (Gilardi, 1978)
- Gobernador o regulador: es un artefacto de acción centrífuga o neumática que controla la velocidad del motor automáticamente, de acuerdo a la velocidad fijada por el operador y de acuerdo a los cambios de requerimiento de potencia durante el trabajo. (Gilardi, 1978)
  - Gobernador centrífugo: consiste en un sistema de pesas que gira mientras el motor está funcionando. El eje de las pesas está conectado al eje de levas del motor. La bocina puede corre en un sentido u otro sobre el eje y transmitir su movimiento por medio de palancas hasta la mariposa de gases del carburador. El operador puede cambiar la aceleración actuando sobre el resorte del gobernador. El esquema de funcionamiento es así: tractor liberado de esfuerzo → aumenta la velocidad del motor → las pesas se abren → la bocina se desliza → las palancas se mueven → la mariposa de gases se cierra un poco → el motor se desacelera. En esta forma un motor que tiende a acelerarse, automáticamente se desacelera. Si el motor es sobrecargado, todo el proceso explicado se invierte para lograr que la mariposa de gases abra más. (Gilardi, 1978)
  - Gobernador neumático: está constituido de una caja herméticamente cerrada en la que hay una pieza circular llamada diafragma. El diafragma está conectado con una varilla a la mariposa de gases del carburador. La caja está en conexión con el múltiple de admisión por medio de un tubo. El operador puede cambiar la aceleración abriendo o cerrando la mariposa de gases. El esquema de funcionamiento es así: tractor liberado de esfuerzo → aumenta la velocidad del motor → aumenta el flujo y la velocidad de la mezcla en el múltiple → baja la

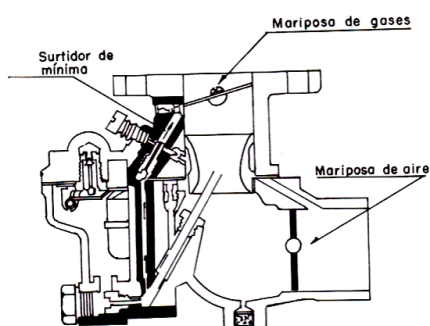
presión en el tubo de comunicación → aumenta el vacío en el lado izquierdo de la caja → el diafragma es absorbido hacia la izquierda → la varilla mueve a la mariposa de gases cerrándola un poco → el motor desacelera. (Gilardi, 1978)

- Si el motor es sobrecargado, el proceso anterior se invierte lográndose que la mariposa de gases se abra, Estos dos tipos de gobernadores también se utilizan en los motores Diesel. Su instalación y funcionamiento son iguales, con la diferencia que la varilla actúa sobre la bomba de inyección variando el volumen de combustible a inyectarse. En esta forma se varía la aceleración del motor automáticamente según los requerimientos del motor. (Gilardi, 1978)

## M. Funcionamiento del carburador

En el momento en que se empieza a hacer girar el cigüeñal, ya sea con un arrancador eléctrico, una manivela, una polea y una cuerda, un motor auxiliar, etc., alguno de los cilindros del motor entra en admisión, la válvula de admisión se abre, se crea vacío en el cilindro y se manifiesta a lo largo del múltiple de admisión, del carburador y del filtro de aire. El aire ingresa al carburador en forma restringida (suponiendo que el operador cerró la mariposa de aire), la velocidad y la cantidad de aire no es suficiente todavía para producir vacío alrededor del surtidor principal, por lo tanto éste no entrega gasolina. En vista que la mariposa de gases (acelerador) está cerrada ( Figura 19), por lo que este vacío “absorbe” la gasolina y salta al tubo de admisión y múltiple donde se prepara la mezcla carburante. En esta condición de mínima la mezcla es rica (1-9 aproximadamente). (Gilardi, 1978)

Figura 19. Carburador con la mariposa de gases y mariposa de aire cerradas



(Gilardi, 1978)

Pasado un corto tiempo se puede abrir la mariposa de aire (choke) y dejarla abierta a partir de ese momento. La mariposa del acelerador es abierta por el operador y el gobernador para inicial el aumento de velocidad el motor. El vacío en el múltiple aumenta y una mayor cantidad de aire pasa por el carburador, a una mayor velocidad. El venturi ocasiona la caída de presión alrededor del surtidor principal y la gasolina ya puede salir de éste para formar la mezcla. El surtidor de mínima ya no opera. La mezcla está alrededor de 1 a 15 en proporción. (Gilardi, 1978)

Si las exigencias del motor son mayores (aumentado la carga) automáticamente entra a funcionar un sistema de compensación y la mezcla vuelve a hacerse rica. A medianas velocidades se obtiene el rango económico en cuanto a consumo de combustible se refiere. (Gilardi, 1978)

El suministro de gasolina se hace con mayor facilidad que la del aire cuando se acelera; esto trae como consecuencia un cambio a una mezcla muy rica; para evitar este inconveniente el mecanismo de compensación inyecta aire al surtidor principal disminuyendo la riqueza. En otras palabras, se evita producir dicho cambio a mezcla sumamente rica. (Gilardi, 1978)

## 1. Regulaciones del carburador

Se siguen los siguientes pasos: (Gilardi, 1978)

1. Desarmado y limpieza completa. Ver el estado de los empaques.
2. Se cierra la válvula de aguja con la mano y con el flotador montado, se mide la distancia entre la parte superior de éste y la tapa del carburador. Si la luz no corresponde con la especificada hay que doblar la base del flotador hasta conseguir la medida recomendada.
3. Se cierran completamente los tornillos de alta y de mínima.
4. Se abren 1 ¼ vueltas ambos tornillos.
5. Se regula el tornillo de posición. Se cierra la mariposa de gases, y se actúa sobre el tornillo de posición y se deja una luz de 1 a 2 mm entre la mariposa y el tubo.
6. Se conecta el carburador al múltiple de admisión
7. Se conectan las varillas del gobernador y del “choke”.
8. Se arranca el motor y se deja calentar en mínima.
9. Se observa el tacómetro y se reajusta a 500 rpm la velocidad del motor por medio del tornillo de posición de la mariposa de gases
10. Se cierra ligeramente el tornillo de mínima hasta que el motor comience a fallar, luego se abre de nuevo hasta regularizar la marcha.
11. Se acelera el motor a mediana velocidad (1000 a 1500 rpm).
12. Se cierra ligeramente el tornillo de alta hasta que el motor comience a fallar, luego se abre nuevamente hasta regularizar la marcha. Se acelera y se desacelera rápidamente; si no responde, se abre un poco más el tornillo de alta.
13. Se conecta el analizador de gases de escape y se reajusta cada tornillo según la lectura en el instrumento.

## N. Combustibles

Son hidrocarburos derivados de la destilación y refinación del petróleo que tienen alto poder energético, que es liberado con la combustión en presencia del oxígeno. (Gilardi, 1978)

Entre las características principales de un buen combustible se encuentran: (Gilardi, 1978)

1. Debe tener alto poder energético
2. Debe vaporizar relativamente a baja temperatura
3. Debe quemarse violentamente en presencia del oxígeno.
4. No debe ser peligroso para su transporte
5. No debe producir elementos o gases dañinos para la salud.

Los combustibles pueden ser de forma gaseosa como el gas natural, el butano y el propano; y de forma líquida como la gasolina, el queroseno destilado y el Diesel. Los combustibles líquidos son más fáciles de transportar y los más utilizados en motores de combustión interna. (Gilardi, 1978)

Las impurezas de la gasolina más importantes son azufre y las gomas. El azufre causa daños al motor cuando existen condiciones de humedad. Produce  $\text{SO}_4\text{H}_2$  (ácido sulfúrico) que corroe los metales. Las gomas favorecen la acumulación de carbón en partes vitales del motor, como son las guías, las válvulas y los asientos. Las gomas aumentan su porcentaje al aumentar el tiempo de almacenaje del combustible. (Gilardi, 1978)

1. **Grado de octano de la gasolina.** Es una cualidad de ignición determinada por la comparación del combustible con una referencia estándar, que consiste en una mezcla de Isooctano ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) y Heptano ( $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ). El porcentaje de isooctano que contiene la mezcla indicará el “octanaje” o grado octano de la gasolina. Los grados octano más comunes son: 66, 84 y 95. (Gilardi, 1978)

## O. Sistemas de inyección

El sistema de alimentación e inyección de los motores comprende las siguientes partes: (Gilardi, 1978)

1. Tanque de combustible, llave y tuberías
2. Bomba de combustible
3. Filtro
4. Bomba de inyección y gobernador
5. Inyectores
6. Línea de retorno

Los tres primeros constituyen el sistema de alimentación de combustible y los tres siguientes el de inyección. El sistema de alimentación es similar al carburador, con las siguientes diferencias: el tanque no necesariamente debe estar sobre el nivel de la bomba de inyección, ya que cuenta con una bomba de combustible. Su llave debe permanecer todo el tiempo abierta; solamente debe cerrarse para efectuar algún cambio o alguna limpieza del sistema. Las tuberías son de paredes más gruesas. (Gilardi, 1978)

El sistema de inyección cumple las siguientes funciones: (Gilardi, 1978)

1. Varía los volúmenes del combustible a inyectarse, según la aceleración y carga del motor.
2. Corta la inyección para apagar el motor
3. Inyecta el combustible en los cilindros del motor en el instante preciso (según los grados de adelanto)
4. Pulveriza altamente el combustible
5. Mezcla el combustible con aire

1. Purga de los sistemas de inyección. El sistema de inyección debe operar en perfectas condiciones de limpieza y herméticamente, ya que si ingresara aire, el sistema fallaría. El aire puede ingresar cuando falla un empaque del filtro de la bomba, cuando no ajusta bien un niple de alguna tubería o cuando el tanque del combustible se vacía. Si esto ocurre, el aire debe extraerse. Para lograr la purga o extracción del aire, las tapas de los filtros presentan dos pernos de purga; también los presenta la bomba de inyección. Para efectuar la purga se deben seguir los siguientes pasos: (Gilardi, 1978)

1. Verificar si hay combustible en el tanque
2. Verificar si la llave de combustible está abierta
3. Aflojar todos los pernos de purga
4. Cebear con la mano la bomba de combustible
5. Esperar que salga aire y combustible por el primer tapón de purga del filtro y cerrarlo cuando sólo salga combustible sin burbujas
6. Continuar bombeando hasta que ocurra lo mismo con el segundo tapón del filtro, después ajustar dicho tapón.
7. Continuar bombeando y hacer lo mismo con cada tapón de la bomba de inyección
8. Dar al motor de arranque hasta que el motor comience a trabajar normalmente

2. Inyectores. Son las partes por donde se inyecta el combustible pulverizado a las cámaras de combustión del motor. El combustible ingresa al inyector, continúa por una perforación central y llega a una cámara donde existe una válvula sometida a la presión de un fuerte resorte; esta válvula se levanta por la presión del combustible y éste sale por uno o más orificios, llamados también boquillas. (Gilardi, 1978)

Figura 20. Inyector

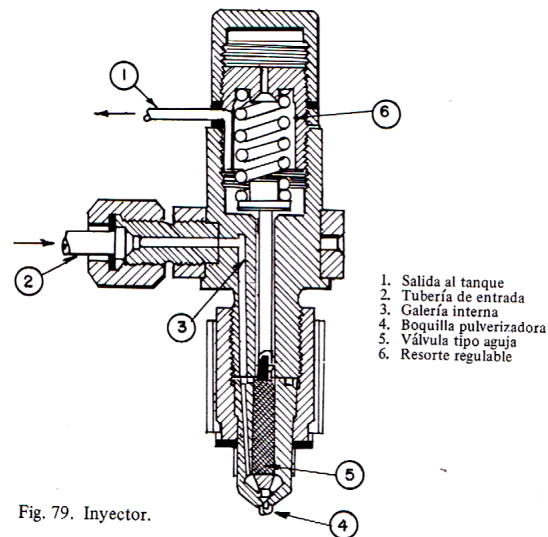


Fig. 79. Inyector.

(Gilardi, 1978)

3. Formas de inyección. Algunos motores tienen la cámara de combustión encima del pistón (entre éste y la culata). En este caso se llama inyección directa. Otros motores tienen cámara especial en la culata y en este caso se llama inyección indirecta. (Gilardi, 1978)

## P. Etanol

El etanol es un alcohol líquido, en condiciones ambientales, que al igual que la gasolina o diesel puede ser utilizado como combustible en los vehículos. Un alcohol es un compuesto cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno y uno o más hidroxilos (OH); los alcoholes ligeros son líquidos miscibles con el agua; otros más espesos son aceites y los más densos son ceras. El etanol, también llamado alcohol etílico ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ) es el más común de los alcoholes y se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro volátil, inflamable y soluble en agua. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

A pesar de que el etanol se ha utilizado mayoritariamente como base en la producción de bebidas alcohólicas, tales como cervezas y vinos, entre otros licores. Además también tiene una amplia aplicación en las industrias químicas (como solvente), farmacéutica (desinfectante) y recientemente se ha comenzado a utilizar como combustible alternativo al petróleo, para automóviles. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

El etanol es producido por la fermentación de granos como: trigo, maíz, madera y caña de azúcar, o por residuos forestales y DSM (papel, alimento y basura de patio, plásticos, maderas, llantas). El etanol es un alcohol combustible con potencial de llegar a ser ampliamente usado como combustible de automóvil. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

El alcohol anhidro (alcohol desnaturalizado) requiere tener por lo menos 99.5 grados Gay Lussac, sin embargo, en los ingenios también se produce alcohol etílico, del tipo hidratado (alcohol natural) de 96 grados Gay Lussac. El alcohol anhidro se requiere, ya que existen datos que demuestran que el agua puede ocasionar la separación de las fases gasolina-etanol, lo que origina problemas de fallas mecánicas de vehículos por gasificación en la bomba de gasolina. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

El alcohol desnaturalizado, contiene determinadas sustancias agregadas (por ejemplo, metanol o gasolina) que impiden su ingestión. Así, se evita la aplicación a las bebidas espirituosas sobre los alcoholes industriales o carburantes. (Red de Inversiones y exportaciones, 2010)

Con datos de 1989 se estimó que el costo de producción para el alcohol anhidro es aproximadamente 38% mayor que para el caso del alcohol hidratado. Para que el etanol pueda ser empleado ampliamente dentro del sector automotriz, debe haber cambios en la infraestructura de la industria de combustibles y en la manufactura de los automóviles. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

1. **Beneficios ambientales.** El uso del etanol en la gasolina tiene varios beneficios ambientales; entre los que destacan:

- Reducción de CO: el uso de etanol causa de un 25-30% de reducción en las emisiones de monóxido de carbono (CO) con el 10% de etanol en la mezcla. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))
- Reducción de CO<sub>2</sub>: aunque el dióxido de carbono es liberado cuando se quema el etanol, éste es reciclado dentro de tejido orgánico durante el desarrollo de la planta; de hecho, el uso de etanol en la gasolina puede resultar en una reducción neta de los niveles de dióxidos de carbono atmosférico. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))
- Fuente renovable el etanol es un derivado de una fuente biológica renovable. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))
- Reducción de emisiones de ozono: el uso de 10% de etanol en la mezcla gasolina puede resultar en una reducción neta del ozono, que forma emisiones como monóxido de carbono e hidrocarburos. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

2. **Etanol como sustituto de la gasolina.** El uso intensivo del etanol puede ser motivado por su habilidad para sustituir a la gasolina o utilizarlo como componente oxigenante de la gasolina y antidetonante. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

- En vehículos de gasolina (gasolina 90% y 10% etanol v/v), también denominados gasoil, esto se practica sin ninguna modificación en el motor. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))
- Etanol como sustituto de la gasolina. Una mezcla de 85% etano y 15% gasolina, también denominada E85, es un combustible viable para vehículos ligeros, éstos pueden operar con cualquier proporción de etanol mezclado con gasolina, teniendo como límite 85%. Algunos autobuses y camionetas con la adecuada modificación a sus motores diesel, pueden operar con etanol casi puro. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))
- Como componente de la gasolina. El etanol puede ser usado para manufacturar ETBE (Etil-ter-butil-éter) elemento para la gasolina reformulada. Al ser mezclado con la gasolina aumenta el octanaje de la gasolina y por ende previene el golpeteo. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

Existe también la opción de utilizar vehículos de combustible flexible, los cuales están diseñados para usar una gran variedad de combustibles, siempre y cuando estén en el mismo estado líquido. El uso de un combustible en el transporte automotriz, requiere que sus características físicas y químicas sean las adecuadas para poder logara una buena autonomía, buen desempeño y confiabilidad. (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

3. **Ventajas del etanol.** Entre las ventajas del uso de etanol como combustible, se encuentran: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

- El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables.
- Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como la gasolina y el diesel.
- Presenta un alto índice de octano: 105

- Produce menos dióxido de carbono al quemarse que la gasolina, pero el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.
- Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de la gasolina.
- Resulta menos inflamable que la gasolina
- Notablemente genera menos emisiones de monóxido de carbono.
- Baja toxicidad

4. Desventajas. Entre las desventajas del uso de etanol como combustible, se encuentran: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

- Presenta una menor densidad de energía que la gasolina; el conductor debe llenar el tanque con más frecuencia.
- Genera emisiones altamente evaporativas
- Contiene dos terceras partes de la energía contenida por el mismo volumen de gasolina
- Presenta problemas de corrosión de partes mecánicas y sellos
- Presenta dificultades para encender en climas fríos
- Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos
- Problemas con el encendido en frío con E-100

Tabla 1: propiedades físicas de los combustibles gasolina y etanol

Propiedades	Gasolina sin plomo	Etanol
<b>Composición</b>	Mezcla de hidrocarburos (principalmente C4-C10)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
<b>Rango de Ebullición (°C @ 1 atm)</b>	16.6 a 215.5	78.13
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)(Kg/L)</b>	688.7 a 784.80; 695 a 0.778	788.01; 0.79
<b>Contenido de energía (MJ/Kg) (MJ/L)</b>	43.49-44.42; 31.22-33.72	26.74; 21.09
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	232.2 a 482.2	423.8
<b>Punto de inflamabilidad (°C)</b>	-42.77	21.11
<b>Rango de No. De octano (R+M)/2</b>	87 a 93	100
<b>Limites de inflamabilidad (% vol. En aire)</b>	bajo = 1.4; alto = 7.6	bajo = 4.3; alto = 19.0
<b>Contenido de azufre (% peso)</b>	0.020 a 0.045	Ninguno
<b>Velocidad de la flama (m/s)</b>	0.3962	0.3962

(CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía))

## Q. Combustión

En los motores de combustión interna la parte importante de su funcionamiento es la combustión debida al combustible. Ésta es la que provoca la fuerza de empuje al pistón, la cual es transmitida por todo el mecanismo hacia el cigüeñal y éste lo transmite a las llantas del automóvil para que se desplace. (Gutiérrez Ramírez, 2003)

El estado de combustión describe un proceso químico en el cual un combustible se oxida por medio de un agente comburente, produciendo un incremento notable de luz y calor. La combustión es un claro proceso de transformación de energía química en calor. El proceso de combustión en la oxidación de los constituyentes del combustible, donde el comburente es el agente oxidante, que por excelencia es el oxígeno. (Gutiérrez Ramírez, 2003)

Por lo anterior, para lograr la combustión es necesario contar con los siguientes elementos: (Gutiérrez Ramírez, 2003)

- Combustible
- Comburente ( $O_2$  o aire)
- Calor

El aire está formado por varios elementos, en particular oxígeno ( $O_2$ ), nitrógeno ( $N_2$ ) y argón (Ar). Su composición volumétrica es la siguiente: 21% de  $O_2$ , 78% de  $N_2$  y 1% de Ar. Para propósitos energéticos se considera que las proporciones volumétricas del aire son: 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno. (Gutiérrez Ramírez, 2003)

1. **Incremento de la relación de compresión.** El valor del octanaje de las gasolinas indica cuánto se puede comprimir el combustible antes de que se autoencienda. Cuando el combustible se enciende por compresión y ni por la chispa de la bujía, causa un fenómeno conocido como golpeteo en el motor. El golpeteo puede dañar el motor. Gasolina de bajo octanaje conocida como regular tiene 87 octanos, y es la gasolina que puede soportar menos compresión antes de autoencenderse. (Gutiérrez Ramírez, 2003)

La relación de compresión de un motor determina el valor de octanaje del combustible que se debe utilizar en el automóvil. Una forma de incrementar la potencia de un motor de un tamaño determinado es la de aumentar la relación de compresión. Relaciones de compresión más altas producen más potencia, hasta cierto punto. Mientras más se comprime la mezcla de aire/combustible, es más probable que se autoencienda antes que la bujía emita la chispa. Las gasolinas con octanajes más altos previenen este fenómeno de autoencendido. Es por eso que los automóviles de alto rendimiento y alta potencia necesitan gasolina de alto octanaje, estos automóviles utilizan relaciones de compresión más altas. Casi todos los automóviles que funcionan con un ciclo de cuatro tiempos, utilizan gasolina como combustible. Una de las carreras para el ciclo de cuatro tiempos, es la carrera de compresión, donde el motor comprime la mezcla de aire y

combustible en un volumen mucho más pequeño antes de ser encendido por la bujía. La cantidad de compresión se le llama relación de compresión de un motor. Un motor común tiene una relación de compresión de 8:1. El nombre de Octano viene del siguiente hecho; cuando se toma el crudo y se fracciona en una refinería, al final del proceso se obtienen cadenas de hidrocarburos de diferentes tamaños. Estas cadenas de diferentes tamaños se pueden separar una de otra y se pueden unir para formar diferentes combustibles. (Gutiérrez Ramírez, 2003)

## R. Etanol y los motores Otto

El etanol como combustible vehicular puede sustituir la gasolina total o parcialmente en los motores de encendido por chispa. En Brasil la mezcla etanol-gasolina más utilizada es de 20 a 25%, mientras que en Estados Unidos, se usa un porcentaje de 5 a 10%. Los motores “flex-fuel” en Brasil, aceptan cualquier mezcla entre el gasohol y el alcohol hidratado. Por otro lado, los motores “flex” en Estados Unidos, aceptan en la gasolina hasta 85% de alcohol anhidro. En general, se puede utilizar hasta un 10% de etanol anhidro en la gasolina, sin hacer alteraciones en el motor. En el cuadro siguiente, se muestran las partes del motor a las que habría que realizarles alguna modificación, dependiendo de la mezcla de etanol en la gasolina. (Gallo, 2009)

Cuadro 1. Modificaciones en el motor en base al porcentaje de etanol

<b>Etanol en la gasolina</b>	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	$\leq 25\%$	$\leq 85\%$	$\geq 85\%$
Carburador					
Inyección de combustible					
Bomba de combustible					
Filtro combustible					
Sistema combustible					
Tanque combustible					
Catalizador					
Motor básico					
Aceite del motor					
Colector admisión aire					
Sistema de escape					
Arranque en frío					

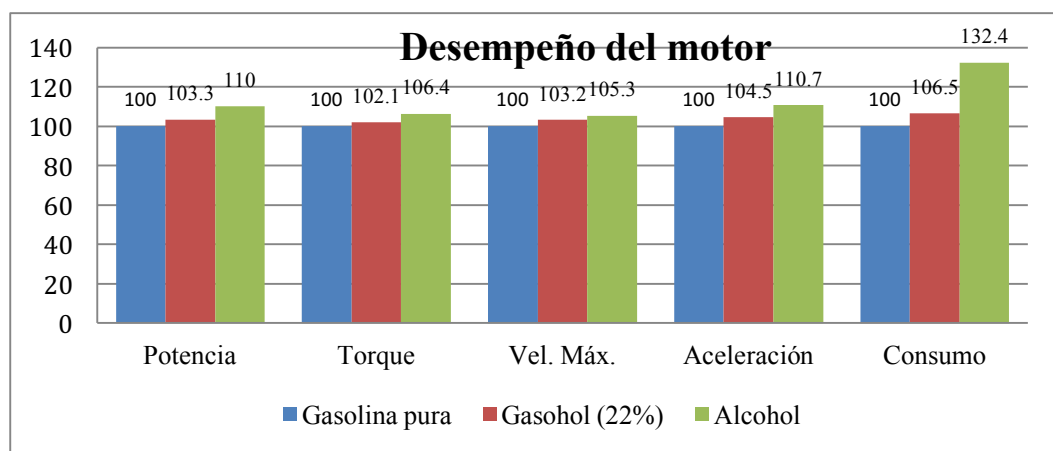
(Gallo, 2009)

Tabla 2: Modificaciones en el motor al utilizar etanol como combustible

Motor básico	Tasa de compresión Eje comando de válvulas Material de válvulas y sede de válvulas Cambio del circuito de Blow-by
Carburador	Alteración de la relación de mezcla Aire/Combustible Cambio de tratamiento de superficies Sustitución de materiales: bóas, orificios calibrados, ejes, juntas y anillas
Inyección electrónica	Alteración de la relación Aire/Combustible Aumento de Presión de trabajo Cambio de la estrategia / calibración Cambio en los inyectores (materiales, flujo y spray)
Pompa de combustible	Cambio de tratamiento de superficie y materiales Protección de Bornes y Rotor Conectores sellados Aumento de presión de trabajo y flujo
Reg. De Presión del combustible	Cambio de tratamiento de superficie y materiales Aumento de presión de trabajo y flujo
Filtro de combustible	Cambio de porosidad Sustitución de material de colaje Aumento de presión de trabajo Sustitución del encapsulamiento
Colector de admisión	Cambio de perfil Cambio de flujo Pre-calentamiento de la mezcla Alteraciones de la rugosidad de paredes internas
Ignición	Cambio del avance Sustitución de bujías Aumento de la descarga de chispa Aumento de la capacidad de carga de la batería

(Gallo, 2009)

Gráfica 1: Desempeño del motor, utilizando gasolina, mezcla de 22% de etanol y etanol puro



(Gallo, 2009)

El etanol presenta un poder calorífico menor al de la gasolina, en un 32%; sin embargo, no es correcto comparar estos combustibles solo por el contenido energético, pues existen otros factores que permiten compensar esta diferencia. El elevado índice de octano del etanol permite aumentos importantes del rendimiento térmico. Además, se puede operar con mezclas de aire-etanol muy pobres, ya que los límites teóricos de inflamabilidad se amplían, 0.5-2.9 frente a 0.7-2.5 de la gasolina, consiguiéndose ahorros de combustible de un 2%. (Álvarez Flórez, 2005)

El calor latente de vaporización del etanol 922 J/g es superior al de la gasolina 335 J/g, esto supone que si bien mejorará el rendimiento volumétrico, tendremos graves problemas en el arranque en frío. Este problema se soluciona utilizando un calentador eléctrico en la línea de alimentación del combustible o utilizando un sistema suplementario de gasolina. También se emplea una recirculación de los gases de escape para calentar el colector de admisión, ya que al ser la densidad de los alcoholes mayor que la de la gasolina, la vaporización en los tubos de admisión y en el cuerpo del carburador es incompleta, lo que provoca irregularidades en el suministro a los cilindros y vibraciones durante el funcionamiento del motor. (Álvarez Flórez, 2005)

El etanol hidratado puro debe ser usado en motores fabricados o adaptados específicamente para este fin, en particular adoptando índices de compresión más elevados, buscando utilizar adecuadamente el octanaje más alto del etanol frente a la gasolina y obtener ganancias de eficiencia del 10%. En otras palabras, el mayor octanaje del etanol permite que los motores obtengan más energía útil del calor del combustible comparativamente a la gasolina. Otros cambios deben ser efectuados en el sistema de alimentación de combustible y en la ignición, para compensar las diferencias en la relación aire-combustible y otras propiedades. Además, debe haber algunos cambios de materiales en contacto con el combustible, como tratamiento anticorrosivo de las superficies metálicas de los tanques, filtros y bombas de combustible y sustitución de tuberías o adopción de materiales más compatibles con el etanol. Actualmente, tras décadas de perfeccionamiento de motores especialmente fabricados para etanol, la tecnología ha evolucionado lo suficiente como para permitir que los vehículos a etanol puro hidratado tengan desempeño, maniobrabilidad, condiciones de arranque en frío y durabilidad absolutamente similares a los motores a gasolina, especialmente en países con inviernos moderados. (Bioetanol de caña, 2008)

Con la intensa utilización de la electrónica aplicada a sistemas avanzados de control de mezcla y de ignición, a partir del 2003 se lanzaron comercialmente en Brasil vehículos con motores flexibles (flex-fuel), capaces de utilizar, sin cualquier interferencia del conductor, gasolina (con 20% a 25% de etanol), etanol hidratado puro o mezclas de esos dos combustibles en cualquier proporción, según exigencias de eficiencia y maniobrabilidad y atendiendo a los límites legales de emisiones de gases de escape. Los vehículos equipados con estos motores ya representan la mayoría de los vehículos en Brasil, desde 2005, y desde entonces, están perfeccionándose en términos de desempeño y funcionalidad de los sistemas de arranque en frío. (Bioetanol de caña, 2008)

Los vehículos Flex-fuel están diseñados para ser alimentados instantáneamente con gasolina, etanol o cualquier mezcla de estos dos combustibles. Para el consumidor, esto significa elegir el combustible en cada llenado del vehículo, de acuerdo con el precio de combustible, las características de calidad, rendimiento o incluso la disponibilidad. A través de sensores electrónicos especiales, el ordenador de abordo reconoce la mezcla de combustible y ajusta correctamente los parámetros de combustión del motor, sin ninguna interferencia del conductor. (Joseph, 2013)

## S. Sistema Electrónico

1. **Micro-controladores.** Un micro-controlador se puede definir como una computadora en un chip. Este es similar al micro-procesador de una computadora, se caracteriza por contener en el mismo, integrado o encapsulado la mayor parte de los componentes de una computadora. Se utiliza principalmente para controlar el funcionamiento de una tarea en específico y debido a su tamaño reducido, usualmente esta incorporado en el propio dispositivo al que controla (Patt & Patel, 2005).

Según Axelson (1997) la terminación *micro* se refiere a que es un dispositivo pequeño y *controlador* que es capaz de controlar objetos, procesos o eventos específicos (Axelson, 1997).

2. **Arduino Mega.** Arduino es una plataforma de desarrollo electrónico (de código abierto) hardware y software, se caracteriza principalmente por su flexibilidad y facilidad de uso. Es por ello que esta plataforma esta destinada a artistas, diseñadores, aficionados y cualquier persona interesada en la creación de objetos y/o ambientes interactivos. Cada modelo de Arduino contiene un micro-controlador que se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (Arduino, 2013).

El Arduino Mega es una tarjeta electrónica basada en el micro-controlador ATmega2560 de la compañía Atmel. Ésta cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 15 pueden ser utilizados como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 puertos seriales (UARTs), un oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio. El Arduino Mega puede ser alimentado por tres fuentes distintas: cable USB conectado a una computadora, por un transformador AC-DC de 7-12V o con una fuente de alimentación externa (Margolis, 2012).

El micro-controlador ATmega2560 cuenta con 256kB de memoria *flash*, 8kB de memoria SRAM y 4kB de memoria EEPROM. Cada uno de los pines de entrada/salida puede alimentar o recibir una máximo de 40mA (Margolis, 2012).

3. **Sensor.** Se le denomina sensor al instrumento capaz de producir una señal en respuesta a un fenómeno físico o químico generalmente esta señal es de tipo eléctrica. La señal producida refleja el valor de una propiedad específica (tal como: temperatura, humedad, presión, fuerza, *etc.*) tomando en cuenta que un sensor no altera la propiedad medida (Perez & Rodríguez, 2008).

Las características básicas a considerar en la elección de un sensor son:

- Exactitud: medida de cuán cerca está la medición del valor verdadero.
- Precisión: describe la carencia de errores aleatorios en un instrumento.
- Tolerancia: define el error máximo que se puede esperar en un valor.
- Rango: define el valor mínimo y máximo de una cantidad para lo que un instrumento está diseñado a medir.
- Sensibilidad: es la medida en la que cambia la salida de un aparato o dispositivo debido a cambios en la variable de entrada.
- Linealidad: se refiere a la forma en la que salida corresponde en proporción a la entrada.
- Resolución: es el más pequeño cambio en su entrada que produce un cambio significativo (observable) en su salida.

4. **Sensores de temperatura.** Un sensor de temperatura es un dispositivo que transforma los cambios de temperatura en el ambiente en cambios de señales eléctricas para ser procesadas por un dispositivo electrónico (Vetelino & Reghu, 2011).

Entre los tipos de sensores de temperatura más comunes se encuentran:

- Termistor: este instrumento se caracteriza por el comportamiento variable que presenta la resistencia de los semi-conductores en función de la temperatura.
- Termopar: es un instrumento formado por dos metales. Un material es termoeléctrico que permite transformar directamente el calor en electricidad.
- RTD (Resistance temperature detector): este instrumento esta basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

5. **Sensores de humedad.** Los sensores humedad son sensores que permiten medir la humedad relativa en un ambiente, En general estos sensores se utilizan para monitorear procesos y condiciones ambientales (Glaría, 2004).

Entre los tipos de sensores de humedad más comunes se encuentran:

- Sensores mecánicos: estos determinan la humedad en base a las deformaciones que sufren ciertos materiales en presencia de la humedad.
- Sensores capacitivos: estos son los más utilizados en la industria y meteorología, debido a su fácil producción, bajo costo y alta fidelidad. El principio que utilizan estos sensores se centra en el cambio que sufre la capacitancia de un condensador al variar la constante dieléctrica del mismo.
- Sensores piezoeléctricos: estos utiliza los materiales higroscópicos para determinar la humedad absoluta. En base a los cambios frecuencia de oscilación del material es posible determinar dicho valor de humedad absoluta, para luego convertir dicha frecuencia en una señal de voltaje correspondiente.

6. **Sensores ópticos.** Los sensores ópticos son sensores que basan su funcionamiento en la emisión de un haz de luz, el cual es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. Los sensores ópticos se conforman de dos partes importantes: emisor (parte más importante del sensor ya que está origina el haz de luz, también conocido como fuente) y receptor (es el que recibe el haz luminoso del emisor) (Creus, 2011).

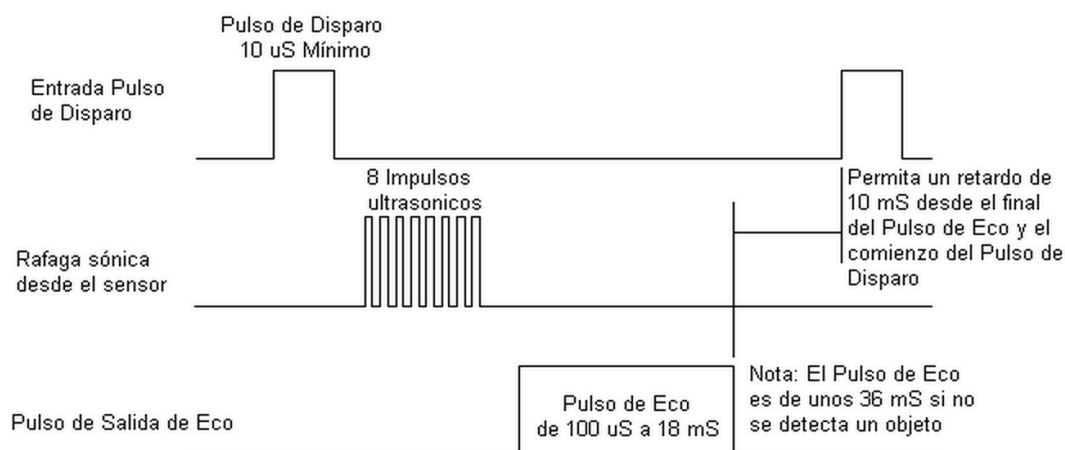
7. **Sensores infrarrojos.** Los sensores infrarrojos son dispositivos electrónicos que permiten medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Un sensor infrarrojo está compuesto de dos elementos: un LED IR y un fototransistor o fotointerruptor (Creus, 2011).

- Diodo emisor de luz infrarroja (LED IR): LED que emite un tipo de radiación electromagnética denominada infrarroja. Para el ojo humano este tipo de radiación es imposible de observar debido a que su longitud de onda es mayor a la del espectro visible.
- Fototransistor: es el dispositivo receptor que regula el flujo de corriente de acuerdo a la luz infrarroja que incide sobre él.

8. **Sensores ultrasónicos.** Los sensores ultrasónicos son detectores de proximidad que permiten determinar la distancia de un objeto que este próximo al mismo. El rango de detección y medición del sensor ultrasónico depende directamente del modelo utilizado (Gwirc, *et al*).

El principio de funcionamiento de un sensor ultrasónico se basa en la detección de ecos de ultrasonidos. Estos dispositivos emiten ondas sonoras de alta frecuencia y evalúan el eco percibido por esta señal, es decir, los sensores ultrasónicos emiten un pulso de disparo y miden el intervalo de tiempo entre el envío y la recepción de la señal de eco para determinar la distancia de un objeto (Gwirc, *et al*).

Figura 21. Principio de funcionamiento de un sensor ultrasónico



Las características más importantes de los sensores ultrasónicos se centran en su exactitud y fiabilidad de medición. Debido a que estos sensores no necesitan estar en contacto con el objeto a medir, son

utilizados en una amplia gamma de aplicaciones: medición de nivel para líquidos o sustancias, detección de objetos cercanos a sí mismo, entre otros (Gwirc, *et al*).

Todos los sensores ultrasónicos tienen un rango erróneo de medición que se denomina *zona muerta*, la cual se define como el intervalo temporal durante el cual aparece una señal en el receptor debido a condiciones no deseadas, entre las principales están: vinculación mecánica que existe entre emisor y receptor a través del soporte y el solapamiento de los lóbulos de emisión y recepción (Creus, 2011) (El-Rabbany, 2002).

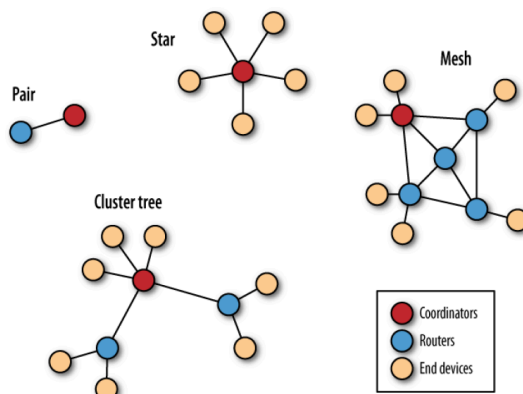
9. Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Por sus siglas en inglés significa Global Positioning System, es decir Sistema de Posicionamiento Global. Es un sistema de orientación y navegación basado en la recepción y procesamiento de información emitida por un sistema de 24 satélites. Dicho sistema está diseñado de manera que forme una red alrededor de la Tierra (El-Rabbany, 2002).

Cada satélite del sistema está emitiendo dos códigos digitales por medio de señales de radio. Uno de los códigos está reservado exclusivamente para el uso militar y el otro para el uso civil. El código de uso civil transmite dos series de datos que son únicos para cada satélite: almanaque y efemérides, los cuales informan sobre el estado operativo del satélite, su situación de órbita, hora y fecha. Cuando se logran captar señales de al menos tres satélites, por medio de triangulación se determina la posición que se ocupa sobre la superficie de la Tierra y a través de las coordenadas geográficas latitud y longitud, es posible determinar la posición desde cualquier lugar de la Tierra (El-Rabbany, 2002).

10. Módulos Xbee. Los módulos XBee son dispositivos electrónicos que integran un transmisor-receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y fácil (Faludi, 2011).

ZigBee es un protocolo de redes inalámbricas de velocidad de transferencia baja y bajo consumo de potencia, este está enfocado a la automatización y control remoto de aplicaciones. Las comunicaciones ZigBee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de los módulos Bluetooth no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza la comunicación a través de una frecuencia, es decir, de un canal. El alcance depende de la potencia de emisión del dispositivo así como el tipo de antena utilizada. La velocidad de transmisión de una red ZigBee es de hasta 256kbps. Una red Zigbee esta formada básicamente de tres tipos de elementos: un dispositivo Coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (end points) (Faludi, 2011).

Figura 22. Topologías de una red ZigBee



(Faludi, 2011)

En la *Figura 22* se muestran las topologías de red que se pueden establecer con los módulos XBee son: punto a punto, estrella, malla, árbol y mixtas. Evidentemente la topología más simple es la de punto a punto, únicamente se necesitan dos módulos XBee para lograr establecer dicha topología, mientras que en la de malla o mixta se necesitan como mínimo tres módulos XBee para establecer de forma correcta la red (Faludi, 2011).

## T. Administración de proyectos

1. **Organización estructural.** “Primero, una organización tiene un propósito definido. Este propósito generalmente se expresa a través de objetivos que la organización espera cumplir. Segundo, cada organización está formada por personas. Cuenta con ellas para realizar el trabajo necesario para que la organización logre sus metas. Tercero, todas las organizaciones crean una estructura deliberada dentro de la cual los miembros realizan su trabajo. Esa estructura puede ser abierta y flexible, sin deberes laborales específicos o un estricto apego a acuerdos de trabajo explícitos.

La estructura organizacional es la distribución formal de los puestos de una organización. Esta estructura, la cual puede mostrarse visualmente en un organigrama, también tiene muchos propósitos. Cuando los gerentes crean o cambian la estructura, se involucran en el diseño organizacional, un proceso que implica decisiones con respecto a seis elementos clave: especialización del trabajo, departamentalización, cadena de mando, tramo de control, centralización y descentralización, y formalización.

La especialización del trabajo, consiste en dividir las actividades laborales en tareas separadas. Cada empleado se especializa en hacer una parte de una actividad en lugar de hacerla toda, para aumentar los resultados. La departamentalización es la forma en que se agrupan los puestos. La cadena de mando es la línea de autoridad que se extiende de los niveles más altos de la organización hacia los más bajos, lo cual especifica quién le reporta a quién. El tramo de control define a cuántos empleados puede dirigir un gerente

de forma eficiente y eficaz. La formalización se refiere a qué tan estandarizados están los trabajos de una organización y hasta qué grado las reglas y procedimientos guían el comportamiento de los empleados.

Propósitos de organizar:

- a. Dividir el trabajo a realizarse en tareas específicas y departamentos.
- b. Asignar tareas y responsabilidades asociadas con puestos individuales.
- c. Coordinar diversas tareas organizacionales.
- d. Agrupar puestos en unidades.
- e. Establecer relaciones entre individuos, grupos y departamentos.
- f. Establecer líneas formales de autoridad.
- g. Asignar y utilizar recursos de la organización.
- h. Los puestos de una organización.” (Robbins, 2009)

2. Administración y estructuración de los proyectos. “Cabe definir un proyecto como una serie de trabajos relacionados que, por lo habitual, se dirigen hacia un producto mayor y cuyo desempeño requiere de un periodo considerable. La administración de proyectos se puede definir como la planeación, la dirección y el control de recursos (personas, equipamiento y materiales) para poder sujetarse a las limitantes técnicas, de costo y de tiempo del proyecto.

Estructura funcional:

Ventajas

- a. Un miembro de un equipo puede trabajar en varios proyectos.
- b. La experiencia técnica se conserva dentro del área funcional a pesar de que los individuos abandonen el proyecto o la organización.
- c. El área funcional es un hogar una vez que se ha terminado el proyecto.
- d. Los especialistas en las funciones pueden avanzar en un plano vertical.
- e. Una masa crítica de expertos especializados en un área funcional crea soluciones sinérgicas para los problemas técnicos del proyecto.

Desventajas

- a. Algunos de los aspectos del proyecto que no están relacionados directamente con el área funcional no salen bien librados.
- b. La motivación de los miembros del equipo suele ser poca.
- c. Las necesidades del cliente ocupan un segundo lugar y se responde a ellas con lentitud.” (Chase, R; *et. al*, 2009)

3. **Control concurrente.** “Como su nombre lo indica, el control concurrente se da mientras una actividad está en progreso. Mejor conocida como la supervisión directa. Describe a un gerente que está en el área laboral, e interactúa directamente con los colaboradores.” (Robbins, 2009)

4. **Control de retroalimentación.** “El control se da después de que la actividad se ha realizado. El control de retroalimentación tiene dos ventajas. Primero, la retroalimentación proporciona a los gerentes información importante acerca de qué tan efectivos han sido sus esfuerzos de planeación. La retroalimentación que muestra poca variación entre el estándar y el desempeño real indica que la planeación es adecuada en general. Si la desviación es considerable, un gerente puede utilizar esa información para formular nuevos planes. Segundo, la retroalimentación puede aumentar la motivación.” (Robbins, 2009)

## U. Herramientas de control de tiempos

1. **Gráfico de Gantt.** “El diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de proyectos que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, usted podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasadas o adelantadas.

El diagrama de Gantt obliga al administrador del proyecto a desarrollar un plan con antelación y proporciona un vistazo rápido del avance del proyecto en un momento dado. Desafortunadamente, este diagrama no siempre describe por completo la interacción entre las diferentes actividades del proyecto. El diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que éstas se llevarán a cabo.” (Nebel, 2009)

«Una gráfica de Gantt, a veces llamada gráfica de barras, que muestra tanto la cantidad de tiempo involucrada como la secuencia en que se desempeñarían las actividades. Las técnicas del método de la ruta crítica deben su desarrollo a la gráfica de Gantt. Si bien la gráfica de Gantt puede relacionar las actividades con los tiempos de modo utilizable para proyectos pequeños, la interrelación de actividades, cuando se presenta de esta manera, resulta extremadamente difícil de visualizar y no sirve bien para trabajar con proyectos que incluyen más de 25 actividades. Además, una gráfica de Gantt no ofrece un procedimiento directo para determinar la ruta crítica, cuya identificación tiene enorme valor práctico.» (Chase, R; *et. Al*, 2009)

2. **Método de ruta crítica.** «La ruta crítica de las actividades de un proyecto se refiere a la secuencia de actividades que constituyen la cadena más larga en términos del tiempo necesario para terminarlas. Si alguna de las actividades de la ruta crítica se demora, entonces el proyecto entero se retrasará. La meta central de las técnicas del método de la ruta crítica es determinar la información de cada actividad del proyecto para programarla. Las técnicas calculan el momento en que una actividad debe empezar y terminar, así como si la actividad forma parte de la ruta crítica o no.

Cuando un solo estimado del tiempo requerido para terminar una actividad no es confiable, el procedimiento más aconsejable es utilizar tres estimados. Estos tres estimados no sólo permiten estimar el tiempo de la actividad, sino que también permiten obtener un estimado de la probabilidad del tiempo para la conclusión de la red entera. Brevemente, el procedimiento es el siguiente: el tiempo estimado de la actividad se calcula utilizando un promedio ponderado del estimado mínimo de tiempo, el máximo y el más probable. El tiempo esperado para la conclusión de la red se calcula utilizando el procedimiento antes descrito. Así, utilizando los estimados de la variabilidad de las actividades de la ruta crítica es posible estimar la probabilidad de terminar el proyecto en un tiempo determinado.» (Chase, R; *et. Al*, 2009)

3. **Cuadro de mando integral.** «El cuadro de mando integral (CMI) desarrollado por Kaplan y Norton a mediados de la década de 1990 y que desde entonces ha tenido una gran aceptación y difusión en el mundo empresarial. El punto de partida del CMI ha sido la necesidad de ampliar los indicadores de resultados basados en la información financiera con otros indicadores que permitan a los directivos conocer la forma en que la empresa crea riqueza y valor y se proyecta hacia el futuro. Se trata, en definitiva, de identificar un conjunto de indicadores relacionados entre sí, que posibiliten a los directivos de la empresa conocer en qué medida se están alcanzando los objetivos estratégicos de la empresa.

El punto de partida del CMI es la visión de la empresa (qué empresa queremos ser) y la estrategia (cómo pretendemos alcanzar el futuro deseado). Para ello, se requiere disponer de la información adecuada, sintética y estructurada que nos permita conocer en qué medida estamos alcanzando nuestros objetivos y poder tomar medidas correctoras a tiempo en caso de que nos desviemos (sistema de control integral).

La elaboración de un CMI permite a las empresas clarificar y concretar la visión y la estrategia, dado que obliga a un proceso de diálogo y consenso para establecer objetivos operativos desde cada una de las perspectivas señaladas. Los objetivos e indicadores estratégicos pueden ser comunicados a toda la organización, que conoce cuáles son las metas a alcanzar para implantar la estrategia deseada y es un primer paso para el logro de compromisos reales. El CMI permite a la organización planificar los recursos necesarios y presupuestar las inversiones a realizar.» (Ventura, 2008)

«Un cuadro de mando integral es una herramienta de gestión que ayuda a la toma de decisiones directivas al proporcionar información periódica sobre el nivel de cumplimiento de los objetivos previamente establecidos mediante indicadores. El CMI favorece la transparencia en la gestión y el establecimiento de un

equilibrio entre las acciones inmediatas y las líneas estratégicas. Como herramienta de gestión, el CMI es un concepto dinámico que da un apoyo continuo a la toma de decisiones, contribuye a comunicar la estrategia e implica a las personas en su elaboración y seguimiento.» (Kaplan, 2000)

## V. Análisis estratégico

1. **Análisis del entorno.** «Entre la empresa y su entorno se desarrolla un diálogo continuo mediante el cual la empresa trata de entender su entorno, captar las señales que se reciben y responder con decisiones coherentes en función de los recursos disponibles. De forma más precisa, la estrategia busca la sincronización entre los recursos y capacidades y el entorno en el que actúa. El análisis externo, dentro del campo de la estrategia tiene como finalidad entender los rasgos esenciales del entorno en que se compete y valorar la forma en que dicho entorno afecta, o puede afectar, al logro de nuestros objetivos. Ello permite identificar las oportunidades y amenazas a las que se enfrenta la empresa y es una condición necesaria para desarrollar una buena estrategia.» (Ventura, 2008)

2. **Financiamiento de proyectos.** «El financiamiento de proyectos se define como la obtención de fondos para financiar un proyecto de inversión de capital económicamente separable en el que los proveedores de los fondos consideran de manera primordial al flujo de efectivo del proyecto como el origen de los fondos para el servicio de sus préstamos y el rendimiento del capital invertido. Las condiciones de la deuda y las acciones se adaptan a las características del proyecto. Obtener patrocinio es un proceso de dos direcciones, pues algunas empresas se muestran interesadas en patrocinar, mientras que en otras ocasiones, el organizador del evento debe ir en busca de estos patrocinadores.» (Finnerty, 1999)

## IV. ANTECEDENTES

El evento Shell Eco-Marathon, organizado por Shell internacional, desafía a equipos de estudiantes de todo el mundo a diseñar, construir y probar vehículos ultra-eficientes. Se realizan eventos anuales en América, Europa y Asia, los ganadores son los equipos que recorren mayor distancia con menor cantidad de energía. Los acontecimientos despiertan debate sobre el futuro de la movilidad e inspiran a jóvenes ingenieros a impulsar los límites de la eficiencia del motor.

La competencia está dividida en dos categorías, diseño prototipo y diseño urbano; a su vez estas dos categorías se subdividen en cinco categorías cada una, dependiendo del tipo de energía (combustible) utilizado los cuales son: gasolina, diesel, batería eléctrica, etanol e hidrógeno. El equipo Taq Balam, que representa a la Universidad del Valle de Guatemala, participó en la categoría prototipo en la subdivisión etanol.

El equipo Taq Balam, tuvo su primera participación el año 2013, participando en la misma categoría (prototipo-etanol). Ese año el motor utilizado en el vehículo fue un Honda GX31, utilizando un kit de inyección SE-EFI Kit, Ecotrons v.2.7.4. El rendimiento del equipo Knights, de Estados Unidos, quienes quedaron en primer lugar en la categoría, fue de 2452.601 Km/gal.

En el 2013, se tuvieron problemas con el vehículo, por lo que no se logró pasar la inspección técnica, ni salir a la pista. Por lo que el principal reto para este año era pasar la inspección técnica, para poder realizar recorridos en la pista.

Figura 23. Vehículo 2013



## V. METODOLOGÍA

### A. CHASIS

#### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

##### a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- La distancia entre llantas debe ser como mínimo 50 cm; medida desde los puntos medios en los que las llantas están en contacto con la pista.
- La distancia entre llantas delanteras y traseras debe ser como mínimo de 100 cm.
- El chasis debe contar con una barra antivuelco que sobresalga 5 cm al lado de los hombros y arriba del casco del piloto y que soporte 700 N en cualquier dirección.
- El chasis debe permitir una visibilidad de 180° a 60 cm sobre el suelo.
- El chasis debe permitir la sujeción de un cinturón de seguridad de 5 puntos. Dos que se ubiquen a 10° debajo de los hombros, uno que se ubique bajo la línea del pecho, y dos que se ubiquen a los lados del estómago.

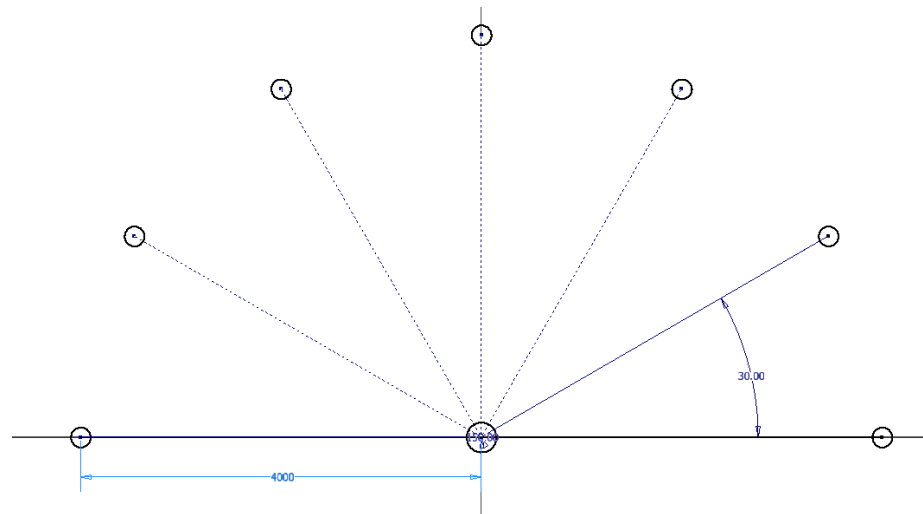
##### b. De diseño:

- El chasis debe soportar 110 kg con un factor de seguridad mayor a 2.
- El chasis debe proveer soporte al sistema de dirección y frenos.
- El chasis debe contar con barras laterales que protejan al piloto en caso de un choque.
- El chasis debe permitir la sujeción de la carrocería, batería, sistema electrónico, sistema de inyección, sistema de presurización y extintor
- El chasis debe proveer un soporte para el asiento del conductor
- El chasis debe permitir la sujeción de los pedales del acelerador y del embrague

2. DISEÑO Y MANUFACTURA. El primer paso para diseñar el chasis fue simular la posición del piloto que permitiera una visibilidad y un soporte adecuado. La posición debe ser lo más horizontal posible para reducir así el área transversal del vehículo y la visibilidad debe ser a 180° y 60 cm de alto.

Para determinar la visibilidad se utilizan postes anaranjados que están ubicados en un radio de 4 m cada 30° y están identificados con un número y una letra, el número indica los 60 cm. La cabeza del piloto se sitúa en el centro de éste círculo.

Figura 24. Diagrama de colocación de postes para verificación de visibilidad



Para medir la visibilidad es obligatorio que la cabeza del piloto esté siempre dentro de la carrocería y a una altura mínima de 5 cm bajo la barra antivuelco.

Figura 25. Prueba de visibilidad durante la competencia.



Ya que el reglamento requiere que se cuente con dos pilotos, se diseñó el chasis tomando en cuenta a ambos pilotos. Para esto durante las primeras semanas se realizaron mediciones para bosquejar los ángulos y alturas a las que aún podían ver y las distancias entre la barra antivuelco y los pedales.

Para poder simular de mejor manera la posición de manejo se utilizó el timón del vehículo usado en 2013 y se colocaron las piernas sobre un soporte de una mesa que simulara el sistema de dirección. Esto también permitió saber el ancho que debía tener el chasis y cómo podía variar desde la cadera; que es la parte más ancha, hasta los pies y así permitir un ancho menor total del vehículo. Además se utilizó un casco, ya

que durante la competencia el uso del mismo es obligatorio y éste modifica la posición del piloto debido a su grosor.

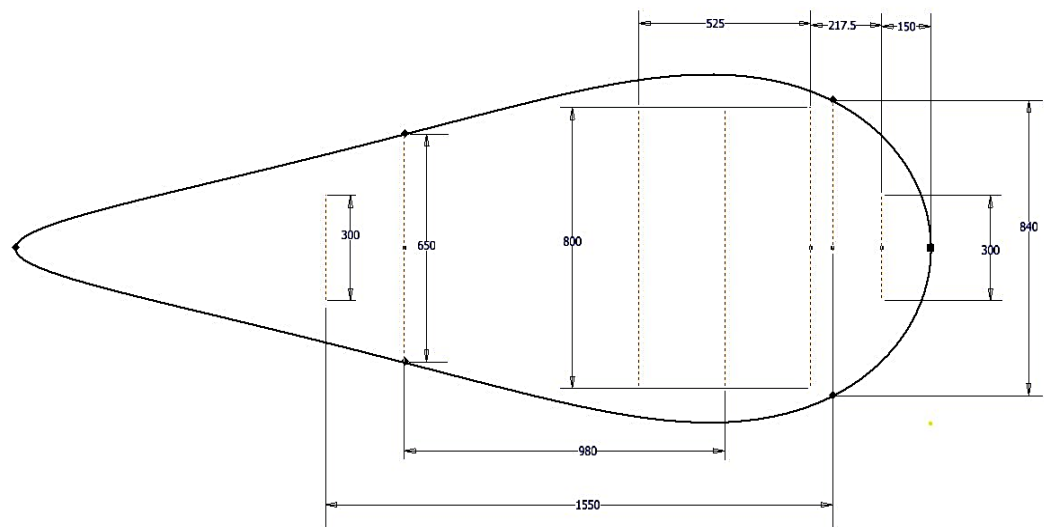
Para restringir la visibilidad como lo haría la carrocería se utilizó una placa de duroport y se midió así el intervalo en el cual aún se obtiene un resultado tanto para comodidad como para la visibilidad (Figura 26). En este caso solamente se verificó la visibilidad hacia enfrente del vehículo, manteniendo la misma altura para las ventanas laterales. El procedimiento que se siguió consistió en recostar al piloto en la posición más horizontal que permitiera observar hacia delante sin forzar el cuello.

Figura 26. Medición de visibilidad con restricción de simulación de carrocería



El siguiente paso fue diagramar las dimensiones de los demás componentes mecánicos, basándose principalmente en las distancias requeridas por el sistema de dirección.

Figura 27. Vista en planta de las distancias en milímetros



Para no retrasar el desarrollo del chasis se empezó a trabajar en el desarrollo de un prototipo, por lo que se visitó al jefe de mecánicos de un equipo de go karts. De esta manera se recolectó información respecto al chasis como también a los demás componentes.

Durante la visita al taller de go karts se consultó sobre los métodos de manufactura, materiales y aspectos claves de un chasis de este tipo. Cabe resaltar que estos chasis permiten ajustes rápidos con respecto a la dirección y posición del motor, lo que los hace muy versátiles y fáciles de desarmar.

En la Figura 28 se ve como el chasis de un go kart funciona como parte íntegra de los otros sistemas usando la menor cantidad de partes posibles. Idea que se utilizó a la hora de integrar todos los sistemas. El material utilizado en estas estructuras es el aluminio tratado térmicamente, T6-6063.

Figura 28. Modelo CAD de un chasis de go kart

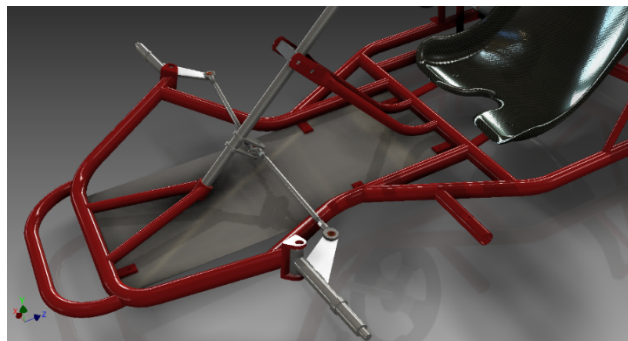
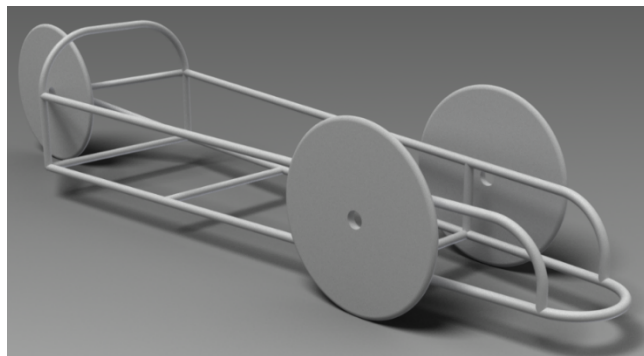


Figura 29. Modelo CAD del primer prototipo



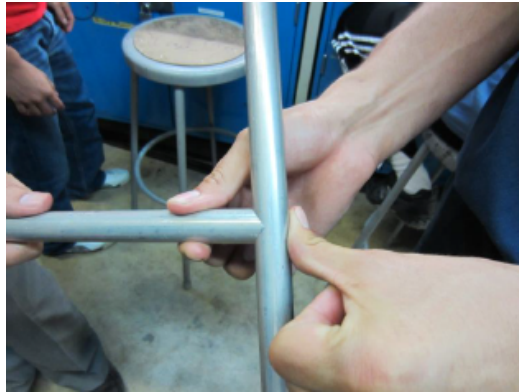
Para reducir costos y para poder asegurar las posiciones del chasis final se diseñó el prototipo utilizando Autodesk Inventor Professional 2014. El prototipo se construyó con tubería de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de acero negro debido al bajo precio de este material (Figura 29). Este chasis constaba de pocas partes, sin embargo la dificultad recae en los dobleces, ya que en Guatemala no existen dobladoras de tubería de  $\frac{1}{4}$ , sino solamente de  $\frac{1}{2}$  pulgada o más. La dificultad que se tuvo es que los biseseles se realizaron con lima entonces no quedaban a la perfección y por esta razón no se logra un ajuste adecuado.

El equipo Panther Rage G2 de la Universidad Internacional de Florida en 2012 realizó su chasis utilizando tubería redonda y soldadura TIG, en este caso el uso de fresas dedicadas especialmente para realizar esos biseseles asegura un ajuste con mayor precisión (Figuras 30 y 31).

Figura 30. Proceso de fresado del equipo Panther Rage G2

(Espina *et. al.*, 2012)

Figura 31. Ajuste a través de fresado por el equipo Panther Rage G2

(Espina *et. al.*, 2012)

Tras haber terminado el primer chasis con tubería redonda fue notoria la complejidad y costo- que este método de manufactura conllevaría. Este tipo de chasis no permite un ajuste sencillo para la dirección, ya que todo el sistema de dirección depende de que el soporte quede perpendicular al suelo del carro. Gartner (1999) resalta que uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta en la fabricación de un chasis es que se diseñe en base al sistema de dirección y no que el sistema de dirección se tenga que adaptar al chasis. Esto es de vital importancia en el vehículo, ya que el radio de giro es básicamente una relación de distancias y una distancia entre ejes errónea impediría al vehículo girar adecuadamente. Otro aspecto a considerar es la distancia recorrida por la llanta al girar, hacer que el chasis en la punta sea más delgado permite un área transversal menor, porque la llanta tiene un fácil movimiento en la parte delantera del chasis. Así que solamente se debe tomar en cuenta el punto en el que podría tocar la llanta que esté más cercano al piloto.

Otra razón para descartar este diseño fue que en nuestro país no existe tubería de aluminio de  $\frac{1}{4}$ , si no que solamente de 1 pulgada, lo que hacía al vehículo muy pesado. Esta fue la razón por la cual se optó por utilizar tubería cuadrada y de nuevo para no tener que realizar modificaciones al chasis final se fabricó un prototipo a escala real con tubería cuadrada de hierro negro de 1 pulgada.

Hema (sin fecha) resalta en su trabajo sobre diseño de chasis que utilizar secciones cuadradas tiene ventajas sobre utilizar secciones tipo canal o secciones tubulares, ya que combina las ventajas de la resistencia a la flexión y la torsión.

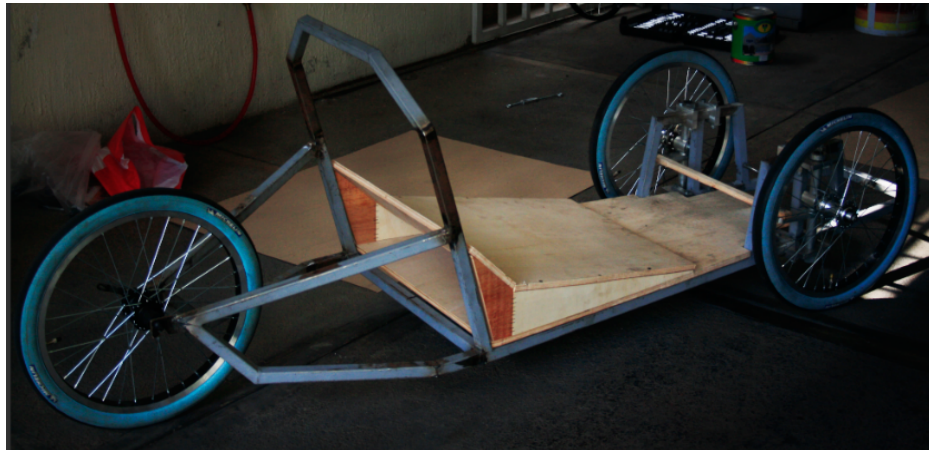
Para fabricar este chasis se contó con el patrocinio de Industrias Mycenter, S.A. dónde se trabajó conjuntamente con los operarios y se logró tener un chasis funcional. En este caso los cortes y ajustes de ángulos se realizaron a mano y para lograr los ajustes correctos entre las piezas se dibujaron plantillas para poder asegurar la posición correcta de las mismas y asegurar su simetría, que tanto afecta en la alineación del vehículo.

Figura 32. Prototipo fabricado con tubería cuadrada de hierro negro



Este chasis sirvió para revisar si los demás sistemas se ajustaban adecuadamente al chasis o si había que hacer algún cambio para proveer el soporte adecuado para los mismos. Además permitió verificar que la posición del piloto fuera la adecuada y que la barra antivuelco quedara 5 cm sobre el casco. Para esto se fabricó un sillón de madera que permitiera sostener al piloto mientras se realizaban las mediciones para fabricar el sillón.

Figura 33. Chasis con sillón de madera y dirección montada

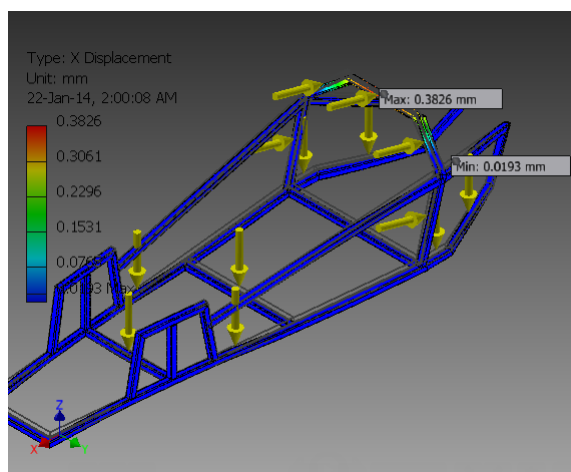


De esta manera se pudo medir si efectivamente la barra antivuelco quedaba a 5 cm sobre el casco del piloto y a 5 cm de sus hombros.

Tras haber revisado todas las dimensiones se hicieron los ajustes al modelo CAD, en el cual se implementaron cambios como el sillón, barras laterales y refuerzos a la horquilla trasera. Las barras laterales y los refuerzos en la horquilla trasera ayudan a triangular la estructura y lograr que las fuerzas se distribuyan como en una armadura, reduciendo la flexión y trabajando con los elementos solamente en tensión o compresión (Bedford y Fowler, 2008).

Durante la fase de diseño las simulaciones se realizaron en Autodesk Inventor Professional 2014 debido a que conforme se va diseñando se puede ir probando el modelo. En la siguiente figura se observa cómo se analizó la deflexión tras aplicar la carga de 700 N normada en la competencia.

Figura 34. Simulación realizada en Autodesk Inventor Professional 2014



Sin embargo para poder asegurar que el chasis es capaz de soportar las cargas a las que sería sometido en la realidad se realizaron simulaciones en Autodesk Simulation Mechanical 2015. Esto debido a

que Autodesk Inventor Professional 2014 no permite determinar tamaños de mallado, tipos de elemento y los tipos de soportes disponibles no son variados. El programa no es capaz de identificar los tubos como elementos sólidos, sino que a causa de su espesor tan delgado, los confunde con una lámina; sin embargo no es consistente en su detección por lo que se deben generar superficies medias de un espesor indicado por el usuario. Además de esto si las uniones entre los tubos tienen holgura o algún desfase, el programa no detecta los contactos y el usuario debe determinar el tipo de contacto entre ellas.

Por estas razones se decidió validar el modelo con Autodesk Simulation Mechanical 2015, este es el software especializado de Autodesk para este tipo de proyectos.

Aunque se deseaba realizar la simulación con el modelo lo más apegado a la realidad, el proceso de mallado no lo permitía. Al principio se colocó una lámina de 1 mm que fuera el piso del vehículo para así poder distribuir la carga ejercida por el peso de la persona de manera uniforme, ya que el software no permite aplicar cargas distribuidas. Para esto la lámina se configuró como elemento rígido con lo cual todas las deformaciones y esfuerzos se trasladan a las partes del chasis, sin embargo el software detectaba la malla como un elemento que no estaba cerrado. El error mostrado por el software se cataloga como un elemento que no es “watertight”. Si la malla se rompe en una parte de la pieza es como si el agua pudiera pasara a través de ella y con esto la fuerza no se puede aplicar. Por esta razón se tuvo que eliminar el piso y aplicar la carga en varios elementos del chasis directamente. Este procedimiento causa que la carga no se aplique en ellos de manera real.

Otro aspecto que aleja al modelo de la realidad es que debido a las complicaciones con el proceso de mallado no se pudieron agregar los cordones de soldadura, causando esto concentraciones de esfuerzos en las uniones. Las cargas aplicadas al modelo se resumen en el siguiente cuadro:

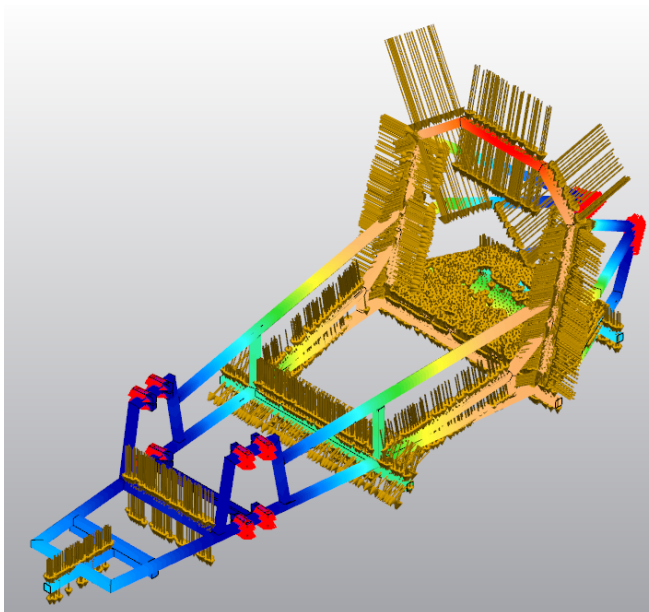
Cuadro 2. Cargas aplicadas al modelo

	<b>Carga aplicada (N)</b>
<b>Motor y sistema de transmisión</b>	170
<b>Piloto</b>	5000
<b>Carrocería</b>	220
<b>Carga reglamentaria rollbar</b>	700

Se utilizaron dos tipos de soportes para fijar el chasis. En las abrazaderas del sistema de dirección se usaron soportes fijos, estos no permiten rotación ni traslación alguna. Y en la parte de atrás se usaron soportes que solamente impidan la traslación, simulando así la rotación del eje de las llantas. Un problema que se tuvo fue que al utilizar el modelo con las placas que soportan las llantas en la parte trasera, se generaba una simulación estáticamente indeterminada.

Se trató de utilizar una selección por nodos para que tanto el chasis como las placas funcionaran como soportes, no obstante la simulación no se completó. Fue por eso que como se ve en la figura siguiente se tuvieron que suprimir las placas de aluminio y sostener al chasis desde sus propios nodos. Esto causa una diferencia en el modelo contra la realidad, ya que lo que muestra más concentración de esfuerzos son las placas de aluminio y no la parte del chasis donde van soldadas.

Figura 35. Modelo con cargas y soportes aplicados



Debido a que el tipo exacto de tubería utilizada para el chasis no estaba disponible en la librería de Autodesk Inventor Professional 2014 se usó la más parecida por lo que se realizaron correcciones en el esfuerzo permisible del material basándose en las relaciones de los módulos de sección. Para los cálculos los perfiles fueron considerados como tubos cuadrados y se despreciaron los biseles que posee este tipo de tubería. El siguiente cuadro muestra la comparación entre el tubo utilizado para la simulación y el tubo real.

Cuadro 3. Comparación del módulo de sección y área transversal

	<b>Tubo simulación</b>	<b>Tubo real</b>
<b>Ancho (mm)</b>	25	26.4
<b>Espesor (mm)</b>	1.2	2.1
<b>Ancho interno</b>	22.6	22.2
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	114.2	11.6
<b>Módulo de sección (mm<sup>4</sup>)</b>	865.0	1533.2
<b>Relación entre módulos de sección</b>		1.77
<b>Esfuerzo permisible (MPa)</b>	207	370

Tras llevar a cabo la simulación que comprobó que el aluminio T6 6063, con un factor de seguridad de 9, soportaba los esfuerzos para el diseño propuesto; por lo que se usaron perfiles cuadrados de aluminio de una 1 pulgada y espesor de 1/64 de pulgada.

Se optó por fabricar el chasis en Industrias Mycenter, porque ya contaban con la experiencia y se había obtenido resultados bastante favorables en el chasis de hierro. Debido a la pared tan delgada de este tubo se utilizó el fresado para lograr el calce necesario y así obtener una soldadura resistente.

Después de fresar los tubos se tuvo que pulir cada punto de aplicación de la soldadura para remover la capa de laca y el óxido de aluminio. Luego se dibujaron las plantillas en una mesa de trabajo especial con un rayador y se procedió a colocar puntos de soldadura. Tras verificar que los ángulos eran los correctos se soldaron los cordones en las cuatro caras de cada tubo para asegurar la resistencia del chasis.

Luego se soldaron los soportes para los pedales, mordaza de freno y carrocería. Para reducir la cantidad de piezas y el peso se utilizó el soporte de la rueda trasera para sujetar la mordaza de freno es el mismo soporte donde se coloca la rueda trasera. Además se soldaron platinas en las posiciones donde se iban a perforar los agujeros para los cinturones de seguridad y así evitar que el tubo se dañara por tener una pared tan delgada.

Figura 36. Chasis con soportes para otros sistemas soldados



Como último paso se colocó el piso del vehículo fabricado con lámina galvanizada remachando la lámina en pocos lugares para evitar el exceso de agujeros en la estructura. Sobre la lámina se instaló una silla para bebé, que está certificada en caso de choques laterales y contribuye a restringir el movimiento del piloto.

En la parte trasera del sillón se colocó una plancha de fibra de vidrio con aluminio utilizada comúnmente en sistema de refrigeración y aire acondicionado debido a baja inflamabilidad y conductividad térmica. Esta plancha de fibra de vidrio fue sujeta con otra placa de lámina galvanizada para asegurar aún más la resistencia a las llamas.

Figura 37. Chasis con sillón y mamparo instalados



## B. CARROCERÍA

### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

#### a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- La carrocería debe permitir la visibilidad del piloto hacia adelante y a  $90^\circ$  de cada lado del eje longitudinal del vehículo sin la ayuda de ningún dispositivo óptico ni electrónico; estando siempre el casco del piloto 5 cm debajo de la barra antivuelco.
- La carrocería debe permitir la visibilidad cada  $30^\circ$  en un medio círculo de 4 m de radio.
- La carrocería debe permitir la salida del piloto sin asistencia en cualquier momento en menos de 10 s.
- El acceso a la cabina del piloto debe ser suficientemente amplia como para permitir fácilmente la extracción del piloto en caso de emergencia.
- El mecanismo de apertura de la persiana de acceso debe ser de fácil operación tanto por dentro como por fuera de la cabina.
- La carrocería debe diseñarse de tal manera que la altura máxima del vehículo no exceda los 100 cm de alto, 350 cm de largo y que el ancho de no sea menor a 50 cm ni mayor a 130 cm.
- Conservar una relación entre la altura máxima medida desde el piso y el ancho de vía menor a 1.25 en el diseño del chasis.
- La cabina debe de estar separada del compartimento del motor por un material rígido y no inflamable.
- Las ventanas deben ser de un material que no se quiebre en partes cortantes.
- La carrocería no puede contar con elementos cuyas aristas formen radios menores a 5 cm.

b. De diseño:

- La carrocería debe poseer una forma aerodinámica que reduzca el arrastre y la sustentación.
- La carrocería debe permitir la ventilación del piloto.
- Las ventanas deben de estar sujetas firmemente a la carrocería, evitando que el viento las abra durante la competencia.
- La carrocería debe permitir la sujeción de los retrovisores.
- La carrocería debe permitir el acceso al área del motor.

2. DISEÑO Y MANUFACTURA. Según lo analizado en el marco teórico se procedió a bocetar los perfiles guía. Al igual que en el caso del chasis fue importante diagramar todas las dimensiones de los demás sistemas involucrados para que nada interfiriera entre sí. Con los perfiles ya dibujados se generó un sólido base en Autodesk Inventor Professional 2014. En la siguiente figura se puede observar cómo se dibujaron las llantas para dar las dimensiones iniciales a la carrocería.

Figura 38. Boceto inicial para carrocería vista en planta (milímetros)

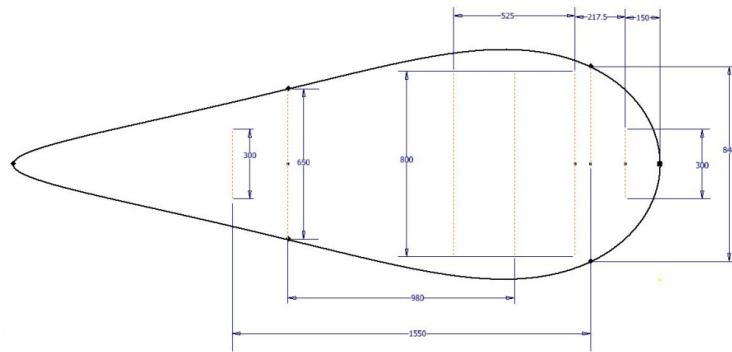


Figura 39. Boceto inicial para carrocería vista lateral (milímetros)

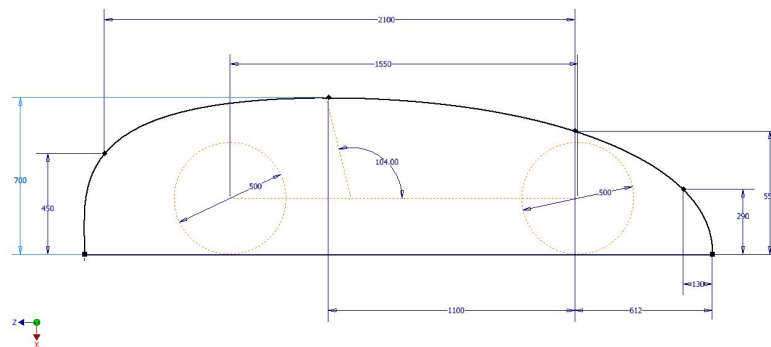
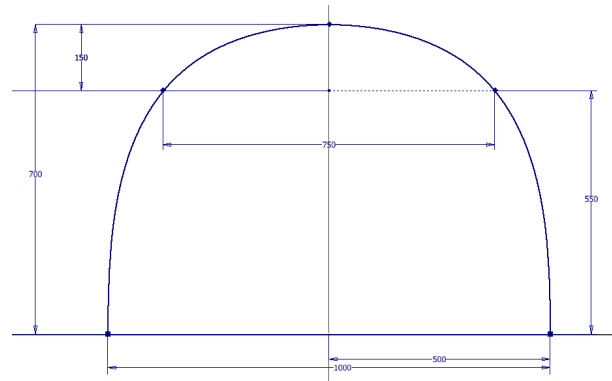


Figura 40. Boceto inicial para carrocería vista en elevación (milímetros)



Después de haber generado el modelo se realizaron las simulaciones en el programa Autodesk Flow Design, que permite encontrar el coeficiente de arrastre y la fuerza de arrastre. El único parámetro a configurar en este software es la velocidad del aire que se estimó de 10 m/s equivalente a 36 km/h, velocidad máxima que podría alcanzar el vehículo durante la competencia.

Las simulaciones también se realizaron en Autodesk Simulation CFD 2014. La diferencia entre ambos programas es que el tamaño del túnel en Flow Design se configura automáticamente. En el caso de Simulation CFD 2014 el usuario genera un túnel del tamaño que se desee. En este caso se escogió un túnel de 20 m x 20 m x 20 m. Simulation CFD es mucho más preciso, ya que el proceso de mallado es configurable. Por lo que para el análisis más completo es más funcional.

Simulation CFD 2014 no calcula directamente el coeficiente de arrastre, sino que solamente muestra los valores de la fuerza de arrastre y sustentación. Por esta razón hay que calcularlo por medio de la siguiente ecuación.

Coeficiente de arrastre

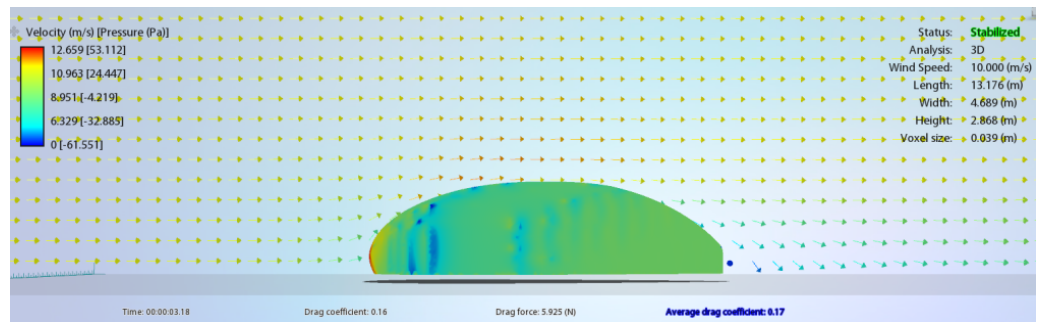
$$c_d = \frac{2 * F_d}{A * \rho * v^2}$$

Los valores que se utilizaron para calcular el coeficiente de arrastre se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Parámetros utilizados para cálculo de coeficiente de arrastre

Parámetros utilizados	
Área transversal	0.598 m <sup>2</sup>
Velocidad	10 m/s
Densidad	1.2 kg/m <sup>3</sup>

Figura 41. Simulación de túnel de viento para encontrar forma adecuada



Ya habiendo realizado varias simulaciones se decidió por el diseño con el coeficiente de arrastre menor y así se procedió con la elaboración de plantillas de plywood en escala real. La carrocería se seccionó cada 20 cm. Estas secciones se fijaron a una base, se llenaron de espuma de poliuretano, luego se cortaron y lijaron los excesos para llegar a la forma delimitada por las secciones de madera.

Figura 42. Manufactura del molde



Figura 43. Molde para carrocería terminado



Al haber terminado de aplicar la fibra de vidrio con la resina se marcó el área donde se realizarían los cortes.

Figura 44. Carrocería con marcas para cortes de ventanas



Para asegurar la visibilidad de la piloto se realizaron algunos cortes previamente, luego se le revistió con más prendas de vestir para protegerla de la fibra de vidrio y ya dentro ella puedo indicar dónde podía y no podía ver.

El siguiente paso fue aplicarle una capa delgada de masilla, ya que como no se hizo un contramolde el acabado era muy rugoso y por último se pintó con pintura acrílica.

Las ventanas se fabricaron de acrílico transparente, ya que en Guatemala no existe un stock variado de productos plásticos especializados. Este material es muy frágil y varias ventanas se quebraron, por lo que se tuvo que comprar policarbonato en los Estados Unidos.

Este material se puede doblar totalmente sin quebrarse, por lo que permite que la ventana de acceso delantera gire sobre un eje que está sobre la cabeza del piloto sin quebrarse al moverla y así se obtiene una fácil salida del piloto cumpliendo los requerimientos de la competencia. La ventana principal es asegurada con velcro industrial a la carrocería para facilitar su apertura. En la siguiente figura se observa el resultado final.

Figura 45. Carrocería con ventanas y calcomanías



## C. DIRECCIÓN

### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

#### a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- El vehículo debe tener entre tres y cuatro ruedas en contacto con el suelo en todo momento.
- Se debe tener una velocidad promedio de 30 km/h.
- El piloto debe ser capaz de salir del vehículo en 10 s o menos.
- Las llantas que estén localizadas dentro de la carrocería deben estar aisladas del piloto.
- La altura máxima medida desde la parte superior del compartimiento del piloto sea menos que 1.25 veces la distancia entre llantas delanteras.
- La distancia entre llantas debe ser mínimo 500 mm, medido desde los puntos medios en los que las llantas están en contacto con la carretera.
- La distancia entre llantas delanteras y traseras debe ser mínimo 1 m.
- El ancho total del vehículo no debe exceder 1.3 m.
- El largo total del vehículo debe ser menor a 3.50 m.
- Todos los tipos de neumáticos son permitidos.
- Cualquier tipo de aro para la llanta puede ser utilizado, sin embargo este debe ser adecuado para la llanta seleccionada por cuestiones de seguridad.
- Los ejes de las masas o chumaceras para llantas de bicicletas deben ser modificados ya que los que vienen comercialmente no están diseñados para tener un solo punto de apoyo.
- Se permite que el sistema de dirección se encuentre tanto en las llantas delanteras como en las traseras.
- El radio de giro establecido es de 8 m.

#### b. De diseño:

- Se debe utilizar materiales con bajo peso.
- Los neumáticos deben estar localizados dentro de la carrocería para contribuir con la aerodinámica.
- Los neumáticos deben tener baja resistencia al rodaje.

2. DISEÑO, ANÁLISIS Y CÁLCULOS. Una vez entendidos los requisitos y reglamentos importantes para el módulo de dirección se procede a investigar la forma de funcionamiento de un mecanismo de giro. Para empezar a analizar el diseño se debe comprender primero el Principio Ackerman, el cual se explica en la sección de marco teórico.

a. Selección de neumáticos. La selección de llantas era una tarea crítica en este proyecto, debido a que se buscaba ser lo más eficientes posible, fue necesario escoger los neumáticos que presentaran la menor resistencia al rodaje, y que fueran de un tamaño adecuado para ser cubiertos por la carrocería para contribuir a los requerimientos de aerodinámica.

Se analizaron dos tipos de llantas para bicicleta, las primeras eran las Kenda Kontender 700 23c, que son llantas de ruta que se encuentran en el mercado local. Las siguientes eran las Michellin 44 406, especialmente diseñadas para esta competencia. Para la selección apropiada de las llantas se realizaron los cálculos del ancho que tendría el vehículo con cada uno de estas llantas. A continuación se muestra un ejemplo del cálculo realizado para las llantas Michelin 44 406, si desea ver el cálculo de ambas llantas puede ir a los anexos 2 y 3.

Se sabe que:

$$\begin{array}{ll} R_1=8 \text{ m} & \text{Radio de giro} \\ l=1.55 \text{ m} & \text{Distancia entre centros de llantas delanteras con trasera} \\ r=250 \text{ mm} & \text{Radio de neumáticos} \end{array}$$

y asumiendo un valor de:

$$w=600 \text{ mm} \quad \text{Distancia entre llantas delanteras}$$

Se obtiene un valor de ángulos Ackerman de:

$$\delta_i = \text{atan} \frac{l}{R_1 - \frac{w}{2}} = 11.38^\circ \quad \delta_o = \text{atan} \frac{l}{R_1 + \frac{w}{2}} = 10.57^\circ$$

Ahora, para obtener la distancia que barren las llantas se utiliza el ángulo mayor, y se agrega un factor de seguridad de 1.2.

$$d = 1.2 * r * \text{asin}(\delta_i) = 59.2 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el ancho total del vehículo viene dado por:

$$A = 2 * d + w = 0.718 \text{ m}$$

Una vez obtenido el ancho que el vehículo tendría con cada llanta se buscaron aspectos técnicos de los neumáticos descritos anteriormente. Con los datos se realizó una tabla de decisión tomando en cuenta aspectos relevantes. En la siguiente tabla se le aplica un nivel de importancia del 1 al 8 a cada aspecto, siendo

8 lo más importante y 1 lo menos importante. Luego, se explica la característica que cada llanta tiene en ese aspecto y se le aplica una calificación de 1 (excelente), 0 (bueno) o -1 (malo). Se multiplica la importancia con la calificación y se pasa a la columna de total, donde luego se suman los puntos para decidir que llanta será la escogida.

Cuadro 5. Comparación Michelin 44 406 contra Kenda Kontender 700 23c

Apecto	Importancia	Kenda Kontender 700 23c			Michelin 44 406		
		Características	Nivel	Total	Características	Nivel	Total
<b>Precio (\$)</b>	<b>5</b>	29	1	5	79	-1	-5
<b>Masa (g)</b>	<b>4</b>	230	0	0	150	1	4
<b>Presión (psi)</b>	<b>1</b>	110	1	1	50	0	0
<b>Díámetro (mm)</b>	<b>3</b>	665	-1	-3	500	1	3
<b>Ancho del vehículo (m)</b>	<b>8</b>	0.76	-1	-8	0.72	1	8
<b>Ancho de llanta (mm)</b>	<b>2</b>	23	1	2	34	-1	-2
<b>Habilidad de giro</b>	<b>6</b>	4	0	0	5	1	6
<b>Total</b>	—	—	—	-3	—	—	14

Como se puede observar en el cuadro anterior, ambas llantas cumplen con el requerimiento de mantener el ancho del vehículo en menos de 1.3 m. Sin embargo, al considerar la masa, que es de gran importancia para tener el carro eficiente, la opción obvia era tomar los neumáticos Michelin 44 406.

Cuadro 6. Dimensiones de la llanta Michelin 44 406

Llanta	Espesor de la llanta (mm)	Díámetro (mm)
<b>44 – 406</b>	34	500

Para obtener las dimensiones óptimas de ancho del vehículo se trabajó junto con el módulo de chasis. Se realizó un análisis del ancho del chasis y la carrocería que tendría el carro iterando la distancia entre llantas delanteras. Se configuró un ancho variable de las llantas traseras ( $w$ ) de 0.5 m a 0.6 m, variando en intervalos de 0.02 m y tomando en cuenta un factor de seguridad de 1.2. Recordando que:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 8 \text{ m} && \text{Radio de giro} \\
 l &= 1.55 \text{ m} && \text{Distancia entre centros de llantas delanteras con trasera} \\
 r &= 250 \text{ mm} && \text{Radio de neumáticos}
 \end{aligned}$$

Se calculan las siguientes funciones que dependen de  $w$ :

$$\delta_i(w) = \text{atan} \frac{l}{R_1 - \frac{w}{2}} \quad \text{Ángulo de giro mayor de la llanta}$$

$$b(w) = 1.2 * r * \sin(\delta_i(w)) \quad \text{Distancia mayor que barre la llanta}$$

$$a_{chasis} = w - b(w) \quad \text{Ancho del chasis}$$

$$a_{carrocería} = 2b(w) + w \quad \text{Ancho de la carrocería}$$

Cuadro 7. Variación de ancho de chasis y carrocería.

<b>Distancia entre llantas delanteras (mm)</b>	<b>Ancho del chasis (m)</b>	<b>Ancho de la carrocería (m)</b>
<b>500</b>	0.441	0.618
<b>520</b>	0.461	0.638
<b>540</b>	0.481	0.658
<b>560</b>	0.500	0.678
<b>580</b>	0.520	0.698
<b>600</b>	0.541	0.718

Para garantizar que la carrocería tuviera la forma de gota de agua y que el chasis tuviera espacio suficiente para las piernas del conductor se escogió concluyó que la distancia apropiada entre llantas ( $w$ ) fuera de 0.6 m.

A continuación, se presenta un cuadro comparando los resultados de los cálculos obtenidos contra los requisitos que solicita la competencia.

Cuadro 8. Comparación de dimensiones según cálculos y reglamento

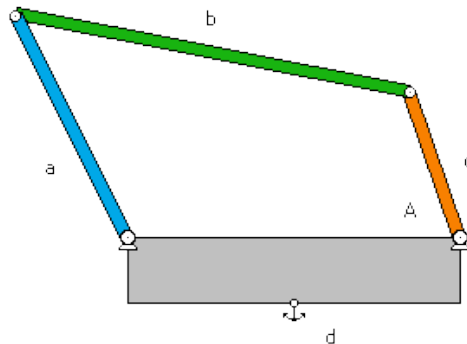
<b>Descripción</b>	<b>Dimensión calculada</b>	<b>Requisito de la competencia</b>
<b>Ángulo de giro mayor de la llanta</b>	11.38°	---
<b>Ancho del vehículo</b>	0.718 m	Menor a 1.3 m
<b>Altura del vehículo</b>	0.750 m	Menor a 1 m
<b>Largo del vehículo</b>	1.55 m	Menor a 3.5 m

Por lo tanto, el vehículo con las dimensiones propuestas si cumple con los requerimientos de la competencia, una vez contemplado lo anterior se procedió a diseñar el mecanismo de giro.

b. **Mecanismo de giro.** Para empezar a analizar un mecanismo de seis barras se debe tener primero el concepto sobre un mecanismo de cuatro barras. Éste consiste de cuatro eslabones y cuatro nodos; en donde el primer eslabón indica la bancada cuya función es mantener el mecanismo fijo; el segundo la manivela o impulsor que es en donde entra la fuerza que moverá el mecanismo; el tercero el acoplador que se encarga de transmitir el movimiento de la manivela hacia la salida del mecanismo; y el cuarto es el de salida o balancín que genera el movimiento de salida deseado. Por lo tanto un mecanismo de seis barras consiste sencillamente en dos mecanismos de cuatro barras en serie, en los cuales ambos comparten la bancada (Norton, 2009). En la siguiente imagen se muestra un mecanismo de cuatro barras en la que la

bancada se representa por el eslabón d, la manivela por el eslabón c, el acoplador por el eslabón b y el balancín por el eslabón a.

Figura 46. Mecanismo de cuatro barras (Unioviado)



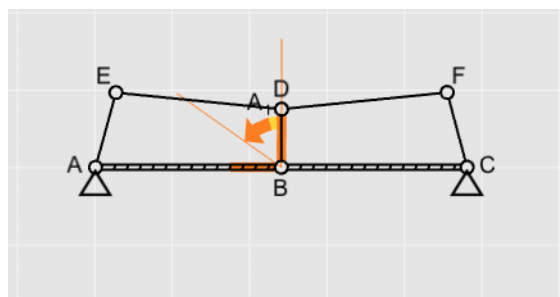
Se utilizó una síntesis gráfica de un mecanismo de cuatro barras para obtener los largos de los eslabones. Al saber que el ángulo de salida que se esperaba es  $11.38^\circ$ , y asumiendo una longitud de balancín de 100 mm una longitud de bancada de 240 mm se obtuvo los resultados que se muestran en el siguiente cuadro. Se debe recordar que la bancada de un mecanismo de seis barras es el doble que el de uno de cuatro barras.

Cuadro 9. Dimensiones de eslabones del mecanismo de dirección

Eslabones	Cantidad	Longitud (mm)
<b>Bancada</b>	1	480
<b>Manivela</b>	1	75
<b>Acoplador</b>	2	215
<b>Balancín</b>	2	100

Una vez obtenidas estas longitudes se diseñó el mecanismo de 6 barras en Autodesk Force Effect Motion, en dos dimensiones visto de planta, para garantizar que no hubiera agarrotamiento.

Figura 47. Mecanismo de 6 barras

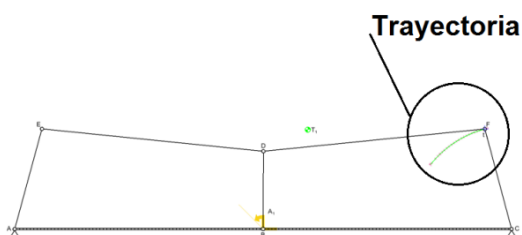


En donde, el eslabón AC es la bancada, el eslabón BD es la manivela, los eslabones ED y DF son los acopladores y los eslabones AE y FC son los balancines. El programa permite realizar la simulación

agregando rotación a uno de los elementos, esto se le aplicó a la manivela y se concluyó que el mecanismo funciona adecuadamente.

Una vez realizado lo anterior, se procedió a analizar el punto F para graficar su posición, velocidad y aceleración según varía el ángulo de la manivela desde 0 a 45 ° respecto a la vertical. La trayectoria trazada se muestra en la siguiente figura y representa el recorrido que tendría el balancín en ese nodo si el carro girara hacia el lado izquierdo.

Figura 48. Trayectoria del punto F



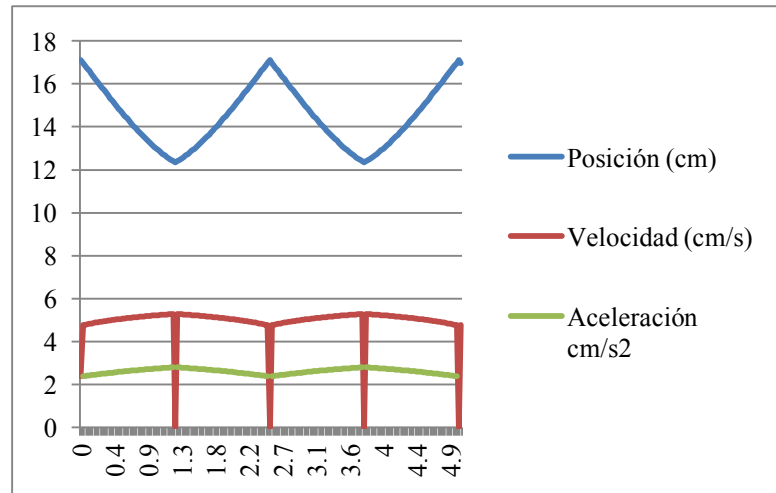
El programa Autodesk Force Effect Motion proporciona los resultados utilizando una velocidad angular en la manivela de 0.1 rps. En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos hasta 1 s.

Cuadro 10. Análisis de posición, velocidad y aceleración del punto F

<b>Tiempo</b>	<b>Posición</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Aceleración</b>
[s]	[cm]	[cm / s]	[cm / s <sup>2</sup> ]
<b>0.0</b>	17.100	2.379	0.000
<b>0.1</b>	16.844	4.789	2.401
<b>0.2</b>	16.335	4.864	2.450
<b>0.3</b>	15.956	4.915	2.486
<b>0.4</b>	15.458	4.977	2.533
<b>0.5</b>	14.972	5.032	2.577
<b>0.6</b>	14.619	5.071	2.608
<b>0.7</b>	14.166	5.117	2.648
<b>0.8</b>	13.842	5.148	2.676
<b>0.9</b>	13.438	5.187	2.710
<b>1.0</b>	13.068	5.221	2.742

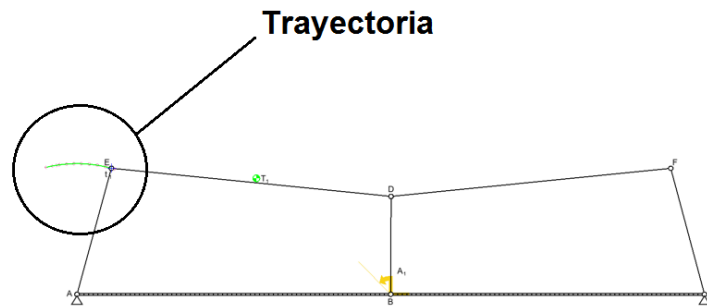
Habiendo obtenido los datos anteriores, se procedió a graficar los resultados. Para encontrar dos periodos se tomaron los datos hasta a 5 segundos. En la siguiente gráfica se muestran los valores de posición, velocidad y aceleración obtenidos para el punto F.

Figura 49. Análisis del punto F



Ahora, se procede a realizar el mismo procedimiento, pero para el punto E girando la manivela un ángulo de  $45^\circ$ , como si el vehículo fuera a cruzar hacia el lado izquierdo.

Figura 50. Trayectoria del punto E

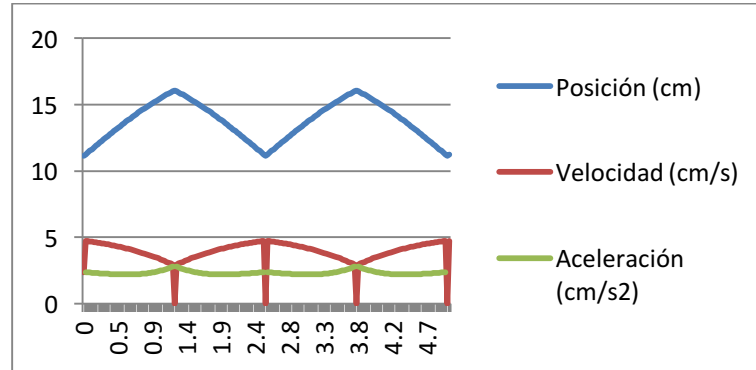


Cuadro 11. Análisis de posición, velocidad y aceleración del punto E

Tiempo (s)	Posición (cm)	Velocidad (cm/s)	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )
0.0	11.116	2.372	0.000
0.1	11.374	4.712	2.351
0.2	11.888	4.620	2.304
0.3	12.269	4.544	2.270
0.4	12.767	4.432	2.232
0.5	13.253	4.307	2.204
0.6	13.607	4.203	2.193
0.7	14.064	4.049	2.197
0.8	14.393	3.922	2.218
0.9	14.813	3.733	2.276
1.0	15.397	3.404	2.445

Nuevamente se realizó la gráfica con los resultados del punto E.

Figura 51. Análisis del punto E



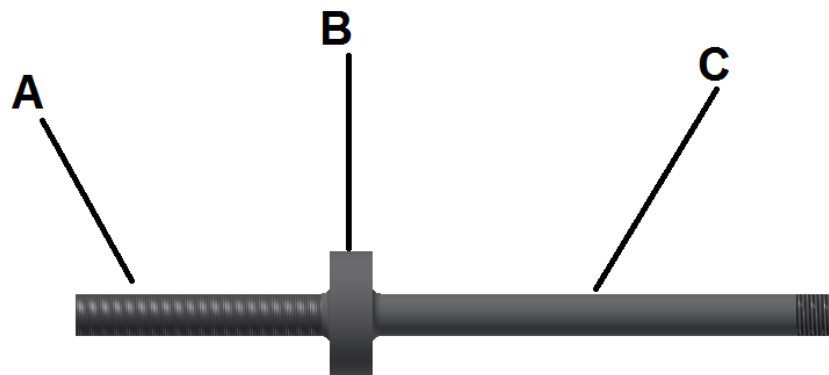
Después de evaluar los resultados anteriores se obtienen los valores más altos de aceleración. Estos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Valores máximos de aceleración:

Punto	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )
E	2.786
F	2.804

c. Eje de llantas delanteras y chumaceras. Los neumáticos seleccionados, Michelin 44 406, son similares a los de una bicicleta. Por lo tanto, los aros y las chumaceras fueron seleccionados como estándar para bicicleta. Sin embargo, las bicicletas cuentan con dos puntos de apoyo para el eje de la llanta, y el vehículo únicamente iba a proporcionar un punto de apoyo para mantener la menor cantidad de piezas posibles. A continuación se muestra un bosquejo del eje propuesto.

Figura 52. Bosquejo del eje para llantas



Cuadro 13. Descripción de partes del eje

Parte	Descripción	Longitud (mm)
A	Empotramiento	60
B	Tope para el cojinete	20
C	Eje donde irá la chumacera y la llanta	110

Partiendo de que el vehículo con el conductor tiene 1.37 kN, y que el vehículo tiene tres llantas, se estima que el valor de fuerza a la que cada llanta estará sometida será de 457N. Además, se tomó en consideración la fuerza que generaría la traslación del vehículo. Para esto, se tomó en cuenta que el carro acelera de 0 km/h a 40 km/h en 10 s, lo cual genera una fuerza de traslación de aproximadamente 50 N. En las siguientes figuras se muestran el plano del eje y luego el diagrama de cuerpo libre del mismo:

Figura 53. Plano del eje de llantas delanteras

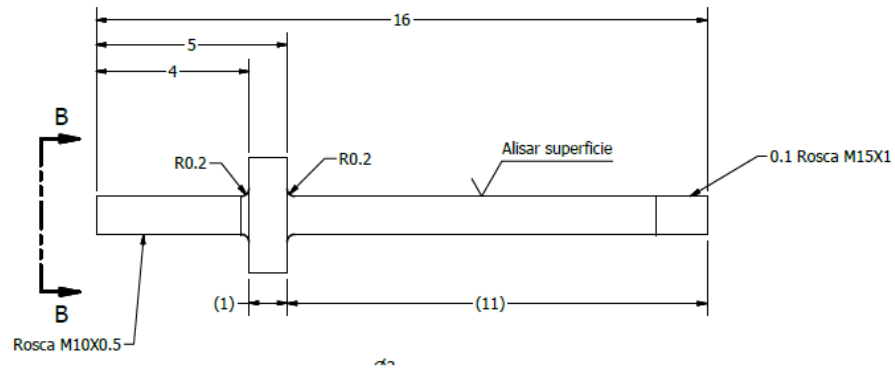
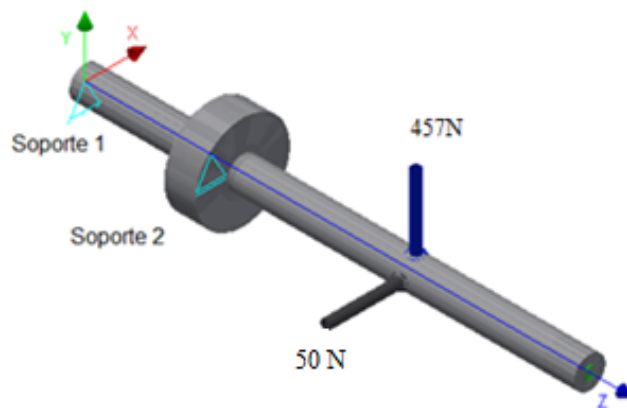


Figura 54. Diagrama de cuerpo libre del eje de las llantas delanteras en isométrico



Como se observa en la figura anterior, los soportes se consideran al inicio de la sección A y al final de ésta. Ambas fuerzas aplicadas se toman en la mitad de la sección C. Para continuar con el análisis se realizaron los diagramas de corte y momento para el plano YZ y XZ ya que existe flexión en ambos planos. Estos diagramas pueden verse en las siguientes figuras.

Figura 55. Diagramas de corte y momento en el eje de llantas delanteras YZ

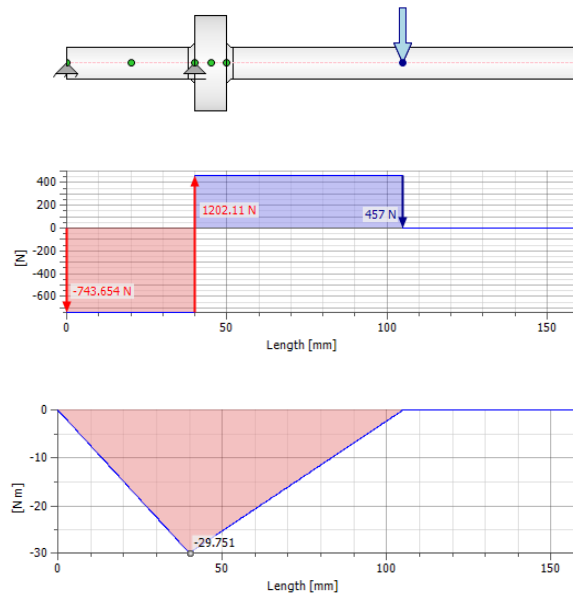
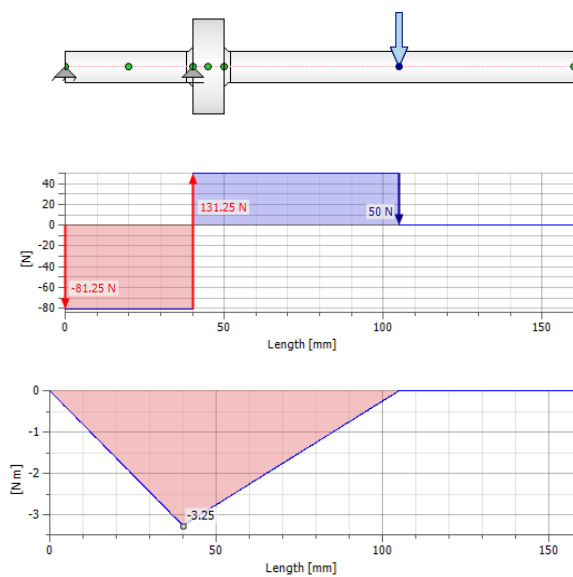


Figura 56. Diagramas de corte y momento en el eje de llantas delanteras XZ



Se combinaron los planos ortogonales para obtener los cortantes y momentos totales.

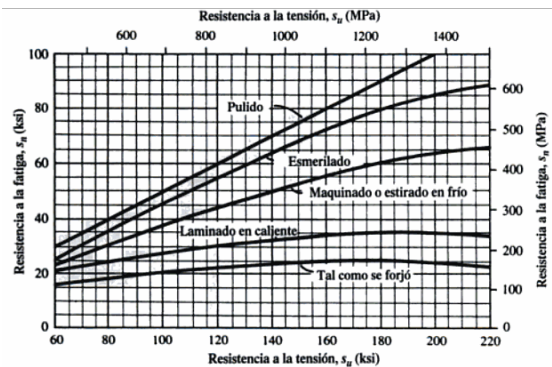
$$V_T = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \qquad M_T = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

Luego, se seleccionó el acero AISI 4340 debido a sus propiedades mecánicas, las cuales se pueden ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 14. Propiedades del acero 4340 (Budynas, 2008)

Tratamiento	Temp.	Resistencia a la tensión	Resistencia a la fluencia	Elongación	Reducción del área	Dureza Brinell
TyR	650 °C	965 MPa	855 MPa	19%	60%	280

Figura 57. Resistencia a la fatiga  $S_n$  en función de la resistencia a la tensión (Mott)



Se utilizó un factor de seguridad ( $N$ ) de 1.6 y factor de seguridad de radio ( $k_t$ ) de 1.5. Además según gráficas (Budynas & Nisbeth, 2008) se obtuvieron los siguientes valores: resistencia a la fatiga  $S_n=350$  MPa de la figura anterior, laminado en caliente.  $C_m=1$  factor de material, utilizando acero forjado,  $C_s=0.8$  factor de tamaño,  $C_{st}=1$  factor de esfuerzo al tener flexión presente y un factor de confiabilidad de  $C_r$  es de 0.81 por confiabilidad de 0.99. Según lo anterior se obtiene un esfuerzo a la fatiga ( $S'_n$ ):

$$S'_n = S_n * C_m * C_s * C_{st} * C_r$$

Para encontrar el diámetro se utilizaron las siguientes ecuaciones, La primera para los puntos A y C, sometidos a esfuerzo cortante, y la segunda para el punto B que se encuentra sometido a flexión.

$$d = 2 * \sqrt{\frac{2.94 * k_t * V_T * N}{S'_n}} \qquad \text{y,} \qquad d = \left( \left( \frac{32N}{\pi} \right) * \left( \sqrt{\left( \frac{k_t M_T}{S'_n} \right)^2} \right) \right)^{\frac{1}{3}}$$

Por motivos de estandarización de medidas y componentes, los diámetros son redondeados a una medida mayor a la cual se pueda facilitar el ensamblaje y la obtención de piezas.

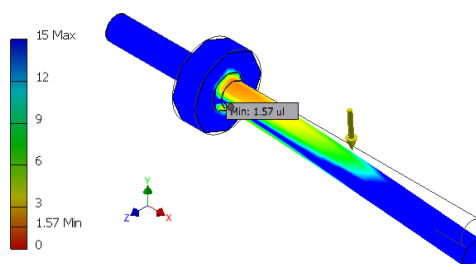
Cuadro 15. Dimensiones de eje de llantas delanteras

Punto	Diámetro Calculado (mm)	Diámetro Utilizado (mm)
A	9.64	10.00
B	14.77	30.00
C	7.56	10.00

El punto B se dimensionó con un diámetro de 30 mm para ser utilizado como tope para el cojinete que fuera a ser instalado.

Para corroborar los datos calculados se procedió a simular las condiciones mostradas anteriormente en el eje utilizando Autodesk Inventor 2014, para encontrar el factor de diseño o de seguridad que tendría el eje, y de esta forma asegurar que no fuera a fallar.

Figura 58. Factor de seguridad en eje de llantas delanteras



Se obtuvo como resultado un factor de seguridad de 1.57, por lo cual se acepta el diseño del eje y se avanza a buscar los cojinetes que éste utilizará. Según las especificaciones del fabricante SKF para cojinetes de bolas de una sola hilera se obtuvieron los datos mostrados en la tabla siguiente.

Cuadro 16. Datos de cojinete

Designación	Diámetro menor	Diámetro mayor	Ancho de cojinete	Capacidad de carga dinámica	Capacidad de carga estática
61800	10 mm	19 mm	5 mm	1.38 kN	0.585 kN

d. Diseño del sistema de giro. Para proseguir con el diseño del vehículo, se utilizó la herramienta de dibujo Autodesk Inventor 2014, en el cual se propuso el siguiente sistema de dirección. A continuación se presenta un ensamble y explosionado del mismo.

Figura 59. Ensamble de sistema de dirección

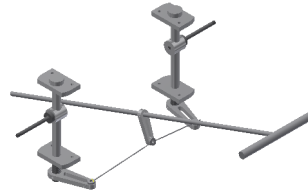
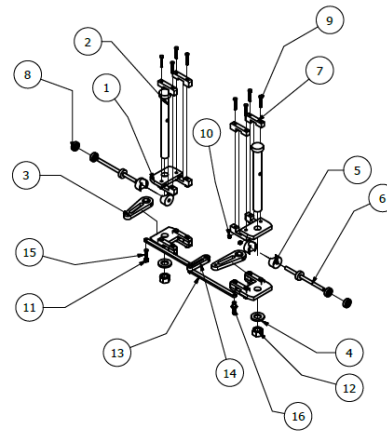


Figura 60. Explosionado sistema de dirección



Cuadro 17. Piezas del Sistema de dirección

No.	Nombre	Cantidad
1	Soporte	4
2	Eje de dirección	2
3	Balancín	2
4	IFI 542-22	2
5	Espaciador	4
6	Eje	2
7	Abrazadera	16
8	ANSI/AFBMA 16.1 – 10x30x11	4
9	ANSI B18.2.3.5M – M6x1x40	16
10	ANSI B18.2.4.2M – M6x1	17
11	ANSI B 18.2.4.1 M - M8 x1.25	1
12	ANSI B 18.2.4.1 M - M20 x 2.5	2
13	Acoplador	2
14	Manivela	1
15	ANSI B18.2.3.5M - M6 x 1 x 30	3
16	ANSI B18.22M - 8 N	1

Para reducir peso se generó un vaciado en el centro de las piezas. En la siguiente figura se muestran los diagramas de la manivela y los balancines con medidas en mm.

Figura 61. Manivela

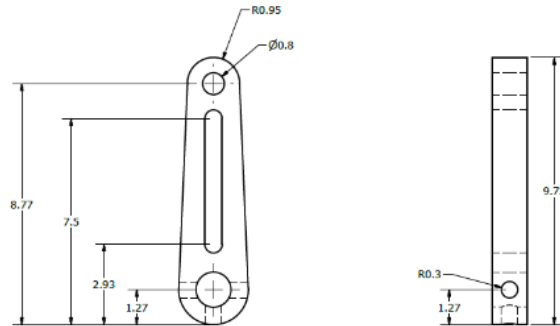
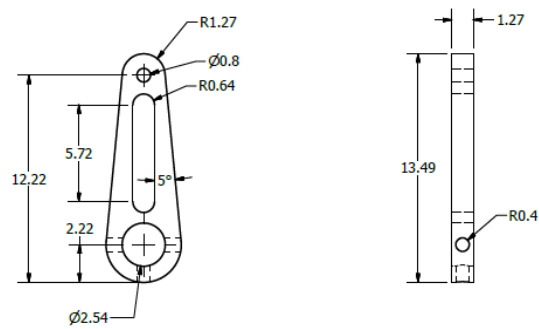
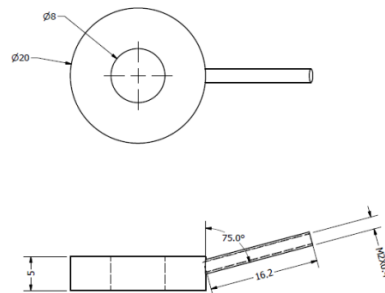


Figura 62. Balancín



Para el acoplador se tomó en cuenta que el mecanismo estaría en tres dimensiones, por lo que los nodos de éste debían proporcionar un ángulo de  $15^\circ$  respecto a la vertical. A continuación se muestra un diagrama del nodo del acoplador dejando dos grados de libertad.

Figura 63. Nodo del acoplador



Para cumplir con el requerimiento del equipo de tener un sistema de dirección que se pudiera acoplar y quitar del chasis con facilidad se diseñó un conjunto de abrazaderas para unir ambos elementos a través del soporte. En la siguiente figura se muestra el plano de la abrazadera y del soporte.

Figura 64. Abrazaderas

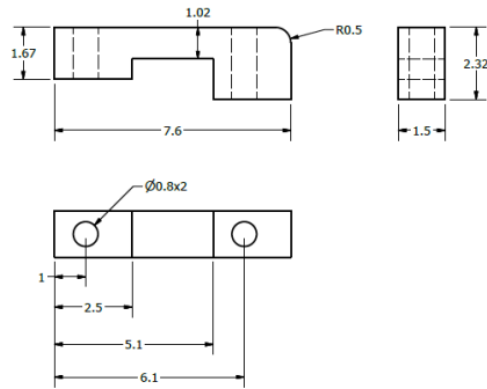
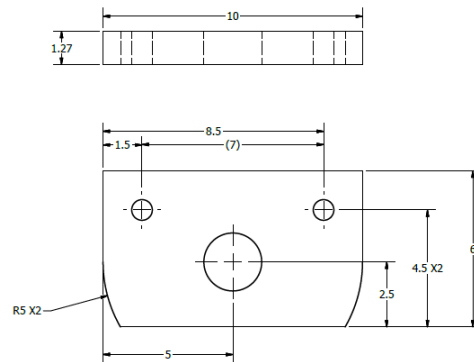
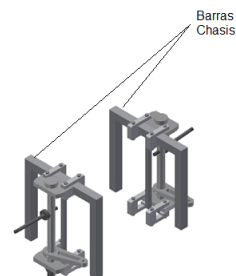


Figura 65. Soporte



Con ambas piezas se consiguió sujetar el sistema de dirección al chasis, de tal forma que únicamente es necesario remover las abrazaderas para quitar el sistema completo. En la siguiente figura se muestra el ensamble.

Figura 66. Ensamble de abrazaderas, soportes y chasis



Se analizó, luego, el sistema de soporte en Autodesk Inventor 2014, se consideró que cada llanta recibe una fuerza de 457 N en el eje y hacia arriba, y una fuerza que empuja a las llantas en el eje x debido a la aceleración del vehículo de 50 N. Se fijó el sistema en las abrazaderas y soportes.

Figura 67. Diagrama de cuerpo libre de Sistema de dirección

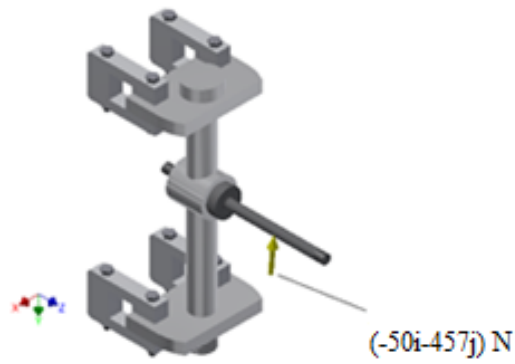
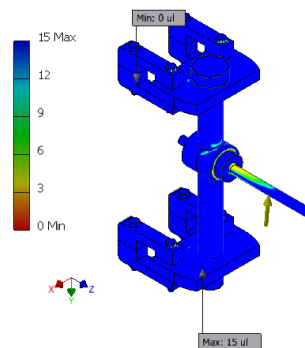


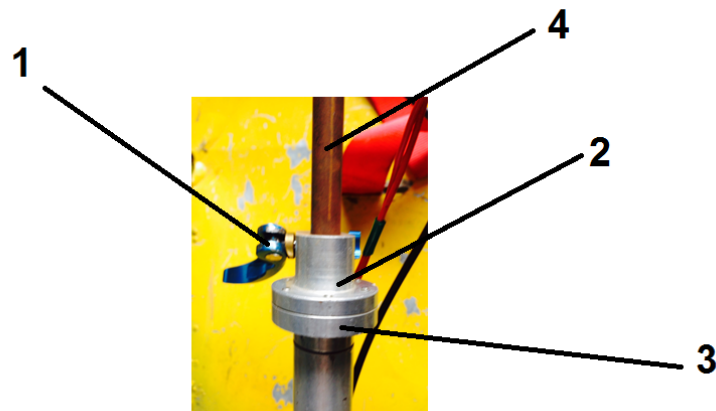
Figura 68. Simulación de sistema de dirección



Como se observa en la figura anterior, el software muestra un factor de seguridad de 0. Sin embargo, éste fue descartado ya que al interpretarlo asimila un error del programa. Por lo tanto, se considera que el factor de seguridad se da en el eje, que según la simulación fue de 1.57.

e. **Mecanismo de timón.** Para cumplir con el requerimiento de seguridad de la competencia que dice que el conductor debe poder salir del vehículo en 10 s o menos, se elaboró un sistema en el timón que permitiera la remoción de éste mediante un mecanismo con leva. Este mecanismo es estándar para sujetar ejes o asientos en una bicicleta. En las siguientes imágenes se muestra el mecanismo empleado.

Figura 69. Partes de sistema de sujeción de timón



Cuadro 18. Descripción de partes de sistema

No	Nombre	Descripción
1	Mecanismo de leva	Elemento estándar de bicicleta, consiste en un mecanismo de leva para generar presión.
2	Acople macho	Acople que transmite la presión que genera la leva a sujetar el eje del timón.
3	Acople hembra	Acople que permite cambiar la longitud del timón.
4	Eje de timón	Eje sujeto a la barra del timón.

Figura 70. Acople macho

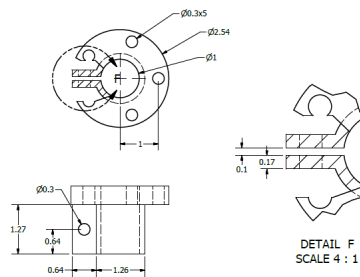
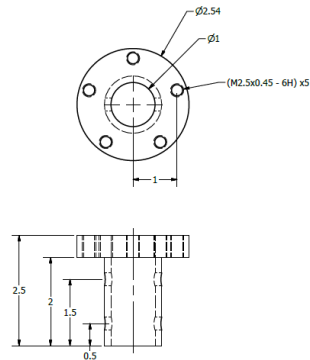
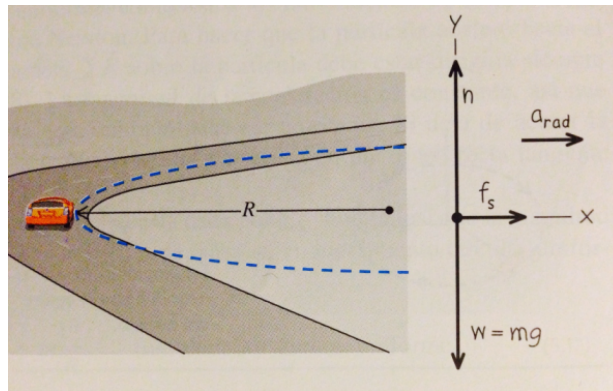


Figura 71. Acople hembra



f. Velocidad de deslizamiento en curva. Como se mencionó anteriormente en los requerimientos de la competencia exigen a los participantes que mantengan una velocidad promedio de 30 km/h. Por lo tanto, conocer los límites de velocidad que el vehículo puede mantener en las curvas resulta una tarea esencial. El dato es independiente de las geometrías del carro y se puede obtener utilizando las leyes de Newton. En la siguiente figura se muestra el diagrama de cuerpo libre.

Figura 72. Diagrama de cuerpo libre de vehículo en curva



(Zemansky, 2009)

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= f = ma_{rad} = m \frac{v^2}{R} \\ \Sigma F_y &= n + mg = 0\end{aligned}$$

En donde,

f: es la fuerza de fricción  
 m: es la masa del vehículo.  
 v: es la velocidad.  
 R: es el radio de giro.  
 n: es la fuerza normal.  
 g: es la gravedad ( $9.8\text{m/s}^2$ ).

Si la fuerza de fricción la tomamos como la máxima obtenemos que:

$$f_{max} = \mu_s n = \mu_s mg$$

Sustituyendo  $f_{max}$  y  $v_{max}$  en la ecuación de la sumatoria de fuerzas en x, resulta la siguiente ecuación:

$$\mu_s mg = m \frac{v_{max}^2}{R}$$

Como se puede ver en la ecuación anterior la ecuación es independiente de la masa ya que puede ser eliminado. Continuamos despejando para la velocidad máxima:

$$v_{max} = \sqrt{\mu_s R g}$$

El valor de  $\mu_s$  se obtuvo de (Olmo, s.f.) que indica que para una carretera no mojada  $\mu_s$  tiene un valor de 0.7 y R es 8 m. Por lo tanto, al sustituir valores se obtuvo que la velocidad máxima en las curvas es de 26.7 m/s. Sabemos que al manejar vehículos, en curvas siempre es necesario disminuir la velocidad, por lo tanto se acepta este valor para la competencia, ya que se encuentra cerca de la velocidad promedio y se planeó acelerar durante las rectas.

## D.FRENOS

### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

#### a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- Los vehículos deben estar equipados con dos sistemas de frenos independientes con un control cada uno.
- Uno de los sistemas debe actuar sobre todas las llantas delanteras, mientras que el segundo debe actuar sobre todas las llantas traseras. Cada llanta debe tener un elemento que efectúe el frenado y debe estar bien balanceado.
- En caso de tener varias llantas traseras cada una de estas debe tener un freno individual o un eje común.
- Debe ser posible para el piloto del vehículo activar ambos sistemas de frenos al mismo tiempo, sin soltar el timón del carro.
- Cada uno de los sistemas de frenos debe ser capaz de mantener al vehículo en reposo sobre una pendiente de 20%.

#### b. De diseño:

- El vehículo debe frenar a velocidad máxima en menos de 25 m.
- Los materiales utilizados deben tener bajo peso.

2. DISEÑO, ANÁLISIS Y CÁLCULOS. La competencia recomienda que se use control de pies para los frenos ya que esto permitiría al piloto frenar sin quitar las manos del volante, además recomienda altamente que los frenos sean hidráulicos. Sin embargo, pueden ser mecánicos siempre y cuando sean efectivos y logren satisfactoriamente pasar la prueba de frenos. Para iniciar con el desarrollo del módulo se evaluó primero que sistema de frenos sería el apropiado para el vehículo.

a. Selección del sistema de frenos. Como se mencionó en los requerimientos de diseño la competencia exige que ambos neumáticos delanteros sean accionados con la misma palanca y que la fuerza

ejercida en cada mordaza se mantenga balanceada. Debido a que los componentes utilizados por el vehículo son parecidos a los de una bicicleta se optó por utilizar un sistema de frenos de disco de bicicleta.

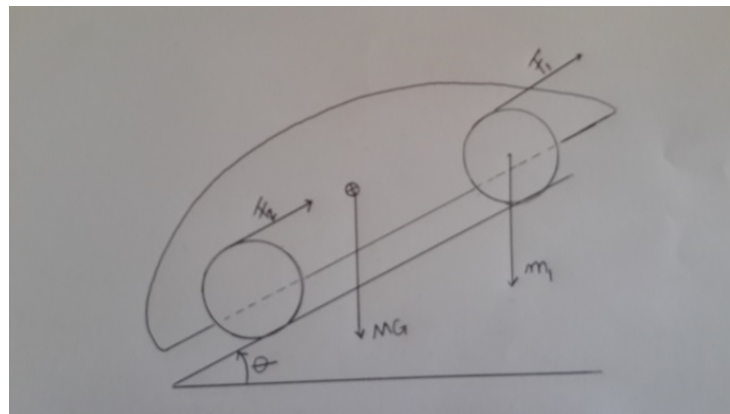
Los frenos de disco constituyen un sistema compacto, menos pesado y que ocupa menos volumen que otros sistemas de frenos. Funcionan adhiriendo el disco al buje de la rueda o formando parte de ella, es decir que giran con el neumático. Cada llanta está equipada con una mordaza, ésta no gira con el neumático sino que se encuentra empotrada en un elemento estático. Al accionar una palanca o pedal se transmite una fuerza hacia la mordaza, la cual detiene el movimiento rotacional de las llantas

Los frenos de disco pueden ser accionados mecánicamente, es decir ocupan un sistema de tensión en un cable, en donde la fuerza de la palanca se transmite a través de éste, accionando un mecanismo que presiona las pastillas contra el disco o pueden ser accionados hidráulicamente accionados mediante un émbolo en la palanca, la presión en el aceite se mantiene en el sistema debido a que este es un fluido incompresible que actúa bajo la ley de pascal, que activa los pistones dentro de la mordaza.

Los frenos de disco accionados mecánicamente requieren de una calibración más precisa para lograr esto. Mientras que, los frenos hidráulicos, al utilizar un fluido incompresible, mantienen la presión a lo largo de la manguera generando la misma fuerza de salida en el sistema. Por lo tanto se escogen los frenos hidráulicos.

**b. Cálculo del torque necesario.** Para poder seleccionar apropiadamente las mordazas que se implementarían en el vehículo se necesitó conocer el torque necesario para satisfacer el requerimiento de la competencia de mantener el carro en reposo en una pendiente de 20%. Para empezar con el análisis se tomó en cuenta que únicamente habría tres llantas, y se realizó el diagrama de cuerpo libre para el vehículo. Se realizó el cálculo tomando en consideración que únicamente un sistema estaría funcionando para mantener el carro en reposo ya que eso exige la prueba.

Figura 73. Diagrama de cuerpo libre del vehículo en pendiente de 20%



Para empezar a calcular el torque que requiere la mordaza trasera se obtiene del diagrama de cuerpo libre lo siguiente:

$$F_1 = W \sin(\theta)$$

Sabiendo que:

M=140 kg	Masa del vehículo con conductor
r=50 cm	Radio de llantas Michelin 44-406
$\theta = \text{atan}(20\%) = 11.81^\circ$	Ángulo de la pendiente
W=1.37 kN	Peso total del vehículo

Por definición  $F = \frac{\tau}{r}$ , por lo que despejando para el torque.

$$\tau_{\text{trasero}} = F_1 r = W \sin(\theta) r$$

Para las mordazas delanteras el torque en cada mordaza es igual a la mitad del torque en la llanta trasera. Es decir 45.8 Nm. Para obtener un factor de seguridad r se tomó como el radio completo de la llanta, en lugar de la distancia hasta el centro de la mordaza que hubiera sido lo correcto.

Cuadro 19. Torque necesario en los frenos.

Llantas	Cantidad de mordazas	Torque necesario en cada llanta (Nm)
Delanteras	2	67.3
Trasera	1	134.7

Con estos datos se procedió a buscar frenos hidráulicos para bicicleta que logran satisfacer estos valores y que se encontraran en el mercado local.

c. Selección de mordazas. Se inició comparando varias marcas de frenos con sus respectivas torques para conocer cuál satisfaría el requisito que nuestro vehículo necesitaba. En la siguiente tabla se muestran las opciones analizadas.

Cuadro 20. Mordazas de frenos con sus torques (Shimano)

Marca	Torque (Nm)
Shimano Deore	154
Shimano SLX	161
Shimano Saint	155
Shimano XT	157

Como se puede ver en la tabla anterior cualquiera de los frenos que se seleccione del cuadro anterior cumpliría con el requisito. Se seleccionaron los Shimano Deore, ya que estos eran los que se consiguen de

manera más sencilla en el mercado local. Además, se compraron discos de freno de bicicleta de 160 mm debido a que son los más livianos y compactos que se tienen comercialmente en Guatemala. En la siguiente imagen se puede ver los frenos seleccionados.

Figura 74. Mordazas y palanca Shimano Deore



(Shimano)

d. **Instalación de frenos.** Ya que la competencia requiere que ambas mordazas frontales sean accionadas por una sola mordaza se necesitaba un acoplamiento hidráulico que tuviera una entrada y dos salidas. Comercialmente en Guatemala no existe un acople de esta forma para mangueras estándares de bicicleta, por lo que se procedió a diseñar el acople y manufacturarlo de Aluminio 6061 para mantener bajo el peso. Ésta se muestra en las siguientes figuras en un material transparente.

Figura 75. Frente del acople diseñado para los frenos en material transparente

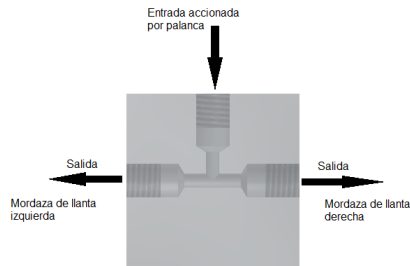
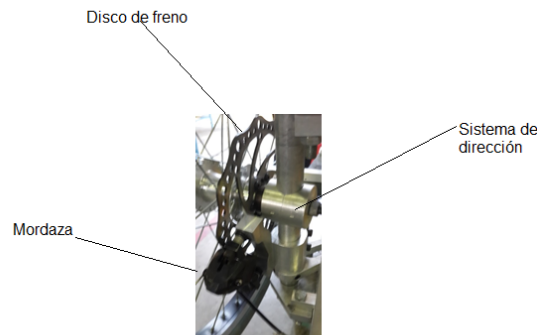
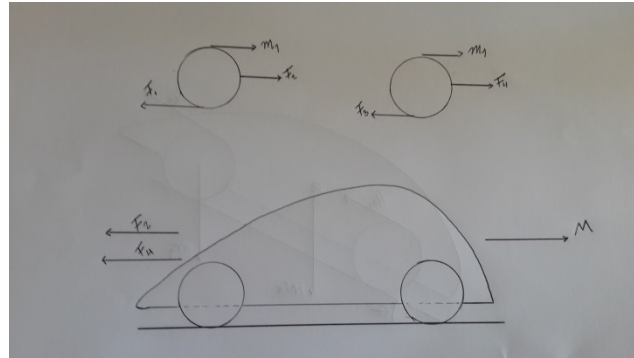


Figura 76. Instalación en el vehículo



e. **Cálculo de frenado.** Conociendo el torque que ofrecen las mordazas Shimano Deore se procedió a realizar el cálculo para conocer la desaceleración que tendría el vehículo. Para este cálculo se tomó en cuenta que ambos, los frenos delanteros y el trasero, estarían activados y que el piloto frenaría de manera gradual. Además, se consideró una pendiente de  $0^\circ$ .

Figura 77. Muestra el diagrama de cuerpo libre del vehículo en movimiento



Sabiendo que:

$m=1.20$ kg	Masa de cada llanta
$M=140$ kg	Masa total del vehículo
$g=9.8$ m/s <sup>2</sup>	Gravedad
$r=50$ cm	Radio de llantas

La inercia de la llanta trasera y las delanteras se expresa de la siguiente forma:

$$I_{\text{trasera}} = mr^2 \quad I_{\text{delanteras}} = 2mr^2$$

Las ecuaciones del diagrama de cuerpo libre quedan:

$$F_2 - F_1 = ma \quad F_4 - F_3 = 2ma \quad -F_2 - F_4 = Ma$$

Sumando las ecuaciones obtenemos:

$$F_1 = -Ma + ma + 2ma - F_3$$

Ahora involucrando el torque generado por la mordaza y el del suelo obtenemos lo siguiente:

$$\tau + \tau_{\text{suelo1}} = \tau + F_1 r = I_{\text{trasera}} \frac{a}{r} \quad \tau + \tau_{\text{suelo2}} = \tau + F_3 r = I_{\text{delanteras}} \frac{a}{r}$$

Recordando que el torque  $\tau$  de las mordazas seleccionadas es de 154 Nm, por lo que se cuenta con tres incógnitas y tres ecuaciones. Éstas se introducen a Mathcad 2.0 y como resultado obtenemos que la desaceleración máxima del vehículo es de  $5.1 \text{ m/s}^2$ .

Para obtener la distancia y tiempo de frenado del vehículo se utilizaron las siguientes ecuaciones en donde  $t$  es el tiempo,  $v$  la velocidad,  $d$  la distancia y a la aceleración:

$$t = \frac{v}{a} \quad d = \frac{v^2}{2a}$$

Por ejemplo, a una velocidad de 10 km/h, se obtendría lo siguiente:

$$v = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 2.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Por lo tanto,

$$t = \frac{2.78 \text{ m/s}}{5.1 \text{ m/s}^2} \quad \text{y,} \quad d = \frac{\left(\frac{2.78\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2(5.1\text{m/s}^2)}$$

Cuadro 21. Tiempo y distancia de frenado con desaceleración de  $5.1 \text{ m/s}^2$

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Distancia (m)</b>
<b>10</b>	0.55	0.76
<b>20</b>	1.09	3.03
<b>30</b>	1.64	6.82
<b>40</b>	2.18	12.12

Según la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation) un valor de desaceleración cómodo para un conductor es de  $3.41 \text{ m/s}^2$ . Por lo tanto se recalculan los valores de tiempo y distancia para las velocidades dadas con esta aceleración y se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 22. Tiempo y distancia de frenado con desaceleración de  $3.41 \text{ m/s}^2$

<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Distancia (m)</b>
<b>10</b>	0.815	1.13
<b>20</b>	1.63	4.53
<b>30</b>	2.44	10.18
<b>40</b>	3.26	18.10

Con base en las tablas anteriores se conoce que el vehículo permite frenar al piloto con una desaceleración cómoda y que en caso de una emergencia si es posible frenar con mayor desaceleración por emergencia.

## E. TRANSMISIÓN DE POTENCIA

### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

#### a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- El vehículo debe contar con un embrague que le permita permanecer en reposo aún con el motor encendido.
- En caso de utilizar un embrague centrífugo, la velocidad de ralentí del motor debe estar por debajo de la velocidad de conexión del embrague.
- Las cadenas y/o fajas deben estar protegidas con guardas de seguridad.

#### b. De diseño:

- El vehículo debe ser capaz de desplazarse a una velocidad máxima de 35 km/h.
- Se debe asegurar que el motor opere por debajo de las 4500 rpm.
- El vehículo debe de ser capaz de alcanzar 35 km/h en 10 s.
- El vehículo debe poder desplazarse en una pendiente máxima de 4°.
- El sistema de transmisión debe ser diseñado considerando las condiciones de la pista en Houston, Texas.
- Todas las piezas utilizadas deben tener una función.
- Se debe dar prioridad al peso y eficiencia del sistema, la masa de todo el sistema no debe ser mayor a 15 kg y su eficiencia debe ser mayor a 85%.
- Los componentes deben ser compactos.
- Se deben utilizar tornillos y piezas estándar para reducir la cantidad de herramientas necesarias.
- El piloto no debe quitar la mirada de la pista al realizar los cambios y el embrague debe ser accionado por medio de un pedal.
- El sistema se debe diseñar para que funcione continuamente por 45 minutos.

### 2. DISEÑO, ANÁLISIS Y CÁLCULOS

a. Selección del motor. El punto de partida fue la selección de un motor que proporcionara el torque necesario para desplazar el vehículo en las condiciones de la pista en Houston y a la velocidad máxima de 35 km/h. Los cálculos se realizaron considerando:

- La fuerza necesaria para desplazarse por el suelo, que se asumió que sería asfalto.
- La fuerza necesaria para vencer la inclinación de la pista, que se asumió que sería de 4° como máximo.
- La fuerza necesaria para acelerar hasta la velocidad deseada en un tiempo de 10 s.

**Datos:**

$W := 140 \text{ kg} \cdot g = 1372.93 \text{ N}$	Peso total del vehículo con conductor
$R_w := 25 \text{ cm}$	Radio de la llanta
$t_a := 10 \text{ s}$	Tiempo de aceleración
$\alpha := 4^\circ$	Inclinación máxima
$C_{rr} := 0.017$	Coefficiente de fricción de la superficie, asfalto
$e := 85\%$	Eficiencia mecánica promedio de un motor
$V_{max} := 35 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$	Velocidad máxima

**Cálculos:**

$RR := W \cdot C_{rr} = 23.34 \text{ N}$	Fuerza necesaria para vencer la resistencia al rodamiento.
$RI := W \cdot \sin(\alpha) = 95.77 \text{ N}$	Fuerza necesaria para vencer la inclinación.
$FA := W \cdot \frac{V_{max}}{(g \cdot t_a)} = 136.11 \text{ N}$	Fuerza de aceleración necesaria.
$FT := RR + RI + FA = 255.22 \text{ N}$	Fuerza necesaria total.
$T_w := FT \cdot R_w = 63.81 \text{ N} \cdot \text{m}$	Torque requerido al eje de la llanta.
$T_m := \frac{T_w}{e} = 75.07 \text{ N} \cdot \text{m}$	Torque entregado por el motor.

Por el torque necesario, 75.07 Nm, era evidente que sería necesario un sistema de transmisión de potencia ya que un motor pequeño no entrega torques en ese rango.

Se decidió utilizar un motor Honda, ya que esta marca cuenta con motores estacionarios pequeños y eficientes, además de esto también se contaba con el apoyo del taller Honda en Guatemala para la solución de dudas y problemáticas. Los dos motores evaluados fueron el GX35 y el GXH50, sus hojas técnicas están en los anexos 12 y 13 respectivamente. A continuación se detallan las características más relevantes:

Cuadro 23. Comparación de motores Honda (Anexos 12 y 13)

	<b>GX35</b>	<b>GXH50</b>
<b>Desplazamiento</b>	35.8 cm <sup>3</sup>	49.4 cm <sup>3</sup>
<b>Torque Neto</b>	1.6 Nm	2.7 Nm
<b>Potencia Neta</b>	1.0 kW a 7000 rpm	1.6 kW a 7000 rpm
<b>Masa en seco</b>	3.3 kg	5.5 kg

Se seleccionó el GXH 50, aunque su masa es mayor y el desplazamiento también, nos da mayor torque y potencia, por lo que podemos operar el vehículo a revoluciones más bajas, reduciendo el consumo de combustible. Otro aspecto evaluado fue el cambio de combustible, de gasolina a etanol. El etanol tiene menor poder calorífico que la gasolina, por lo que el torque real entregado por el motor sería menor. Aunque se desconocía en cuanto disminuiría, se optó por el GXH50 ya que su mayor torque nos permitía amortiguar los efectos del cambio.

Figura 78. Motor Honda GXH 50

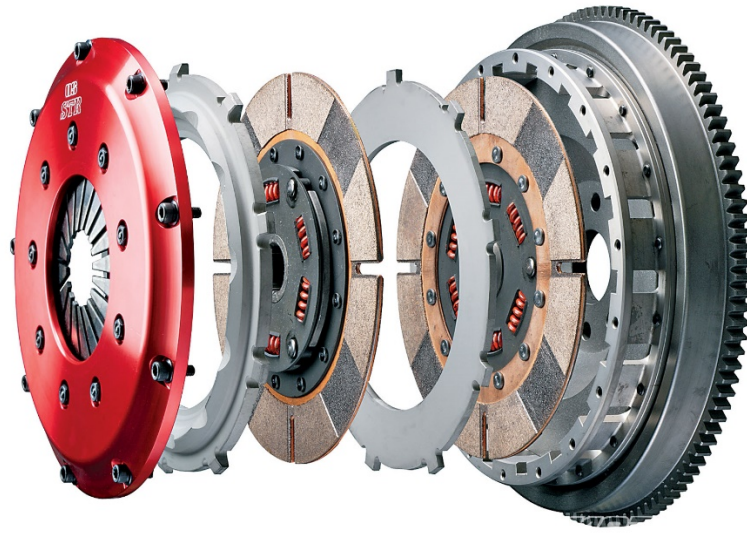


(Honda)

b. Selección de embrague. Por regla de la competencia el vehículo debe tener un embrague que le permita estar estacionario aún con el motor encendido. Se compararon las ventajas y desventajas de dos tipos de embrague, los embragues centrífugos y los manuales.

Manuales: Estos embragues se accionan directamente por medio de un pedal o manecilla; el conductor tiene total control sobre cuando activar o desactivar la transmisión de potencia. Su desventaja es que depende de la destreza del piloto para lograr poner el vehículo en movimiento, similar a un vehículo comercial con transmisión mecánica, sin embargo si el piloto tiene experiencia manejando vehículos mecánicos esto no debiera ser un problema.

Figura 79. Embrague manual



(European Motor Cars)

Centrífugos: Estos embragues funcionan de manera automática, accionándose gradualmente cuando las revoluciones del eje sobre el cual van montados alcanzan cierto valor. Esta es su mayor ventaja, pero también su mayor desventaja ya que para lograr la transmisión de potencia el motor tiene que ser acelerado, lo que representa una cantidad de combustible perdida. Al ser automáticos también nos dan incertidumbre sobre su punto de accionamiento, es posible incluso que en las revoluciones a las que el motor con etanol opere, el embrague no esté completamente conectado.

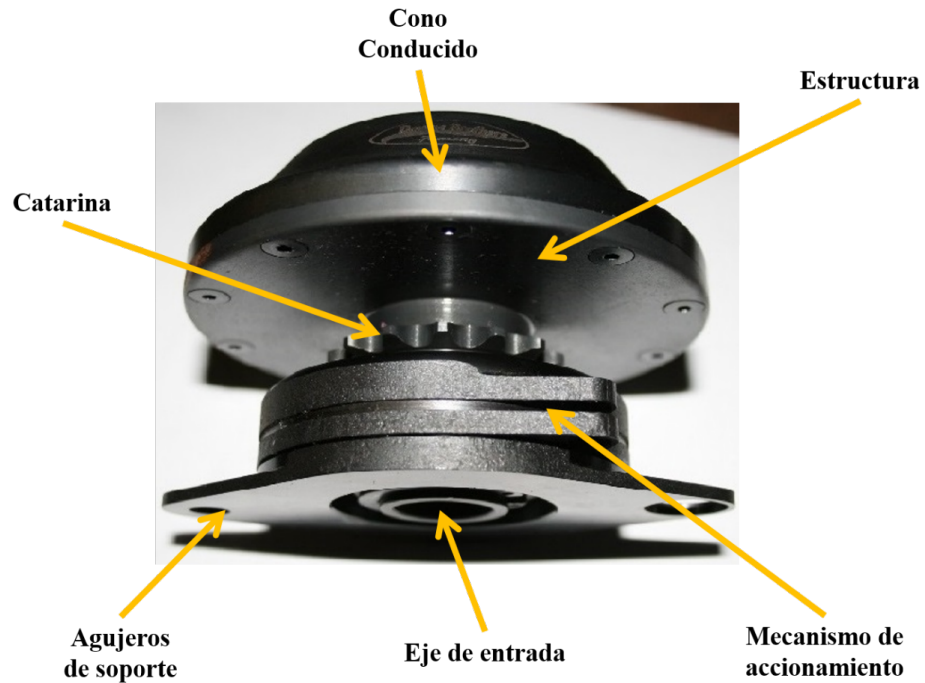
Figura 80. Embrague centrífugo



(Industrial Friction)

Se decidió utilizar un embrague manual debido a que permite tener control sobre la activación de la transmisión de potencia. Se encontró un modelo distribuido comercialmente que requeriría de adaptaciones menores para poder ser utilizado con el motor GXH50, éste fue el DBRT1 de Down Brothers Racing. Su hoja técnica está disponible en el anexo 14. Este es un embrague cónico de accionamiento por cable, tiene una catarina para transmitir la potencia al eje conducido. Este embrague soporta un torque máximo a la entrada de 24.4 Nm por lo que puede acoplarse al motor Honda que entrega 2.7 Nm en su eje.

Figura 81. El embrague DBRT1



(Down Brothers Racing)

c. **Definición del conjunto reductor.** El motor por sí solo no es capaz de desplazar el vehículo, por lo que es necesario un sistema reductor que multiplique el torque hasta el requerido por los cálculos. Se inició con el cálculo de la relación necesaria, como restricción se tenía el torque del motor a 4500 rpm, la velocidad a la que el motor produce el máximo torque y que por ser relativamente baja no aumentaría el consumo de combustible.

**Reducción necesaria:**

$r := 25 \text{ cm}$	Radio de la llanta
$n_1 := 4500 \text{ rpm}$	Revoluciones objetivo del motor
$v := 35 \frac{\text{km}}{\text{hr}} = 9.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Velocidad del vehículo
$n_2 := \frac{v}{r} = 371.36 \text{ rpm}$	Revoluciones en la llanta
$e_p := \frac{n_1}{n_2} = 12.12$	Reducción necesaria

Se concluyó que sería necesaria una relación cercana a 12:1. En este momento también se tendría que delimitar los espacios disponibles y la manera en la que se llevaría a cabo la transmisión de potencia.

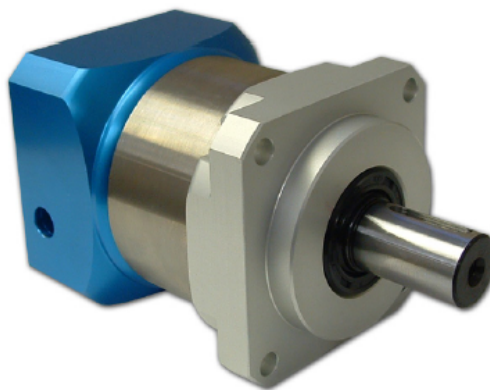
Se decidió utilizar dos etapas de reducción, la primera reducción sería la más alta y como segunda etapa se tendría un sistema de velocidades de bicicleta con las cuales podríamos mantener la velocidad del motor debajo de 4500 rpm en todo momento. Al utilizar dos sistemas de reducción se lograría tener un sistema versátil capaz de brindar el torque necesario para acelerar desde reposo y la potencia necesaria para alcanzar la velocidad de crucero a bajas revoluciones.

El sistema se montaría en este orden: motor, embrague, primera etapa de reducción y sistema de velocidades, el posicionamiento final lo podemos ver en el anexo 21. Para la primera etapa de reducción se analizó la transmisión por cadena, engranajes planetarios y engranajes rectos.

Cadenas: al variar el diámetro de las catarinas se obtiene una relación proporcional que multiplica el torque. Para la relación necesaria de 12:1, asumiendo una cadena ANSI #35, se necesitarían dos etapas con una catarina de 17 dientes y otra de 60 dientes cada una. Solo las catarinas pesarían aproximadamente 2.65 kg, a esto se le debía sumar la masa de las dos cadenas, los ejes y los soportes donde serían montadas. Además también estaría el riesgo de catarinas y cadenas girando a altas velocidades. Para garantizar la seguridad del conductor se necesitarían guardas rígidas, esta propuesta se descartó ya que ocuparía mucho espacio y aumentaría la masa del sistema.

Engranajes planetarios: los engranajes planetarios tienen la ventaja de dar relaciones altas en espacios compactos. Se encontró una empresa que los fabrica, Anaheim Automation, y se analizaron los engranajes que ofrecían. Los engranajes planetarios eran compactos, livianos (menos de 2 kg) y eficientes (hasta 96%), sin embrago se descartaron ya que estaban diseñados para funcionar con servomotores por lo que no tenían suficientes puntos de anclaje y necesitarían muchas modificaciones para poder ser utilizados con el motor Honda.

Figura 82. Engranaje planetario considerado, GBPH-0602-NS-012 (Anexo 15)



Finalmente se decidió construir una caja reductora con engranajes rectos, sección que a continuación detallaremos. Los engranajes rectos son eficientes para transmitir potencia, fáciles de manufacturar y compactos.

d. **Caja reductora.** La principal desventaja de una caja reductora es su peso, por lo que se optó por la utilización de plásticos de ingeniería para su construcción. Estos son polímeros con buenas propiedades mecánicas, desarrollados para realizar tareas específicas y como alternativas ante otros materiales. La empresa guatemalteca ESSA – Plásticos de Ingeniería, accedió a patrocinar al equipo, suministrando de su inventario cualquier material que fuese necesario. Con la asesoría de Zaida Flores, consultora técnica en ESSA, se seleccionó el Tecast Vekton 6XAU, un polímero moldeado de la familia del nylon caracterizado por su alta resistencia a la temperatura y sus propiedades de autolubricación, el siguiente cuadro indica sus propiedades de mayor interés:

Cuadro 24. Propiedades del Tecast Vekton 6XAU (Anexo 16)

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Método de prueba</b>
Densidad	1.15 g/cc	ASTM D792
Módulo de elasticidad	2.41 GPa	ASTM D638
Resistencia a la tensión	75.8 MPa	ASTM D638
Resistencia a la flexión	86.2 Mpa	ASTM D790
Elongación	20 %	ASTM D790
Dureza Rockwell	115 R	ASTM D638
Temperatura máxima de servicio	127 °C, 177 °C	Largo plazo; ASTM UL746B Intermitente
Punto de fusión	220 °C	ASTM D2133

El cálculo de esfuerzos en los engranajes de la caja reductora se hizo en base a la Guía de Referencia de Diseño y Fabricación de Quadrant Engineering. Para alcanzar la relación deseada de 12:1 serían necesarias dos etapas de reducción, cada una de 3.5:1. En el siguiente cuadro se resumen las especificaciones de los engranajes:

Cuadro 25. Datos de los engranes

	Piñón	Engrane
Número de dientes	16	56
Diámetro de paso	28 mm	98 mm
Módulo	1.75 mm	
Ancho de cara	20 mm	
Ángulo de presión	20°	
Distancia entre centros	63 mm	

El cálculo de esfuerzos se aplicó al piñón de la segunda etapa, ya que en ella el torque ya habría sido multiplicado una vez y es el piñón el que es sometido los mayores esfuerzos. Los factores  $Y_p$ ,  $S_b$ ,  $C_s$ ,  $C_v$ ,  $C_m$ ,  $C_T$  fueron obtenidos de las tablas disponibles en el anexo 17.

**Datos:**

$P_i := 1.3 \text{ kW}$	Potencia del motor a 4500 rpm.
$n := \frac{4500 \text{ rpm}}{3.5} = 1285.7 \text{ rpm}$	Velocidad del eje de entrada después de una etapa de reducción.
$T_i := \frac{P_i}{n} = 9.66 \text{ N} \cdot \text{m}$	Torque después de una etapa de reducción.
$Y_p := 0.500$	Factor de forma de diente para el piñón.
$S_b := 4630 \text{ psi}$	Esfuerzo de flexión con paso 16.
$C_s := 1.26$	Factor de tiempo de vida de servicio para un millón de ciclos y paso 16.
$C_v := 1.38$	Factor de velocidad a 500 fpm.
$C_m := 0.94$	Factor de solidez de Nylatron GSM PA6 con lubricación periódica.
$C_T := 1.00$	Factor de temperatura, $T < 100^\circ\text{F}$

Torque máximo sopotado por el piñón:

$$T_{max} := \frac{d_p \cdot S_b \cdot F \cdot Y_p \cdot m}{2} \cdot C_s \cdot C_v \cdot C_m \cdot C_T = 12.78 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Factor de seguridad:

$$SF_T := \frac{T_{max}}{T_i} = 1.3$$

Los cálculos indican que los engranes soportarán la carga necesaria, con un factor de seguridad de 1.3. Este factor es aceptable ya que la caja no trabajaría por períodos prolongados y tampoco era necesario que tuviera una larga vida.

Habiendo obtenido estos resultados se prosiguió a diseñar la caja donde serían montados los engranajes y demás componentes. El primer paso sería el dimensionamiento de los ejes. Se sabe que debido a las cargas a las que está sometido un eje, éste debe ser fabricado con acero. Se seleccionó como material un acero con la alta resistencia a la tensión, así se podrían reducir las dimensiones del eje al máximo, y por lo tanto su peso; el material seleccionado sería el AISI 4340, un acero bonificado al cromo-níquel-molibdeno

altamente resistente a la tracción, a la torsión y a cambios de flexión. A continuación vemos sus propiedades mecánicas principales:

Cuadro 26. Propiedades del acero AISI 4340 (Budynas)

Tratamiento	Temp.	Resistencia a la tensión	Resistencia a la fluencia	Elongación	Reducción del área	Dureza Brinell
TyR	650 °C	965 MPa	855 MPa	19%	60%	280

Los cálculos para el dimensionamiento de ejes se realizaron por medio del método de diámetro mínimo de Mott. Como ejemplo se presenta el cálculo para el eje de entrada de la caja reductora, los demás cálculos están el anexo 18.

### Eje de entrada

#### Datos:

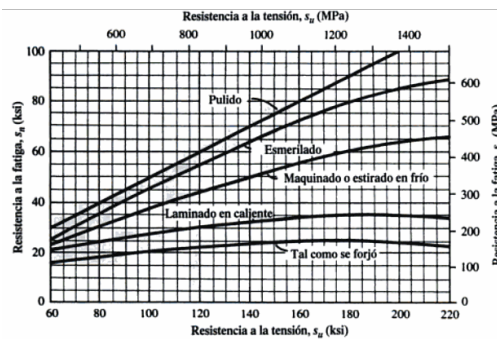
$P := 1.6 \text{ kW}$	Potencia máxima del motor
$n := 7000 \text{ rpm}$	Revoluciones a la potencia máxima
$N := 2$	Factor de seguridad
$k_{t1} := 1.5$	Factor de seguridad de radios
$k_{t2} := 3.0$	Factor de seguridad de ranuras

#### Esfuerzo de Fatiga Real Estimada $S'_n$ (Mott):

$S_n := 350 \text{ MPa}$	Resistencia a la fatiga, obtenido de figura 6, con superficie maquinada.
$C_m := 1$	Factor de material, utilizando acero forjado
$C_s := .8$	Factor de tamaño, utilizando la figura 7, y aproximando a diámetros de 50 mm
$C_{st} := 1$	Factor de esfuerzo, esfuerzos flexionantes presentes
$C_r := .81$	Factor de confiabilidad, obtenido del cuadro 5

$$S'_n := S_n \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_{st} \cdot C_r = 226.8 \text{ MPa}$$

Figura 83. Resistencia a la fatiga  $S_n$  en función de la resistencia a la tensión

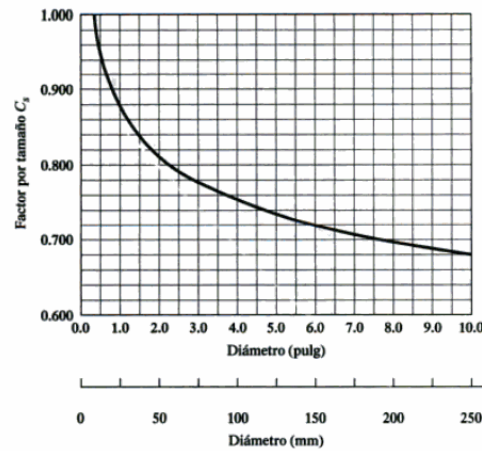


(Mott)

Cuadro 27. Factores de confiabilidad aproximados

Confiabilidad deseada	$C_r$
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

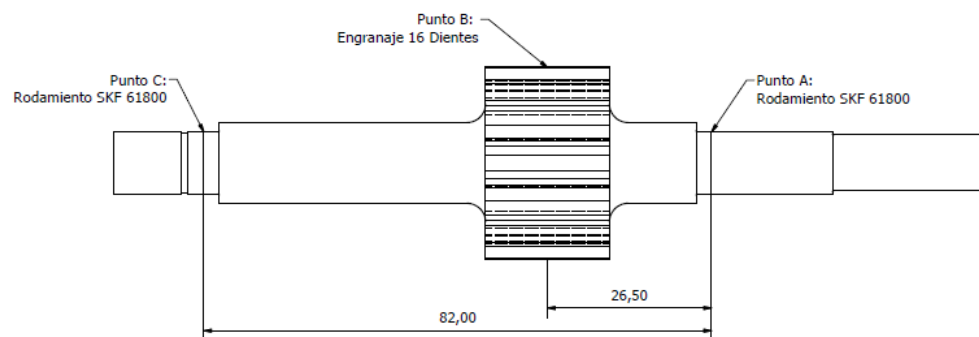
(Mott)

Figura 84. Factor por Tamaño  $C_s$ 

(Mott)

Una decisión importante con respecto a los ejes de la caja reductora fue integrar los piñones a éstos. El diámetro de raíz de los piñones no era suficiente para utilizar una cuña de dimensiones apropiadas sin que lo debilitara. Al integrarlos se evitaba este problema y por ser de materiales distintos, también se reducía el desgaste entre engrane y piñón.

Figura 85. Esquema del eje de entrada



**Cálculo de Torques y Fuerzas:****Punto B: Engranaje**

$$D_B := 28.00 \text{ mm}$$

$$\theta_B := 203.38^\circ$$

$$T_B := \frac{P}{n} = 2.18 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_{tB} := \frac{2 \cdot T_B}{D_B} = 155.91 \text{ N}$$

$$F_{rB} := F_{tB} \cdot \tan(20^\circ) = 56.75 \text{ N}$$

$$F_{tX} := F_{tB} \cdot \cos(\theta_B) = -143.11 \text{ N}$$

$$F_{rX} := F_{rB} \cdot \cos(\theta_B) = -52.09 \text{ N}$$

$$F_{tY} := F_{tB} \cdot \sin(\theta_B) = -61.87 \text{ N}$$

$$F_{rY} := F_{rB} \cdot \sin(\theta_B) = -22.52 \text{ N}$$

$$F_{BX} := F_{tX} + F_{rX} = -195.19 \text{ N}$$

$$F_{BY} := F_{tY} + F_{rY} = -84.39 \text{ N}$$

**Reacciones:****Reacciones en A:**

$$\sum M_C = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{AX} := \frac{F_{BX} \cdot 55.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 132.11 \text{ N}$$

$$\sum M_C = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{AY} := \frac{F_{BY} \cdot 55.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 57.12 \text{ N}$$

**Reacciones en C:**

$$\sum M_A = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{CX} := \frac{F_{BX} \cdot 26.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 63.08 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{CY} := \frac{F_{BY} \cdot 26.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 27.27 \text{ N}$$

**Momentos:****Horizontal:**

$$M_{AX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BX} := R_{AX} \cdot 26.5 \text{ mm} = 3.50 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Vertical:**

$$M_{AY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BY} := R_{AY} \cdot 26.5 \text{ mm} = 1.51 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Cálculo de Diámetros:****Punto A: Rodamiento**

$$V_A := \sqrt{R_{AX}^2 + R_{AY}^2} = 143.93 \text{ N}$$

$$\theta_{minA} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_A \cdot N}{S'_n} \right)} = 4.73 \text{ mm}$$

**Punto B: Engranaje**

$$M_{fB} := \sqrt{M_{BX}^2 + M_{BY}^2} = 3.81 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\theta_{minB} := \left( \frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left( \frac{k_{t2} \cdot M_{fB}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_B}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 10.10 \text{ mm}$$

**Punto C: Rodamiento**

$$V_C := \sqrt{R_{CX}^2 + R_{CY}^2} = 68.72 \text{ N}$$

$$\theta_{minC} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_C \cdot N}{S'_n} \right)} = 3.27 \text{ mm}$$

Por motivos de estandarización de medidas y componentes, los diámetros son redondeados a una medida mayor a la cual se pueda facilitar el ensamblaje y la obtención de piezas.

Cuadro 28. Dimensiones del eje de entrada

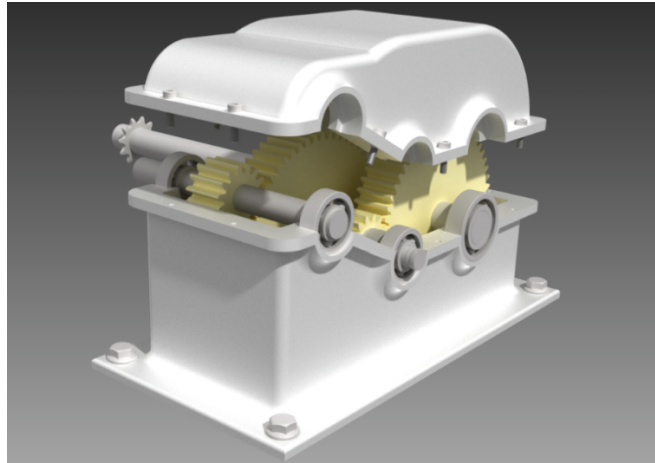
<b>Punto</b>	<b>Diámetro calculado</b>	<b>Diámetro utilizado</b>
<b>A</b>	4.73 mm	10 mm
<b>B</b>	10.10 mm	13 mm
<b>C</b>	3.27 mm	10 mm

La siguiente fase del diseño de la caja reductora requirió de mucha iteración. Era necesario “jugar” con bastantes variables para poder definir la geometría y dimensiones de la caja, asegurando que los esfuerzos fueran permisibles y que no existieran interferencias. Se debía tomar en cuenta lo siguiente:

- El espacio que ocuparían los engranajes,
- Las distancias entre ejes,
- La separación entre los componentes, entre ellos mismos como con los bordes de la caja,
- El largo total de los ejes,
- Los diámetros de los ejes,
- La ubicación vertical de los ejes,
- La lubricación,
- El sellado,
- El montaje y
- Las tolerancias

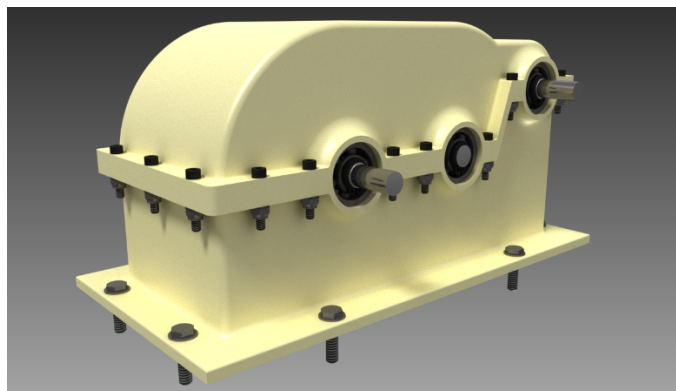
Inicialmente se definió que el eje de entrada estaría a la misma altura que el eje de salida del motor, los otros dos ejes estarían por debajo de éste para reducir el tamaño de la caja y también para permitir que el eje de salida no interfiriera con el embrague.

Figura 86. Diseño original



El primer problema que presentaba el diseño original era el montaje. Por la forma en la que se hacían los cortes entre la tapadera y el cuerpo, estas piezas no podían encajar al montarlas verticalmente. También se concluyó que los tornillos que sujetaban la tapadera a la base eran insuficientes para evitar distorsiones ocasionadas por el movimiento y cambios de temperatura (Figura 9).

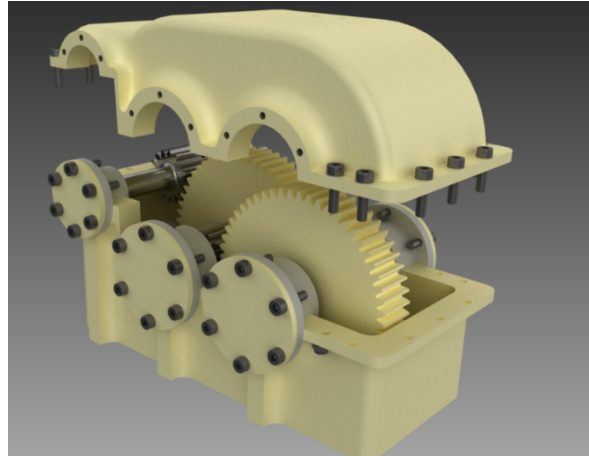
Figura 87. Segundo diseño de la caja reductora



Progresivamente se resolvieron los problemas del diseño original. En la Figura 10 se puede observar la nueva separación entre cuerpo y tapadera al igual que la distribución de tornillos, también se agregaron más puntos de sujeción a la base para evitar deformaciones y distribuir la fuerza uniformemente. En este punto se concluyó que sería necesario la utilización de chumaceras para los rodamientos y retenedores de aceite. Las chumaceras evitarían que las deformaciones en el plástico

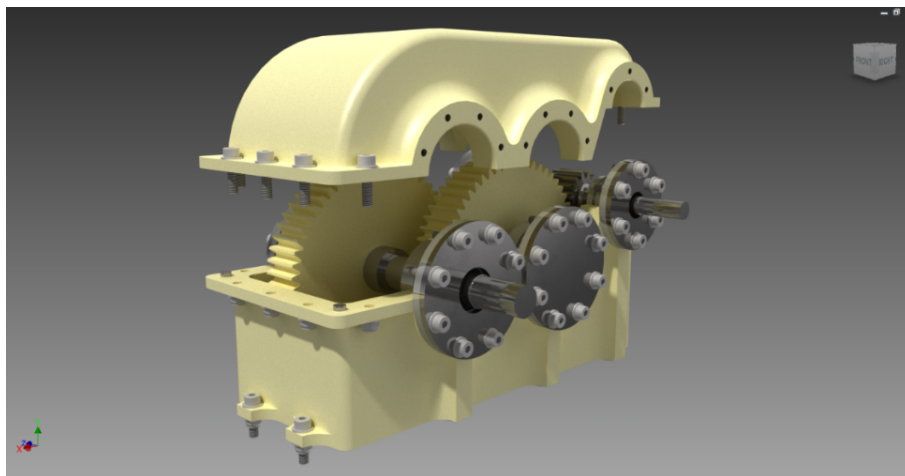
causadas por cambios de temperatura afectarían el ajuste de los rodamientos. Ya que la caja tendría lubricación por salpicadura, también se decidió utilizar retenedores para evitar las fugas.

Figura 88. Otro diseño de la caja reductora



Los cambios más evidentes en esta etapa son la eliminación de la pestaña inferior y el uso de chumaceras. Se decidió eliminar la pestaña inferior por su baja rigidez, en cambio se reforzaron los puntos en donde se montaban las chumaceras, éstos también permitirían crear agujeros roscados profundos para sujetar la caja a la base. Las chumaceras debían ser sujetadas a la caja por medio de tornillos por lo que se tuvo que dar espacio suficiente para que estos fueran enroscados. En el interior de las chumaceras se alojarían los cojinetes y retenedores (Figura 11).

Figura 89. Diseño final de la caja reductora

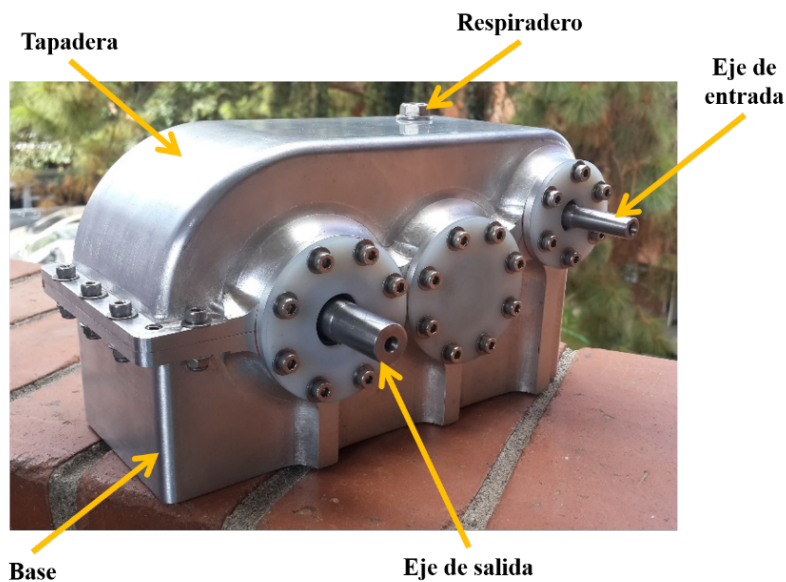


En esta última etapa se pulieron los detalles finales para garantizar el buen funcionamiento de la caja. Se aumentó la cantidad de tornillos que sujetarían las chumaceras y su diámetro para evitar que una rosca muy fina dañara el material. Se ajustaron las tolerancias y espacios dentro de las chumaceras. Se decidió que de un extremo de la caja, los rodamientos estuvieran fijos axialmente a la chumacera, mientras

que del otro éstos se pudieran deslizar, esto evitaría una deformación en el eje. Se agregaron ranuras para O-Rings en las chumaceras para evitar la fuga de aceite. También se puede notar la adición de puntos de anclaje para distribuir la fuerza uniformemente. La caja reductora consta de 194 piezas de 35 tipos diferentes, que incluyen 56 tornillos, 4 engranes, 3 ejes, 6 chumaceras, etc. Los planos de la caja reductora y todos sus componentes están disponibles en el anexo 20.

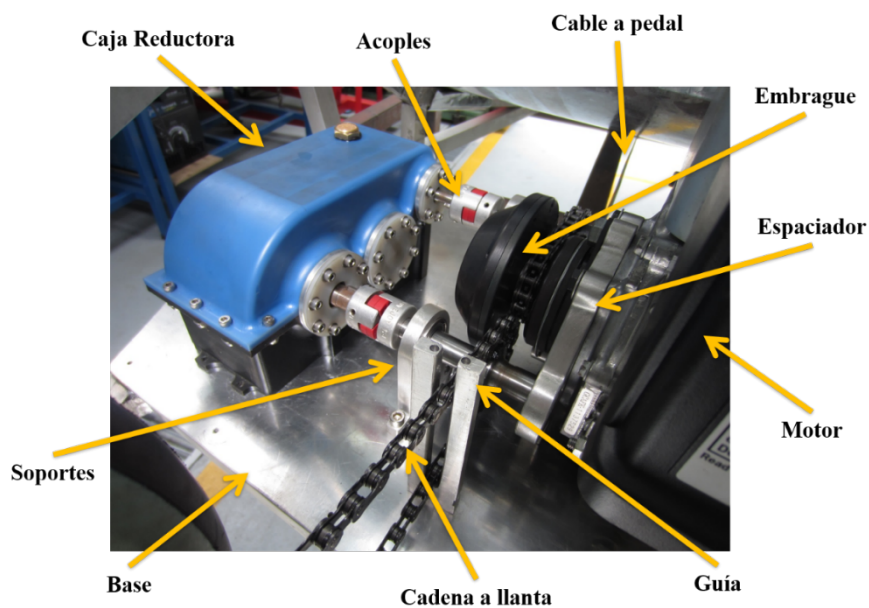
Como medida de contingencia se decidió también maquinar una segunda caja, fabricada de aluminio con engranajes plásticos. Como se mencionó anteriormente, no se tenía experiencia sobre el comportamiento de los plásticos, así que la segunda caja serviría para contar con una alternativa rápida en caso que en la competencia se le ocasionara un daño irreparable a la caja de plástico. Las dimensiones fueron las mismas, con unas pequeñas diferencias causadas por el maquinado. La caja reductora de plástico con todos sus componentes tiene una masa de 2.22 kg; la de aluminio 3.13 kg, lo que representa un aumento de 41% sobre la de plástico.

Figura 90. La caja reductora de aluminio



e. **Montaje del sistema reductor.** Todos los componentes del sistema reductor: motor, embrague, caja reductora y piezas de apoyo debían ser montados de una manera ordenada con el objetivo de optimizar el espacio disponible. Para lograrlo se utilizó el software Autodesk Inventor, en donde se dibujaron todos los componentes para crear una representación digital del sistema.

Figura 91. Disposición final de los componentes de la transmisión



1) Base. La plancha que funcionaría como base también debería ser lo suficientemente rígida para garantizar el alineamiento de los ejes, tanto al momento de ser montados como al momento de deformarse a causa de las vibraciones y peso de todos los elementos de la transmisión. La base se fabricó a partir de una plancha de aluminio de 3/16 plg de espesor, esta pieza tenía la misma geometría del espacio donde sería montada ya que sería anclada al chasis por medio de remaches. Era de suma importancia asegurar la ubicación de los agujeros al momento de maquirarlos, ya que de existir desviaciones, estos perjudicarían el alineamiento de todas las piezas.

2) Espaciador. Para acoplar el embrague al motor fue necesaria la construcción de una pieza de aluminio, a la que se le llama “espaciador”. La primera función de esta pieza era proporcionar los puntos de apoyo necesarios para sujetar el embrague, se le maquiraron dos agujeros roscados a  $\text{Ø} 92.05 \text{ mm}$  para anclar el embrague y cuatro a  $\text{Ø} 106.00 \text{ mm}$  para anclar el espaciador al motor, también se le fabricaron dos soportes, los cuales evitarían el desfase angular. Para aprovechar al máximo esta pieza se decidió también integrarle dos chumaceras, las cuales alojarían los rodamientos para los ejes complementarios de entrada y de salida. Los planos de esta pieza están disponibles en el anexo 21.

3) Cadenas. El embrague transmite su potencia por medio de una catarina para cadena ANSI #35. Se diseñó un eje complementario que recibiría la potencia por medio de una cadena acoplada al eje de entrada de la caja. Lo mismo sucedería a la salida de la caja reductora, el eje complementario transmitiría el movimiento hasta la llanta por medio de otra cadena pero a diferencia del eje de entrada,

aquí se utilizaría una cadena de bicicleta de montaña Shimano. A continuación se presentan los cálculos realizados para dimensionar la cadena del embrague a la caja reductora.

### Cadena: Embrague a Caja Reductora

#### Datos del motor Honda GXH50:

$H := 1.6 \text{ kW}$	Potencia máxima
$T := 2.7 \text{ N}\cdot\text{m}$	Torque máximo
$n := 7000 \text{ rpm}$	Revoluciones máximas

#### Datos de diseño:

$N_1 := 14$	Dientes en la catarina del embrague
$N_2 := 14$	Dientes en la catarina del eje
$C := 62 \text{ mm}$	Distancia entre centros

#### Datos de la Cadena ANSI 35 (Shigley):

$p := 0.375 \text{ in}$	Paso
$A := 0.188 \text{ in}$	Ancho
$F_t := 1760 \text{ lbf}$	Resistencia a la tensión.
$K_s := 1.2$	Factor de servicio, obtenido del cuadro 7.
$n_d := 1.5$	Factor de seguridad deseado.
$K_1 := 0.81$	Factor de corrección de dientes, obtenido del cuadro 8.
$K_2 := 1$	Factor de hileras múltiples, obtenido del cuadro 9.

$$H_d := \frac{K_s \cdot H \cdot n_d}{K_1 \cdot K_2} = 4.77 \text{ hp} \quad \text{Potencia máxima soportada por la cadena.}$$

$$L := \frac{2 \cdot C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_1 - N_2)^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{C}{p}} = 27.02 \text{ eslabones necesarios}$$

Cuadro 29. Factores de servicio para transmisiones por cadena (Mott)

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Cuadro 30. Factor de corrección de dientes

Número de dientes en catarina	$K_1$
12	0.69
13	0.75
14	0.81
15	0.87
16	0.94

(Budynas)

Cuadro 31. Factores de hileras múltiples

Número de hileras	$K_2$
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3

(Budynas)

No se realizaron cálculos para la cadena del eje de salida a la llanta ya que solamente se podía utilizar la cadena de la misma línea del cassette y derailleur shimano. La cadena se utilizaría hasta que presentara fallas y luego sería reemplazada.

4) Soportes. La función de los soportes era brindar el segundo punto de apoyo para los ejes complementarios. Estos alojarían un rodamiento cada uno y serían anclados por medio de dos tornillos.

5) Acoples. El acople entre los ejes complementarios y la caja reductora se realizó por medio de acoples de mandíbula de la marca Lovejoy. Estos elementos funcionarían como piezas de sacrificio, evitando que una sobrecarga llegara a ser transmitida a la caja reductora, que por sus engranajes plásticos era el elemento más delicado de todo el sistema. Los acoples también brindarían cierta protección contra desalineación y amortiguarían levemente el impacto al momento de desembragar. A continuación se presentan los cálculos para el dimensionamiento de acoples, los factores  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  fueron obtenidos de las tablas en el anexo 19.

**Datos del motor Honda GXH50:**

$H := 1.6 \text{ kW}$	Potencia máxima
$T := 2.7 \text{ N}\cdot\text{m}$	Torque máximo
$n := 7000 \text{ rpm}$	Revoluciones máximas

**Datos:**

$K_1 := 1.2$	Factor de aplicación, operación uniforme
$K_2 := 1.0$	Factor de arranques, menos de 100 arranques por hora
$K_3 := 1.2$	Factor de temperatura, 40°C

Acople de entrada:

$$T_{m1} := T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 3.89 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{Torque a soportar.}$$

Acople de salida:

$$T_2 := T \cdot 12.25 = 33.08 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{Torque neto despues de la reduccón.}$$

$$T_{m2} := T_2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 47.63 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{Torque a soportar.}$$

Cuadro 32. Datos relevantes de los acoples seleccionados

Tamaño	Elastómero	Angular	Desalineación		Torque	
			Paralelo	Axial	Nominal	Máximo
14	95/98 Shore A	.9 -1.3°	.008-.027 plg	.093-252 plg	13 Nm	25 Nm
19/24	95/98 Shore A	.9 -1.3°	.008-.027 plg	.093-252 plg	17 Nm	34 Nm

Se seleccionó el acople #14 para los ejes de entrada y el #19/24 para los ejes de salida. El acople seleccionado para el eje de salida no soporta el toque máximo pero se decidió utilizarlo ya que el siguiente disponible sobrepasaba las dimensiones del espacio disponible. Se contaba con varios elastómeros para cambiarlos a medida que fuera necesario y también se contaba con otro juego de mandíbulas.

f. Velocidades. El objetivo de las velocidades era ayudar a mantener el motor por debajo de ciertas rpm, y así lograr una mayor eficiencia. Existen sistemas de velocidades CVT para motocicletas, sin embargo estos sistemas son pesados y grandes. Se decidió utilizar un sistema de velocidades para bicicleta por ser liviano, compacto y confiable. Se utilizó un cassette Shimano CS-HG41 de 8 platos en conjunto con un derailleur trasero Shimano Acera. Estos componentes son diseñados para bicicleta de montaña y se seleccionaron ya que soportan mayores vibraciones y tienen un rango de platos más grande, en comparación a los componentes diseñados para bicicletas de ruta.

Figura 92. Sistema de velocidades



Originalmente se consideró modificar el cassette, eliminando algunos platos y así aumentar la diferencia de relación entre velocidades, sin embargo no se realizó ya que afectaría significativamente el funcionamiento del derailleur y no se disponía del tiempo necesario para realizar pruebas y ajustes. Los cambios de las velocidades los realiza el piloto por medio de una palanca colocada en el timón, igual a las que se usan en las bicicletas.

Se hicieron los cálculos necesarios para encontrar a qué velocidad se desplazaría el vehículo en cada velocidad, a continuación los encontramos para la primera velocidad, las demás se resumen en el Cuadro 33.

**Datos:**

$e_r := 12.25$   
 $n_1 = 4500 \text{ rpm}$   
 $r = 0.25 \text{ m}$   
 $piñon := 14$   
 $cass_8 := 34$

Relación real de la caja reductora  
 Revoluciones máximas  
 Radio de la llanta  
 Dientes del piñon  
 Dientes en el primer plato

A continuación se utiliza la siguiente terminología:

$e_x$  = Reducción en la  $x$  velocidad

$e_{fx}$  = Reducción considerando la caja reductora

$Vel_{maxx}$  = Velocidad máxima en la  $x$  velocidad

Primera:

$$e_1 := \frac{cass_8}{piñon} = 2.43 \quad e_{f1} := e_1 \cdot e_r = 29.75$$

$$Vel_{max1} := \frac{n_1}{e_{f1}} \cdot r = 14.26 \frac{km}{hr}$$

Cuadro 33. Resumen del cálculo de las velocidades

Velocidad	Dientes	Reducción total	Velocidad máxima (km/h)
1	34	29.75	14.26
2	26	22.75	18.64
3	23	20.13	21.07
4	20	17.5	24.24
5	17	14.88	28.51
6	15	13.13	32.31
7	13	11.38	37.28
8	11	9.63	44.06

Con los cálculos de las velocidades se concluye que el vehículo alcanza la velocidad de crucero en el quinto y sexto plato. El séptimo y octavo plato no serían utilizados durante la competencia ya que el vehículo alcanzaría velocidades muy altas al utilizarlos. También es importante notar que utilizando la primera velocidad el torque alcanzado es de 80.325 Nm, suficientes para lograr que el vehículo se desplace desde el reposo.

## F. EFICIENCIA ENERGÉTICA

### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- La línea de combustible entre el tanque y el motor no debe incluir un elemento adicional (filtros, válvulas, etc.)
- El sistema de presurización debe estar equipado con un calibrador de presión y la presión normal de funcionamiento debe estar claramente marcada en el calibrador.
- La presurización se realiza por medio de una botella translúcida de aire comprimido provista de una válvula de seguridad tarada a un máximo de 5 bares. Debe incluir una válvula estándar como la que se utiliza para los neumáticos de coche con el fin de permitir la verificación / control de la presión de ajuste de la válvula de seguridad.

## 2. DISEÑO, ANÁLISIS Y CÁLCULOS

### a. Instalación del sistema de inyección:

- Sustitución del carburador por el sistema de inyección en motor Honda GX31.
  - Retirar el carburador, utilizando el manual de dicho motor.
  - Instalar el inyector y todos sus sensores de manera adecuada, con ayuda del manual (“Installation Manual ECOTRONS”)
  - Sustituir el sensor de chispa que trae el motor, por el sensor que trae el inyector con la ayuda de un adaptador que ayuda a regular la posición del mismo.
  - Instalar la interfaz del programa “ECOTRONS ProCAL v.7.2.4” que incluye el kit de inyección en la computadora a utilizar.
  - Realizar pruebas con la calibración incluida por la misma interfaz, con gasolina, para verificar el correcto funcionamiento del inyector.
    - Verificar que el paso de aire al inyector este totalmente cerrado, por medio del tornillo que lo regula (“idle air screw”)
    - Abrir inicialmente con 5 vueltas al tornillo
    - Arrancar el motor
- Sustitución del carburador por sistema de inyección en motor Honda GXH 50
  - Retirar el carburador, utilizando el manual de dicho motor.
  - Instalar el inyector y todos sus sensores de manera adecuada, con ayuda del manual (“Installation Manual ECOTRONS”)
  - Sustituir el sensor de chispa que trae el motor, por el sensor que trae el inyector con la ayuda de un adaptador que ayuda a regular la posición del mismo.
  - Instalar la interfaz del programa “ECOTRONS ProCAL v.7.2.4” que incluye el kit de inyección en la computadora a utilizar.
  - Realizar pruebas con la calibración incluida por la misma interfaz, con gasolina, para verificar el correcto funcionamiento del inyector.
  - Verificar que el sensor de chispa esté correctamente posicionado
    - Encender el motor y con ayuda de una lámpara de tiempo, verificar que el sensor este posicionado en el ángulo adecuado, esto se sabe cuando la aleta coincide con la marca del motor.
    - Si ya no es posible seguir corriendo el sensor de manera manual en la pieza de adaptación, se debe modificar el parámetro de ajuste del ángulo de encendido (“Pickup to TDC angle”) en el programa del inyector “ProCAL”
      - Aumentar el valor del parámetro en 10°, grabar la información en la computadora del sistema de inyección (“ECU”)
      - Encender el motor y realizar la prueba de la lámpara de tiempo.

b. Encendido de motor en banco de pruebas:

- Pruebas con etanol
  - Medir las condiciones ambientales de presión y temperatura del lugar en que se va a trabajar, con ayuda de un barómetro.
  - Calibrar el sensor de presión según las condiciones ambientales (ver procedimiento detallado en anexo 21, “Calibración sensor de presión”)
  - Realizar una curva de calibración para la cantidad de combustible a inyectar para dos presiones seleccionadas con anterioridad (1.4 bar y 2 bar), (ver procedimiento detallado de la calibración en anexo 21, “Curvas de calibración para masa inyectada”)
  - Presurizar el sistema a la presión de trabajo elegida, con ayuda de la válvula de regulación de presión del sistema de presurización.
  - Dejar encendido el motor
    - Tomar mediciones de gases de combustión con ayuda de un analizador de gases marca Bacharach. (ver procedimiento detallado de la prueba en anexo 21, “Prueba gases de combustión”)
    - Grabar con la interfaz del programa las mediciones de sensores, para después tomar los valores de temperaturas necesarios.
    - Con la información obtenida proceder a calcular la eficiencia del motor.
  - Realizar una medición del rendimiento estático del motor con gasolina y con etanol, para realizar una comparación entre ambos. (ver procedimiento detallado en anexo 21, “Prueba consumo de combustible”)

Materiales:

- Motor Honda GXH50 y GX31
- Efi ECOTRONS Kit (kit de inyección)
- Gasolina RON 95
- Etanol carburante
- Beaker de 25ml
- Probeta de 10ml
- Balanza analítica
- Termómetro láser
- Sistema de vacío y lámpara de tiempo
- Bacharach

## G. SISTEMA MONITOREO Y POSICIONAMIENTO INALÁMBRICO

### 1. REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO

#### a. Según el reglamento de la competencia Shell Eco-Marathon:

- Por razones de seguridad, la tensión máxima de voltaje a bordo de cualquier vehículo en cualquier punto no debe exceder de 48V nominales y 60V máximo.
- Para todos los vehículos solo se permite una batería a bordo.
- Todas las baterías y supercapacitores deben de estar protegidos frente a cortocircuitos. La protección puede estar en forma de fusible o dispositivo de interrupción de corriente. Estos deben de estar situados en el conductor positivo.
- Todos los circuitos eléctricos del vehículo deben estar protegidos contra sobrecargas eléctricas.
- Las fuentes de alimentación de los sistemas eléctricos deben instalarse fuera de la cabina del conductor detrás de un mamparo.
- Los siguientes dispositivos pueden ser alimentados por baterías distintas a la de propulsión: sistema de radio de comunicación, sistema GPS, drivers de ventiladores y registradores de datos del motor.

#### b. De diseño:

- Medir la temperatura y humedad en la cabina del vehículo. En un rango de medición entre 10°C - 40°C y 20% - 90%, respectivamente.
- Medir las revoluciones por minuto del eje del motor.
- El piloto debe saber cuándo algún otro vehículo quiera rebasarlo por los extremos (izquierda y derecha). Esto en un rango de 2 metros medidos horizontalmente desde el vehículo.
- Monitorear y visualizar la posición del vehículo en la pista sobre la plataforma Google Maps.
- Debe de colocarse una pantalla en la cabina del vehículo.
- Todos los datos obtenidos por el sistema de sensores deben de ser transmitidos de forma inalámbrica hacia una computadora.
- La transmisión de datos inalámbrica debe tener un rango mínimo de 160 metros a la redonda (radio). Esta debe realizarse a través de los módulos XBee.
- La comunicación inalámbrica de datos entre el sistema electrónico y la computadora debe ejecutarse en tiempo real.
- Se debe desarrollar un software de monitoreo para desplegar los datos obtenidos por el sistema de monitoreo y posicionamiento.

- Todos los datos desplegados en el software de monitoreo deben de desplegarse de tal forma que se pueda observar el desempeño del motor y las condiciones ambientales de la cabina del vehículo.
- Todos los datos procesados por el sistema electrónico deben ser almacenados en una memoria SD.

2. ESTUDIO DE SELECCIÓN DE COMPONENTES. De acuerdo a los requerimientos establecidos para el sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico, se realizó un análisis basado en el método “Trade Study” para seleccionar cada uno de los componentes que integran al sistema.

Los factores de ponderación para cada componente electrónico son distintos, esto se debe principalmente a la aplicación y función de cada dispositivo en el sistema. A continuación se muestra el procedimiento que se llevó a cabo para seleccionar dichos componentes:

a. Unidad de control

1) Proceso de selección del micro-controlador. Para la selección de la unidad de control se decidió trabajar con la plataforma Arduino, esto debido a su facilidad de programación, bajo costo y amplia variedad de productos compatibles con esta plataforma.

Cuadro 34. Factores de ponderación para la selección del micro-controlador

CRITERIO	PESO	VALORES NORMALIZADOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>No. de puertos serial</b>	5	Menos puertos					Mas puertos				
<b>Velocidad de ejecución</b>	5	Lenta					Rápida				
<b>Entradas/Salidas Digitales</b>	5	Menos Pines					Mas Pines				
<b>Voltaje de alimentación</b>	4	Bajo					Alto				
<b>Precio</b>	3	Bajo					Alto				
<b>Tamaño</b>	2	Pequeño					Grande				
<b>Memoria flash</b>	1	Menor					Mayor				

Cuadro 35. Características de los modelos de Arduino propuestos

Modelo	Micro-controlador	Velocidad de Reloj (MHz)	No. De Puertos Serial	Entradas/Salidas Digitales	Voltaje de Alimentación (V)	Precio (\$)	Tamaño (in)	Memoria Flash (KB)
<b>Pro-Mini</b>	ATmega328	16	1	14	5 a 12	18	0.7 x 1.3	16
<b>Uno</b>	ATmega328	16	1	14	7 a 12	25	2.7 x 2.1	32
<b>Mega</b>	ATmega2560	16	4	54	7 a 12	40	4 x 2.1	256

Cuadro 36. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección del micro-controlador

CRITERIO	Pro-Mini		Uno		Mega	
	Normalizado	Total	Normalizado	Total	Normalizado	Total
<b>No. de puertos serial</b>	4	20	4	20	10	50
<b>Velocidad de ejecución</b>	10	50	10	50	10	50
<b>Entradas/Salidas digitales</b>	3	15	3	15	10	50
<b>Voltaje de alimentación</b>	10	40	10	40	10	40
<b>Precio</b>	7	21	8	24	9	27
<b>Tamaño</b>	10	20	7	14	2	4
<b>Memoria flash</b>	4	4	4	4	10	10
	Total	170	Total	167	<b>Total</b>	<b>231</b>

Como podemos observar en el anterior, el modelo seleccionado fue el Arduino Mega (utiliza un micro-controlador ATmega2560 marca Atmel). Los factores de ponderación que más peso tuvieron (véase Cuadro 1) para la selección del micro-controlador fueron: comunicación (debido a que el micro-controlador debía contar con dos puertos seriales como mínimo) y entradas/salidas digitales suficientes para cada uno de los dispositivos electrónicos del sistema de monitoreo y posicionamiento.

b. Sistema de sensores y módulos

1) Proceso de selección del sensor de temperatura-humedad. Para la selección del sensor de temperatura y humedad se propusieron dispositivos que tuvieran la capacidad de medir ambos factores a través del mismo componente electrónico y se verificó la disponibilidad del sensor en electrónicas en Guatemala, esto para minimizar costos y tiempos de retraso. Para seleccionar este sensor se realizó un análisis basado en el estudio “Trade Study” con las siguientes propuestas: RHT03, DHT11 y DHT22

Cuadro 37. Factores de ponderación para la selección del sensor de temperatura y humedad

CRITERIO	PESO	VALORES NORMALIZADOS																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10															
<b>Rango de medición de temperatura</b>	1										Menor									Mayor						
<b>Rango de medición humedad</b>	1																				Menor	Mayor				
<b>Precisión temperatura</b>	2																						Baja	Alta		
<b>Precisión humedad</b>	2																							Baja	Alta	
<b>Precio</b>	5																							Mayor	Menor	
<b>Tamaño</b>	3																								Pequeño	Grande
<b>Voltaje de alimentación</b>	5																								Bajo	Alto

Cuadro 38. Características de los sensores de temperatura y humedad propuestas

Fabricante	Modelo	Rango de medición de Temperatura (°C)	Rango de medición Humedad (%)	Precisión Temperatura (±)	Precisión Humedad (±)	Precio (\$)	Tamaño (mm)	Voltaje de Alimentación (V)
Sparkfun	RHT03	-40 a 80	0 a 100	0.5	2%	9.95	15.1 x 25 x 7.7	3.3 a 6
Adafruit	DHT11	0 a 50	20 a 90	2	5%	5	31 x 14 x 7.2	3.3
Adafruit	DHT22	-40 a 80	0 a 100	0.5	2-5%	9.95	15.1 x 25 x 7.7	3 a 5

Cuadro 39. Resultado del análisis “Trade Study” del sensor de temperatura y humedad

CRITERIO	RHT03		DHT11		DHT22	
	Normalizado	Total	Normalizado	Total	Normalizado	Total
Rango de medición de Temperatura	8	8	7	7	8	8
Rango de medición Humedad	8	8	7	7	8	8
Precisión Temperatura	6	12	5	10	6	12
Precisión humedad	6	12	5	10	6	12
Precio	8	40	10	50	8	40
Tamaño	9	27	9	27	9	27
Voltaje de Alimentación	10	50	10	50	10	50
	Total	157	Total	161	Total	157

Como se muestra en el cuadro anterior, el modelo del dispositivo seleccionado fue el sensor de temperatura y humedad DHT11, debido a su bajo costo comparado con los otros dos modelos de sensores. Es importante resaltar que el rango de medición de humedad y temperatura no fue un factor significativo en el proceso de selección, debido a que los tres modelos propuestos cumplían con el rango de medición definido en los requerimientos del módulo (medir valores de temperatura entre 10°C a 40°C y valores de humedad entre 20% y 90%).

2) Proceso de selección del módulo GPS. La selección del módulo GPS se centró básicamente en la exactitud de posición. Esto debido a que una de las partes fundamentales del sistema de monitoreo y posicionamiento es determinar la posición del vehículo en la pista durante el desarrollo de la competencia. Para seleccionar el módulo GPS se realizó un análisis basado en el estudio “Trade Study” con las siguientes propuestas: GPS Click, LS20031 y EM-506.

Cuadro 40. Factores de ponderación para la selección del módulo GPS

CRITERIO	PESO	VALORES NORMALIZADOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Consumo</b>	5			Alto					Bajo		
<b>Exactitud de posición</b>	5			Alta					Baja		
<b>Voltaje de alimentación</b>	5			Bajo					Alto		
<b>Precio</b>	3			Mayor					Menor		
<b>Baudrate</b>	1			Cumple					No cumple		
<b>Tamaño</b>	1			Grande					Pequeño		
<b>Canales de recepción</b>	1			Menor					Mayor		

Cuadro 41. Características de los módulos GPS propuestos

Fabricante	Modelo	Consumo (mA)	Exactitud de posición (m)	Voltaje de Alimentación (V)	Precio (\$)	Baudrate (bps)	Tamaño (mm)	Canales de Recepción
e-mikro	GPS Click	38	2.5	3.3	44	9600	28 x 28.6	66
Locosys	LS20031	41	3	3 a 4.2	60.95	57600	30 x 30	66
GlobalSat	EM-506	45-55	2.5	4.5 a 6.5	40	9600	30 x 30	48

Cuadro 42. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección del módulo GPS

CRITERIO	GPS Click		LS20031		EM-506	
	Normalizado	Total	Normalizado	Total	Normalizado	Total
<b>Consumo</b>	10	50	8	40	7	35
<b>Exactitud de posición</b>	8	40	6	30	8	40
<b>Voltaje de alimentación</b>	10	50	10	50	8	40
<b>Precio</b>	9	27	10	30	8	24
<b>Baudrate</b>	10	10	10	10	10	10
<b>Tamaño</b>	10	10	9	9	9	9
<b>Canales de Recepción</b>	10	10	10	10	8	8
	<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>Total</b>	<b>166</b>

En el cuadro anterior se muestra que el módulo GPS seleccionado fue el GPS Click. Debido a su exactitud de posición, bajo costo y menor consumo energético.

3) Proceso de selección de los sensores ultrasónicos. Como parte de las herramientas de seguridad brindadas por el sistema de monitoreo y posicionamiento se implementó la detección de objetos cercanos al vehículo, en este caso se utilizaron sensores ultrasónicos que permitieran cumplir con este objetivo. Para seleccionar este sensor se realizó un análisis basado en el estudio “Trade Study” con las siguientes propuestas: HC-RS04, USB-EZ1 y VMRA1.

Cuadro 43. Factores de ponderación para la selección de los sensores ultrasónicos

CRITERIO	PESO	VALORES NORMALIZADOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Consumo</b>	1			Alto							Bajo
<b>Precisión</b>	1			Menor							Mayor
<b>Voltaje de alimentación</b>	3			Mayor							Menor
<b>Precio</b>	4			Alto							Bajo
<b>Rango de distancia</b>	4			Bajo							Alto

Cuadro 44. Características de los sensores ultrasónicos propuestos

Fabricante	Modelo	Consumo (mA)	Precisión (cm)	Voltaje de alimentación (V)	Precio (\$)	Rango de distancia (m)
Micropik	HC-RS04	2	1	5	5	0.03 a 2
Adafruit	USB-EZ1	3	0.1	3 a 5	49.95	0.3 a 5
Adafruit	VMRA1	3.4	1	3 a 5	84.95	0.3 a 7

Cuadro 45. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección del sensor ultrasónico

CRITERIO	HC-RS04		USB-EZ1		VMRA1	
	Normalizado	Total	Normalizado	Total	Normalizado	Total
<b>Consumo</b>	10	10	9	9	8	8
<b>Precisión</b>	7	21	10	30	7	21
<b>Voltaje de alimentación</b>	10	40	10	40	10	40
<b>Precio</b>	10	40	3	12	3	12
<b>Rango de distancia</b>	7	28	9	36	10	40
	<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>Total</b>	<b>127</b>	<b>Total</b>	<b>121</b>

Como se muestra en el anterior, el sensor ultrasónico seleccionado fue el sensor HC-RS04, es importante mencionar que los criterios que mayor peso tuvieron fueron: rango de distancia (como valor mínimo 2 metros) y precio del dispositivo (10 veces menor al más próximo).

4) Proceso de selección de los módulos de comunicación inalámbrica. Dentro de los requisitos del sistema electrónico presentados en la sección *requerimientos del módulo* se estableció que la distancia mínima de transmisión de datos es de 160 metros de radio. En base a ello, el criterio que se estableció para seleccionar los módulos comunicación inalámbrica fue: cumplimiento de la distancia mínima de transmisión y velocidad de transmisión de datos. En este caso, no se realizó un proceso de selección entre dispositivos ya que desde un inicio se definió el uso de los módulos de transmisión inalámbrica XBee. Esto se debió a experiencias previas con estos dispositivos, facilidad de uso y confiabilidad. Dentro de la amplia categoría de modelos de estos módulos se seleccionó el modelo XBee Pro S1, ya que cumple con los

requerimientos necesarios para la comunicación inalámbrica del sistema. Las características de estos dispositivos se presentan a continuación:

Cuadro 46. Características de los módulos XBee Pro S1

Fabricante	Modelo	Consumo (mA)	Velocidad máxima de transmisión de datos (kbps)	Voltaje de alimentación (V)	Precio (\$)	Rango de transmisión (m)
Digi	XBee Pro S1	215	250	3.3	37.95	1500

5) Proceso de selección de la pantalla. Para seleccionar la pantalla de despliegue de datos se realizó un análisis basado en el estudio “Trade Study” con las siguientes propuestas: TFT LCD y HD44780U.

Cuadro 47. Factores de ponderación para la selección de la pantalla

CRITERIO	PESO	VALORES NORMALIZADOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo	4			Alto							Bajo
Voltaje de alimentación	5			Alto							Bajo
Tamaño	4			Menor							Mayor
Precio	1			Alto							Bajo
Despliegue gráfico (color)	5			Cumple							No Cumple

Cuadro 48. Características de las pantallas propuestas

Fabricante	Modelo	Consumo (mA)	Voltaje de alimentación (V)	Tamaño (in)	Precio (\$)	Despliegue gráfico (color)
Adafruit	TFT LCD	150	3.3 a 5	2.8 (diagonal)	30	Si
Hitachi	HD44780U	100	3 a 11	3.15 x 1.425	13.95	No







Cuadro 49. Resultado del análisis “Trade Study” para la selección de la pantalla

CRITERIO	TFT LCD		HD44780U	
	Normalizado	Total	Normalizado	Total
Consumo	9	36	10	40
Voltaje de alimentación	10	50	10	50
Tamaño	10	40	9	36
Precio	8	8	10	10
Despliegue gráfico (color)	10	50	5	25
	<b>Total</b>	<b>184</b>	<b>Total</b>	<b>161</b>

Como se muestra en el cuadro anterior, la pantalla seleccionada fue: TFT LCD. Es importante mencionar que uno de los criterios que más peso tuvo para la selección de la misma, fue el despliegue gráfico de esta pantalla.

c. Resumen de dispositivos electrónicos seleccionados

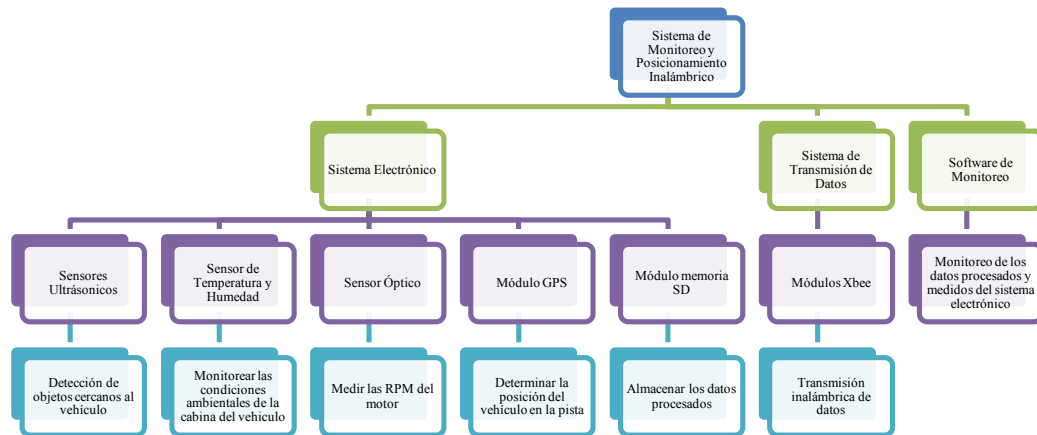
Cuadro 50. Resumen de los dispositivos seleccionados

Dispositivo	Descripción	Representación gráfica
<b>Arduino Mega</b>	Unidad de control de sistema electrónico	
<b>DHT11</b>	Sensor que permite medir la temperatura y humedad en la cabina del vehículo	
<b>GPS Click</b>	Modulo GPS que permite obtener la posición del vehículo en la pista	
<b>HC-RS04</b>	Sensor ultrasónico que permite determinar objetos próximos al vehículo	
<b>XBee Pro S1</b>	Módulos de transmisión inalámbrica de datos	
<b>Pantalla TFT LCD</b>	Pantalla para despliegue de datos en la cabina del vehículo	

\* Para el módulo de memoria SD presentado en este cuadro no se realizó ningún procesos de selección.

3. DISEÑO, ANÁLISIS Y CÁLCULOS. El sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico se diseñó en base a los requerimientos y condiciones establecidas por la Shell Internacional y por el diseño del sistema. A continuación se muestra el esquema general del sistema desarrollado:

Figura 93. Diagrama general del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico



En la Figura 93 se muestra el diagrama general del sistema, éste cuenta con diversos módulos y sensores que permitieron cumplir con cada uno de los requisitos establecidos por la competencia y el equipo de trabajo. Básicamente el sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico está dividido en tres categorías: sistema electrónico, sistema de transmisión inalámbrica de datos y software de monitoreo.

Cabe destacar que todos los módulos y dispositivos electrónicos utilizados en el sistema fueron comprados e implementados de forma directa, a excepción del sensor óptico. Este fue diseñado y fabricado para luego ser implementado en el sistema.

a. Sistema electrónico. Esta categoría está conformada por todos los dispositivos electrónicos implementados en el sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico. Como bien se mencionó (en el inciso B de la sección de Metodología), se realizó un estudio de selección de dispositivos que permitió definir los componentes electrónicos más adecuados para utilizar en este sistema.

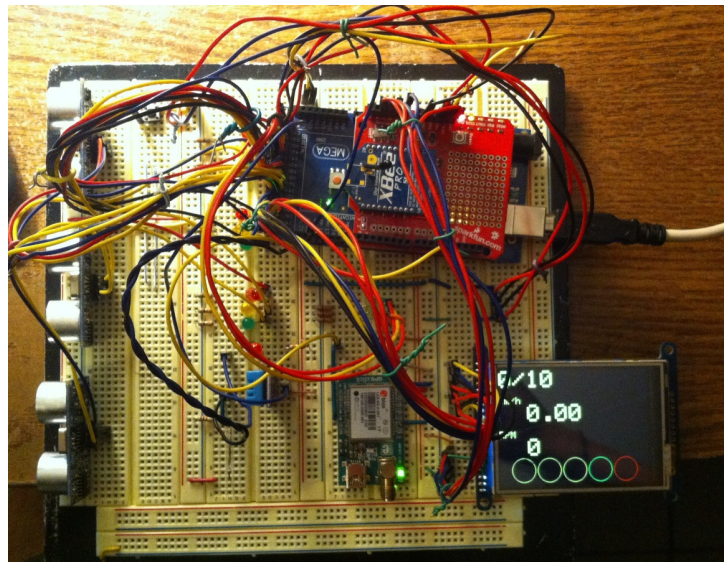
Para el diseño del sistema electrónico se llevaron a cabo cinco fases fundamentales: fase de pruebas, fase de cuantificación de energía, fase de diseño y construcción, fase de implementación y fase de mejoras.

1) Fase de pruebas. En esta fase se implementó cada uno de los componentes electrónicos, con el fin de verificar el funcionamiento correcto de los mismos. Tomando en cuenta los siguientes aspectos: verificar las señales de activación de cada sensor, compatibilidad con la unidad de control y señales de salida de cada uno de los dispositivos.

También se interconectó cada uno de los sensores y módulos a la unidad de control, y se realizó una segunda verificación del funcionamiento de cada componente del sistema electrónico. La razón por la cual se realizó esta segunda fase de pruebas se debió a que era fundamental que al momento de interconectar todo el sistema de sensores y módulos a la unidad de control, esta fuese capaz de procesar todos los datos obtenidos de cada dispositivo.

Como bien se ha mencionado, se utilizó como unidad de control el micro-controlador Atmega2560 embebido en la plataforma Arduino Mega. Por lo tanto se utilizó dicha plataforma para realizar las pruebas de todos los componentes electrónicos del sistema.

Figura 94. Primeras pruebas realizadas del sistema electrónico



- Obtención de datos del sensor DHT11

El integrado DHT11 es un sensor electrónico que permite medir la temperatura y humedad relativa de un ambiente. Una de las características más importantes de este sensor es que su salida es una señal digital, proporcionando así una alta fiabilidad y exactitud de medición. Además, permite una conexión rápida y fácil. Este sensor se utilizó para monitorear la temperatura y humedad de la cabina del vehículo.

Para la obtención de datos del sensor DHT11 se utilizó la librería <Dht.h> para decodificar la señal de datos del sensor conectada al pin digital (No. 48) del Arduino Mega y así poder registrar mediciones del sensor.

Figura 95. Diagrama de conexión del sensor DHT11

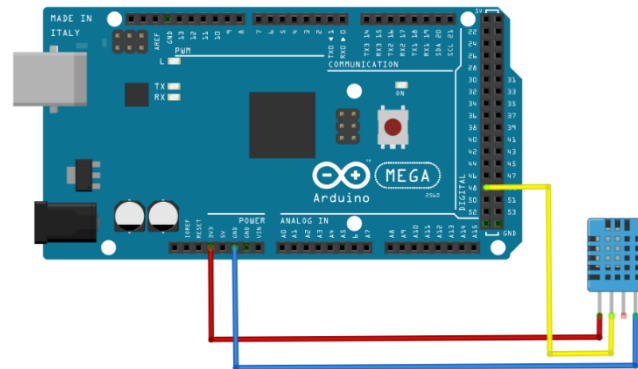


Figura 96. Señal de datos del sensor DHT11



En la Figura 96 se observa la señal de datos del sensor DHT11. Ésta gráfica es solamente una representación de la señal que recibe el micro-controlador del sensor, es de suma importancia entender la interpretación de datos que transmite éste sensor.

Se transmiten 5 bytes que equivalen a 40 bits (8 bits por byte):

- El primer byte transmitido corresponde a la parte entera de la humedad relativa
- El segundo byte transmitido corresponde a la parte decimal de la humedad. En las especificaciones del sensor DHT11 este byte corresponde a 0.
- El tercer byte transmitido corresponde a la parte entera de la temperatura
- El cuarto byte transmitido corresponde a la parte decimal de la temperatura. En las especificaciones del sensor DHT11 este byte corresponde a 0.
- El quinto byte corresponde a la suma de todos los bytes, verificando el procesamiento correcto de los datos.

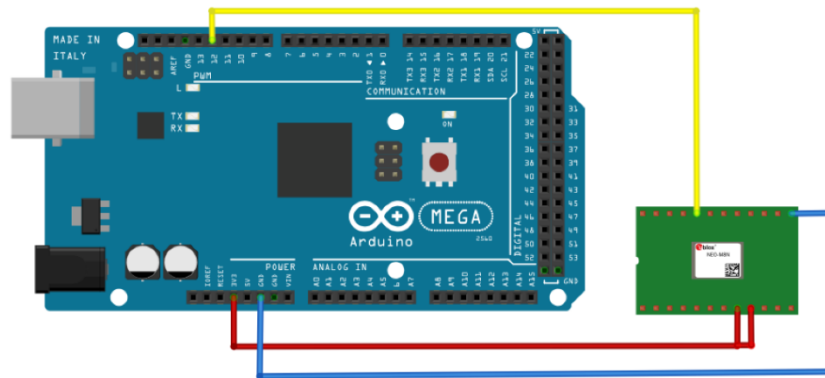
- Obtención de datos del módulo GPS Click

El módulo GPS Click es una tarjeta electrónica que nos permitió añadir la funcionalidad de GPS al vehículo. Este modelo de GPS permite la comunicación del dispositivo con un micro-controlador a través de la comunicación UART o I2C, en este caso se utilizó el puerto serial 2 del Arduino Mega para establecer dicha comunicación.

Para la obtención de datos del módulo GPS Click utilizamos la librería <TinyGPS.h> para la codificación y lectura de datos del módulo. Este módulo GPS tiene la capacidad de obtener los siguientes parámetros: número de satélites detectados, latitud, longitud, año, fecha, hora, altura, distancia y velocidad con respecto a una coordenada, entre otros.

Las coordenadas geográficas son un sistema de referencia que utiliza dos coordenadas angulares (latitud y longitud) que permiten expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la tierra. Por lo tanto, el dispositivo GPS Click permitió obtener las coordenadas de latitud y longitud (dimensionadas en grados) para determinar la posición del vehículo en la pista.

Figura 97. Diagrama de conexión del módulo GPS Click

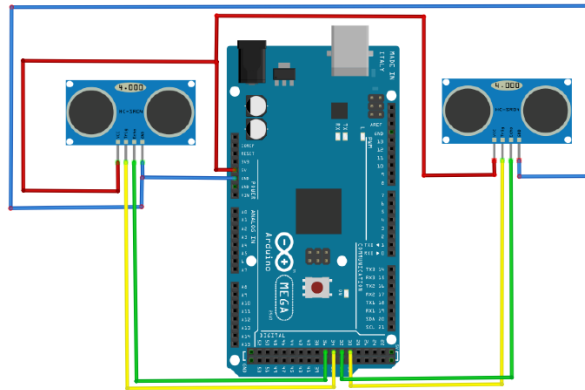


- Obtención de datos del sensor HC-RS04

El sensor ultrasónico HC-RS04 básicamente es un detector de proximidad en un rango de 0.03 a 2 m de distancia. Una de las características más importantes de este sensor es que no necesita estar en contacto físico con el objeto detectado. En este caso, se implementaron dos sensores para la detección de vehículos adversarios, los cuales fueron colocados en la parte trasera (izquierda y derecha) del vehículo.

La interfaz digital de este sensor se logra utilizando dos pines digitales del Arduino Mega: pin de trigger (disparo) y echo (eco). El primer pin recibe un pulso de  $10\mu\text{S}$  para indicar al módulo que inicie con la medición, a través del segundo pin el sensor recibe un pulso cuyo ancho es proporcional al tiempo que tarda el sonido en viajar y regresar del transductor al objeto detectado.

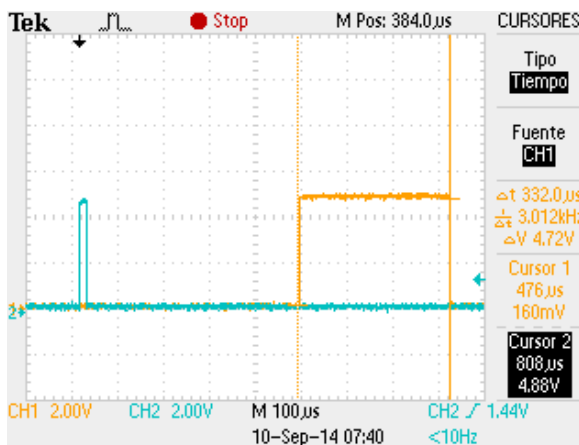
Figura 98. Diagrama de conexión de los sensores ultrasónicos



Es importante resaltar que para el sensor ultrasónico HC-RS04 existe un rango de medición en la que el sensor no puede establecer una medición correcta (denominada “zona muerta”), este rango está definido entre 0 a 3cm. Por lo que esta zona errónea de medición se debió tomar en cuenta en el diseño del sistema electrónico.

En la Figura 99. Señales de datos del sensor ultrasónico HC-RS04. Podemos observar la señal de disparo (color celeste) que permite inicializar la toma de mediciones del sensor (este envía 8 pulsos a 4kHz para la detección de un objeto) y la señal de eco (color naranja), nos permite determinar la distancia medida del sensor a través de su ancho de pulso. El micro-controlador mide el ancho de pulso en milisegundos para luego calcular la distancia del objeto medido horizontalmente en centímetros. Dependiendo de qué tan lejos o cerca el sensor detecte una superficie, el ancho de pulso aumenta o disminuye respectivamente. En esta figura el ancho de pulso de la señal del eco es de  $332\mu\text{s}$  lo que equivale a una distancia medida de 174.69 cm (aproximadamente 1.75 m).

Figura 99. Señales de datos del sensor ultrasónico HC-RS04



- Obtención de datos del sensor óptico

El sensor óptico se diseñó en base a un sensor infrarrojo que permitió medir las revoluciones por minuto del eje del motor del vehículo, cumpliendo con la función de un tacómetro. Este sensor fue construido utilizando un fotodiodo y un LED infrarrojo, creando así un interruptor óptico. Este interruptor produce una señal semi-senoidal de valores positivos, utilizando una compuerta NOT convertimos dicha señal a una señal cuadrada para que pueda ser detectada sin ningún problema por el Arduino Mega. Una vez establecida la señal de entrada al micro-controlador, en software se creó una interrupción que permitiera determinar la frecuencia de giro del eje del motor y en base a ello, obtener las revoluciones por minuto del eje del motor y una aproximación de la velocidad del vehículo.

Para comprobar el funcionamiento correcto del sensor infrarrojo, este fue montado sobre la llanta de una bicicleta. En esta prueba fue posible detectar que el sensor debía estar montado de forma segura, ya que las vibraciones del mismo afectaban directamente la señal de salida del sensor.

Figura 100. Pruebas del sensor infrarrojo montado sobre la llanta de una bicicleta

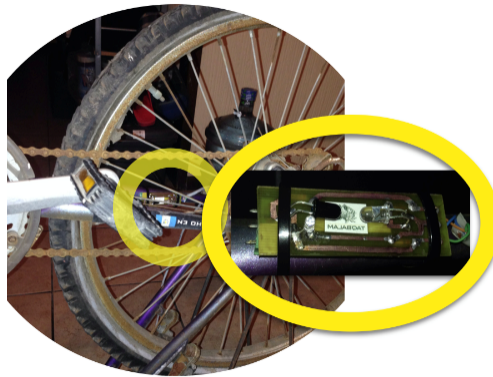
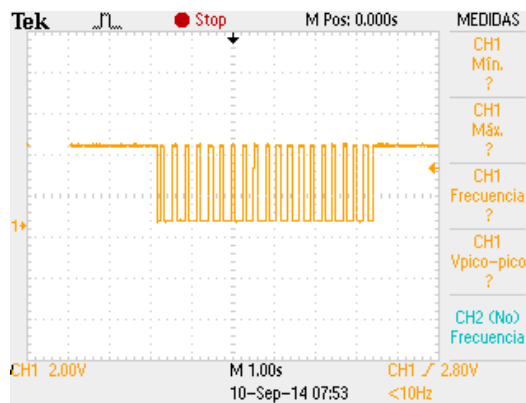


Figura 101. Señal de pulsos detectados por el sensor óptico



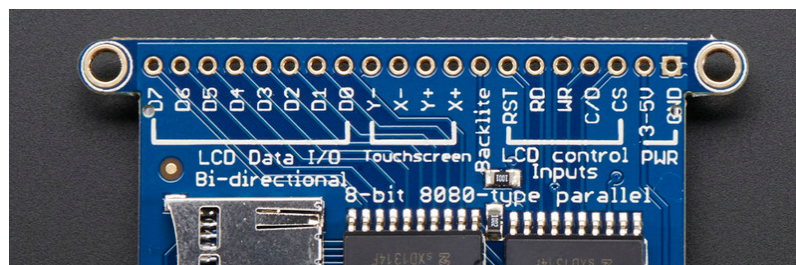
En la Figura 101 se muestra un tren de pulsos generado por el sensor infrarrojo, cada pulso indica que se ha interrumpido el haz de luz que existe entre el fotodiodo y el LED IR. En este caso se utilizó una cincha en la estructura de la bicicleta o eje del motor de tal forma que al completar una vuelta este interrumpiera el haz de luz generado en LED IR, esto nos permitió determinar la frecuencia de giro del eje o llanta. En base a ello determinar las revoluciones por minuto del eje del motor o de la llanta de la bicicleta. Se comprobó el funcionamiento correcto del sensor en los dos sistemas mencionados.

- Despliegue de datos en pantalla TFT LCD

Se utilizó la pantalla *Adafruit TFT LCD* para el despliegue de velocidad del vehículo, revoluciones por minuto del motor y número de vueltas recorridas por el vehículo, el tamaño de esta pantalla es de 2.8" (en diagonal). Esta pantalla es posible utilizarla en dos modos: 8 bits o SPI. En este caso, se utilizó esta pantalla en modo de 8 bits ya que su velocidad de despliegue de datos es mayor que la velocidad de despliegue en modo SPI. Para el modo utilizado fue necesario utilizar 8 líneas de datos , 5 líneas de control digital y 3 para la alimentación, tierra y reinició de la pantalla.

La interfaz digital de esta pantalla TFT LCD se realizó por medió de las librerías: <Adafruit\_GFX.h> y <Adafruit\_TFTLCD.h>. Estas permitieron el control, manejo y despliegue de datos en la pantalla. A continuación en la *Figura 25*, se muestra el listado de las funciones de cada uno de los pines de la pantalla:

Figura 102. Pines de la pantalla TFT LCD 2.8"

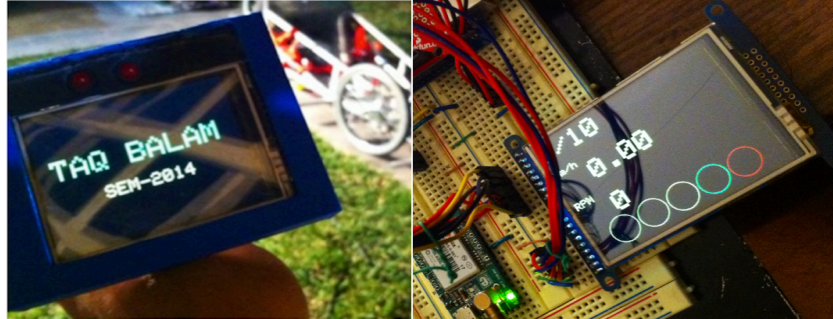


- GND: terminal negativa de la señal de entrada
- 3 – 5V: pin de alimentación de la pantalla
- CS: Chip Select
- C/D: selector de comandos
- WR: Escritura en pantalla
- RD: lectura del ID de la pantalla.
- RST: reiniciar la pantalla
- Backlite: control de luz de fondo
- Y-, Y+, X-, X+: pines para la detección de posición en la pantalla touch
- D0-D8: 8 bits de datos (D8 es el bit mas significativo)

Durante el desarrollo de las pruebas con la pantalla TFT LCD 2.8" fue posible identificar que en el modelo de Arduino Mega reconoce los 8 bits de datos únicamente en sus pines 22-29. Esto se debe a la

configuración de pines establecida en las librerías utilizadas, por lo que fue de suma importancia realizar esta prueba para evitar errores de hardware al momento de diseñar el circuito impreso de la unidad de control.

Figura 103. Despliegue de datos en pantalla TFT LCD 2.8”



En la figura anterior, se muestran los dos modos de operación del sistema de monitoreo (Véase sección *Desarrollo del programa de monitoreo*), del lado derecho se muestra el despliegue en pantalla del estado estacionario y del lado izquierdo se muestra el despliegue en pantalla del estado activo. En el estado activo, como bien se mencionó anteriormente se despliegan número de vueltas, velocidad y revoluciones por minuto del vehículo. Además de ello, se decidió agregar 5 formas (círculos) que indicaran el momento exacto donde el conductor debía realizar el cambio de velocidad.

Figura 104. Indicadores de cambio de velocidad



- Almacenamiento masivo de datos en memoria SD

Como parte del plan de seguridad del sistema de monitoreo, se almacenaron los datos procesados por la unidad de control en una memoria SD. Si la transmisión inalámbrica de datos presenta alguna falla durante el desarrollo de la competencia se tendrá una copia de seguridad de los datos procesados por el sistema electrónico.

Se utilizó un módulo SD para poner interconectar los pines de la memoria SD con el Arduino Mega, así mismo con ayuda de la librería <SD.h> se pudo realizar la escritura y lectura de datos en la memoria. Es importante mencionar que los datos almacenados en la memoria SD se encuentran en un archivo llamado “Datos.txt” (dentro de la memoria). Este archivo de texto debe de ser creado en la memoria antes de iniciar la lectura y escritura de datos.

Es importante recalcar nuevamente que los LEDs 1 y 2 colocados en la unidad de control utilizaron para indicar la apertura (LED1) y escritura (LED2) correcta del archivo “Datos.txt”

2) Fase de cuantificación de energía. En esta fase se cuantificó la energía de los componentes electrónicos utilizados en el sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico, básicamente se midió el consumo de corriente de cada componente y se calculó la potencia total consumida por el sistema. Tomando en cuenta que el suministro de energía al sistema electrónico del vehículo debía soportar como mínimo 45 minutos. A continuación se muestra la cuantificación de energía de los componentes electrónicos utilizados en el sistema de monitoreo y posicionamiento:

Cuadro 51. Cuantificación de energía del sistema de electrónico

<b>Módulo</b>	<b>Voltaje de alimentación (V)</b>	<b>Consumo de corriente (mA)</b>	<b>Potencia (mW)</b>	<b>Cantidad de dispositivos</b>	<b>Total consumo (mWh)</b>
<b>Arduino Mega</b>	9	70	630.00	1	472.50
<b>Sensor DHT11</b>	3.3	10	33.00	1	24.75
<b>GPS Clic</b>	3.3	72	237.60	1	178.20
<b>Sensor HC-SR04</b>	5	20	100.00	2	150.00
<b>XBee Pro S1</b>	3.3	60	198.00	1	148.50
<b>TFT LCD</b>	3.3	150	495.00	1	371.25
<b>Módulo SD</b>	3.3	66	217.80	1	163.35
<b>Sensor óptico</b>	5	70	350.00	1	262.50

\* El consumo eléctrico de todos los dispositivos fue obtenido experimentalmente

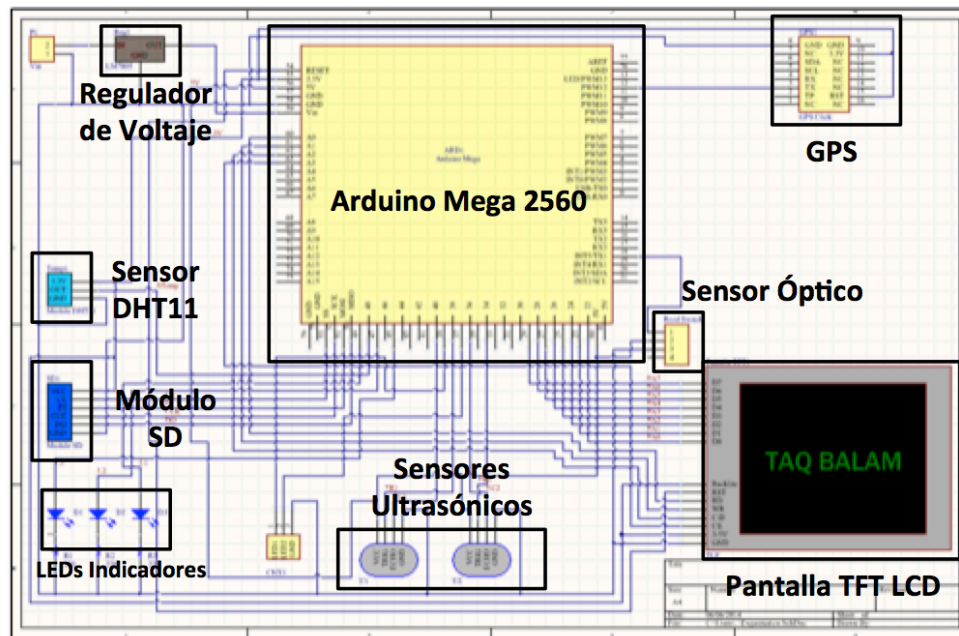
Cuadro 52. Resumen de potencia del sistema de monitoreo y posicionamiento

<b>Dato</b>	<b>Potencia (mWh)</b>
<b>Potencia total consumida</b>	1,771.05
<b>Potencia disponible</b>	12,000.00
<b>Margen de potencia disponible</b>	10,228.95

3) Fase de diseño y construcción. En base a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en las fases previas, se diseñó el sistema electrónico del vehículo. Una vez considerados todos los requerimientos establecidos por la competencia y equipo de trabajo, como primer paso se diseñó el esquemático del sistema electrónico. Se utilizó como herramienta de simulación el software *Altium Designer 2013*.

Los aspectos que se consideraron en el diseño del sistema electrónico fueron los siguientes: los sensores ultrasónicos fueron utilizados para detectar objetos cercanos al vehículo, el sensor óptico se utilizó para medir las revoluciones por minuto del motor y la pantalla TFT LCD nos permitió desplegar datos específicos en la cabina del vehículo. Debido a la aplicación y uso que se le dio a los dispositivos electrónicos mencionados anteriormente, estos debieron ser colocados en distintas ubicaciones dentro del vehículo, esto conlleva a que el sistema fuese diseñado como un sistema distribuido. En el primer diseño del sistema se utilizó borneras de 2 y 4 pines como terminales para la conexión entre todos los componentes electrónicos y la unidad de control, y se utilizó cable de par trenzado (UTP) categoría 6 para realizar dichas conexiones.

Figura 105. Esquemático del sistema electrónico



En la figura anterior se muestra el esquemático del sistema electrónico. Se utilizó el regulador de voltaje LM7812 para proteger el circuito de cualquier sobrecarga, y además cumplió con la función de limitar la corriente de entrada a la unidad de control a 1A. En la hoja de datos del fabricante del Arduino Mega se recomienda alimentar a esta plataforma con un voltaje entre 7-12V, por lo que se reguló el voltaje de alimentación a 12V. Por otro lado los LEDs indicadores se colocaron en el circuito para dos funciones en específico: iniciar por medio del LED1 y LED2 la apertura y escritura correcta en la memoria SD y el LED3 sirvió como herramienta de depuración del software del sistema electrónico.

A continuación se presenta el esquemático del circuito de potencia eléctrica del sistema, en este diagrama podemos observar que se colocaron dos pulsadores ON/OFF. El pulsador 1 fue colocado exclusivamente para desconectar todo el sistema eléctrico del vehículo y el pulsador 2 únicamente se utilizó para desconectar el sistema de monitoreo y posicionamiento desarrollado en este módulo. Cumpliendo con los requisitos establecidos por la competencia Shell Eco-Marathon (Véase sección Requerimientos del módulo) se protegió el sistema eléctrico general del vehículo de cortocircuitos con un fusible de 1A. Es importante mencionar que todo el sistema eléctrico/electrónico del vehículo fue energizado con una batería de plomo-ácido de 12V@12000mAh.

Figura 106. Esquemático del circuito de potencia eléctrica del sistema

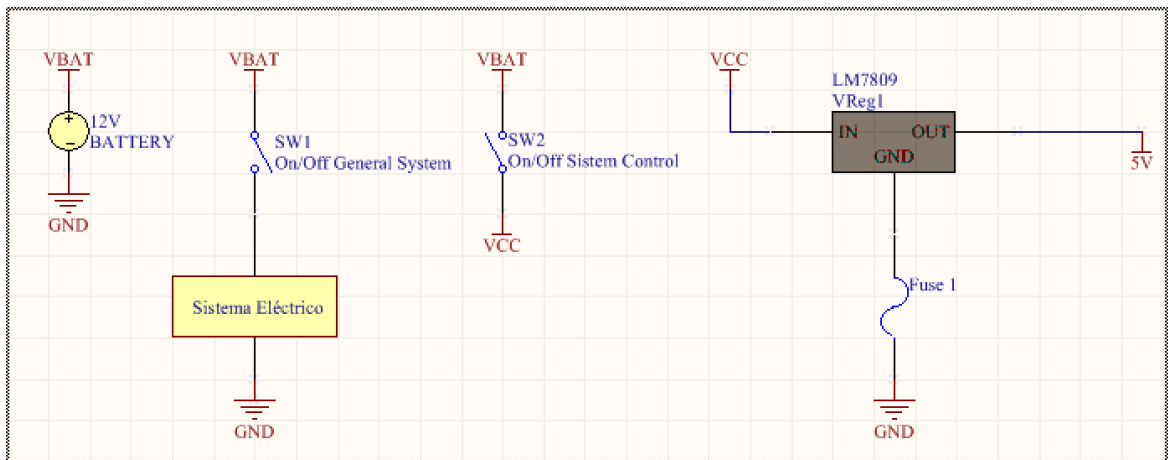
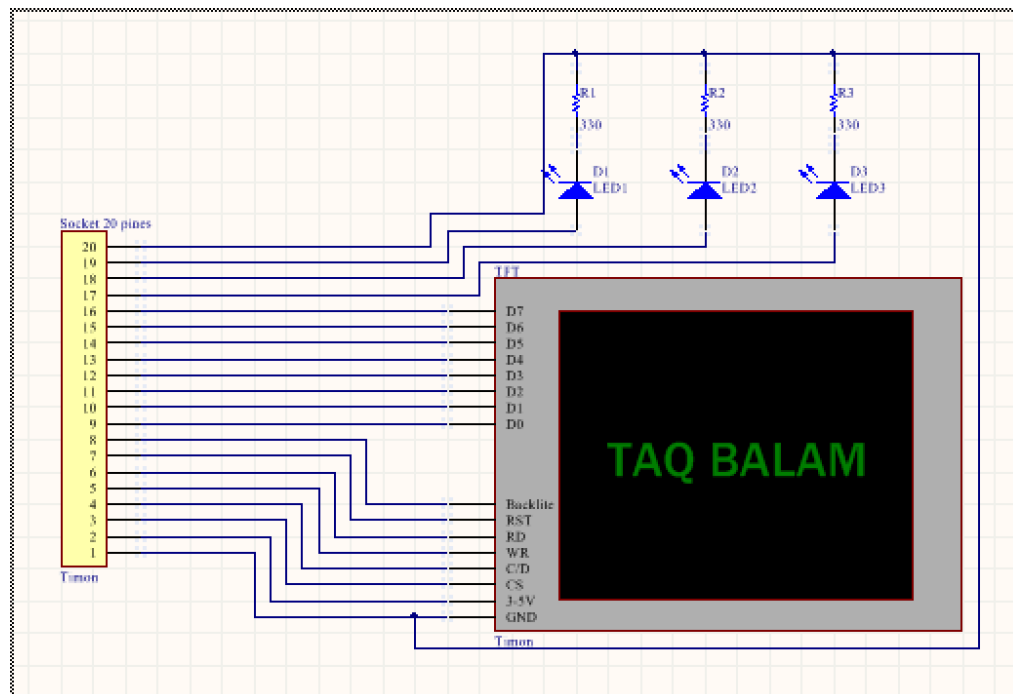


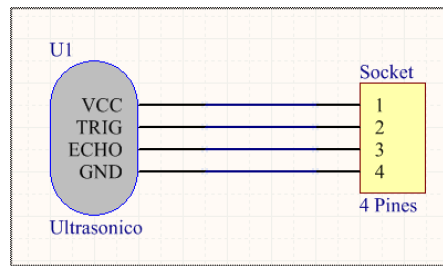
Figura 107. Esquemático del sistema de despliegue de datos



En la figura anterior se muestra el esquemático del sistema de despliegue de datos del vehículo. Este posee tres LEDs indicadores que básicamente cumplen con la función de indicar al piloto si algún vehículo se encuentra cercano a él.

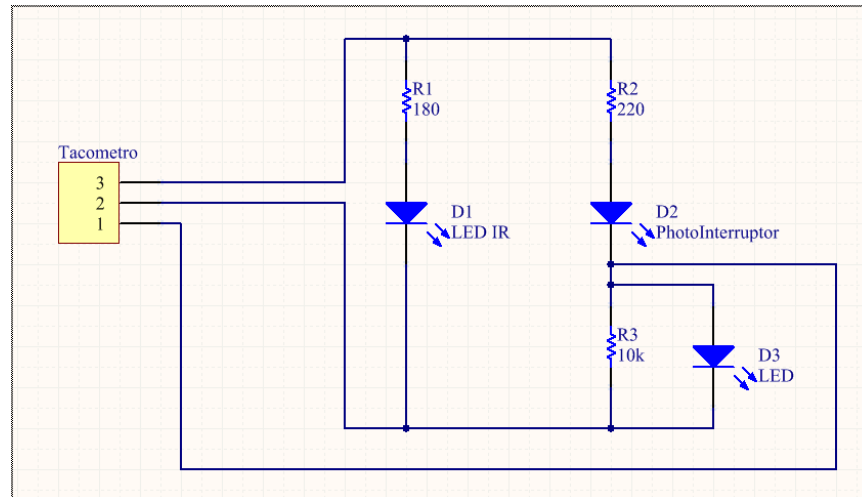
El esquemático del sensor ultrasónico mostrado en la siguiente figura, básicamente permite la conexión entre los pines del sensor y los pines del conector.

Figura 108. Esquemático de conexión del sensor ultrasónico



En base a las pruebas realizadas al sensor óptico se diseñó el esquemático del sensor en su primera versión. Tomando en cuenta que este únicamente fue puesto a prueba en la llanta de una bicicleta (Véase sección de *Fase de Pruebas*).

Figura 109. Esquemático del sensor infrarrojo



Una vez establecidos todos los parámetros del sistema electrónico y finalizado el esquemático del mismo, se procedió a diseñar los circuitos impresos. En este caso, se buscó optimizar los recursos y mejorar la eficiencia del diseño, realizando una vista en tres dimensiones (3D) de cada uno de los circuitos impresos. Esto permitió hacer más eficiente el diseño en cuanto a tamaño y posición de cada componente dentro de la placa principal y las placas de cada sensor y pantalla.

Para todos los circuitos impresos del sistema electrónico, se configuraron las siguientes propiedades:

- Placa de cobre de 4 oz/ft<sup>2</sup> con FR-4 de 10 mil de grosor como dieléctrico
- Grosor de los tracks : 20 – 30 mil

Figura 110. Diseño del circuito impreso de la unidad de control

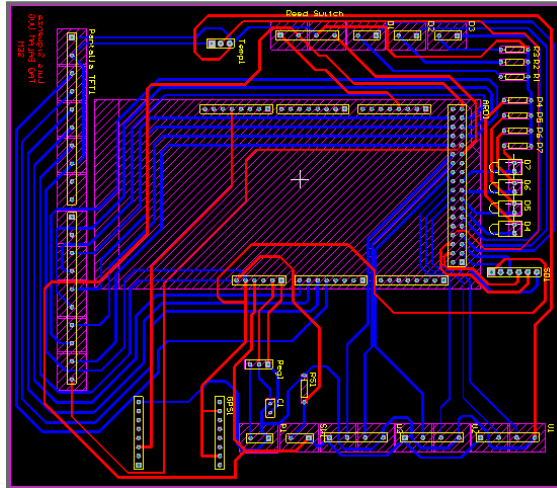


Figura 111. Diseño del circuito impreso del sistema de despliegue de datos

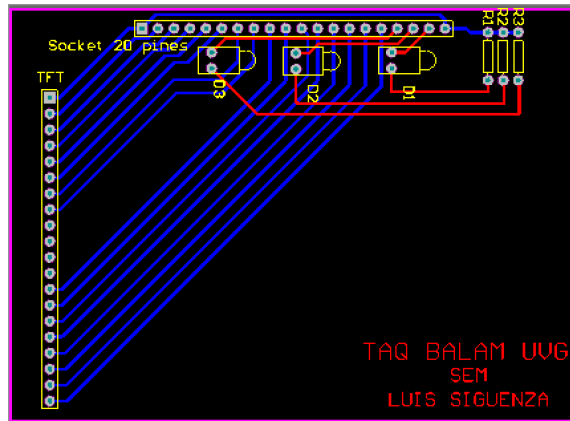


Figura 112. Diseño del circuito impreso y vista en 3D del sensor ultrasónico

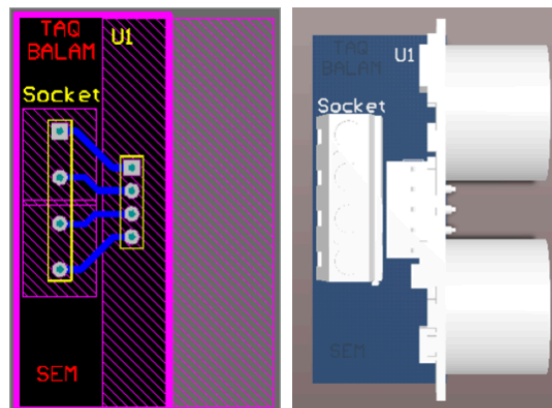


Figura 113. Diseño del circuito impreso del sensor infrarrojo



Como se puede observar en las figuras anteriores se diseñaron los circuitos impresos de la unidad de control y sistema de despliegue de datos en placas de cobre de doble cara, se realizó de esta forma ya que se buscaba reducir el tamaño de las placas. Mientras que los demás circuitos impresos fueron diseñados en placas de cobre de una cara.

Por último, se procedió a la fabricación de los circuitos impresos en la máquina *LPKF ProtoMat S103*, para luego soldar cada uno de los componentes electrónicos implementados en el diseño de los circuitos impresos.

Figura 114. Circuito impreso de la unidad de control

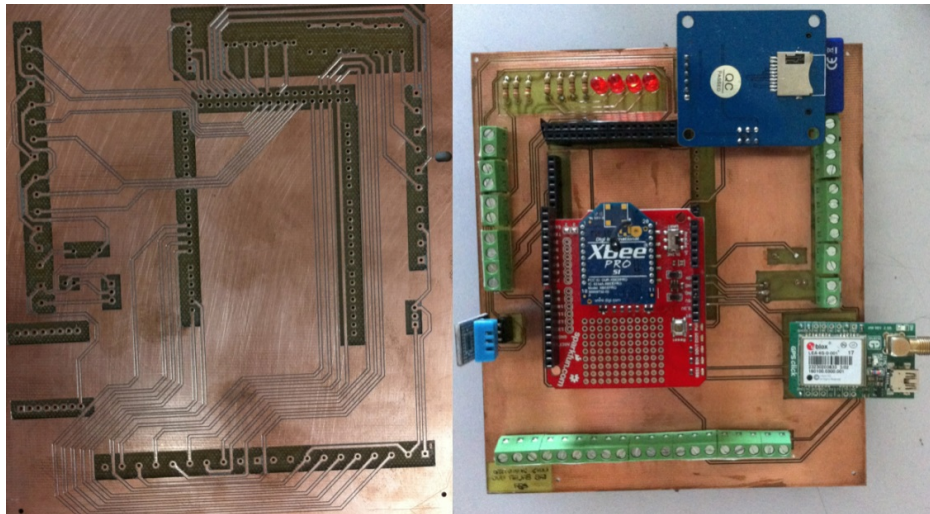


Figura 115. Circuito impreso del sistema de despliegue de datos

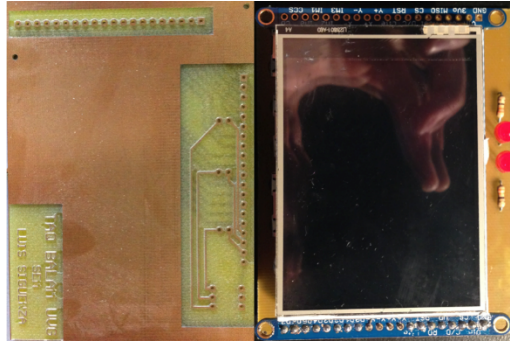


Figura 116. Circuito impreso del sensor ultrasónico

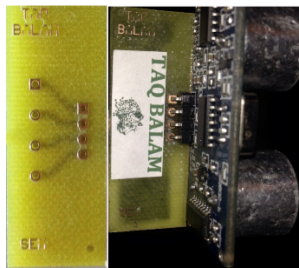


Figura 117. Circuito impreso del sensor óptico



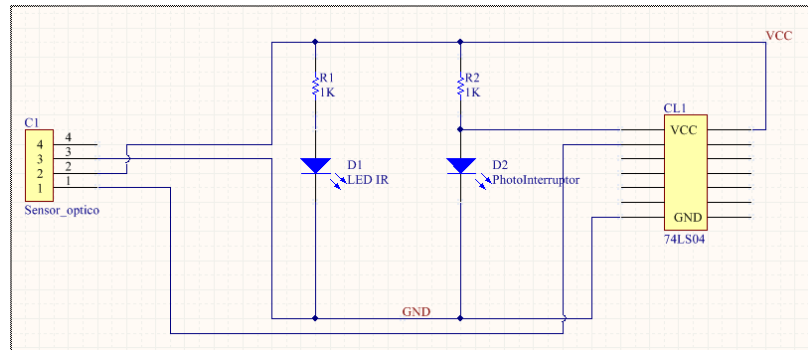
4) Fase de implementación. En esta fase se montó el sistema electrónico en el vehículo para el desarrollo de la competencia Shell Eco-Marathon. Durante el desarrollo de esta fase fue posible identificar y corregir errores en el diseño del sistema electrónico, los aspectos que no fueron considerados en el diseño de la primera versión del sistema electrónico son: ruido del motor (voltaje introducido por el motor en el circuito que lo alimenta) y vibraciones en la estructura principal del vehículo (chasis). También esta fase nos permitió verificar el funcionamiento correcto de todos los sensores y módulos del sistema, con excepción del sensor de revoluciones por minuto y los sensores ultrasónicos.

5) Fase de mejoras. En la competencia Shell Eco-Marathon se utilizó el primer diseño del sistema electrónico, en base a los resultados obtenidos en la competencia se detectaron errores en el diseño del sistema y se procedió a corregir dichos errores. Para ello se diseñó una segunda versión del sistema electrónico del vehículo.

En el primer diseño se utilizaron borneras para interconectar los sensores y pantalla a la unidad de control, lo cual, fue modificado en el segundo diseño del sistema electrónico. En este nuevo diseño se

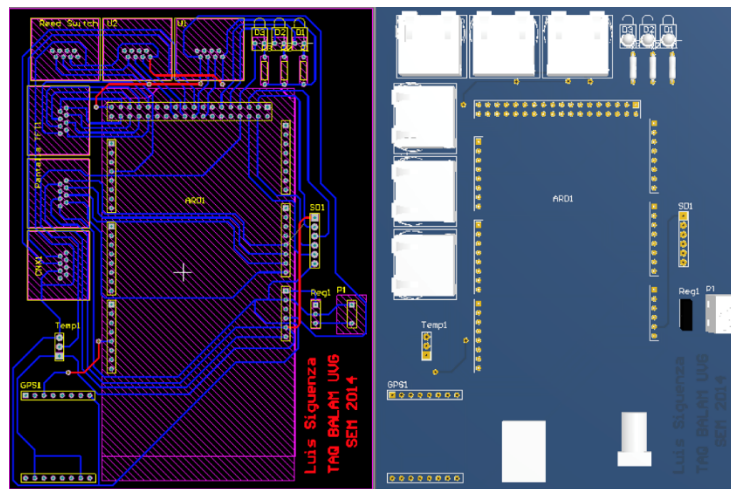
utilizaron conectores RJ-45 como terminales para la conexión de todos los dispositivos electrónicos del sistema electrónico, también se redujo el tamaño de los circuitos impresos. Por otro lado, el sensor óptico de la primera versión del sistema electrónico no funcionó correctamente por lo que se realizó un nuevo diseño del sensor:

Figura 118. Segunda versión del esquemático del sensor infrarrojo



El diseño de los esquemáticos de la unidad de control y los demás sensores fueron los mismos de la primera versión del sistema electrónico, con la única característica que se sustituyó el “footprint” de los conectores tipo bornera a un conector tipo RJ-45. Con estas mejoras realizadas a el sistema, se logró aumentar el desempeño y eficiencia del mismo.

Figura 119. Diseño final del circuito impreso de la unidad de control



Como podemos observar en la figura anterior se muestra el segundo diseño del sistema electrónico, comparado con el primer diseño del sistema se redujo el tamaño de la placa considerablemente y se posicionaron los componentes electrónicos de forma más ordenada. La versión final de la unidad de control del sistema electrónico se muestra en la siguiente figura.

Figura 120. Segunda versión de la unidad de control del sistema electrónico

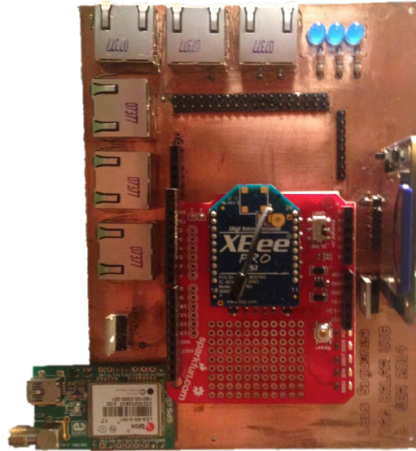


Figura 121. Segunda versión del sistema de despliegue de datos del vehículo

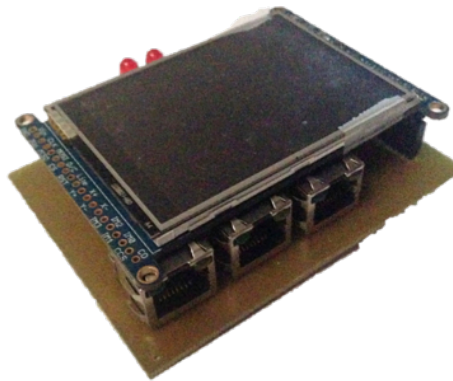


Figura 122. Segunda versión del circuito impreso de los sensores ultrasónicos

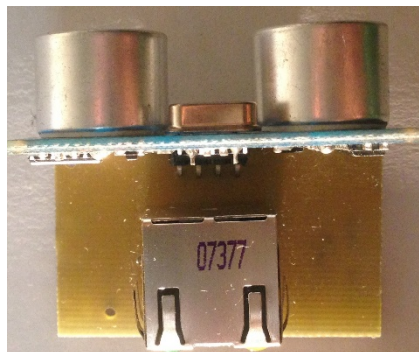
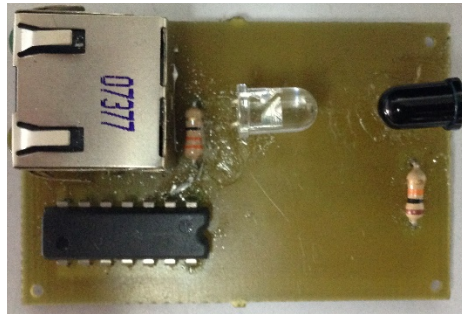


Figura 123. Segunda versión del sensor infrarrojo

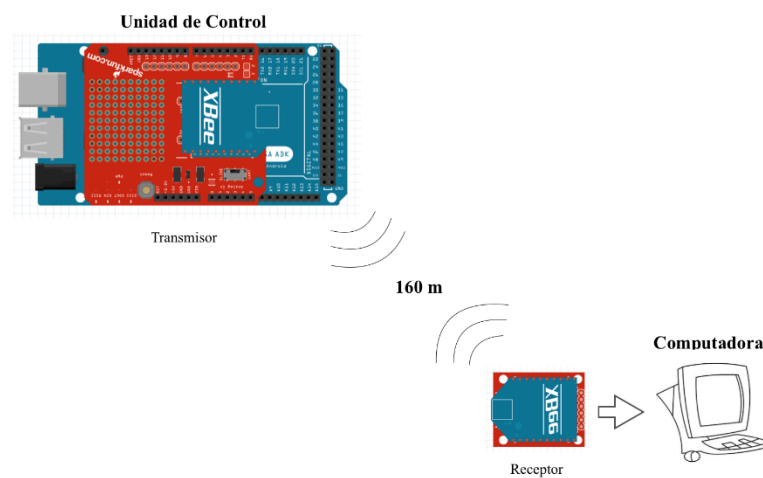


Una vez desarrollado el segundo diseño del sistema electrónico (tomando en cuenta que se volvió a diseñar, fabricar y construir los circuitos impresos de la unidad de control y sensores), se procedió a montar nuevamente el sistema electrónico en el vehículo. Lo cual, nos permitió comprobar el funcionamiento correcto de todo el sistema de monitoreo y posicionamiento.

a. Sistema de transmisión inalámbrica de datos. El sistema de transmisión inalámbrica de datos se realizó por medio de los módulos XBee Pro S1. Los cuales, utilizan el protocolo de comunicación inalámbrica Zigbee, basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4. Este protocolo permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar comunicaciones inalámbricas.

Los módulos XBee Pro S1 para esta aplicación fueron configurados con una topología punto a punto. Se utilizaron dos de estos módulos para lograr la comunicación entre la unidad de control y la computadora. A continuación se muestra una descripción gráfica del proceso de transmisión de datos:

Figura 124. Diagrama del proceso de transmisión inalámbrica de datos



En la anterior se observa el proceso de transmisión inalámbrica de datos utilizando los módulos XBee Pro S1. La unidad de control es la encargada de procesar los datos obtenidos del sistema electrónico quien a través de un módulo transmisor se envían estos datos procesados hacia el módulo emisor, el cual establece la comunicación con la computadora. En la sección *Requerimientos del módulo* se estableció la distancia mínima de comunicación inalámbrica, siendo esta de 160 m.

Como bien se mencionó anteriormente, se utilizaron dos dispositivos que permitieron la conexión de los módulos XBee Pro S1 tanto a la unidad de control como a la computadora. Se utilizó un XBee Shield para conectar el módulo transmisor al Arduino Mega y un XBee regulator USB para conectar el módulo emisor a la computadora y así poder establecer una comunicación con uno de los puertos seriales de la computadora.

Una vez definida la topología de trabajo para los módulos XBee Pro S1, se procedió a realizar la configuración de los módulos XBee PRO S1. Esta configuración se realizó por medio del software oficial proporcionado por el fabricante: X-CTU, para una red punto a punto es necesario establecer un módulo como coordinador y otro como router o dispositivo final.

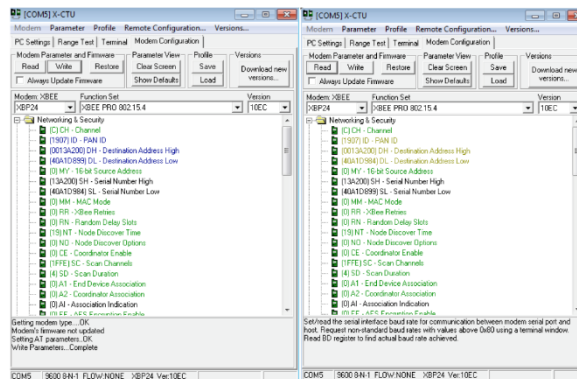
El módulo XBee PRO S1 colocado la unidad de control se configuró como coordinador y el módulo conectado a la computadora se configuró como dispositivo final. Para poder configurar cada dispositivo es necesario determinar el número de serie de cada módulo y establecer la dirección de destino de la siguiente forma: coordinador debe tener la dirección de destino del dispositivo final y viceversa.

Cuadro 53. Número de serie de los módulos XBee Pro S1

Módulo	Número de serie
<b>Coordinador</b>	134A20040A1D984
<b>Dispositivo final</b>	134A20040A1D899

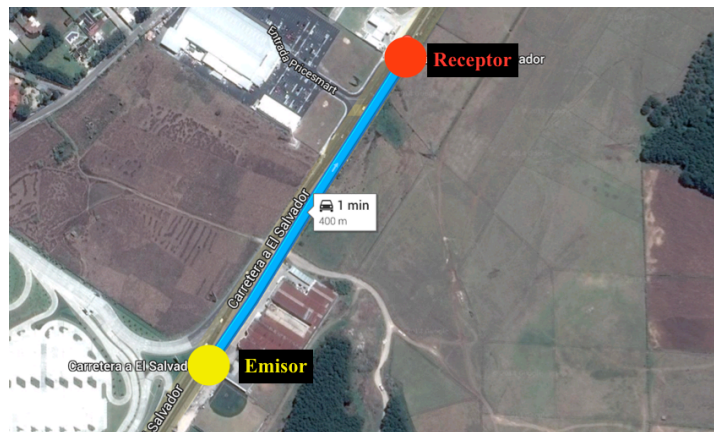
\*Los datos colocados en esta tabla fueron obtenidos directamente del dispositivo físico

Figura 125. Configuración del módulo coordinador y router (dispositivo final)



Se configuraron los módulos XBee Pro S1 con una topología punto a punto. Una vez configurados los dispositivos de forma correcta, se procedió al envío de datos de la unidad de control a la computadora. Como parte de las pruebas de transmisión inalámbrica de datos, se realizó una prueba de distancia. Para ello, se trató de simular las condiciones físicas que se iban a tener en la competencia Shell Eco-Marathon. Esta prueba confirmó el uso de los módulos XBee Pro S1 para el sistema de transmisión de datos del sistema de monitoreo y posicionamiento del vehículo. Se logró establecer una comunicación inalámbrica estable para una distancia de aproximadamente 400m horizontalmente, duplicando la distancia establecida inicialmente como requerimiento del módulo. Tomando en cuenta que el módulo emisor se encontraba en un extremo (punto amarillo) y el módulo receptor en el otro extremo (punto rojo).

Figura 126. Diagrama del proceso de transmisión inalámbrica de datos



b. Desarrollo del programa de monitoreo. Básicamente el programa de monitoreo es una interfaz gráfica que permite monitorear los datos procesados por la unidad de control. La característica más importante del software es el procesamiento de datos en tiempo real del sistema electrónico del vehículo.

Antes de iniciar con el proceso de diseño del programa de monitoreo, se estableció el formato y la estructura de la cadena de datos enviada por la unidad de control. Cada dato fue separado por un espacio en blanco (“ ”). A continuación se muestra el formato establecido para la cadena de datos:

```
<DSU1> <DSU2> <DOC1> <DOC2> <HUM> <TEMP> <VUELTAS> <RPM> <LAT>
<LON>
```

- DSU1: Distancia detectada por el sensor ultrasónico 1 (extremo derecho)
- DSU2: Distancia detectada por el sensor ultrasónico 2 (extremo izquierdo)
- DOC1:
  - Envía un “1” - Objeto detectado entre el rango de 0.03m a 2m por el sensor ultrasónico 1
  - Envía un “0” – No se detectó ningún objeto entre el rango de 0.03m a 2m por el sensor ultrasónico 1
- DOC2:

- Envía un “1” - Objeto detectado entre el rango de 0.03m a 2m por el sensor ultrasónico 2
- Envía un “0” – No se detectó ningún objeto entre el rango de 0.03m a 2m por el sensor ultrasónico 2
- HUM: Humedad relativa en la cabina del vehículo
- TEMP: Temperatura en la cabina del vehículo
- VUELTAS: Número de vueltas recorridas por el vehículo
- RPM: Revoluciones por minuto del motor del vehículo
- LAT: coordenada de latitud de la posición del vehículo establecida por el GPS
- LON: coordenada de longitud de la posición del vehículo establecida por el GPS

Una vez establecido el formato de la cadena de datos y la comunicación serial entre la unidad de control y la computadora, se creó el programa de monitoreo. Este programa permite monitorear las siguientes variables: valores medidos por el sistema de sensores, objetos próximos al vehículo, determinar la posición del vehículo en la pista y controlar el sistema de despliegue de datos. Para el desarrollo del programa de monitoreo se utilizó el software *Visual Studio 2013*.

El programa de monitoreo se estructura de la siguiente manera: conexión del puerto serial de la computadora al módulo XBee, despliegue de datos de los sensores y control de tiempos/vueltas del vehículo, gráficos de temperatura y humedad de la cabina, gráficos de revoluciones por minuto y velocidad aproximada del vehículo y despliegue de la posición del vehículo en la plataforma *Google Maps*. A continuación se muestra el programa de monitoreo desarrollado:

Figura 127. Ventana para configurar conexión con el módulo XBee



En la anterior se observa la ventana de conexión del programa al módulo XBee USB, en este caso se colocaron dos botones que permiten leer los puertos disponibles de la computadora y enlistarlos de tal forma que podamos seleccionar el puerto deseado y podamos conectar/desconectar el mismo. Así mismo, se colocó un círculo para indicar si se ha logrado realizar la conexión con éxito o no se ha podido realizar.

Figura 128. Ventana principal del programa de monitoreo

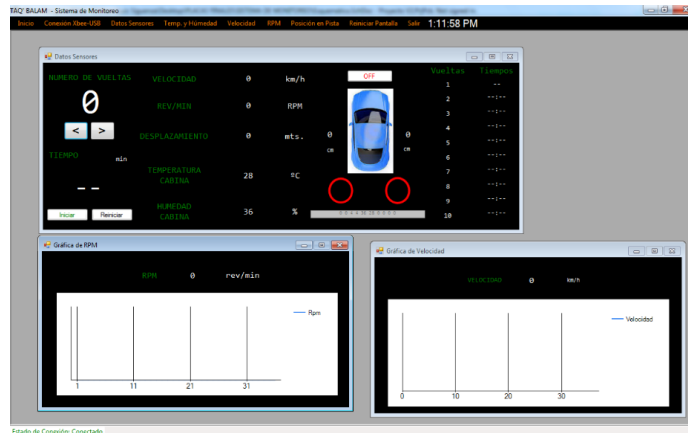
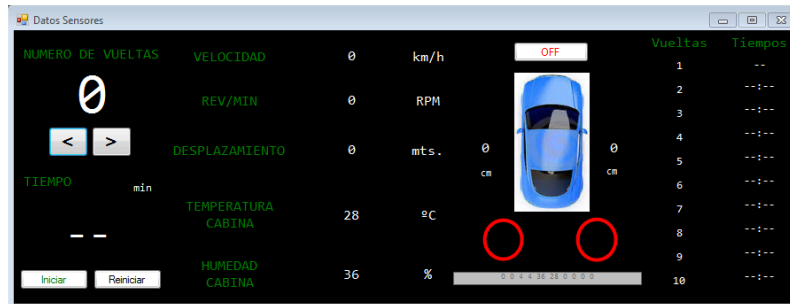


Figura 129. Ventana de despliegue de datos recibidos



En la anterior podemos observar la ventana de despliegue de datos, en esta ventana básicamente se muestra de forma gráfica la cadena de datos recibida. Además de ello, se controla el número de vueltas que ha recorrido el vehículo (este dato es enviado cada vez que se haya completado una vuelta para mostrarlo en la pantalla) y el tiempo que le ha tomado completarla. El sistema de monitoreo puede establecerse en dos estados (por medio del botón ON/OFF mostrado en esta figura): estacionario y activo, el primer estado permite detener el procesamiento de datos en la unidad de control y el estado activo permite el procesamiento y envío de datos de la unidad de control.

Figura 130. Ventana del gráfico de temperatura y humedad

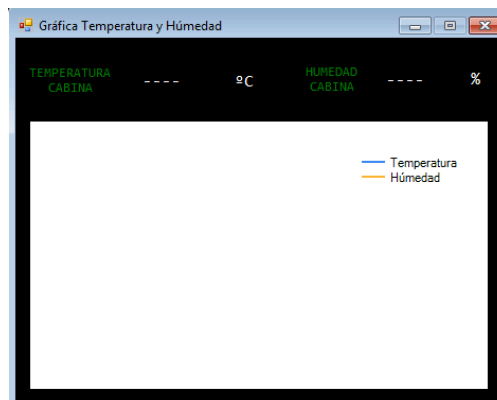
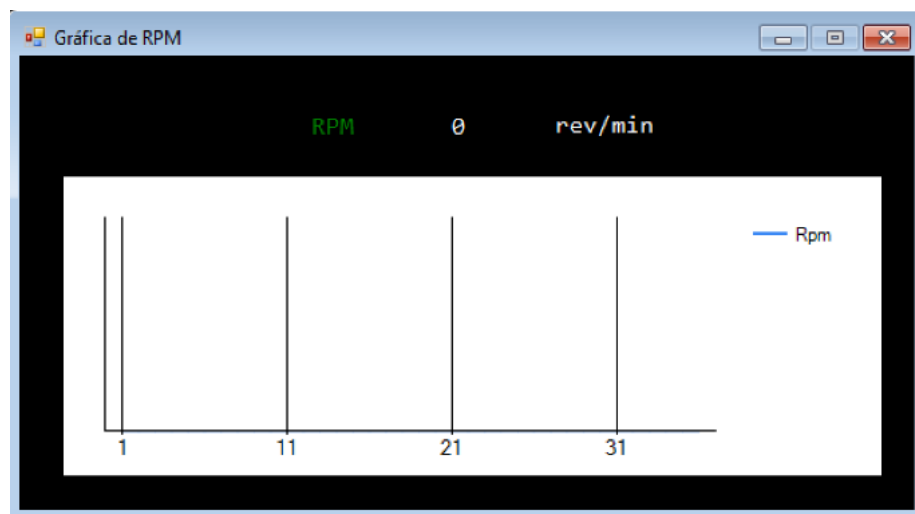


Figura 131. Ventana del gráfico de velocidad



Figura 132. Ventana del gráfico de revoluciones por minuto



El programa de monitoreo también cuenta con un plan de almacenamiento de datos, este consiste en almacenar en un archivo de texto (.txt) todos los datos recibidos. Al momento de ejecutar el programa este crea un archivo de texto con el nombre ("Datos\_Recibidos") en el disco duro de la computadora donde se van añadiendo los datos conforme se reciba cada cadena del sistema electrónico.

Es muy importante tomar en cuenta que el programa de monitoreo es un programa ejecutable, es decir, no necesita de ninguna instalación previa para poder ejecutarse. El mismo fue ejecutado en los siguientes sistemas operativos: Windows XP/7/8.

## H. PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN

1. Planificación y coordinación. Este proyecto se desarrolla en un equipo conformado por estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, Ingeniera Química, Ingeniería Mecánica, e Ingeniera Industrial. La ingeniería industrial está a cargo de la planeación, organización, dirección y control de todas las actividades que se llevan a cabo en la fase de diseño y construcción del vehículo, así como en el seguimiento de este, luego de la competencia.

Al iniciar el proyecto se definen los módulos principales que se requieren para la gestión del proyecto, asignando a cada integrante las responsabilidades de cada uno de estos módulos. Luego se especifican las actividades para cada módulo, y la duración de las mismas. Para llevar el control de estas actividades y las fechas en las que se debe concluir cada una, se utiliza la herramienta del diagrama de Gantt para llevar el control gráfico y el método de la ruta crítica, para enfocarse en las principales actividades que no pueden sufrir retrasos. Además se utiliza la herramienta del cuadro de mando integral (BSC), por módulo, la cual permite llevar el control del estado de las actividades en ejecución y el progreso del proyecto durante el tiempo establecido. Para mantener la comunicación efectiva del equipo, se utiliza la estructura organizacional de forma funcional, en la que se asigna un líder en del área técnica y otro para el área de seguridad y comunicación.

Para mantener al equipo informado, se realizan reuniones semanales con el objetivo de presentar los avances de cada integrante y así darle seguimiento a cada actividad por individual y principalmente, como equipo. Además se cuenta con una documentación de cada módulo, para que todos los integrantes puedan tener acceso de los avances y de detalles específicos del resto de módulos.

Para realizar el proceso para promover el proyecto se seleccionarán los mercados objetivos en base a las necesidades que requiere el proyecto, los beneficios que se puede obtener de estos y se realizó un análisis estratégico para determinar el entorno en el que se encuentra el proyecto. Luego se ejecutará la opción optima de promoción del proyecto para la obtención de materiales y recursos económicos, con los patrocinadores seleccionados. Además para dar a conocer más acerca del equipo y el proyecto, papel importante en el área de comunicación, se realizan visitas y actividades a colegios y a otros lugares públicos como pasos y pedales. Así como entrevistas a medios de comunicación como revistas, radios y canales de televisión nacional.

En la primera fase del proyecto, cada integrante trabaja individualmente en el diseño de sus respectivos módulos. Luego se consolidan para tener un diseño final del vehículo y que concuerden todas las partes de este. Después de concluir esta fase, se realiza una lista de todos los materiales, herramientas, piezas y procesos de manufactura que se requiere para cada módulo, para así realizar un presupuesto inicial.

Conforme se van adquiriendo los materiales necesarios se procede a la construcción de cada módulo individual, con la colaboración de todos los integrantes del equipo. Finalmente se procede a realizar la consolidación de todas las secciones.

Los trámites y la coordinación del transporte de Guatemala a Houston, se trabajan con anticipación para prevenir retrasos y el vehículo se encuentre a tiempo para la competencia.

Se espera darle seguimiento a este proyecto, y continuar en la competencia en los siguientes años en esta y otras categorías. Por lo que se lleva una documentación organizada de los tiempos, demoras, las cotizaciones, órdenes de compra y el presupuesto requerido para darle seguimiento, así como las mejoras, a cada módulo respectivamente. Además se busca darles seguimiento a todos los patrocinadores, de los avances durante el transcurso de la fase de diseño y construcción, así como de logros y resultados de la competencia, buscando mantener su apoyo en los siguientes proyectos.

2. **Estructura organizacional.** Luego de realizar la planificación de la distribución de trabajo, se llevó el control de cada actividad, para esto se manejó un ordenamiento jerárquico con el equipo de trabajo, con una estructura funcional. Con esta estructura se empleó la especialización, identificando la división de trabajo por módulos específicos del proyecto y las responsabilidades para cada uno de estos. Asimismo se puede agrupar las tareas de los diferentes módulos por medio de los líderes, para ejecutar correctamente con el diseño y construcción del vehículo. Además se impulsó una mejor comunicación entre los líderes y los integrantes del equipo, una efectiva administración y amplitud de control de las actividades.

Figura 133. Estructura organizacional



La estructura funcional está encabezada por el líder del proyecto, esta figura autoriza y se encuentra al tanto de todas las actividades y decisiones que se toman en el proyecto. Además es el responsable de motivar, orientar y mantener unido al equipo de trabajo. Debajo del líder se encuentra la administración, encargada de manejar eficientemente la planeación, organización, dirección y control con el objetivo de desarrollar el proyecto. Bajo el mando de la administración se encuentran los líderes de ingeniería, a cargo de la ejecución del diseño y construcción del vehículo y los líderes de los “Off-track awards”, enfocados en

el área de comunicación y seguridad del proyecto. Estos líderes se caracterizan por la capacidad de comunicarse con el resto del equipo, identificar problemas y proponer soluciones, ser responsables y transmitir sus características al resto del equipo.

Cuadro 54. Funciones y responsabilidades

Función	Responsabilidades
<b>Líder del proyecto</b>	Motivar, mantener la unión del equipo y orientarlo hacia el objetivo principal.
<b>Administrador del proyecto</b>	Planificar, organizar, dirigir y controlar eficientemente las actividades, el tiempo y los recursos económicos.
<b>Líder de Ingeniería</b>	Coordinar las áreas técnicas para ejecutar el diseño y construcción del vehículo de acuerdo a los lineamientos de la competencia y a la administración del proyecto.
<b>Líder de Off-track awards</b>	Desarrollar los módulos de las categorías adicionales en las que se participa en la competencia.

3. **Planificación inicial de tiempos.** Considerando que este es un proyecto con un período aproximadamente de un año, es importante que se defina desde el inicio la estructura del trabajo a realizar, incluyendo las actividades principales y específicas de cada módulo. Además es un proyecto compuesto por varios módulos de trabajo, con procesos de desarrollo diferentes, los cuales se deben acoplar en las etapas de diseño y construcción. La planificación del tiempo de trabajo, nos permite visualizar si el proyecto se puede desarrollar y concretar en el tiempo que se desea, bajo las condiciones en las que se encuentra. Además nos permite establecer la organización de todas las actividades, la definición de las actividades críticas y la dependencia de actividades entre los módulos para evitar retrasos y que el proyecto se desarrolle de manera efectiva.

Para iniciar la planificación de las actividades se utilizó la herramienta del diagrama de Gantt. Con esta herramienta se tuvo una visualización general del desglose de actividades principales que se debían efectuar. Además la duración y la relación de las actividades para cada módulo del proyecto.

Inicialmente el proyecto se tenía planificado a partir de julio a diciembre del 2013, considerando la etapa del diseño hasta la finalización de la construcción del vehículo, para proceder a realizar pruebas y los trámites para el envío. En el Anexo 30 se encuentran los diagramas de Gantt realizados con los tiempos iniciales.

En esta planificación se utilizó el método de la ruta crítica, como se muestra en el Anexo 31, para determinar las actividades más importantes respecto a su duración, ya que estas no podían sufrir de retrasos porque estos provocarían una demora significativa en la finalización del proyecto en la fecha deseada.

Inicialmente las actividades críticas que presentó el proyecto fueron principalmente del módulo del sistema de dirección y frenos:

- Las cotizaciones de los aros y llantas (6 días)
- El diseño del sistema de frenos (21 días)
- La manufactura de las piezas para el sistema de dirección (48 días)
- El ensamble del sistema de dirección y frenos (59 días)
- El envío del vehículo (11 días)

Esto se debe a que se consideró lapsos relativamente mayores, de hasta 59 días, respecto al resto de módulos, con duraciones entre 7 a 25 días, en la manufactura de las piezas complejas y diseñadas específicamente para este vehículo. Por lo tanto un retraso en estas actividades ocasionaría un retraso en el diseño (12 días) y fabricación del chasis (26 días) y carrocería (78 días), debido a que estos módulos se deben acoplar en el diseño de las dimensiones; y posteriormente el retraso de estos módulos ocasionaría una demora en los trámites y el envío del vehículo (21 días), afectando la fecha de llegada a la competencia.

Además se utilizó el método de ruta crítica que emplea 3 tiempos; el tiempo óptimo, probable y pesimista. Este método permite evaluar el efecto que la incertidumbre tiene en el tiempo de conclusión del proyecto, es decir las fluctuaciones que podrían presentarse considerando mejores o peores tiempos respecto al tiempo probable.

Con este método se encontró una aproximación del tiempo esperado para cada actividad, como se muestra en la Cuadro 54. A partir de estos datos se obtuvo la varianza y que a través del tiempo deseado y el tiempo esperado, se encontró la probabilidad de poder concluir el proyecto en el lapso deseado, siendo de 87.29%, como se muestra en la Cuadro 55. Este factor nos indica que incluyendo las varianzas en el tiempo de las actividades críticas, el proyecto si se podría concluir para la fecha deseada.

Cuadro 55. Estimación de tres tiempos de actividades

Actividad	Tiempos estimados (días)			Tiempo esperado (días)	Varianza de la actividad
	Optimista	Probable	Pesimista		
Gantt general	4	7	10	7	1.00
Presupuesto costos	15	28	35	27	11.11
Plan mercadeo	7	12	15	12	1.78
Tramitar transporte	7	15	21	15	5.44
Colocación patrocinadores	0	1	3	1	0.25
Documentación avances (todos)	5	7	10	7	0.69
Envío	7	10	15	10	1.78
Sistema de inyección					
Diseño de sistema de pruebas	4	5	8	5	0.44
Pruebas con motor GX35	10	15	20	15	2.78
Realización de pruebas	8	12	15	12	1.36
Diagramas	5	10	18	11	4.69
Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)	10	15	20	15	2.78
Aprovechamiento gases de combustión	15	20	25	20	2.78
Sistema de monitoreo					
Investigación de Plataformas	2	3	5	3	0.25
Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS	2	3	5	3	0.25
Cotizaciones	1	2	3	2	0.11
Pruebas Sistema de Inyección	2	5	7	5	0.69
Desarrollo de sistema básico de sensores	25	30	40	31	6.25
Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)	5	10	15	10	2.78
Diseño de sistema eléctrico en el vehículo	1	2	3	2	0.11
Ensamble de sistema eléctrico	1	2	3	2	0.11
Transmisión de Datos Inalámbrica	10	15	20	15	2.78
Compras equipo	7	15	21	15	5.44
Desarrollo de Software para monitoreo	7	10	17	11	2.78
Dirección y frenos					
<u>Cotizaciones (Aros y llantas)</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>6</u>	<u>1.36</u>
<u>Compra equipo</u>	<u>7</u>	<u>15</u>	<u>21</u>	<u>15</u>	<u>5.44</u>
Finalización del diseño de dirección	13	15	23	16	2.78
<u>Finalización del diseño de frenos</u>	<u>18</u>	<u>20</u>	<u>28</u>	<u>21</u>	<u>2.78</u>
Diseño de la base del Volante	15	17	25	18	2.78
Diseño del Volante	15	17	25	18	2.78
<u>Manufactura de piezas</u>	<u>45</u>	<u>47</u>	<u>55</u>	<u>48</u>	<u>2.78</u>
<u>Ensamblaje dirección y frenos</u>	<u>42</u>	<u>60</u>	<u>70</u>	<u>59</u>	<u>21.78</u>
Chasis y carrocería	158		257		
Finalización de cálculos del chasis	2	5	7	5	0.69
Cotización de tubos	3	7	9	7	1.00

Continuación Cuadro 55.

Actividad	Tiempos estimados (días)			Tiempo esperado (días)	Varianza de la actividad
	Optimista	Probable	Pesimista		
Finalización de diseño de carrocería	5	7	12	8	1.36
Fabricación de chasis de prueba	5	7	9	7	0.44
Cotización de fabricación de carrocería	6	8	15	9	2.25
Compra de tubos	7	15	21	15	5.44
Fabricación de chasis	15	27	30	26	6.25
Fabricación de carrocería	60	80	90	78	25.00
Transmisión y potencia					
Cotizaciones (Motor y Transmisión)	3	5	10	6	1.36
Compra equipo	7	15	21	15	5.44
Diseño de Relaciones	1	2	5	2	0.44
Diseño Estructural	2	3	7	4	0.69
Pruebas	30	45	90	50	100.00
Ensamblaje	5	7	10	7	0.69

Cuadro 56. Datos cálculo de probabilidad

<b>Suma de variaciones de ruta crítica</b>	<b>35.92</b>
<b>Tiempo deseado (21 de febrero 2014)</b>	165 días
<b>Tiempo esperado (20 enero 2014)</b>	158.17 días
<b>Valor Z</b>	1.14020934
<b>Probabilidad</b>	87.29%

4. Control de las actividades. Para llevar el control de las actividades que se llevaron a cabo, se utilizó la herramienta del cuadro de mando integral. Con esta herramienta se llevó un registro por cada mes de las actividades finalizadas, en progreso y pendientes de cada módulo. También permitió visualizar los porcentajes progreso de cada módulo y del proyecto en general, como se muestra en el Anexo 38.

## VI. RESULTADOS

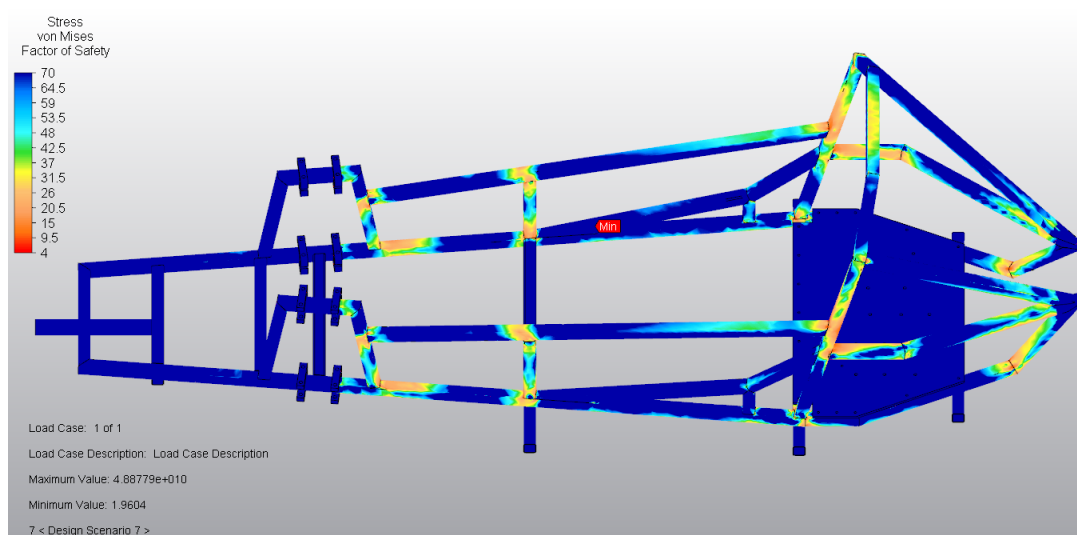
Tras considerar los requerimientos de diseño de todos los módulos se lograron diseñar y construir las partes mecánicas del vehículo y la carrocería. Los planos del chasis y la carrocería se pueden encontrar en el anexo 1, los planos del sistema de dirección y frenos se encuentran en el anexo 11, los planos del sistema de transmisión de potencia se encuentran en los anexos 20 y 21 .

Los resultados de las simulaciones realizadas en el chasis fueron obtenidos por medio de Autodesk Simulation Mechanical 2015 tras tener el diseño final.

Cuadro 57. Resultados del chasis

Parte del vehículo	Factor de seguridad	Deflexión máxima (mm)	Escenario
<b>Horquilla trasera</b>	4	0.47	Condiciones normales
<b>Barra antivuelco</b>	10	1.13	Condiciones normales
<b>Soporte trasero (simulación)</b>	0.93	0.83	Condiciones normales
<b>Soporte trasero (cálculo )</b>	0.06	-	Condiciones normales
<b>Barra lateral</b>	15	1.52	Colisión lateral
<b>Soporte lateral</b>	2.5	0.88	Colisión lateral

Figura 134. Factor de seguridad en chasis en condiciones estáticas



En esta figura se puede observar que el factor de seguridad en condiciones normales. En este caso solamente se aplicaron cargas estáticas y la carga reglamentaria de 700 N para la barra antivuelco.

El factor de seguridad mínimo para el chasis está ubicado en el soporte de la llanta trasera. Según la simulación su valor es de 0.93 y según los cálculos realizados es de 0.06. En la barra antivuelco los el factor mínimo posee un valor de 10 y se encuentra en las uniones de la misma con la horquilla trasera.

Figura 135. Factor de seguridad en barra antivuelco

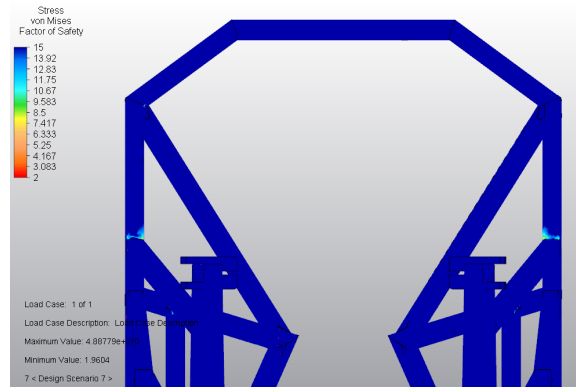
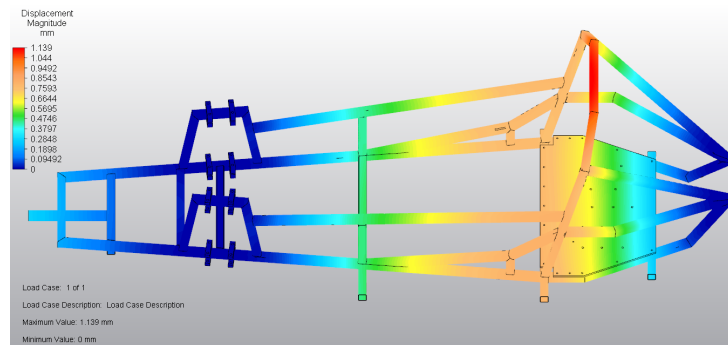
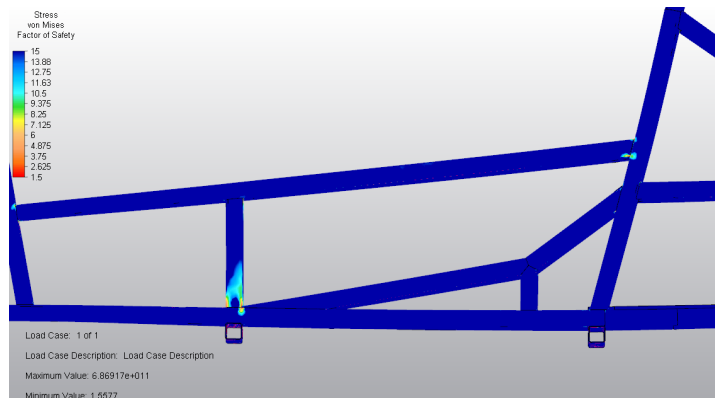


Figura 136. Deflexión en chasis



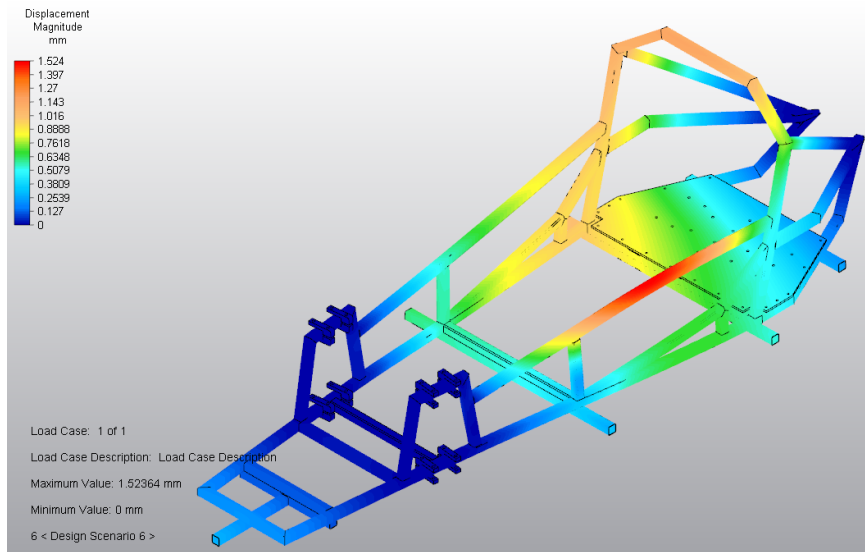
La deflexión máxima en el chasis según los resultados de las simulaciones es de 1.13 mm y se encuentra en la parte alta de la barra antivuelco.

Figura 137. Factor de seguridad después de colisión lateral (2500N)



Tras la colisión lateral el soporte se ve afectado en su unión al chasis, donde presenta un factor de seguridad de 2.5.

Figura 138. Deflexión tras colisión lateral



La deflexión máxima se presenta en la barra lateral un valor máximo de 1.52 mm.

Figura 139. Factor de seguridad en soporte trasero



Figura 140. Deflexión en soporte trasero

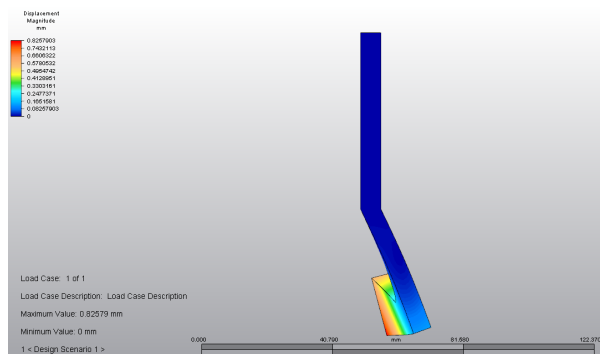
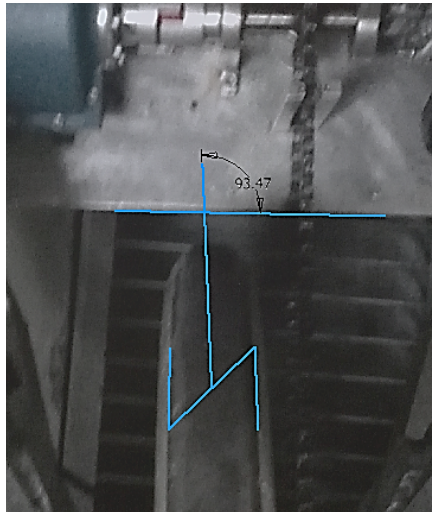


Figura 141. Desalineación de la llanta trasera, vista superior



La desalineación de la rueda trasera debido al doblés de la placa fue de  $3.5^\circ$ .

Figura 142. Desalineación de la llanta trasera, vista frontal



Como se puede observar la llanta presenta desalineación en dos ejes. Esta deformación se ve en reposo y al estar en movimiento. Debido a una falla de diseño debido a que no se consideró la magnitud de la fuerza de fricción sobre la llanta en las curvas ni la de la tensión causada por el motor se realizó un análisis de esfuerzos para determinar la razón por la cual la placa trasera se deformó.

Figura 143. Disposición de ejes para análisis de falla en soporte trasero



Figura 144. Diagrama de cuerpo libre de la llanta trasera

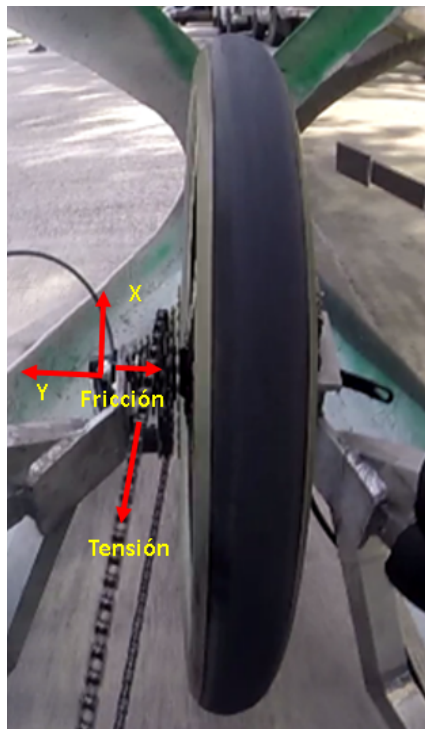


Figura 145. Dimensiones para diagrama de cuerpo libre

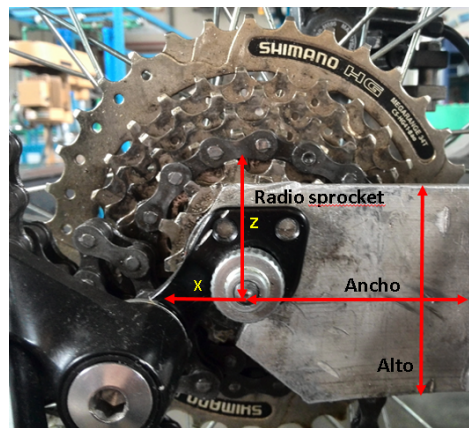


Figura 146. Distancias para diagrama de cuerpo libre

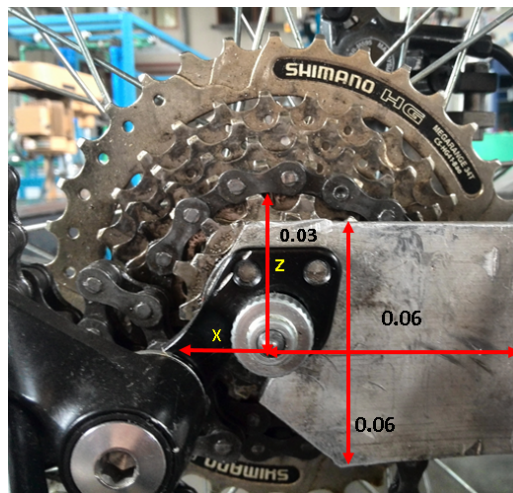
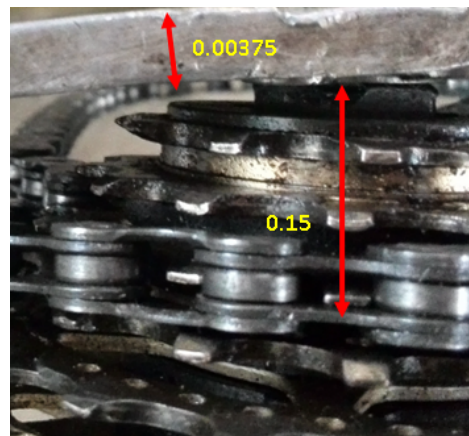


Figura 147. Distancia cadena placa



$F_{tensión}$ : Fuerza causada por el torque aplicado a la cadena tras reducción

$F_{fricción}$ : Fuerza causada debido al movimiento circular igual a la fuerza centrípeta

$M_x$ : Momento causado por la fuerza de fricción (Plano yz)

$M_y$ : Igual al torque aplicado a la cadena tras la reducción (Plano xz)

$M_z$ : Momento causado debido a la tensión en la cadena (Plano xy)

El primer paso será calcular la fuerza de tensión con ayuda del torque aplicado a la cadena tras la reducción en la caja reductora.

$$F_{tensión} = \frac{T_{cadena}}{r_{sprocket}} = \frac{79 \text{ Nm}}{0.03 \text{ m}} = 263 \text{ N}$$

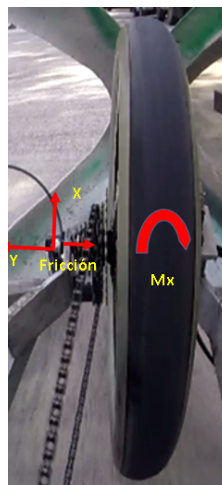
La fuerza de fricción se encontró al analizar el movimiento circular que describe la llanta en una curva, en este caso la fuerza de fricción es igual a la fuerza centrípeta que mantiene al vehículo dentro de la trayectoria circular. Para calcularla se considera que está distribuida equitativamente en las tres ruedas.

$$\Sigma F_x = F_{fricción} = \frac{m_{vehículo}}{3} a_{radial} = \frac{m_{vehículo}}{3} \frac{v^2}{r_{curva}}$$

$$F_{fricción} = \frac{m_{vehículo}}{3} \frac{v^2}{r_{curva}} = \frac{80 \text{ kg}}{3} * \frac{(27 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{8 \text{ m}} = 2430 \text{ N}$$

El momento en el eje x es ocasionado por la fuerza de fricción, por lo que se traslada la fuerza al eje y se genera un momento en el plano yz.

Figura 148. Momento en el eje x



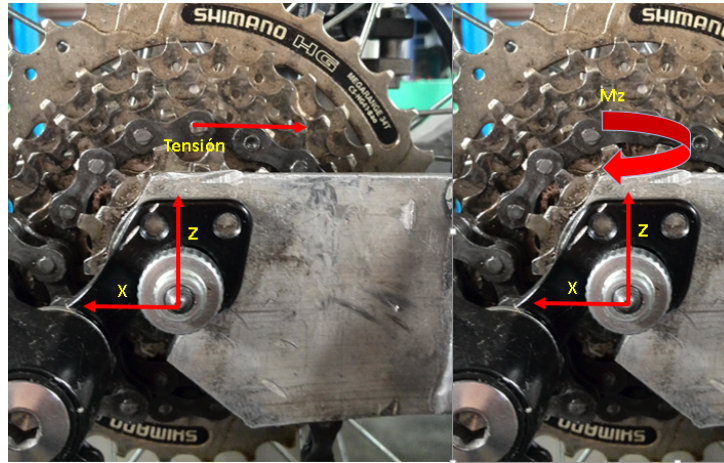
$$M_x = F_{fricción} * r_{llanta} = 2430 N * 0.25m = 607.5 Nm$$

El momento en el eje y es igual al torque que se genera tras la reducción de la caja reductora. Este momento se ubica en el plano xz.

$$M_y = T_{cadena} = 79 Nm$$

El momento en el eje z es se presenta cuando el embrague deja de ser accionado y la potencia del motor se transfiere de la caja reductora a la cadena. Este momento se localiza en el plano xy. La fuerza de tensión no se visualiza en el siguiente diagrama, pero es trasladada al eje, donde genera compresión que se considera despreciable para estos cálculos.

Figura 149. Momento en el eje z



$$M_z = F_{tensión} * d_{cadena-placa} = 263 N * 0.015 m = 3.95 Nm$$

Como siguiente paso se calcularon los esfuerzos principales.

$$\sigma_x = \frac{M_x}{S} = \frac{607.5}{\frac{hplaca * espesor^2}{6}} = \frac{607.5}{\frac{0.06 * 0.00375^2}{6}} = 4320 MPa$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{S} = \frac{79}{\frac{espesor * hplaca^2}{6}} = \frac{79}{\frac{0.00375 * 0.06^2}{6}} = 35.11 MPa$$

$$\sigma_z = \frac{M_z}{S} = \frac{3.95}{\frac{hplaca * espesor^2}{6}} = \frac{3.95}{\frac{0.06 * 0.00375^2}{6}} = 28.1 MPa$$

Ya que el alto de la placa es 16 veces mayor que el espesor y la línea mediana de la pared no se cierra se puede considerar como sección de pared delgada abierta (Shigley,2012) por lo que el esfuerzo cortante máximo ocasionada por la fuerza de tensión es:

$$\begin{aligned}\tau_{m\acute{a}x} &= \frac{T}{bc^2} * \left(3 + \frac{1.8}{\frac{b}{c}}\right) = \frac{F_{tensi\acute{o}n} * d_{cadena-placa}}{0.06 * 0.000375^2} * \left(3 + \frac{1.8}{\frac{0.06}{0.00375}}\right) \\ &= \frac{263}{0.06 * 0.000375^2} * \left(3 + \frac{1.8}{\frac{0.06}{0.00375}}\right) = 970.2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Cómo último paso se calculó el esfuerzo de von Mises y el factor de seguridad.

$$\begin{aligned}\sigma' &= \frac{1}{\sqrt{2}} * \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6 * (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} * \left[ (4320 - 35)^2 + (35 - 140)^2 + (140 - 4320)^2 + 6 * (970.2^2) \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= 4605 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma'} = \frac{278}{4606} = 0.06$$

Este valor comprueba el hecho que la placa trasera fallara.

Durante la competencia una regla fue colocada paralela al piso del carro tocando la parte de la barra antivuelco que se encuentra sobre el casco y la otra regla fue colocada perpendicularmente a la primera en la parte más alta del casco. La distancia entre el casco y la barra antivuelco está comprendida entre 5 cm y 8 cm.

Figura 150. Medición de altura mínima



La carrocería se analizó por medio Autodesk Simulation CFD 2014 con el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 58. Resultados de la aerodinámica del vehículo

Aspecto	Valor
Fuerza de arrastre	6.09 N
Fuerza de sustentación	-2.95 N
Coefficiente de arrastre	0.17
Coefficiente de arrastre por área	0.10 m <sup>2</sup>
Relación del coeficiente de arrastre al coeficiente de arrastre de un perfil de media gota de agua (0.09)	188%
Potencia utilizada para vencer fuerza de arrastre a 10 m/s	0.08 HP
Potencia utilizada en relación a potencia máxima del motor	3.88%

Cuadro 59. Características de la carrocería

Peso carrocería	22 kg
Peso total vehículo	81 kg
Relación peso carrocería/peso total	28%
Ancho total	1000 mm
Alto desde el piso	750 mm
Ancho de vía	650 mm
Relación altura/ancho de vía	1.15

Figura 151. Magnitud de la velocidad del aire

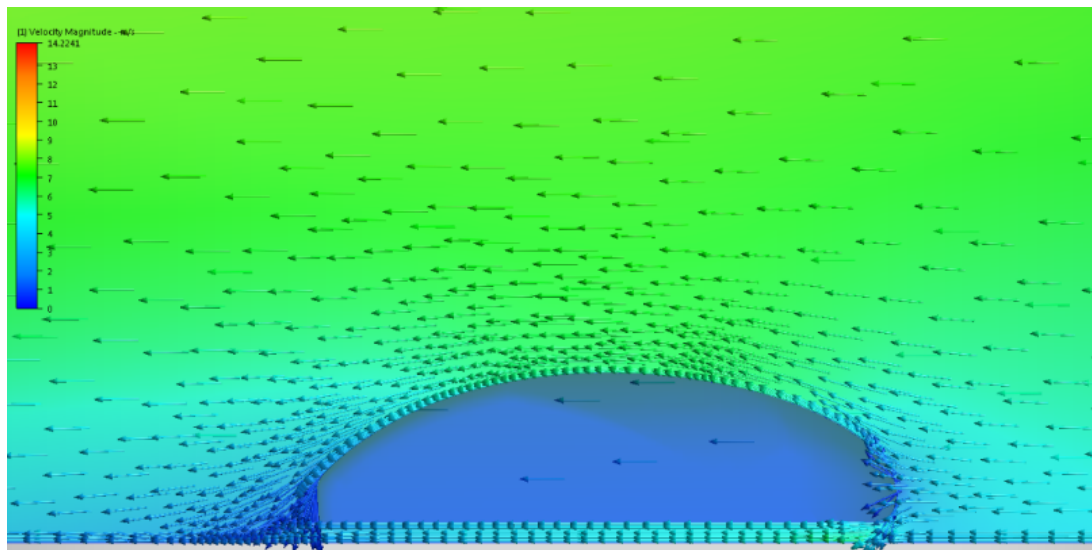


Figura 152. Presión estática (perfil)

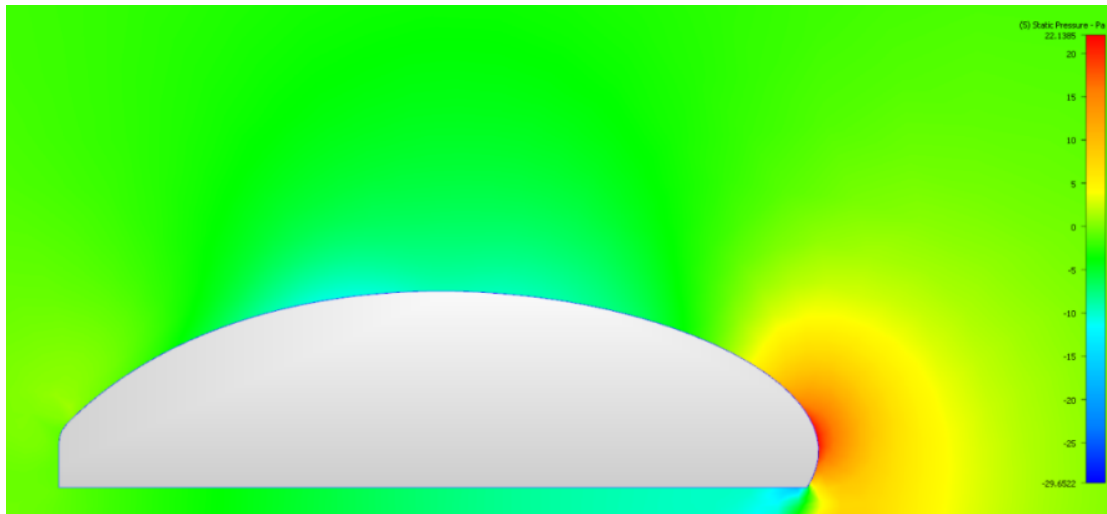
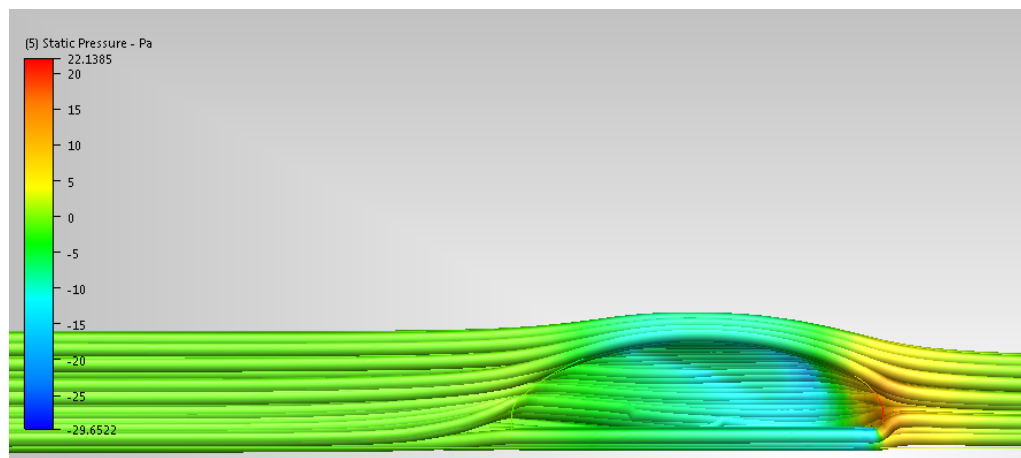


Figura 153. Presión estática y líneas de flujo (perfil)



Cuadro 60. Pruebas realizadas al chasis y a la carrocería

<i><b>Pruebas durante la competencia</b></i>	<i><b>Objetivo</b></i>	<i><b>Resultado</b></i>
<i>Inspección de dimensiones reglamentarias</i>	3500 mm x 1300 mm x 1000 mm (largo, ancho, alto)	2840 mm x 1000 mm x 800 mm
<i>Relación de ancho de vía a altura máxima</i>	1.25	1
<i>Prueba de salida de emergencia</i>	10 s	9 s
<i>Prueba de visibilidad</i>	Visibilidad a 60 cm del suelo cada 30°	La piloto logró la ver las indicaciones que sin necesidad de moverse de su asiento.

Otra prueba realizada durante la competencia Shell Eco-Marathon, fue la prueba técnica de radio de giro para poder estar certificado para ingresar a la pista. El carro cumplió con las expectativas deseadas y logró completar la prueba con éxito, lo cual permitió al equipo pasar la inspección técnica. Sin embargo, el acoplador del vehículo mostraba desajustes de manera continua y era necesario apretar los tornillos después de cada corrida. Al regresar el vehículo a Guatemala, el sistema de dirección presentó problemas, por lo cual se realizaron pruebas para determinar cómo se vio afectado el radio de giro del vehículo. La metodología de estas pruebas puede verse en el anexo 5 y se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 61. Radio de giro real del vehículo al lado izquierdo.

Velocidad (km/h)	Prueba									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	13.5 m	14.7 m	15.0 m	14.8 m	14.6 m	15.3 m	14.7 m	15.1 m	15.2 m	14.9 m

Cuadro 62. Porcentaje de error de radio de giro izquierdo

Radio de giro según reglamento	Promedio de radio de giro real al lado izquierdo	Porcentaje de error
8 m	14.78 m	84.75 %

Cuadro 63. Radio de giro real del vehículo al lado derecho.

Velocidad (km/h)	Prueba									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	7.8 m	5.9 m	6.1 m	16.8 m	5.3 m	7.3 m	6.7 m	7.5m	6.9 m	6.7 m

Cuadro 64. Porcentaje de error de radio de giro derecho

Radio de giro según reglamento	Promedio de radio de giro real al lado izquierdo	Porcentaje de error
8 m	6.7 m	16.25 %

Además, la competencia exigía a los pilotos poder evacuar el vehículo en 10 s o menos, por lo tanto se utilizó un sistema de remoción de timón para que salir del carro fuera sencillo. Dicho sistema mostró ser altamente efectivo, ya que el equipo logró pasar la prueba técnica sin ningún inconveniente.

En la competencia ambos sistemas de frenos cumplieron con el requerimiento de independientemente mantener el vehículo en reposo en una pendiente de 20%. Esto se comprobó durante la inspección técnica que realizan los organizadores de la Shell Eco-Marathon. Sin embargo, al regresar el carro a Guatemala, el carro mostró desajustes, por lo tanto se decidió realizar pruebas que permitieran conocer la distancia de frenado del vehículo utilizando ambos sistemas de frenos.

Después de haber realizado las pruebas dentro de la Universidad del Valle de Guatemala, siguiendo la metodología descrita en el anexo 11, se obtuvo los siguientes resultados.

Cuadro 65. Distancia de frenado real

Velocidad (km/h)	Distancia de frenado (m)				
	1	2	3	4	5
5	0.23	0.26	0.29	0.30	0.28
10	1.55	1.52	1.51	1.57	1.54
15	2.56	2.62	2.59	2.50	2.53
20	4.12	4.24	4.32	4.21	4.44
25	7.00	6.95	7.13	7.08	6.98
30	10.34	10.11	10.03	10.24	10.18
35	NC	NC	NC	NC	NC

\*A una velocidad de 35 km/h el vehículo muestra mucha inestabilidad, por lo que se decidió no realizar la prueba a esa velocidad.

Cuadro 66. Porcentaje de error de distancia de frenado real

Velocidad (km/h)	Distancia de frenado teórica (m)	Promedio distancia de frenado real (m)	Porcentaje de error (%)
5	0.28	0.272	2.86
10	1.31	1.54	17.56
15	2.55	2.56	0.39
20	4.53	4.27	5.74
25	7.10	7.03	0.99
30	10.18	10.18	0
40	18.10	NC	NC

Con el propósito de medir la eficiencia del sistema de transmisión se realizaron una serie de pruebas, el procedimiento con el cual fueron realizadas está en el anexo 22. A continuación se presentan los resultados y como motivo de ejemplo, el cálculo realizado para la primera prueba.

**Datos:**

$w_{veh} := 81 \text{ kg}$	Masa del vehículo.
$w_{cond} := 61 \text{ kg}$	Masa del conductor.
$w_{tot} := w_{veh} + w_{cond} = 142 \text{ kg}$	Masa total.
$P_i := 1.1 \text{ kW}$	Potencia aproximada del motor.
$e := 17.5$	Relación total de la velocidad utilizada.
$r := 25 \text{ cm}$	Radio de la llanta.

**Resultados experimentales:**

$V_f := 31.7 \text{ kph}$	Velocidad final del vehículo.
$V_i := 18.2 \text{ kph}$	Velocidad inicial del vehículo.
$t := 4 \text{ s}$	Tiempo transcurrido

**Cálculos:**

$$P_o := \frac{(0.5 \cdot w_{tot} \cdot V_f^2) - (0.5 \cdot w_{tot} \cdot V_i^2)}{t} = 0.92 \text{ kW} \quad \text{Potencia experimental}$$

$$\eta := \frac{P_o}{P_i} \cdot 100 = 83.88 \% \quad \text{Eficiencia experimental del sistema de transmisión.}$$

Cuadro 67. Resultados de las pruebas de velocidad y aceleración

Prueba	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Tiempo transcurrido (s)	Velocidad utilizada	Eficiencia (%)
1	18.2	31.7	4	Cuarta	83.88
2	18.1	31.6	4	Cuarta	83.54
3	18.4	26.1	2	Cuarta	85.33

La eficiencia promedio de estos tres resultados es de 84.25%

Como resultados del módulo de eficiencia energética, se presentan los parámetros finales del inyector, el rendimiento del motor para ambos combustibles y la eficiencia térmica de combustión.

Cuadro 68: Parámetros definidos para el sistema de inyección

Localización		Parámetro	Valor
sistema de presurización		Presión de inyección (bar)	2
Sistema de inyección (ProCAL)	Fuel injector Characteristics	VAL_Qstat (g/min)	16.996
		RAM_VAL_fFIApp	1
	MAP sensor	VAL_PmapOfs (hPa)	269.414
		VAL_PmapGrd (hPa/V)	189.938
Pickup to TDC angle	VAL_dlgaGap2TdcAdj (CrA)	-70	

Donde:

VAL\_Qstat [g/min] = flujo estático del inyector (cantidad de combustible inyectada a la cámara del motor)

RAM\_VAL\_fFIApp = factor de enriquecimiento

VAL\_PmapOfs [hPa] = offset del sensor de presión

VAL\_PmapGrd [hPa/V] = Gradiente de presión

VAL\_dlgaGap2TdcAdj [CrA]=Ajuste del ángulo de GAP a TDC para el motor

Cuadro 69: Rendimiento del combustible en modo estacionario

Combustible	Rendimiento (L/h)
Gasolina	0.5220
Etanol	0.1380

Nota: el rendimiento de la gasolina se obtuvo utilizando el carburador, mientras que el rendimiento del etanol se obtuvo utilizando el inyector.

Cuadro 70: Eficiencia de la combustión, calculada por diferentes métodos

Método de cálculo	aire teórico	Aire en exceso
método indirecto	-	61.63%
Ciclo Otto	84.00%	78.18%
Ciclo Carnot	86.38%	82.39%

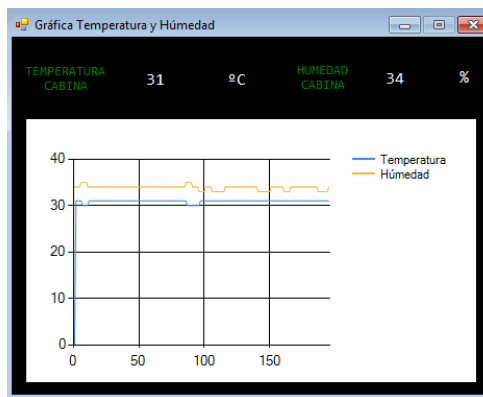
A continuación se presentan los resultados obtenidos del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico. En el siguiente cuadro se muestran los resultados finales del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico, como podemos observar todos los módulos del sistema funcionaron correctamente.

Cuadro 71. Resultados finales del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico

Dispositivo Electrónico	Resultado
Transmisión inalámbrica de datos	Positivo
Medición de temperatura y humedad de la cabina del vehículo	Positivo
Almacenamiento Masivo en memoria SD	Positivo
Posición del vehículo en la pista	Positivo
Despliegue de datos en pantalla TFT	Positivo
Medición de revoluciones por minuto del motor	Positivo
Aproximación de la velocidad del vehículo	Positivo
Detección de vehículos adversarios	Positivo
Control de vueltas y tiempos recorridas por el vehículo	Positivo

En la siguiente figura se muestra la gráfica de temperatura y humedad relativa en la cabina del vehículo durante el desarrollo de la competencia, asimismo en el cuadro siguiente se muestran los valores máximos y mínimos medidos por el sistema electrónico.

Figura 154. Temperatura y Humedad de la cabina del vehículo en la competencia



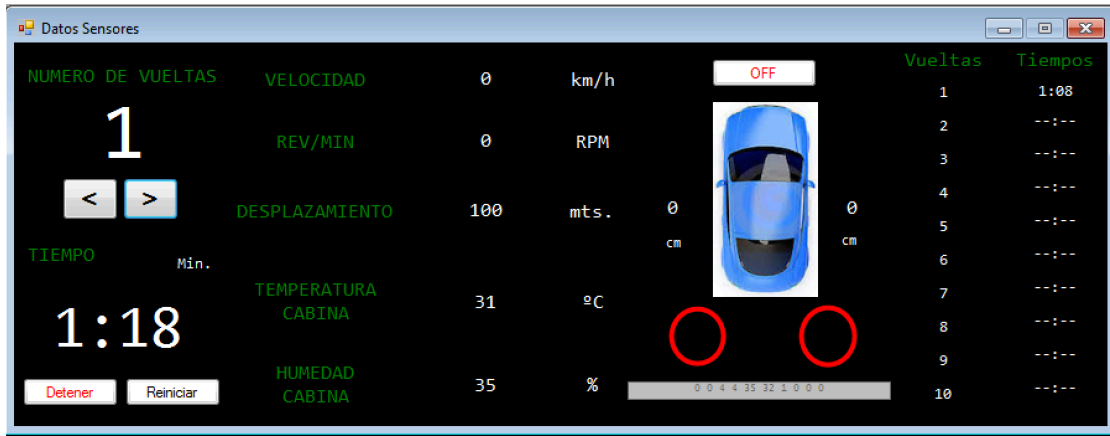
Cuadro 72. Rango de temperatura y humedad en la cabina del vehículo

Descripción	Valor
Temperatura máxima	32°C
Temperatura mínima	30°C
Humedad relativa máxima	37%
Humedad relativa mínima	34%

En siguiente figura se muestra la ventana principal del programa de monitoreo, en esta ventana se pudo controlar el número de vueltas y tiempos recorridos por el vehículo y el despliegue de los datos procesados por la unidad de control. En el siguiente cuadro se muestra el control de vueltas recorridas por el vehículo, el cual únicamente pudo recorrer una vuelta sobre la pista. El tiempo que tardó en recorrer dicha

vuelta según el sistema fue de 1.08min (64.8seg), lastimosamente no se pudo completar las 10 vueltas requeridas para que fuera una corrida válida del vehículo

Figura 155. Control de vueltas y tiempos del vehículo en la competencia



Cuadro 73. Resumen de vueltas y tiempos recorridos por el vehículo

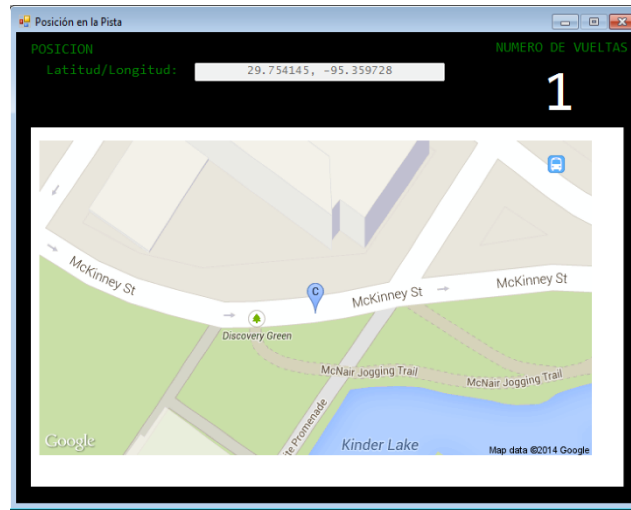
No. Vuelta	Tiempo (min)
1	1.08
2	0.58 (incompleta)

En la siguiente figura se muestra el mapeo los datos de las coordenadas geográficas almacenados en la memoria SD contenida en la unidad de control del sistema, como se puede observar los datos coinciden con el número de vueltas controladas con el sistema de monitoreo. Además, fue posible verificar el funcionamiento correcto del módulo GPS Click y el monitoreo de la posición del vehículo durante el desarrollo de la competencia. Así mismo, podemos observar la posición del vehículo sobre la plataforma *Google Maps* en el programa de monitoreo.

Figura 156. Mapeo de los datos almacenados en la memoria SD



Figura 157. Posición del vehículo desplegada en la plataforma *Google Maps*



En el siguiente cuadro se describe la cantidad de datos procesados por la unidad de control y la cantidad de datos transmitidos correctamente al programa de monitoreo, dichos datos fueron comparados para determinar la tasa de procesamiento de datos del sistema de transmisión.

Cuadro 74. Resumen de tasa de transmisión de datos

Descripción	Cantidad de datos	Tasa de procesamiento de datos
Datos procesados y almacenados en la memoria SD	122	1.03 segundos/dato
Datos transmitidos al software de monitoreo	96	1.31 segundos/dato

En las siguientes figuras se muestra una representación gráfica de las revoluciones por minuto del motor del vehículo y la velocidad aproximada del mismo. A partir de estas gráficas fue posible monitorear al vehículo en cuanto a su velocidad y comportamiento del motor. Además de ello, se puede comprobar el funcionamiento correcto del sensor óptico diseñado y construido en este módulo.

Figura 158. Gráfico de la velocidad aproximada del vehículo

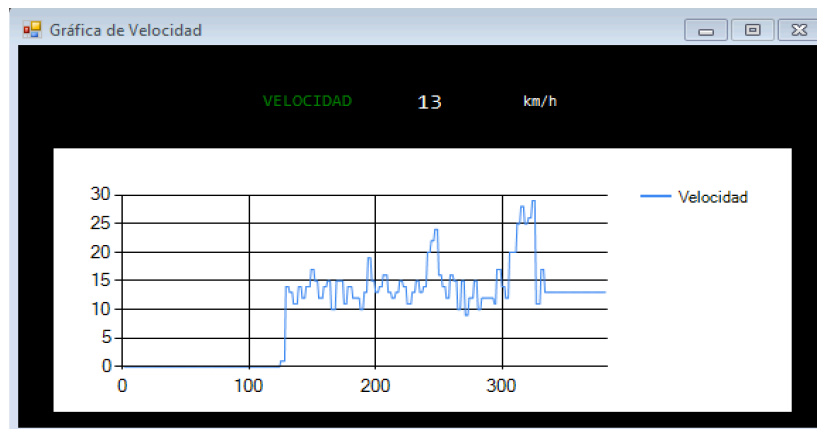
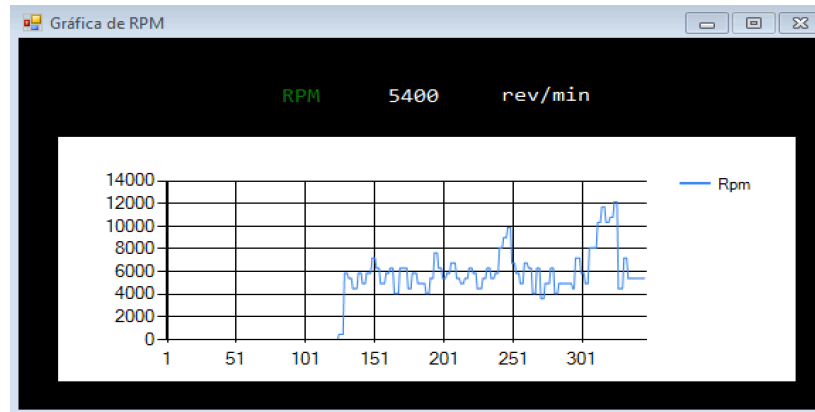


Figura 159. Gráfico de las revoluciones por minuto del motor del vehículo



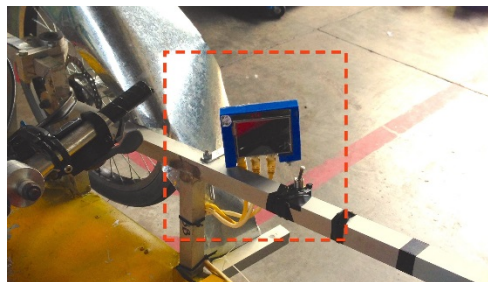
En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de error de las revoluciones por minuto del motor medidas con el sensor óptico desarrollado en este módulo, es importante destacar que para determinar dicho porcentaje se compararon 50 datos medidos por el sistema electrónico y 50 datos medidos con el sistema de inyección del vehículo.

Cuadro 75. Porcentaje de error de las revoluciones por minuto del motor

Descripción	Valor
No. datos analizados	50 datos
Porcentaje de error	5.55%

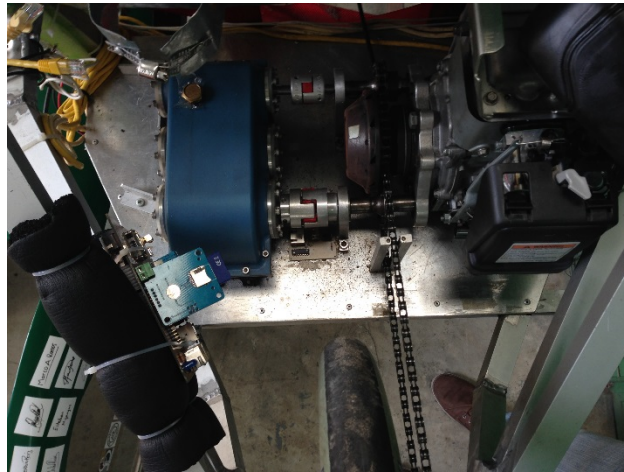
En la siguiente figura se muestra el sistema de despliegue de datos montado sobre la estructura principal del vehículo, se colocó sobre el lado derecho del conductor por temas de visibilidad y comodidad del conductor. El sistema fue protegido con una carcasa hecha de plástico PLA, la cual se fabricó utilizando una impresora 3D.

Figura 160. Sistema de despliegue de datos montado en el vehículo



La unidad de control montada en la estructura principal del vehículo, ésta fue ubicada en la parte trasera del vehículo ya que ese espacio estaba designado para colocar los circuitos electrónicos del vehículo. Como se observa en la figura se colocó un material viscoelástico entre el circuito impreso y la estructura del vehículo, con el fin de reducir las vibraciones en la placa y evitar que el ruido producido por dichas vibraciones alterará las señales procesadas por la unidad de control.

Figura 161. Unidad de control del sistema montada el vehículo



El sensor infrarrojo montado sobre el eje del motor, como se puede observar dicho sensor se colocó sobre el eje de salida de la caja reductora del vehículo. Los sensores ultrasónicos fueron montados sobre la carrocería del vehículo.

Figura 162. Sensor infrarrojo montado en el vehículo

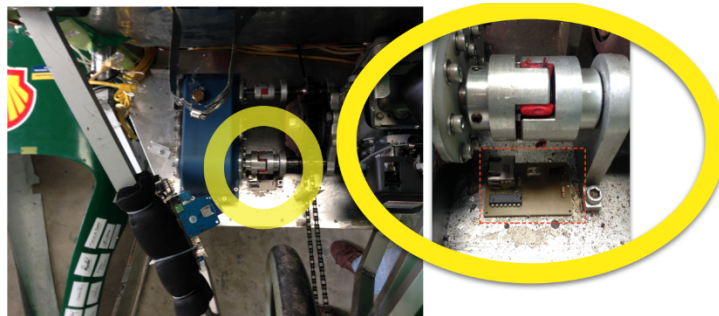


Figura 163. Sensores ultrasónicos montados sobre el vehículo



Las siguientes tablas nos presentan las masas de los componentes de cada módulo, y el porcentaje que esta representa sobre la masa total del mismo módulo. La masa de las piezas adicionales, como cojinetes, seguros, tornillos, etc. está contemplada en el componente que están instaladas.

El siguiente cuadro nos muestra la masa del sistema de dirección que ya incluye el mecanismo y los componentes para instalarlo en el chasis, el timón y las llantas.

Cuadro 76. Masa del sistema de dirección

<b>Componente</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Llantas	3.60	47.18
Sistema de dirección	2.92	38.27
Sistema de timón	1.11	14.54
<b>TOTAL</b>	<b>7.63</b>	<b>100</b>

La masa del sistema de frenos, presentada en el siguiente cuadro, incluye tres mordazas, dos palancas, mangueras y acoples.

Cuadro 77. Masa de los componentes del sistema de frenos

<b>Componente</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Sistema de frenos	1.47	69.01
Discos de 16 mm	0.66	30.99
<b>TOTAL</b>	<b>2.13</b>	<b>100</b>

La siguiente tabla presenta las masas de cada componente del sistema de transmisión, se considera la caja reductora plástica, ya que esta es la más liviana y la que se utilizó en la competencia.

Cuadro 78. Masa de los componentes del sistema de transmisión

<b>Componente</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Porcentaje</b>
Espaciador	0.39	4.14
Embrague	2.13	22.61
Eje de entrada	0.26	2.76
Soporte alto	0.10	1.06
Caja reductora plástica	2.54	26.96
Eje de salida	0.36	3.82
Soporte bajo	0.07	0.74
Guía	0.06	0.64
Acoples	0.19	2.02
Sistema de velocidades	0.59	6.26
Base	2.54	26.96
Tornillos	0.19	2.02
<b>TOTAL</b>	<b>9.42</b>	<b>100</b>

El siguiente cuadro resume el peso de todos los sistemas del vehículo.

Cuadro 79. Masa de los diversos sistemas del vehículo

Descripción	Peso (kg)
Carrocería	24.04
Chasis	12.42
Otros	11.2
Dirección y frenos	9.77
Transmisión de potencia	9.42
Motor	5.54
Sistema de inyección y presurización	2
Sistema electrónico	6.35
<b>Peso del vehículo</b>	<b>80.74</b>

Por último se calculó la eficiencia total teórica del vehículo tomando como potencia teórica la potencia del motor antes de la reducción de la caja. Se consideraron como pérdidas la pérdida por arrastre aerodinámico, por resistencia a la rodadura y la pérdida en el sistema de transmisión.

$$Eficiencia\ total = \frac{P_{teórica} - P_{aerodinámica} - P_{rodadura} - P_{transmisión}}{P_{teórica}}$$

$$P_{aerodinámica} = F_{arrastre} * v = 6.09\ N * 10 \frac{m}{s} = 60.9\ W$$

$$P_{rodadura} = 3 * m_{vehículo} * c_{rodadura} * g * v = 3 * 80.4\ kg * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.002 * 10 \frac{m}{s} = 47.3\ W$$

$$P_{transmisión} = (1 - \mu_{transmisión}) * P_{teórica} = (1 - 0.7412) * 1700\ W = 440\ W$$

$$Eficiencia\ total = \frac{1700\ W - 60.9\ W - 47.3\ W - 440\ W}{1700\ W} = 0.6775$$

$$Eficiencia\ total = 67.75\%$$

Para la planificación del proyecto se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. **Distribución real del tiempo.** Se realizó un diagrama de Gantt con la distribución real de los tiempos tomando en cuenta que en el transcurso del proyecto se realizaron modificaciones, debido a las demoras presentadas anteriormente. Estas modificaciones se realizaron para tener la distribución del tiempo real que se requería, tomando en cuenta las demoras presentadas y así tener una visualización del tiempo que

se disponía. Considerando no alterar la fecha de finalización y por consiguiente, no demorar el tiempo de envío del vehículo.

En este modelo se obtuvo una nueva ruta crítica, compuesta por las actividades del módulo del sistema de inyección, sistema de dirección y frenos, la construcción y ensamble del chasis y carrocería y el sistema de transmisión y potencia. Siendo estas partes fundamentales para el funcionamiento del vehículo. Siendo estos módulos los que ocasionaron las mayores demoras en el transcurso del proyecto.

En el anexo 32 se encuentra el diagrama de Gantt con la distribución real de la duración del proyecto.

2. **Control de las actividades.** En el mes de Julio 2013, el mes en el que se inició el proyecto, se comenzó con la investigación y los primeros avances para el diseño en todos los módulos.

Como se muestra en el cuadro de mando integral, para el mes de diciembre del 2013, Anexo 38, se tiene únicamente un 24% del progreso del proyecto. Mientras que inicialmente para este mes se había programado concluir el proyecto. Esto debido a los retrasos en la fase del diseño, que en algunos módulos aún no había concluido.

A continuación se encuentra el cuadro de mando integral para el mes de marzo 2014. En este mes se debía concluir en su totalidad la construcción del vehículo para poder ser enviado. Sin embargo esto no ocurrió así. Debido a los retrasos anteriormente mencionados, quedaron actividades sin concluir como se muestra. Teniendo únicamente un 85% del progreso del proyecto. Los cuadros de mando integral correspondientes a todos los meses de trabajo se encuentran en el anexo 38.

Figura 164. Cuadro de mando integral marzo 2014

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante	
<b>Sistema de Inyección</b>	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		13	76%	24%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
<b>Sistema de Monitoreo</b>	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo				
	7	Ensamble de sistema eléctrico		15	83%	17%
	8	Transmisión de Datos inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
<b>Sistema de Dirección y frenos</b>	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante				
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas		22	100%	0%
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timón (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timón desmontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
20	Dirección Armada					
21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis					
22	Timón desmontable y desbloqueo					
<b>Chasis y carrocería</b>	1	Finalización de cálculos del chasis				
	2	Cotización de tubos				
	3	Finalización de diseño de carrocería				
	4	Fabricación de chasis de prueba				
	5	Cotización de fabricación de carrocería				
	6	Compra de tubos				
	7	Fabricación de chasis				
	8	Fabricación de carrocería		18	95%	5%
	9	Acople diseño a otros				
	10	Preparar soportes en inventar				
	11	Cotizar nuevo material				
	12	Comprar material chasis				
	15	Cotizar carrocería				
	16	Placas para armar y desarmar chasis				
	17	Compra materiales carrocería				
	18	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	19	Espejos				
	<b>Transmisión y Potencia</b>	1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
2		Compras equipo				
3		Diseño de Relaciones				
4		Diseño Estructural				
5		Pruebas motor GX35				
6		Ensamblaje				
7		Cotizar Planetario				
8		Comprar Planetario				
9		Diseñar Clutch				
10		Diseñar Transmisión		14	88%	13%
11		Acople motor y clutch				
12		Pedales				
13		Guarda cadena y motor				
15		Acople chasis con motor				
16		Pruebas				
<b>Transporte</b>		1	Cotización transporte			
		2	Patrocinio transporte			
		3	Trámites y permisos			
	4	Construcción caja				
	5	Fumigación		4	67%	33%
	6	Transporte				
<b>PROGRESO DEL PROYECTO</b>					<b>85%</b>	

Debido a las demoras mencionadas anteriormente se tuvo que programar la siguiente lista de actividades pendientes para finalizar durante los días del evento, en Houston, Texas.

Cuadro 80. Actividades pendientes

<b>Módulo</b>	<b>Actividad</b>
<b>Chasis y carrocería</b>	Poner secciones laterales del piso Hacer separación entre cabina y motor Cortar ventanas Fijar ventanas Revisar colocación del cinturón de los hombros
<b>Dirección y frenos</b>	Realizar pruebas de frenos con el ángulo de inclinación Revisar la dirección
<b>Sistema de monitoreo</b>	Colocar la luz de encendido del vehículo Colocar botón de bocina Colocar el botón de apagado/encendido del motor Colocar el botón apagado general Colocar el botón apagado de emergencia Colocar los sensores ultrasónicos Fijar la pantalla Colocar el sensor magnético Ensamblar circuito Instalar módulo de transmisión Ensamblar batería
<b>Sistema de Inyección</b>	Quitar el carburador del motor Instalar el inyector Acomodar cables al chasis Instalar el sistema de presurización Colocar sistema de inyección Ensamblar el inyector Ensamblar tanque
<b>Transmisión y potencia</b>	Llenar de aceite la caja Montar todas las piezas en la placa Ajustar caballito Colocar guardas

3. Presupuesto. En el siguiente cuadro se encuentra el resumen del presupuesto total ejecutado en el 2014. Además se encuentran detallados los gastos realizados por cada uno de los módulos en los que se encuentra dividido el proyecto. Los módulos en los que se encuentra dividido son: transmisión y potencia, transporte y empaque, chasis, carrocería, dirección, sistema de monitoreo, seguridad, comunicación, frenos, sistema de inyección, viáticos, boletos aéreos y gastos derivados de la competencia.

El total del presupuesto ejecutado 2014 incluye todos los costos realizados para participar en la Shell Eco-Marathon. El total de los costos del vehículo 2014 incluye los costos únicamente para el diseño y construcción del vehículo.

Cuadro 81. Resumen de presupuesto ejecutado 2014

<b>Clasificación</b>	<b>Porcentaje presupuesto</b>	<b>Total (Q)</b>
<b>Competencia</b>	25.34%	48,620.04
<b>Potencia</b>	25.13%	48,222.63
<b>Transporte y empaque</b>	12.33%	23,657.20
<b>Chasis</b>	10.50%	20,139.19
<b>Carrocería</b>	8.68%	16,650.46
<b>Dirección</b>	6.73%	12,904.90
<b>Sistema de monitoreo</b>	2.85%	5,476.00
<b>Seguridad</b>	2.70%	5,173.11
<b>Comunicación</b>	2.65%	5,083.67
<b>Frenos</b>	1.97%	3,782.52
<b>Inyección y presurización</b>	1.12%	2,148.90
<b>TOTAL presupuesto ejecutado 2014</b>		191,858.63
<b>Total costos del vehículo 2014</b>		114,497.72

Dentro de la misma sección se encuentran los cuadros con el detalle de los costos y gastos de los módulos en los que se clasificó mencionados anteriormente.

a. Transmisión de potencia. Este módulo representó la mayor parte del presupuesto ejecutado. Esto se debe a que se en esta clasificación se encuentra incluido el costo de los dos motores Honda GXH50. Además de los costos que se requirieron para transportar e importar uno de estos, ya que en Guatemala no se encontraba disponible este modelo. Como se menciona anteriormente se adquirió un motor para diseñar y adaptar el sistema en Guatemala y otro en Estados Unidos, por cuestiones de trámites de transporte.

En este módulo también se incluyen los costos de la manufactura de las dos cajas reductoras. Como se menciona anteriormente, se manufacturó la primera caja reductora de polímero (Vekton 6XAU) por parte

del patrocinio del material por ESSA y el servicio de manufactura por Tecnomecánica. Considerando que la caja podría presentar fallas irreparables se decidió manufacturar una caja reductora de aluminio 6061.

Además en este módulo se incluyen los costos del clutch y la manufactura de todas piezas diseñadas específicamente para ajustar con el sistema de transmisión de potencia de este vehículo. Se debe considerar que los costos de este módulo son indispensables para el funcionamiento del vehículo, por lo que se encuentran justificados los gastos realizados, los cuales podrían evitarse en las próximas fases.

Cuadro 82. Costos de transmisión y potencia

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
<b>Transportes aéreos de Courier y carga, S.A motor</b>	1	TACSA	769.19			769.19
<b>GXH50QXA Motor Honda</b>	1	Small engine warehouse		362.99	362.99	-
<b>Shipping/handling</b>	1	Small engine warehouse		13.99	13.99	-
<b>Cadena 8 pasos</b>	1	Bike Store	168.00		-	168.00
<b>Manufactura tenomecánica</b>	1	tecno mecánica	12,000.00		-	12,000.00
<b>Caballito</b>	1	Bike Store	120.00		-	120.00
<b>Gear oil</b>	1	Motos y accesorios y servicios	110.00		-	110.00
<b>Chain wax</b>	1	Motos y accesorios y servicios	70.00		-	70.00
<b>Llave Allen hexagonal 5.5</b>	1	ORION	8.00		-	8.00
<b>Cojinete</b>	5	AGINIT	65.45		-	327.25
<b>Tornillos Allen y retenedores</b>	1	ORION	131.94		-	131.94
<b>Cadenas y uniones</b>	1	Nils Pira	71.70		-	71.70
<b>Medias uniones</b>	2	Nils Pira	15.78		-	31.56
<b>Cable acero</b>	1	Cefesa	7.00		-	7.00
<b>Removedor de empaques</b>	1	Componentes industriales	46.75		-	46.75
<b>Gear chain y lubricante de cable</b>	1	Componentes industriales	37.15		-	37.15
<b>Theadlocker</b>	1	Componentes industriales	137.37		-	137.37
<b>Sellador de bridas</b>	1	Componentes industriales	108.70		-	108.70
<b>Productos ESSA</b>	1	ESSA	5,000.00			5,000.00

## Continuación del Cuadro 82.

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Sellador tuberías acero inox	1	Componentes industriales	127.10		-	127.10
Activador aerosol	1	Componentes industriales	50.45		-	50.45
Sprocket	1	Componentes industriales	44.22		-	44.22
HUB	4	Componentes industriales	56.65		-	226.60
Estrella	2	Componentes industriales	18.15		-	36.30
Silicón gris	1	Componentes industriales	19.00		-	19.00
Cinta sella y aísla	4	Componentes industriales	40.65		-	162.60
Thead sealant	1	Componentes industriales	159.65		-	159.65
Compuesto retenedor	1	Componentes industriales	133.65		-	133.65
Desengrasante	1	Componentes industriales	43.80		-	43.80
Epoxi mil putty	2	Componentes industriales	26.25		-	52.50
Allen sin cabeza, cilíndrica rosca, roldanas	1	La casa del tornillo	75.72		-	75.72
Seguros interiores	1	ORION	13.95		-	13.95
Seguros externos	1	La casa del tornillo	51.91		-	51.91
Visor de aceite caja	1	FPK	26.48		-	26.48
Cojinete rígido de bolas	2	Repuestos y servicios técnicos	115.00		-	230.00
Extractor de cadenas	1	VECESA	12.25		-	12.25
Lubricante y tornillos con seguros	1	The Home Depot		10.57	10.57	-
Gear oil	1	Advance autoparts		9.74	9.74	-
GXH50QXA Motor Honda	1			470.25	470.25	-
Maquinado de piezas (caja de transmisión)	1	UVG	6,750.00		-	6,750.00
Caja reductora de aluminio	1	Carlos Morataya	12,000.00		-	12,000.00
Clutch	1	UVG	2,095.03		-	2,095.03
<b>Subtotal</b>					\$867.54	41,455.82
<b>Total</b>						<b>Q48,222.63</b>

b. Transporte y empaque. Debido a que el vehículo fue construido para participar en la competencia Shell Eco-marathon 2014, el vehículo tuvo que ser trasladado de Guatemala a Houston, Texas. Al obtener un patrocinio por parte de Crowley Logistics de Guatemala, la compañía decidió que el medio más viable económicamente y por cuestiones de trámites y permisos era vía marítima. El traslado marítimo ocurrió desde el puerto de Santo Tomás de Castilla, Guatemala, al puerto de Miami, Estados Unidos. Luego la carga fue trasladada vía terrestre de Miami a las bodegas de Crowley Logistics en Houston, Texas. Además se tuvo que incurrir en el costo de transporte desde las bodegas de Crowley Logistics al establecimiento de la competencia por parte del transporte oficial del evento, Freeman. El transporte está compuesto por los costos de flete, los costos por trámites de impuestos, el servicio de traslado y entrega, y los costos de la exportación temporal.

Además en este módulo se incluyen los costos de la fabricación de la caja de madera tratada que se requiere para la exportación de esta carga. Estos costos se encuentran compuestos por el material para la fabricación, la construcción de la caja y la certificación de la fumigación para el control de plagas.

Los gastos de este módulo son de los más representativos en el presupuesto ejecutado, siendo indispensables para cumplir el objetivo de trasladar el vehículo hacia el destino de la competencia. Por lo que es importante enfocarse en obtener los fondos necesarios y patrocinios para cubrir estos gastos.

Cuadro 83. Costos de transporte y empaque

Descripción	Cant	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Playwood 3/16 x 4*8	4	Maderas petapa	78.50		-	314.00
Playwood 1/4 x 4*8	3	Maderas petapa	102.25		-	306.75
Material de empaque	1	Mudanzas express	700.00		-	700.00
Material de caja pino	1	Comercial el esfuerzo	215.00		-	215.00
Playwood de 1/2	5	Maderas petapa	198.25		-	991.25
Fumigación caja	2	Caniz	450.00		-	900.00
Embalaje vehículo	1	Mudanzas express	700.00		-	700.00
Transporte freeman	1	Freeman		709.00	709.00	-
Transporte	1	Crowley	14,000.00		-	14,000.00
<b>Subtotal</b>					709.00	18,127.00
<b>Total</b>						<b>23,657.20</b>

c. Chasis. En esta clasificación se incluyen los costos de la manufactura del chasis de prueba de acero y el chasis final de aluminio. Los elevados costos se deben al precio de los materiales de aluminio que se utilizaron por la característica de peso liviano.

Debido a que el chasis es fundamental para la estructura del vehículo, se debe considerar la reducción de los costos, como los del chasis de prueba.

Cuadro 84. Costos de chasis

Descripción	Ca nt.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Tot al (\$)	Total (Q)
<b>Plancha de aluminio 1/2 de 12*12</b>	0.25	Madymet	1,680.00		-	420.00
<b>Barra 1 redonda</b>	2	Madymet	40.00		-	80.00
<b>Plancha de aluminio 1/2</b>	0.25	Madymet	1,400.00		-	350.00
<b>Prodax-pm 50x200mm</b>	1	Aceros suecos, S.A	439.66		-	439.66
<b>Tubo 1x1</b>	21	Madymet	4.71		-	98.91
<b>Tubo 1x1 aluminio</b>	1	VIPERSA	225.00		-	225.00
<b>Soporte eje de aluminio</b>	1	My Center	600.00		-	600.00
<b>Fabricación de cuñas</b>	1	Soluciones industriales de Guatemala	200.00		-	200.00
<b>Chasis</b>	1	Talleres LUO	2,000.00		-	2,000.00
<b>Chasis</b>	1	MyCenter	5,000.00		-	5,000.00
<b>Rodamientos</b>	6	Nils Pira	81.77		-	490.62
<b>Pedazo fibra de vidrio</b>	1	CONGELSA	35.00		-	35.00
<b>Mecanizado de secciones de aluminio</b>	1	My Center	10,200.00		-	10,200.00
<b>Total</b>						<b>20,139.19</b>

d. Carrocería. En esta clasificación de costos se encuentran incluidos los materiales para realizar el molde. Estos costos fueron altos debido a que se utilizó grandes cantidades de poliuretano para rellenar las secciones transversales para obtener el molde de la estructura. Se decidió realizarlo por esta metodología debido al tiempo ajustado que se contaba para trabajar. Además se incluyen los costos del material de fibra de vidrio y la manufactura de la carrocería, la cual tiene costos altos debido a la técnica e inversión de trabajo que requiere un proceso de este tipo. Estos costos se buscan reducir mediante la fabricación de una carrocería más pequeña y utilizando diferentes materiales para reducir los costos del molde, considerando que representan un alto porcentaje del presupuesto ejecutado.

Cuadro 85. Costos de carrocería

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Fibra de vidrio 1 1/2 x 38" ancho (libra)	69	Pesqueros de Guatemala	14.48		-	998.91
Resina poliester galon	1	Pesqueros de Guatemala	110.50		-	110.50
Catalizador frasco de 2 oz.	1	Pesqueros de Guatemala	5.50		-	5.50
Galon de thiner	1	Pesqueros de Guatemala	65.00		-	65.00
Tuercas, tornillos y roldanas	1	Tornillos Basauri	281.60		-	281.60
Alambre 16	1	CEMACO	69.99		-	69.99
Alambre multiusos	1	CEMACO	99.99		-	99.99
Masking tape beige	1	CEMACO	34.99		-	34.99
Pegamento cola	2	CEMACO	39.99		-	79.98
Poliuretano A	1	Pesqueros de Guatemala	265.00		-	265.00
Poliuretano B	1	Pesqueros de Guatemala	275.00		-	275.00
Petaton	1	Pesqueros de Guatemala	49.00		-	49.00
Poliuretano A	1	Pesqueros de Guatemala	265.00		-	265.00
Poliuretano B	1	Pesqueros de Guatemala	275.00		-	275.00
Segueta bimetalica	4	CEMACO	12.99		-	51.96
Lija tela esmeril grano 120	1	CEMACO	8.99		-	8.99
Lija de papel grano 100	3	CEMACO	3.99		-	11.97
Lija papel grano 60	4	CEMACO	3.99		-	15.96
Lija de tela esmeril grano 3	12	CEMACO	10.99		-	131.88
Poliuretano A	1	Pesqueros de Guatemala	265.00		-	265.00
Poliuretano B	1	Pesqueros de Guatemala	275.00		-	275.00
Fabricación de caparazón de automóvil en fibra de vidrio	1	Eddy de Jesus Guarcas	11,214.29		-	11,214.29
Pegamento, brocas, clavos, guantes	1	CEMACO	108.93		-	108.93
Tornillos y tuercas	1	Tornillos Basauri	72.30		-	72.30
Retrovisores	1	MOAUTO	36.00		-	36.00
Bombilla	2	MOAUTO	4.00		-	8.00

Continuación Cuadro 85.

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Lijas	4	CEMACO	14.99		-	59.96
Policarbonato (m)	39	Professional plastics		4.60	194.20	-
<b>Subtotal</b>					\$194.20	15,135.70
<b>Total</b>						<b>16,650.46</b>

e. Sistema de dirección. Los costos relevantes en este desglose, son los de la manufactura de piezas, debido a que la mayoría de piezas utilizadas en el sistema de dirección fueron diseñadas especialmente para este vehículo. Además de considerar el costo de los materiales de aluminio. También se incluye el costo de las llantas Michellin 44-406 que tienen un alto costo y son las recomendadas por la competencia.

Cuadro 86. Costos de sistema de dirección

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Manufactura de piezas	1	Soluciones industriales de Guatemala	1,000.00		-	1,000.00
Manufactura de piezas	1	Soluciones industriales de Guatemala	1,085.00		-	1,085.00
Michelin 44-406 Tires	2	Spor dimensions, INC.		79.00	158.00	-
Transportes aéreos de Courier y carga, S.A llantas	1	TACSA	456.99		-	456.99
Tuercas hexagonales	1	La casa del tornillo	36.00		-	36.00
Rodamientos para el vehículo	4	Nils Pira	40.36		-	161.44
Tubos cuadrados 1" x 6 M. CH 18	3	FERCOLSA	52.00		-	156.00
Plano H.N. 1/8 x 1	1	FERCOLSA	31.00		-	31.00
Roscas para vehículo	36	Industrias de león S.A.	0.75		-	27.00
juego de aros #20/masas/rayos	1	Ciclo vida urbana	650.00		-	650.00
Tubos #20	2	Ciclo vida urbana	30.00		-	60.00
Tuerca hexagonal de seguridad	2	La casa del tornillo	44.88		-	89.76
Tornillo Allen inox	60	Tornillos Basauri	1.40		-	84.00
Tuerca inox de seguridad	4	Tornillos Basauri	1.25		-	5.00
Roldana plana inox 5/32	4	Tornillos Basauri	0.30		-	1.20
Tornillo hexagonal	8	Tornillos Basauri	2.25		-	18.00
Tuerca de seguridad	12	Tornillos Basauri	0.50		-	6.00
Roldana plana galvanizada	12	Tornillos Basauri	0.50		-	6.00

Continuación Cuadro 86.

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Tensor argolla	2	Novex	13.50		-	27.00
Seguros interiores #32	2	ORION	5.38		-	10.76
Seguros interiores #19	1	ORION	3.19		-	3.19
Retenedor 10x19x7 mm	1	ORION	33.60		-	33.60
Retenedor de metal con hule 10x19x7 mm	1	ORION	22.40		-	22.40
Retenedor de metal con hule 10x22x7 mm	2	ORION	34.05		-	68.10
Retenedor metal con hule 15x35x7 mm	2	ORION	39.09		-	78.18
Oring neopreno 24x1.5	2	ORION	3.70		-	7.40
Oring neopreno 37x1.5	2	ORION	3.81		-	7.62
Barra redonda aluminio	4.2	Tecniaceros	10.93		-	45.90
Rodamientos	4	Nils Pira	59.40		-	237.60
Rodamientos	2	Nils Pira	86.58		-	173.16
Manufactura de piezas seguro plano	1	Soluciones industriales de Guatemala	1,124.00		-	1,124.00
Tuerca hexagonal rosca fina 8	10	La casa del tornillo	3.55		-	35.50
Roldana galvanizada	20	La casa del tornillo	0.86		-	17.20
Tuerca hexagonal grado 5	2	La casa del tornillo	19.98		-	39.96
Roldana galvanizada de anillo	2	La casa del tornillo	132.26		-	264.52
Tuerca hexagonal seguro metal rosca fina 8	2	La casa del tornillo	9.15		-	18.30
Tubos	2	Ciclo vida urbana	75.00		-	150.00
Masa phe	4	AGINIT	42.93		-	171.72
Acople phe	2	AGINIT	29.09		-	58.18
Cojinete	2	AGINIT	65.45		-	130.90
Cojinete	2	AGINIT	31.03		-	62.06
Sprocket	1	AGINIT	40.00		-	40.00
Seguro externo para eje	4	La casa del tornillo	4.77		-	19.08
Seguro externo para eje	1	La casa del tornillo	10.56		-	10.56
Seguro externo para eje	3	La casa del tornillo	4.02		-	12.06
Retenedor de metal con hule 10x22x7 mm	1	ORION	22.40		-	22.40
Retenedor metal con hule 15x35x7 mm	2	ORION	39.09		-	78.18
Retenedor metal con hule 15x32x7 mm	2	ORION	34.05		-	68.10
Retenedor 10x19x7 mm	1	ORION	33.60		-	33.60
Oring neopreno 37x1.5	4	ORION	3.81		-	15.24
Oring neopreno 24x1.5	2	ORION	3.70		-	7.40
Seguros interiores #32	3	ORION	5.38		-	16.14

Continuación Cuadro 86.

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Seguros interiores #26	1	ORION	5.38		-	5.38
Seguros interiores #19	1	ORION	3.19		-	3.19
Rodamientos	3	Nils Pira	56.79		-	170.37
Rodamientos	2	Nils Pira	86.58		-	173.16
Manufactura de pieza en aluminio	1	Soluciones industriales de Guatemala	350.00		-	350.00
Manufactura de piezas	1	Soluciones industriales de Guatemala	999.00		-	999.00
Manufactura de acople para fitting	1	Soluciones industriales	975.00		-	975.00
Ajustes a pieza de timón	1	Soluciones industriales de Guatemala	999.00		-	999.00
Accesorios	1	Motos, accesorios y servicios S.A	180.00		-	180.00
Imanes, terminaes, pies IDC	1	ABC electronica	68.00		-	68.00
Espaciadores metálicos	4	ABC electronica	4.00		-	16.00
Racores varios	1	Hy seals	150.00		-	150.00
Soporte de timón	1	Soluciones industriales de Guatemala	600.00		-	600.00
<b>Subtotal</b>					\$158.00	11,672.50
<b>Total</b>						<b>12,904.90</b>

f. Sistema de monitoreo. Para este módulo se debe considerar que no todas las piezas necesarias se encontraban disponibles por los proveedores nacionales, por lo que fue necesario realizar algunas compras fuera del país, aumentando los costos de esta sección.

Cuadro 87. Costos sistema de monitoreo

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Módulo GPS click	1	Burgath	540.00		-	540.00
Antenna GPS 3V con montaje magnético	1	Burgath	150.00		-	150.00
Header tipo stack de 6 pines para arduino	10	Burgath	5.50		-	55.00
Header tipo stack de 10 pines para arduino	10	Burgath	5.50		-	55.00

## Continuación Cuadro 87.

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Xbee explorer USB	1	Burgath	290.00		-	290.00
Xbee Pro 60mW Wire Antenna Series 1	2	Burgath	470.00		-	940.00
Shield para Xbee	1	Burgath	275.00		-	275.00
Arduino MEGA	1	Proyectos electrónicos	370.00		-	370.00
DS18B20 termo copla	1	Proyectos electrónicos	48.00		-	48.00
Modulo DHT11	1	Proyectos electrónicos	60.00		-	60.00
Acelerómetro	1	Proyectos electrónicos	90.00		-	90.00
Sensores ultrasónicos	3	Proyectos electrónicos	65.00		-	195.00
Batería rec ácido sellada	1	Electrónica panamericana	195.00		-	195.00
Transportes aéreos y Courier, S.A accesorios electrónicos	1	TACSA	576.38		-	576.38
Bocina	1	MOAUTO	16.20		-	16.20
Bombilla	1	MOAUTO	4.00		-	4.00
Socket	1	MOAUTO	5.60		-	5.60
Switch	1	MOAUTO	8.00		-	8.00
Cable datos UTP	10	CEMACO	4.10		-	41.00
Cinta de aislar negra	1	CEMACO	9.99		-	9.99
Apagador de presión	1	CEMACO	3.99		-	3.99
Cincho 15 cm	1	CEMACO	12.99		-	12.99
Battery lead acid 12V and primer and cleaner	1	Grainger		93.63	93.63	-
Transportes aéreos de Courier y carga, S.A accesorio electrónico	1	TACSA	336.93			336.93

## Continuación Cuadro 87.

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
<b>20 channel Receiver with antenna</b>	1	SparkFun		59.95	59.95	-
<b>Subtotal</b>					153.58	4,278.08
Total						<b>5,476.00</b>

g. Seguridad. En esta clasificación se encuentran incluidos el equipo de protección para los integrantes del equipo en el área de trabajo. El equipo de protección especial para el piloto, así como el traje retenedor de fuego y casco. Además el equipo de seguridad del vehículo como el cinturón de cinco puntos y los extintores exigidos por la competencia. De igual manera la mayoría de estas compras fueron realizadas a proveedores fuera del país, debido a que dentro del país no se encontraron opciones.

## Cuadro 88. Costos de seguridad

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
<b>Extintor</b>	1	The Home Depot		21.62	21.62	-
<b>Safety glasses, caution tape, safety gloves</b>	1	The Home Depot		83.24	83.24	-
<b>Extintor</b>	1	O'Reilly auto parts		19.47	19.47	-
<b>Radios Midland</b>	1	Radioshack		97.41	97.41	-
<b>Traje anti fuego</b>	2	Amazon		140.00	280.00	-
<b>Cinturón de 5 puntos</b>	1	Amazon		37.99	37.99	-
<b>Transportes aéreos de Courier, S.A cinturones</b>	1	TACSA	150.46		-	150.46
<b>Casco de protección</b>	1		152.58		-	152.58
<b>Silla</b>	1			38.55	38.55	-
<b>Transportes aéreos de Courier y carga, S.A silla de seguridad</b>	1	TACSA	359.49		-	359.49
Subtotal					578.28	662.53
Total						5,173.11

h. Comunicación. Dentro de este módulo se encuentran los gastos incurridos para la transmisión en vivo del evento, así como la publicidad de los logos de los patrocinadores en el vehículo.

Cuadro 89. Costos de comunicación

Descripción	Cant	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Livestream broadcaster	1			362.99	362.99	-
Calcomanías Patrocinadores	34	Casa Gráfica			-	600.00
Hot spot Mobile AT&T	1	Best buy		108.24	108.24	-
Top up gophone - \$50	1	Best buy		54.13	54.13	-
Baterías alcalinas AA	1	Radioshack		6.48	6.48	-
Cable HDMI	1	Best buy		42.99	42.99	-
<b>Subtotal</b>					\$574.83	600.00
Total						<b>5,083.67</b>

i. Sistema de frenos. Para este módulo todas las piezas y herramientas se adquirieron dentro del país, por lo que los costos no resultaron tan elevados. A pesar de esto se tuvo un inconveniente con los frenos y estos tuvieron que ser comprados nuevamente.

Cuadro 90. Costos de sistema de frenos

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Cambio trasero	1	Bike Store	172.00		-	172.00
Casette sprocket	1	Bike Store	216.00		-	216.00
Forro para cable de freno	7	Bike Store	2.40		-	16.81
Forro para cable de freno	1	Bike Store	11.21		-	11.21
Cable de freno	2	Bike Store	16.00		-	32.00
Set de freno disco	1	Bike Store	840.00		-	840.00
Aceite hidráulico	1	Bike Store	108.00		-	108.00
Servicio frenos	1	VECESA	17.50		-	17.50
Freno de disco delantero y trasero	1	VECESA	350.00		-	350.00
Set de freno disco	1	Bike Store	840.00		-	840.00
Forro para cable de freno, cable para freno, shift lever	1	Bike Store	180.00		-	180.00
Fabricación de dos bases para freno de aluminio	1	Soluciones industriales de Guatemala	999.00		-	999.00
Total						<b>3,782.52</b>

j. Sistema de inyección. Los costos de este módulo son menores, ya que no se requiere de mayor cantidad de piezas o materiales. Sin embargo se invirtió en el Software de la unidad del control del motor, para operar los aspectos de combustión interna en la computadora.

Cuadro 91. Costos sistema de inyección

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
20 pin ECU for GX50 software	1	ECOTRONS LLC		150.00	150.00	-
Gx50 adapter	1	ECOTRONS LLC		50.00	50.00	-
Shipping ECOTRONS LLC	1	ECOTRONS LLC		50.00	50.00	-
Mangueras transparente	1	Mangueras industriales	97.90		-	97.90
Pushon 2	1	Mangueras industriales	27.00		-	27.00
Pushon 3	1	Mangueras industriales	18.00		-	18.00
Copla 3/8 x 1/4	1	Mangueras industriales	23.00		-	23.00
Copla 1/4	1	Mangueras industriales	15.00		-	15.00
Pushon 2	1	Mangueras industriales	18.00		-	18.00
<b>Subtotal</b>					\$250.00	198.90
Total						<b>2,148.90</b>

k. Viáticos. Estos gastos están compuestos por el hospedaje del equipo antes de iniciarse el evento en Houston, Texas. Además de otros gastos de alimentación y transporte.

Cuadro 92. Gastos por viáticos.

Descripción	Cant.	Proveedor	Costo unitario (Q)	Costo unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Habitación Holiday Inn Express	2	Holiday Inn Express		250.37	500.74	-
Meal ticket Shell event	1	Sport dimensions, INC.		100	100	-
Super shuttle	2	Super shuttle		108	216	-
Viáticos para 11 participantes	1	Varios		166.85	166.85	-
Total					\$ 983.59	<b>7,672.00</b>

l. Boletos aéreos. Como se muestra este gasto representan un gran porcentaje del presupuesto total ejecutado e indispensable para el traslado del equipo al destino de la competencia. Este gasto estuvo bajo la cuenta de cada integrante del equipo.

Cuadro 93. Gastos por boletos aéreos.

Descripción	Cant.	Proveedor	Costo unitario (Q)	Costo unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Boletos AA	11	American Airlines		468	5,148.00	
Subtotal					5,148.00	
Total						<b>40,154.40</b>

m. Gastos derivados de la competencia: Estos gastos están compuestos de los suvenires para repartir en el evento de la competencia y las camisas estampadas del uniforme del equipo para representar al equipo de Guatemala.

Cuadro 94. Gastos derivados de la competencia

Descripción	Cant	Proveedor	Costo unitario (Q)	Costo unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)
Colochos de guayaba	100	Confiteros de antaño	2		-	200
Canillitas de leche	100	Confiteros de antaño	1.5		-	150
Camisas tipo polo UVG	4	UVG	75		-	300
Estampado camisas	4	Office Depot	35.91		-	143.64
Total						<b>793.64</b>

n. Repuestos. Los costos de las piezas y materiales que se adquirieron como repuestos debido a las situaciones que se mencionaron anteriormente representan un 15.4% del total del presupuesto ejecutado. Por lo tanto esta sección es de suma importancia considerarla en la planificación del presupuesto 2015.

Cuadro 95. Costos de repuestos

Descripción	Cant.	Proveedor	C. Unitario (Q)	C. Unitario (\$)	Total (\$)	Total (Q)	Módulo
Manufactura de piezas	1	Soluciones industriales de Guatemala	1,000.00		-	1,000.00	Dirección
Tubos cuadrados 1" x 6 M. CH 18	3	FERCOLSA	52.00		-	156.00	Chasis
Mecanizado de secciones de aluminio	1	My Center	10,200.00		-	10,200.00	Chasis
Set de freno disco	1	Bike Store	840.00		-	840.00	Frenos
GXH50QXA Motor Honda	1			470.25	470.25	-	Potencia
Batería rec ácido sellada	1	Electrónica panamericana	195.00		-	195.00	Transmisión de datos
Policarbonato (m)	39	Professional plastics		4.60	194.20	-	Carrocería
Caja reductora	1	Carlos Morataya	12,000.00			12,000.00	Transmisión y potencia
<b>Subtotal</b>					664.45	24,391.00	
Total						<b>29,573.71</b>	

4. Ingresos 2014. Para que el proyecto fuera posible fue indispensable el aporte de los patrocinadores, con recursos económicos, piezas, servicios y herramientas. Para este proyecto se contaron con 17 patrocinadores:

1. Unopetrol
2. Productos del Aire
3. Pantaleón
4. Crowley Logistics
5. Tecno Mecánica
6. Industrias Mycenter
7. ESSA
8. ACR
9. Industrias Luominen
10. Casa Gráfica
11. Grupo Caleb
12. B.E. Armor Ballistics
13. Crónica
14. Componentes Industriales
15. Ingeniería y Diseño
16. Secmas
17. Honda

Cuadro 96. Detalle de ingresos 2014

Descripción	Ingresos	Servicios (Q)	Materiales/piezas (Q)	Dinero (Q)
<b>Traslados fondos Shell Eco-Marathon 2013</b>	Shell Internacional			15,521.11
<b>Donación productos del aire Guatemala</b>	Productos del aire Guatemala	45,000.00		
<b>Donación Pantaleón S.A</b>	Pantaleón S.A			20,000.00
<b>Donación ACR Guatemala</b>	ACR Guatemala			8,000.00
<b>Donación en productos Componentes industriales</b>	Componentes industriales		1,753.72	
<b>Patrocinio UNO PETROL Guatemala</b>	UNO PETROL			38,600.00
<b>Maquinado de piezas (caja de transmisión)</b>	UVG			6,750.00
<b>Clutch</b>	UVG			1,479.73
<b>Trámites de importación</b>	UVG			615.30
<b>Servicios Tecnomecánica</b>	Tecnomecánica	12,000.00		
<b>Productos ESSA</b>	ESSA		5,000.00	
<b>Servicios MyCenter</b>	Mycenter	5,000.00		
<b>Servicios talleres LUO</b>	Talleres LUO	2,000.00		
<b>Viaticos Shell Eco Marathon</b>	Shell			9,360.00
<b>Transporte exportación temporal</b>	Crowley	14,000.00		
<b>Boletos de avión por participantes del equipo</b>	Taq Balam			33,696.00
<b>Calcomanías patrocinadores</b>	Casa Gráfica		600.00	
<b>Subtotal</b>		78,000.00	7,353.72	134,022.14
<b>Total</b>			<b>219,375.86</b>	

5. Proveedores: En el siguiente cuadro se detalla el resumen de los proveedores utilizados en el proyecto 2014.

Cuadro 97. Resumen proveedores

Módulo	Producto/servicio	Proveedor	Observaciones
Sistema de monitoreo	Accesorios electrónicos	Burgath Guatemala Sparkfun ABC proyectos electrónicos	2439 5110 <a href="https://www.sparkfun.com">https://www.sparkfun.com</a> 2338 4806/2221 42665
	Batería	Electrónica Panamerica Grainger	<a href="http://espanol.grainger.com/">http://espanol.grainger.com/</a>
	Bocina, bombilla, switch	MOAUTO	<a href="http://www.moauto.com.gt/">http://www.moauto.com.gt/</a>
	Ferretería	CEMACO	
		Motor	Small engine warehouse
Transmisión y potencia	Cadenas, caballitos	Bike store Nils pira VECESA	2205 7373 <a href="http://www.vecesa.com.gt/">http://www.vecesa.com.gt/</a>
	Manufactura caja	Tecnomecánica Carlos Morataya	<a href="http://www.tecnomecanicagt.com/">http://www.tecnomecanicagt.com/</a>
	Lubricantes y otros componentes industriales	Motos y accesorios Componentes industriales	<a href="http://www.fkr.com.gt/">http://www.fkr.com.gt/</a> <a href="http://www.componentes.com.gt/">http://www.componentes.com.gt/</a>
	Ferretería	La casa del tornillo ORION	
		Software y adaptador	ECOTRONS LLC
Inyección y presurización	Mangueras y coplas	Mangueras industriales	<a href="http://www.corporacionmisa.com/">http://www.corporacionmisa.com/</a>
Sistema de dirección	Manufactura piezas	Soluciones industriales	
	Llantas	Sport Dimensions	<a href="http://www.sportdimensionsinc.com/">http://www.sportdimensionsinc.com/</a>
	Tubos y barras	Fercolsa	<a href="http://www.fercolsa.com">http://www.fercolsa.com</a>
	Aros	Ciclo vida urbana	
	Acoples, masas y cojinetes	Ciclo vida urbana AGINIT	
Carrocería	Materiales fibra de vidrio	Pesqueros de Guatemala	<a href="http://www.pesqueros.com.gt/">http://www.pesqueros.com.gt/</a>
	Ferretería	CEMACO	
	Retrovisores	MOAUTO	<a href="http://www.moauto.com.gt/">http://www.moauto.com.gt/</a>
	Manufactura	Eddy de Jesús Guarcas	
	Policarbonato	Professional plastics	<a href="http://www.professionalplastics.com/es">http://www.professionalplastics.com/es</a>
Chasis	Planchas y barras aluminio	Madymet	
	Mecanizado chasis	Talleres LUO MyCenter	<a href="http://www.industriasmycenter.com/">http://www.industriasmycenter.com/</a>
	Fibra de vidrio	CONGELSA	<a href="http://www.congelsa.com">http://www.congelsa.com</a>

Continuación Cuadro 97.

Módulo	Producto/servicio	Proveedor	Observaciones
Frenos	Cambios, frenos, forros	Bike store	
	Mecanizado bases	Soluciones industriales	
Transporte y empaque	Madera	Maderas petapa	2471 4501
	Fumigación	Caniz	<a href="http://www.caniz.com/contactenos">http://www.caniz.com/contactenos</a>
	Embajale	Mudanzas express	2420 8080
	Transporte	Freeman Crowley	<a href="http://www.crowley.com/">http://www.crowley.com/</a>
Otros gastos competencia	Dulces típicos	Confiteros de antaño	5208 4675
	Camisas formales	Julia d Funes	2478 3411/4286 0006
	Bordado camisas	Almacén el Rodeo	2335 2716
	Estampado de camisas	Office Depot	
	Calcomanías logos	Casa gráfica	2369 3164

6. Presupuesto 2015. En la competencia del 2014 se detectaron mejoras que se esperan implementar y otros gastos en los que se deberán incurrir, en la competencia del 2015, como se muestra en el cuadro 96.

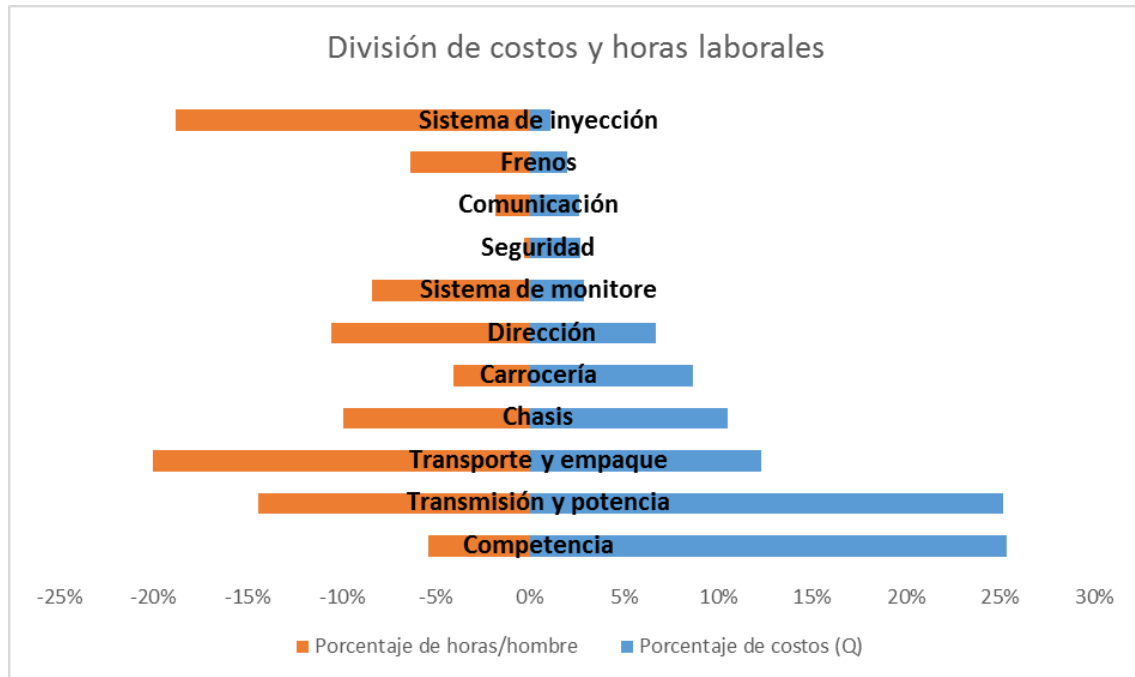
Cuadro 98. Presupuesto 2015

Descripción	Valor \$	Valor Q	Total Q
Carrocería de fibra de vidrio	2,000		15,600.00
Clutch			8,845.03
Sistema con pistón	1,000		7,800.00
Transmisión de datos		5,505	5,505.00
Starter	150		6,000.00
Sistema de dirección	100		3,581.16
Transporte vehículo a Detroit		25,200	14,000.00
Convertidor catalítico		6,000	6,000.00
Sistema de enfriamiento del motor		4,000	4,000.00
Seguridad (primeros auxilios)		400	4,800.00
Comunicación			5,083.67
Sistema eléctrico		10,000	10,000.00
Otros gastos a Detroit	500		46,800.00
Repuestos (5%)			6,900.74
<b>Total</b>			<b>144,915.60</b>

En el Anexo 34 se encuentran las cotizaciones que respaldan este presupuesto.

7. Costos y horas laborales por módulo. En la siguiente figura se puede percibir la inversión de horas laborales invertidas por persona para cada módulo. Además estas horas laborales están relacionadas con la proporción del costo total de trabajo para cada módulo.

Figura 165. División de costos y horas laborales



Como se mencionaba en el presupuesto, el módulo de Transmisión y potencia representa una de las mayores proporciones del presupuesto ejecutado, además de una de las mayores inversiones de horas laborales. Siendo un módulo sumamente importante e indispensable para la ejecución de este proyecto.

Otro módulo que representa importancia en este proyecto es el transporte y empaque del vehículo para ser trasladado a la competencia. Al igual, este módulo requiere, tanto de una inversión económica y como laboral. Por lo que se debe categorizar con mayor importancia y priorizar las actividades de este módulo.

El módulo de sistema de inyección debe priorizarse para trabajar en el sistema y que no se presenten retrasos o futuras deficiencias en el sistema.

Para los módulos de comunicación y seguridad, no se invirtió gran cantidad de tiempo. Aunque estos módulos no hayan representado retrasos o inconvenientes, se sugiere de una mayor enfoque hacia estos módulos para las categorías de “Off-track awards”

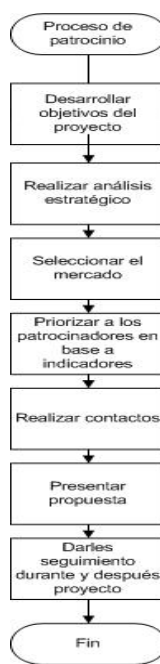
En general, se debe considerar que todos los módulos requieren de una gran cantidad de tiempo invertido, como se muestra en la Cuadro por lo que se deben considerar las horas de trabajo individuales, como equipo y las horas de trabajo de terceras personas que intervengan en el procedimiento.

Cuadro 99. Resumen de horas/hombre por módulos

Clasificación	Tiempo total (horas/hombre)
<b>Competencia</b>	84
<b>Transmisión y potencia</b>	224.75
<b>Transporte y empaque</b>	312.50
<b>Chasis</b>	154.95
<b>Carrocería</b>	63.25
<b>Dirección</b>	164.40
<b>Sistema de monitoreo</b>	130.19
<b>Seguridad</b>	5.00
<b>Comunicación</b>	28.00
<b>Frenos</b>	98.50
<b>Sistema de inyección</b>	293.47
<b>Tiempo total (horas/hombre)</b>	<b>1,559.01</b>

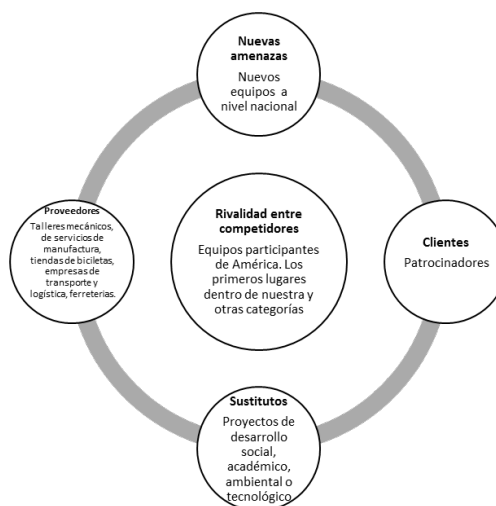
8. Proceso de patrocinio. Esta sección el objetivo es desarrollar un proceso para dar a conocer la imagen del equipo, atraer a los patrocinadores y obtener beneficios de reconocimiento a nivel nacional, apoyo económico y patrocinio de piezas, servicios o herramientas. De esta manera se podrán implementar las oportunidades de mejora descritas en el presupuesto. Además de ampliar las categorías de “Off-track awards” en las que se participe. El proceso está basado en la priorización de los patrocinadores según los recursos utilizados en el proyecto y el espacio para colocar los logotipos en el vehículo.

Figura 166. Diagrama de flujo proceso de patrocinio



## a. Análisis estratégico.

Figura 167. Fuerzas de Porter



La principal amenaza es la fuerza de las nuevas amenazas competidoras, como se muestra en el análisis realizado en la sección de discusión.

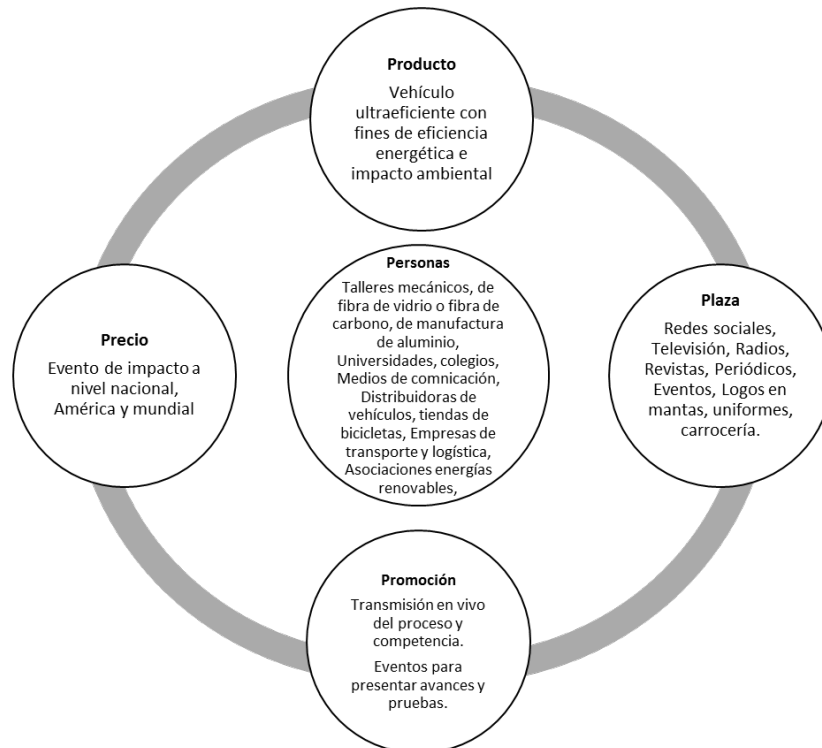
Cuadro 100. Mapa de oportunidades

<b>MERCADO</b> Segmentos Necesidades Experiencias	<b>Talleres de servicios de manufactura, Talleres de fibra de vidrio Universidades, Colegios, Ingenios, Asociación energía renovable, Talleres mecánicos, Telefónicas, Empresas de vehículos, Empresas de transporte y logística, Distribuidores de piezas y accesorios para vehículos, Medios de comunicación, Tiendas de bicicletas</b>
<b>ENTREGA</b> Ocasiones Localidades Canales	Revistas, Periódicos, Televisión, Radios, Eventos, Colegios, Universidades, Competencia SEM, Redes sociales, Pasos y pedales, Presentaciones
<b>OFERTA</b> Productos Servicios Marcas	Logos patrocinadores y firmas en la carrocería del vehículo, Mantas de patrocinadores, Agradecimiento en redes sociales y medios de comunicación, Transmisión en vivo del proceso y la competencia, Cuenta bancaria
<b>PRODUCCIÓN</b> Capacidades Activos Tecnologías	Divulgación del seguimiento a la construcción, pruebas y competencia en transmisión en vivo, Eventos recreativos para espíritu de equipo y promoción del vehículo, Desarrollo del módulo de seguridad, comunicación y espíritu de equipo
<b>MODELO DE NEGOCIO</b> Redes Alianzas Financiamiento	Patrocinadores internacionales y nacionales, Seguidores interesados, Familiares, Amigos, Universidades interesadas, Medios de comunicación, Instituciones recreativas, Centros comerciales, Eventos.

Cuadro 101. Análisis FODA

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<p>Equipo formado por estudiantes destacados de diferentes ramas de la ingeniería, necesarios para abarcar todos los aspectos y detalles del proyecto.</p> <p>Dos años de experiencia y de participar en la competencia.</p> <p>Avance en el diseño y construcción del vehículo.</p> <p>Proyecto de desarrollo tecnológico.</p> <p>Proyecto de amigable con el ambiente.</p>	<p>Difícil acceso a materiales y piezas dentro del país.</p> <p>Poco desarrollo tecnológico en Guatemala.</p> <p>Escases de recursos económicos y tiempo.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>Comunicación y apoyo de la Universidad del Valle.</p> <p>Talleres de mecánica dentro de la Universidad.</p> <p>Apoyo de ingenieros dentro de la universidad.</p> <p>Interés para proyectos de esta magnitud.</p> <p>Detección de puntos de mejora.</p> <p>Patrocinadores nacionales e internacionales.</p>	<p>Complicaciones para transportar el vehículo.</p> <p>Terminar en el tiempo deseado el proyecto.</p> <p>Apoyo de los patrocinadores</p> <p>Trabajo en equipo.</p> <p>Mal funcionamiento del sistema de transmisión, potencia e inyección.</p>

Figura 168. Las 5 P's de mercadeo



Cuadro 102. Clientes de acuerdo a necesidades, beneficios y estrategias

	Objetivo	Mercado	Estrategia	Beneficios
PATROCINIO PIEZAS/SERVICIOS/RECURSOS ECONÓMICOS	Servicio de Manufactura	Talleres mecánicos	Contactar a través del módulo interesado. Presentar los objetivos cumplidos del equipo, el diseño del vehículo y los beneficios que recibirá el patrocinador. Además mantenerlos informados de los avances	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darse a conocer en una competencia de toda América con impacto a nivel mundial.</li> <li>• Demostrar que su empresa contribuyó en la construcción de un vehículo ultra eficiente, que compite en carreras con fines de eficiencia energética y ambiental.</li> <li>• Su empresa apoya el desarrollo tecnológico de Guatemala</li> </ul>
		Talleres fibra de vidrio		
		Talleres manufactura de piezas de aluminio		
		Talleres fibra de carbono		
Medio de divulgación		Universidades	Contactar a través del Colegio de donde se haya graduado cada integrante y los contactos que actualmente se tienen en las Universidades. Contactar a los medios de comunicación. Presentar la idea del proyecto y la aplicación de las diferentes carreras. Motivarlos a que nos apoyen en las redes sociales y nos visiten en el resto de eventos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivar a los estudiantes a involucrarse en eventos de esta magnitud.</li> <li>• Motivar e informar a involucrarse en carreras de ingeniería.</li> <li>• Motivarlos a formar parte del desarrollo tecnológico de Guatemala.</li> <li>• Involucrar a los medios de comunicación a transmitir información de un evento de esta magnitud.</li> </ul>
		Colegios		
		Medios de comunicación		
		Redes sociales		
Tecnología		Telefónicas	Contactar a través de los módulos de interés. Presentar los objetivos cumplidos del equipo, el diseño del vehículo y los beneficios que recibirá el patrocinador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darse a conocer en una competencia de toda América con impacto a nivel mundial.</li> <li>• Demostrar que su empresa contribuyó en la construcción de un vehículo ultra eficiente, que compite en carreras con fines de eficiencia energética y ambiental.</li> <li>• Su empresa apoya el desarrollo tecnológico de Guatemala</li> <li>• Tener presencia internacionalmente</li> </ul>
		Empresas de vehículos		
Piezas		Empresas de vehículos	Contactar a través de los módulos de interés. Presentar los objetivos cumplidos del equipo, el diseño del vehículo y los beneficios que recibirá el patrocinador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darse a conocer en una competencia de toda América con impacto a nivel mundial.</li> <li>• Demostrar que su empresa contribuyó en la construcción de un vehículo ultra eficiente, que compite en carreras con fines de eficiencia energética y ambiental.</li> <li>• Su empresa apoya el desarrollo tecnológico de Guatemala</li> </ul>
		Distribuidores de piezas y accesorios de vehículos		
		Tiendas de bicicleta		
		Ferreterías		

Continuación Cuadro 102.

	Objetivo	Mercado	Estrategia	Beneficios
PATROCINIO PIEZAS/SERVICIOS/RECURSOS ECONÓMICOS	Transporte y logística	Aerolíneas  Empresas de transporte y logística	Buscar diferentes contactos a través de todos los integrantes del equipo para el transporte del vehículo y del equipo. Presentar los objetivos cumplidos del equipo, el diseño del vehículo y los beneficios que recibirá el patrocinador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darse a conocer en una competencia de toda América con impacto a nivel mundial.</li> <li>• Tener presencia internacionalmente</li> <li>• Su empresa apoya el desarrollo tecnológico de Guatemala</li> </ul>
	Recursos económicos	Ingenios Asociaciones energías renovables Talleres mecánicos Universidades Empresas vehículos UNO petrol	Contactar a través de los módulos de interés. Presentar los objetivos cumplidos del equipo, el diseño del vehículo y los beneficios que recibirá el patrocinador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darse a conocer en una competencia de toda América con impacto a nivel mundial.</li> <li>• Demostrar que su empresa contribuyó en la construcción de un vehículo ultra eficiente, que compite en carreras con fines de eficiencia energética y ambiental.</li> <li>• Su empresa apoya el desarrollo tecnológico de Guatemala.</li> <li>• Tener presencia a nivel internacional</li> </ul>

## VII. DISCUSIÓN

El objetivo general del megaproyecto fue diseñar y construir un vehículo ultraeficiente a base de etanol con un consumo promedio de 2,600 km/galón.

### A. Vehículo

Para poder analizar el comportamiento del chasis bajo condiciones estáticas y en caso de un choque lateral se realizaron varias simulaciones. Como primer paso se analizarán los efectos de la configuración de la simulación.

Debido a que no se pudieron utilizar los soportes de las llantas traseras para fijar el chasis durante la simulación, se utilizaron soportes que no permitieran la traslación en los nodos de los elementos de la horquilla trasera. Esto imposibilita analizar los esfuerzos en el lugar donde las placas de aluminio están soldadas a la horquilla trasera. Inicialmente no se había contemplado el efecto de la tensión ejercida por el motor sobre la cadena ni de la fuerza de fricción que se ejerce sobre el vehículo en las curvas. Al despreciar ambas cargas el resultado para el factor de seguridad obtenido a través de la simulación aislada de las placas fue de 0.93. Tras calcular el factor de seguridad considerando tanto la tensión ejercida por el motor como la fuerza de fricción se obtuvo un valor de 0.06, lo que confirma que ambas cargas tienen un efecto considerable en la deformación que sufrieron las placas.

Otro factor que afecta los resultados de la simulación es que no se pudo utilizar el sistema completo de dirección para soportar el chasis, sino que solamente las abrazaderas. Esto elimina la flexión que pueda causar la excentricidad debido a los componentes del sistema de dirección. Esto implica que la fuerza no está aplicada sobre las llantas, sino que directamente sobre las abrazaderas, eliminando todo brazo de palanca existente.

Además cabe resaltar que no se incluyeron los cordones de soldadura en la simulación esto provoca que se concentren esfuerzos en todas las uniones, ya que la configuración de las soldaduras fue a tope, despreciando la geometría de los cordones. A pesar que se utilizaron métodos para suavizar los resultados en las uniones y así distribuir los esfuerzos a lo largo de las mismas, no existe manera de comprobar que los resultados no se vean afectados por la ausencia de los cordones de soldadura en la simulación.

Al aplicar una carga de 2500 N se observó que la barra lateral no falla en el centro si no en sus extremos, principalmente falla el soporte vertical. Esta carga equivale aproximadamente al peso del vehículo con el conductor sufriendo una aceleración de 2 G. La carga está aplicada directamente a los componentes laterales del chasis y los resultados que arroja la simulación indican que el soporte vertical de la barra lateral fallará al tener factores de seguridad debajo de 1 y llegando a un mínimo de 0.15. Esto indica que el soporte podría doblarse, al ser un material dúctil es altamente probable que sólo se doble, sin embargo, los cordones de soldadura no son dúctiles como el tubo, por lo que el soporte se podría separar del chasis. El factor de seguridad en la barra lateral aún es suficiente para no fallar. Si el vehículo chocara en una curva con otro vehículo o alguna protección en la calle la barra lateral no llegaría ni a rozar al piloto. Ya que la carrocería no se tomó en cuenta para la simulación podría ser que el vehículo resista un impacto lateral a una mayor aceleración, debido a la capacidad de la carrocería de absorber el impacto.

El sistema de dirección de un vehículo depende tanto del mecanismo de giro como de la geometría de las llantas. Durante la competencia el mecanismo mostró desperfectos mecánicos en los tornillos que sujetan los nodos del acoplador y el balancín. Los cuales se deben a que las tuercas debían estar flojas para no ocasionar agarrotamiento en el sistema. La solución correcta era usar juntas revoluta que dieran más grados de libertad a los nodos de dichos eslabones, pero debido a la falta de pruebas previas a la competencia el problema mostró su magnitud demasiado tarde. La solución provisional fue el uso de tuercas de seguridad para dar al mecanismo la libertad necesaria para funcionar. Aún con este desperfecto, el sistema de dirección pasó la inspección técnica de la competencia y logró dar dos vueltas a la pista antes que el motor fallara.

Las pruebas realizadas orientadas al sistema de dirección, posteriores a la competencia, proporcionaron los datos necesarios para encontrar el radio de giro del vehículo. Para esto se recorrió una pista provisional en form de óvalo mostrada en el anexo XX a ambos lados, de tal forma que se obtuviera un promedio de giro al lado izquierdo de 6.70 m y un giro al lado derecho de 14.78 m. Con esto se determina que el radio de giro derecho no cumple con el requerimiento de 8 m. El problema se debe a que las placas que sostienen la llanta trasera se encontraban desalineadas  $3.47^\circ$ , lo que genera una imperfección geométrica que repercute en el centro instantáneo.

Durante la competencia tanto el sistema de frenos delantero como el trasero cumplieron la inspección satisfactoriamente sin tener que realizar ajustes o modificaciones al sistema.

Se realizaron pruebas de distancia de frenado a distintas velocidades para garantizar la seguridad del conductor en la Universidad del Valle de Guatemala. No se logró probar el sistema a una velocidad de 40 km/h debido a la inestabilidad que se presentaba en el vehículo, la velocidad máxima medida fue de 30 km/h. Al comparar los resultados obtenidos de forma teórica y práctica se obtiene que el porcentaje de error máximo obtenido fue de 17.56% a una velocidad de 10 km/h, y el mínimo fue de 0.00% a la máxima velocidad probada. Este cambio se debió a que se le indicó al piloto que frenara gradualmente, evitando derrapar, lo cual resulta en una fuerza que no se puede medir aplicada a la palanca.

La desaceleración del vehículo según las pruebas realizadas es de  $5.1 \text{ m/s}^2$ . Según la AASTHO el valor para una desaceleración gradual debe ser de  $3.41 \text{ m/s}^2$ , con el valor obtenido y comparándolo al recomendado por AASTHO se puede concluir que el sistema de frenos es capaz de desacelerar al vehículo adecuadamente.

Al manejar el vehículo se presentaba un sonido de roce entre la mordaza de la llanta trasera y el disco de freno. Esto se debe a que la llanta trasera tenía la desalineación mencionada anteriormente. Lo cual resulta contraproducente al perder energía por medio de fricción no deseada en las pastillas de los frenos. Además contribuye a la inestabilidad del carro, volviéndolo inseguro para el piloto.

El sistema de dirección completo, incluyendo los componentes de dirección, sistema de timón y las tres llantas, tiene una masa total de 7.63 kg, que representa el 9.45 % de la masa total del vehículo. Se considera que es una buena aproximación para el primer prototipo, pero se identifican puntos de mejora para optimizar el peso como bajar el factor de seguridad de las piezas con el fin de reducir las dimensiones de las piezas. En la sección de recomendaciones se habla de este tema con más detalle.

La masa total del sistema de frenos es de 2.13 kg, lo cual representa el 2.64 % de la masa total del vehículo. Se considera que con el presupuesto ésta ya es la masa óptima para el sistema de frenos, ya que la única oportunidad de mejora está en cambiar las mordazas, palancas y discos por unos con menor peso. Sin embargo, en el mercado local no existen muchas opciones y cambiarlas resulta en un costo más elevado.

Se realizaron pruebas de distancia de frenado a distintas velocidades para garantizar la seguridad del conductor en la Universidad del Valle de Guatemala. No se logró probar el sistema a una velocidad de 40 km/h debido a la inestabilidad que se presentaba en el vehículo, la velocidad máxima medida fue de 30 km/h. Al comparar los resultados obtenidos de forma teórica y práctica se obtiene que el porcentaje de error máximo obtenido fue de 17.56% a una velocidad de 10 km/h, y el mínimo fue de 0.00% a la máxima velocidad probada. Este cambio se debió a que se le indicó al piloto que frenara gradualmente, evitando derrapar, lo cual resulta en una fuerza que no se puede medir aplicada a la palanca.

Por observación y retroalimentación del conductor, se detectó que la carrera de accionamiento del embrague es muy corta, lo que dificulta al conductor controlarlo gradualmente, ocasionando que con frecuencia el motor se apague al arrancar desde el reposo. Esto se evita al acelerar más el motor antes de desembragar, esto es contraproducente ya que aunque se evita que se apague el motor, las mayores revoluciones ocasionan mayor consumo de combustible, aumentan los esfuerzos a los que son sometidos los demás elementos del sistema y causan una mayor aceleración a la salida.

En la competencia hubo una ocasión en la que el embrague no desembragaba, es decir, aun con el pedal accionado existía transmisión de potencia. Esta fue la primera vez que ocurrió dicho problema y con la poca disposición de recursos en el evento se tuvo que trabajar de manera improvisada y contra reloj. La primera acción fue desmontar el cono conducido para observar si había piezas adheridas que no permitieran

que se desembragara. El cono estaba bien y aún con la pieza removida existía transmisión de potencia. En este momento se desconocía donde pudiera estar el problema y con tan poco tiempo disponible no se podía desmontar todo e inspeccionarlo pieza por pieza.

Debido a la poca información que se tenía en el momento y a la presión de tiempo, se concluyó que el problema podía estar causado por algún tipo de basura o viruta que se habría alojado en el interior del embrague, impidiendo que sus componentes rotaran libremente. Para solucionar esto, se hizo un lavado del embrague desde el exterior, soplándolo con aire comprimido y WD-40 mientras se rotaba, la idea era que el aire y el aceite removieran cualquier materia ajena. Esta acción funcionó y el vehículo pudo regresar a la pista.

Aunque el problema se resolvió durante la competencia, la causa del mismo debió ser analizada al regresar a Guatemala. El embrague se desmontó, se desarmó y se limpió completamente. Ninguna pieza presentaba daños graves evidentes, como fracturas o deformaciones, sin embargo, una inspección más meticulosa reveló que un espaciador presentaba una coloración similar a la que ocurre cuando una pieza es sometida a altos cambios de temperatura. Al comparar esta pieza con otras piezas similares se notó que su borde interno tenía un filo inusual y que el eje sobre el cual iba montada estaba desgastado en ese punto. Este mismo eje tenía el cono conductor en su extremo y al hacerlo rotar se podía apreciar que estaba muy desbalanceado, una inspección del cono conducido reveló que su desgaste no era uniforme. En este momento se pudo concluir con seguridad que la causa del problema había sido el desbalance del cono y que esto había provocado un contacto anormal entre el eje y el espaciador, lo que causó que las piezas se soldaran y evitaran que el embrague funcionara adecuadamente. También se logró explicar la razón por la que se pudo solucionar el problema durante la carrera con aire comprimido y WD-40: el espaciador es una pieza muy delgada de alrededor de 1 mm de espesor, por lo que la soldadura era lo suficientemente débil como para ser separada con poco esfuerzo. Para solucionar el problema se balanceó el cono conductor y se redujo la separación entre este y el cono conducido para garantizar un buen contacto.

La caja reductora plástica junto con sus engranajes plásticos funcionó como fue esperado, no se detectó desgaste significativo en los dientes de los engranes y estos soportaron los esfuerzos a los que fueron sometidos sin fracturarse. Las condiciones de trabajo fueron más fuertes a las esperadas, especialmente debido por la súbita conexión del embrague, al momento de diseñar se esperaba una transición suave pero la corta carrera de accionamiento ocasionaba que se transmitiera una gran fuerza de impacto.

El sistema de velocidades no fue probado y por lo tanto no existen datos que puedan ser analizados. Sin embargo, algo que no se tomó en consideración al momento de analizar el sistema de velocidades fue la frecuencia con la que el piloto debía hacer los cambios. El sistema contaba con 8 velocidades, siendo la sexta la recomendada velocidad de crucero; el vehículo estaba diseñado para llegar a 35 km/h en 10 segundos, por lo tanto se debían realizar seis cambios en menos de 10 segundos, algo que definitivamente requeriría de mucha pericia y exigía práctica por parte del piloto. Con el objetivo de evitar dificultades y problemas en la

pista, se le indicó al piloto que no utilizara el sistema de velocidades durante la competencia. El sistema no había sido probado adecuadamente previo a la competencia por lo que no se podía garantizar su confiabilidad. El vehículo realizó su recorrido utilizando únicamente la tercera velocidad. Aun trabajando de esta manera, el sistema se desempeñó de manera adecuada, siendo capaz de entregar el torque necesario para el arranque y alcanzar una velocidad de crucero adecuada.

Como parte del funcionamiento del vehículo se planteó como objetivo, adaptar un motor Honda GXH50 para trabajar con etanol, obteniendo un rendimiento mayor o igual al que se tiene utilizando gasolina, mediante la sustitución del carburador por un sistema de inyección. Para el logro de dicho objetivo, fue necesario, modificar los parámetros de presión de inyección y flujo estático de inyección de combustible. Fue necesario primero experimentar con un motor GX31, para poder aprender a utilizar la interfaz del inyector en la computadora y poder experimentar con los distintos parámetros.

Como parte de la instalación del sistema de inyección, fue necesario reemplazar el sensor de chispa que tiene el motor, por el sensor que incluye el kit de inyección. Se utilizó una lámpara de tiempo, para determinar si la posición del sensor magnético para el control de la chispa, era la adecuada. Debido a que este ya se encontraba en el límite máximo permitido por la pieza de adaptación, ya no era posible seguirlo desplazando para coincidir con el tiempo del motor, por lo que fue necesario modificar el parámetro de ajuste del ángulo de encendido, para que este pueda lanzar la chispa en el momento adecuado del ciclo del motor. El ángulo de retraso determinado para una buena combustión fue de  $-70^\circ$ , donde se observó que ya estaba en el lugar correcto.

Es importante realizar este paso, ya que además de que ayuda a que el motor a trabajar de una mejor manera, si se deja el motor trabajando con los tiempos desfasados se puede llegar a tener golpeteo y dañar las válvulas y pistones del motor. Además al estar desfasado de tiempo, se puede observar que los gases de combustión empiezan a salir por la entrada del aire en lugar de por el escape. Es por ello que es de suma importancia calibrar nuevamente los tiempos del motor con la chispa, ayudándose de la lámpara de tiempo.

Al realizar las pruebas con etanol, se observó que en la interfaz del inyector se tenía un error y al leer el diagnóstico que brinda el programa, este informaba que el problema era el sensor de presión. No obstante, el informe del problema solo dice que parte está dando el problema, pero no cual es el problema exacto. Para comprobar el funcionamiento del sensor se comparó la medición de presión atmosférica reportada por un barómetro, con la presión atmosférica que reportaba el sensor, al colocarlo fuera del sistema. Debido a que no concordaba con la medición del barómetro, se decidió calibrar dicho sensor.

Al calibrar el sensor de presión se pudo observar que los parámetros de compensación para las características del sensor de presión (VAL\_PmapOfs) y el gradiente de características del sensor de presión (VAL\_PmapGrd) dependen de la presión atmosférica del lugar. Para la presión de Guatemala (0.992 bar), en el laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, se tienen los valores para los parámetros ya mencionados de 181.282 hPa y 279.923 hPa/V, respectivamente. Como estos dependen

de la presión atmosférica, en Houston, cuya presión es de 1.015 bar, los valores de los parámetros son de 189.941 hPa y 269.412 hPa/V, respectivamente.

Para realizar las pruebas de presión, se eligieron como valores para trabajar 1.5 y 2 bar, teniendo en cuenta que el límite máximo de presión es de 5bar. Para ambas presiones se realizaron curvas de calibración para la inyección de combustible, pero finalmente se eligió como presión de trabajo la presión de 2 bar, ya que mostraba un mejor funcionamiento del motor, calificado de manera cualitativa. Aunque la gráfica obtenida de la calibración no muestra una tendencia clara, se puede observar (ver anexo 26, datos calculados) que las tres calibraciones hechas muestran el mismo comportamiento, por lo que se utilizó un promedio de las tres calibraciones, obteniendo una nueva gráfica. El problema que se muestra en la calibración es que debido a que el etanol es muy volátil, se pierde muestra al realizar la medición de masa del mismo.

A pesar de que la calibración, tiene error debido a la volatilidad del etanol, como se mencionaba con anterioridad, sirve para tener una idea de la masa de combustible que se está inyectando en el motor y poder realizar cálculos estequiométricos que puedan dar un valor inicial y terminar de ajustar el valor, haciendo un análisis cualitativo del funcionamiento del motor. Es por ello que para encontrar el valor correcto del flujo estático de inyección, se realizaron cálculos teniendo como referencia el requerimiento de gasolina del motor, según la ficha técnica del mismo, para encontrar el requerimiento de etanol, por estequiometria.

Al realizar los cálculos estequiométricos, se obtuvo que se requerían 0.0014 g de etanol, teniendo que una inyección inicial de combustible, ocurre en 4.553 ms. Para poder encontrar el valor que debía ser introducido en el programa del inyector, se utilizó la gráfica de calibración, obteniendo como resultado que el valor del flujo estático de inyección (VAL\_Qstat) era de 13.13g/min. Sin embargo, este se terminó de afinar, haciendo análisis cualitativo del funcionamiento del motor. Obteniendo como valor final del parámetro de flujo estático de inyección (VAL\_Qstat) 16.996 g/min.

Por estequiometria se obtiene que es necesario agregar 0.0125g de aire teórico, aunque siempre es recomendable, colocar aire en exceso, para asegurar que realmente se dé una combustión completa. No obstante, a pesar de que se tienen los cálculos y se conoce un aproximado de la cantidad de aire que debe entrar para asegurar una combustión completa, realmente no fue posible tomar una medición del flujo de aire inicial en la entrada, debido a la posición del orificio de entrada del aire en el inyector. Así que la entrada de aire de combustible se afinó por método cualitativo únicamente.

El método cualitativo utilizado, no es del todo exacto, ya que es necesario tener la suficiente experiencia en motores, como para determinar en qué momento el motor está funcionando de manera adecuada. No obstante, se tiene una idea sobre el tema y se puede dejar el motor funcionando de manera estable.

A lo largo del proyecto se estuvo armando y desarmando el sistema del motor, por lo que se pudo observar que hay varias ocasiones en las que el motor no enciende. Por esta razón, se decidió realizar una lista de las cosas que se deben revisar en el sistema en caso falle el motor, descartando posibles fuentes del problema, facilita encontrar la fuente real del mismo. Dentro de la lista se encuentra las cosas que dieron problema a lo largo del trabajo realizado para este proyecto. No obstante se hace la aclaración que realmente pueden surgir nuevos problemas, así que no solo esos pueden ser fuente del problema.

También es importante incluir que dentro de la competencia se tuvieron problemas con el encendido del motor, una de ellas justo antes de la salida del vehículo a la pista, donde una burbuja de aire entro en la línea de combustible, lo que ayudó a que no fuera posible encender el motor. Es por ello que se recomienda llenar la línea de combustible asegurándose de que no haya ninguna burbuja de aire dentro y al llenar el tanque, cerrar de manera que no pueda volver a entrar aire en la línea; ya que al haber una burbuja de aire en la entrada del inyector, esta no permitirá el paso de combustible, lo que hará que no se pueda encender el motor.

Para la competencia Shell Eco-Marathon se utilizó la primera versión del sistema electrónico. Tomando en consideración que antes de participar en dicha competencia no se realizó ninguna prueba del sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico sobre el vehículo, únicamente se realizaron pruebas montando el sistema en una bicicleta.

Es importante mencionar que para poder competir en la Shell Eco-Marathon, era necesario cumplir con todos los requerimientos enlistados para el sistema eléctrico/electrónico del vehículo. Para ello, se pasó por una revisión exhaustiva por parte de los encargados de inspección técnica de la competencia. En esta inspección se verificó el cumplimiento de los requisitos del sistema de energía, botones de apagado de emergencia y aspectos de seguridad del vehículo. Esta revisión fue completada con éxito. Es de suma importancia resaltar que al regresar de la competencia se procedió a realizar las mejoras al diseño del sistema y a la fabricación de la segunda versión del mismo.

Debido a que la competencia fue realizada en Houston, Texas el sistema electrónico y mecánico del vehículo debió ser instalado durante el desarrollo de la competencia. Debido a ciertos problemas mecánicos en el vehículo, la instalación de los demás módulos y sistemas se retrasó. Esto conllevó a que el sistema electrónico no pudiese ser instalado en su totalidad para el desarrollo de la competencia. Los dispositivos electrónicos del sistema que no fueron instalados para la competencia fueron: sensores ultrasónicos (detección de vehículos adversarios próximos al mismo) y sensor óptico (medición de revoluciones por minuto del motor).

Después de la competencia se procedió a realizar una segunda versión del sistema, para esta versión se buscó mejorar el diseño completo del sistema. Las principales modificaciones de la segunda versión con respecto a la primera, es que se modificaron las terminales de conexión entre la unidad de control, sistema de despliegue de datos y sensores electrónicos. Se sustituyó las borneras (método de

conexión en la primer versión del sistema) por conectores RJ-45, las razones principales por las cuales se realizaron estas modificaciones son: facilidad de montaje y desmontaje de todos los dispositivos electrónicos del sistema, disminuir el ruido generado por las vibraciones de la estructura principal del vehículo y disminuye la cantidad de cable necesario para instalar el sistema en el vehículo.

Es fundamental mencionar que los resultados obtenidos de la segunda versión del sistema, fueron obtenidos cuando el vehículo se encontraba estático, es decir, el vehículo no estaba en movimiento. Esto se debió principalmente a problemas mecánicos que estuvieron fuera del alcance de este módulo. Debido a esta situación, la vibración de la estructura principal del vehículo no afectó significativamente los resultados obtenidos.

Los valores de temperatura y humedad relativa medidos durante el desarrollo de la competencia fueron registrados por el sistema de monitoreo y posicionamiento inalámbrico. El vehículo únicamente pudo recorrer una vuelta y media tardando un tiempo estimado de 2.06 min, durante este tiempo la unidad de control logró almacenar 122 datos en la memoria SD mientras que se transmitieron 96 datos hacia la computadora, esto equivale a una tasa de transmisión de datos de 1.31 segundos por dato.

Por otro lado, a partir de las gráficas de revoluciones por minuto y velocidad aproximada del vehículo fue posible monitorear al vehículo en cuanto a su velocidad y comportamiento del motor. Además de ello, se puede comprobar el funcionamiento correcto del sensor óptico diseñado y construido en este módulo. Uno de los aspectos más importantes en cuanto a la implementación del sistema en el vehículo, es la ubicación de la unidad de control, ésta fue ubicada en la parte trasera del vehículo ya que ese espacio estaba designado para colocar los circuitos electrónicos del vehículo. Se colocó un material viscoelástico entre el circuito impreso y la estructura del vehículo, con el fin de reducir las vibraciones en la placa y evitar que el ruido producido por dichas vibraciones alterará las señales procesadas por la unidad de control.

## B. Eficiencia

La eficiencia del vehículo se puede analizar en tres componentes distintos: la eficiencia mecánica, energética y aerodinámica.

La eficiencia mecánica se calculó comparando la fuerza disponible en la rueda motriz versus la fuerza suministrada por el motor. Este cálculo no es muy preciso, ya que depende de las condiciones en las que el vehículo está siendo conducido y de los datos obtenidos por un GPS, que en ocasiones no es muy exacto. Sin embargo, esta era la única manera de verificar la eficiencia del sistema ya que no se tenía acceso a un dinamómetro.

La eficiencia experimental del sistema de transmisión es de 84.25% está por debajo del objetivo de 85% de eficiencia. Se identificaron ciertos problemas mecánicos que podrían estar afectando de manera negativa la eficiencia del sistema, y se espera que al solucionarlos aumente; a continuación se explican.

- El sistema de velocidades. En un video grabado con una cámara montada adentro del compartimiento del motor se puede observar que el deraileur, dispositivo que realiza los cambios de plato, no está bien ajustado, y que la cadena “salta” entre velocidades, causando pérdidas de potencia en cada salto.
- El chasis. La deformación presentada en el chasis antes y durante el embrague aumenta las pérdidas por fricción entre la llanta y la superficie, y también evitan que la cadena tenga un recorrido recto.
- Alineación de componentes de transmisión. Los ejes de entrada y salida de la caja reductora no están bien alineados con sus respectivos ejes complementarios, esto se evidencia con el desgaste causado al elemento de hule del acople de salida.
- Otros factores externos que podrían afectar la eficiencia del sistema de transmisión, y del vehículo en general, son la aerodinámica y las pérdidas por fricción en las llantas delanteras.

Para realizar el cálculo de la eficiencia de la combustión, con ayuda de un Bacharach se procedió a realizar un análisis Orsat, ya teniendo el motor con los sensores calibrados de manera correcta y con los parámetros elegidos. Para ello, se calibró el aparato con aire, como referencia, y luego se procedió a realizar el análisis de los gases de escape en tres escenarios diferentes. El primero fue cuando el motor estaba sin aceleración, simplemente estaba encendido. Luego se midieron los gases de combustión teniendo el motor con aceleración constante, abriendo el acelerador aproximadamente a un 50%. Por último se realizó la medición de los gases totalmente acelerado. Los resultados obtenidos, se muestran en el anexo 24.

Se debe mencionar que el Bacharach no tiene en la base de datos del equipo, el etanol, por lo que el análisis que se realizó fue utilizando el equipo colocando keroseno como combustible utilizado para que el aparato pudiera reportar datos. No obstante, para fines de analizar la combustión es posible darse una idea de lo que está sucediendo con los datos obtenidos. Con estos datos se pudo obtener la eficiencia de la combustión, utilizando el método indirecto de cálculo de eficiencia, es decir por las pérdidas que se tienen, obteniendo un 61.63% de eficiencia. Teniendo que la mayor cantidad de pérdidas se obtienen en los gases de escape, seguido por la humedad del combustible, la pérdida por humedad en gases de combustión, y el porcentaje de pérdida por radiación.

Los resultados del rendimiento del motor se obtuvieron en estado estacionario, que quiere decir que se encontraba en el banco de pruebas donde no tiene ninguna fuente que agregue torque al motor. Primero se hizo la prueba para el motor con carburador utilizando gasolina como combustible, obteniendo como resultado 0.5220 L/h. Este resultado comparado con el teórico que especifica la hoja técnica del motor (ver

anexo 12) que es de 0.91 L/h, a simple vista pareciera tener menos un mejor rendimiento, pero se debe tomar en cuenta que no tiene ninguna fuerza que esté afectando al mismo. Al llevar a cabo la misma prueba solo que con el inyector y utilizando etanol como combustible, se obtuvo como resultado un rendimiento de 0.1380 L/h, teniendo un rendimiento aun mejor; sin embargo, nuevamente no se puede comparar de manera directa, debido a que no se encuentran en las mismas condiciones ambos combustibles, la gasolina se analizó con carburador y el etanol con inyector.

Teóricamente, el inyector hace más eficiente el rendimiento, pero no se puede asegurar nada, al igual que tampoco se puede concluir nada con respecto a uno u otro combustible, ya que hubiera sido necesario comparar carburador con inyector utilizando ambos el mismo combustible, que en este caso hubiese tenido que ser gasolina, a manera de llegar a una conclusión bien fundamentada.

Es importante mencionar, que se debieron realizar las pruebas de consumo de combustible, teniendo armado el carro completo y hacer una simulación de la pista, como se hubiera hecho en la carrera. Sin embargo, esto no fue posible, debido a que se tenían fallas en otras partes del vehículo y no era seguro para el piloto la realización de dichas pruebas, sin antes arreglar esas fallas.

De manera teórica se podría decir que la gasolina es más eficiente que el etanol, es decir que se requerirá menor cantidad de gasolina que de etanol, para lograr el mismo trabajo, debido a que la gasolina tiene un mayor poder energético que el etanol, y debido a que el motor lo que hace es una conversión de energía térmica en energía mecánica, para el desarrollo del mismo trabajo, se requerirá una mayor cantidad de etanol que de gasolina. En este caso se debió comparar el etanol versus la gasolina utilizando inyector para el uso de ambos combustibles, a manera de poder llegar a tener una conclusión concreta. Sin embargo, hacer esas pruebas no fue posible, debido a que el sensor de chispa del sistema de inyección sufrió daños y ya no permitió llevar a cabo esas pruebas.

Por la misma razón, las pruebas no se pudieron hacer de manera estacionaria con el motor dentro del chasis de vehículo, teniendo el torque provocado por la caja reductora y la llanta. A pesar de todo sí se había logrado comprobar que realmente se mantenía estable con ese torque, ya que con anterioridad se había hecho la prueba, no fue posible medir el consumo de combustible en esa oportunidad, debido a que se tuvo dificultades con la manguera del combustible, la cual se calentó y en un momento dado, se perforó con una pieza cercana, expulsando todo el combustible, por la presión a la que se encontraba el sistema.

Debido a que al momento de efectuar las pruebas finales, teniendo ya definidos los parámetros a utilizar en el inyector, se monitorearon los datos obtenidos, se tiene una tabulación de datos final. Con los datos de las diferentes temperaturas y la cantidad de aire en exceso que se obtuvo con el análisis Orsat, se pudo obtener la eficiencia de la combustión en el motor, tomando el ciclo teórico de aire del motor Otto y el ciclo de Carnot. Obteniendo que al utilizar una cantidad de aire teórico la eficiencia de Otto es de 84%, mientras que la eficiencia de Carnot es de 86.38%. Teniendo aire en exceso, se obtiene una eficiencia de Otto de 78.18% y una eficiencia de Carnot de 82.39%. Se puede observar que la eficiencia de Carnot es mayor

que la del ciclo Otto, para ambos casos, que era realmente lo esperado, debido a que el ciclo de Carnot es un ciclo ideal de las máquinas térmicas. Sin embargo, la eficiencia del ciclo de Otto, también es teórica, ya que se basa en el ciclo estándar de aire. Por tanto, la eficiencia que más se asemeja a la realidad es la obtenida mediante el método indirecto, mencionada con anterioridad (61.63%).

Al comparar las dos eficiencias calculadas con el ciclo de Otto, la obtenida con aire teórico es aproximadamente 5% mayor que con aire en exceso. Aunque no se alcanzará la eficiencia de aire teórico, porque siempre es conveniente colocar un exceso de aire a manera de asegurar una combustión completa, sí es posible aumentar más la eficiencia obtenida con aire en exceso, disminuyendo la cantidad de aire en exceso que se está utilizando actualmente. No obstante, la eficiencia obtenida mediante el método indirecto, es aproximadamente un 16% menor que la del ciclo Otto, teniendo exceso de aire. Esto se debe a que este método toma en cuenta todas las pérdidas que se están obteniendo, y según el análisis del porcentaje de pérdidas térmicas en cada aspecto, se ve que la mayor causa de pérdida son los gases de escape, los cuales salen a temperaturas elevadas, que térmicamente significa que aún llevan energía que no fue utilizada en la combustión, pero puede ser aprovechada de otra manera, tratando de aumentar la eficiencia. Así mismo, la temperatura de superficie del motor, también afecta en la eficiencia, aunque en menor porcentaje que los gases de combustión. Estas pérdidas se causan por la radiación del motor, por lo que es importante velar por que la superficie del motor no llegue a temperaturas muy elevadas; actualmente la temperatura máxima que ha tenido el motor en funcionamiento es de 74 °C.

Es importante mencionar, que la eficiencia del motor y la combustión, no depende únicamente de la mezcla aire-combustible al momento del arranque que es el que se ha modificado hasta el momento. El inyector maneja diversos parámetros y curvas, cuando el motor ya se encuentra puesto en marcha, los cuales dependen de diversas variables, que miden los sensores que trae el mismo, como lo son la temperatura de entrada de aire, la temperatura del motor, la presión en la entrada del inyector, la posición del acelerador, entre muchas otras y relaciones entre ellas. Así que realmente se debería continuar estudiando más a detalle la interfaz del programa del inyector, calculando las otras variables que son necesarias, suavizando curvas y calibrando todos los parámetros que utiliza el inyector, a manera de dejarlo totalmente programado para trabajar con el etanol y tener un mejor rendimiento.

Se logró cambiar el carburador por un sistema de inyección y que el motor funcione utilizando como combustible etanol. Sin embargo, aun se recomienda continuar afinando la programación y calibración de los diversos parámetros y variables del sistema de inyección, llegando a obtener un mejor funcionamiento del mismo y obteniendo un mejor rendimiento y una mayor eficiencia de la combustión en el motor.

La eficiencia aerodinámica se determinó a través de simulaciones de fluidos computacionales con ayuda de Autodesk CFD 2014. La carrocería se consideró hermética y plana en la simulación, sin tomar en cuenta las filtraciones en la parte inferior, ventanas, ruedas y su rotación. Esto descarta que entonces las fuerzas de arrastre y sustentación y la turbulencia creada por la rotación de las llantas. Además el modelo

real tiene un área mayor para poderlo sostener sobre el suelo, lo que tiene como consecuencia que el área de sección transversal sea mayor que la del modelo teórico. Otro factor que afecta los resultados de la simulación es que el método de manufactura actual no es exacto por lo que el área transversal puede variar considerablemente.

El coeficiente de arrastre obtenido de 0.18 es equivalente a 1.88 veces el coeficiente de arrastre de media gota de agua, esta referencia indica que el modelo es optimizable en lo que respecta a este coeficiente.

La velocidad en el eje x (eje longitudinal del vehículo) se estanca en la nariz, sin embargo el área de estancamiento es pequeña, ya que rápidamente se ve que la velocidad aumenta. En la cola la dirección de la velocidad se dirige hacia el frente del vehículo, esto es a causa del vórtice que se crea a causa de la turbulencia. La magnitud de la velocidad en esa área es casi despreciable tomando un valor de 0.74 m/s, que representa un 7.4% de la velocidad utilizada para la simulación. La velocidad en la parte inferior del vehículo tiende a disminuir conforme se acerca a la parte posterior.

El indicador de relación de altura contra ancho de vía es un buen parámetro para reducir el área del vehículo, actualmente este indicador posee un valor de 1.15, que aunque cumple con lo reglamentado está muy cerca del valor máximo que es 1.25.

La presión estática se incrementa en la nariz del vehículo debido al estancamiento del aire, esto aumenta el arrastre por presión, por lo que se puede inferir que la geometría de la nariz debe ser optimizada. El peso de la carrocería es bastante elevado, ya que representa el 28% del total del peso del vehículo. Este aspecto afecta negativamente al consumo de combustible del vehículo.

La eficiencia total del vehículo fue de 67.75 % para obtener esta eficiencia se utilizó la potencia del motor donde es más eficiente energéticamente y se restaron las pérdidas de potencia por arrastre aerodinámico, resistencia a la rodadura y pérdidas en el sistema de transmisión de potencia. Este resultado se ve afectado por los problemas en el sistema de cambios, deformación del soporte para la llanta trasera, desajustes del sistema de dirección y discrepancias del modelo utilizado para la simulación de túnel de viento con la carrocería real. Los dos últimos no fueron cuantificados en el cálculo de la eficiencia total, siendo una fuente de error que podría llegar a ser considerable.

## C. Planificación y coordinación

1. Retrasos en la planificación del tiempo. Durante el desarrollo del proyecto se presentó una variación en la duración de las actividades planificadas en los diferentes módulos. Esto se debe a que en la planificación inicial, no se realizó una estimación del tiempo cercana que realmente se requería invertir y no se realizó un desglose detallado de todas las actividades involucradas.

Por lo tanto la planificación para del diseño y la construcción del proyecto se modificó. La planificación tuvo una duración de julio de 2013 a julio de 2014, considerando desde la etapa inicial del diseño hasta las correcciones del vehículo que se tuvieron que realizar luego de la competencia.

Inicialmente en la etapa de diseño, investigación y cálculos, se desarrolló un tiempo mayor al que se había planificado. Esto debido a que se requirió de mayor tiempo para definir el modelo a utilizar cada módulo y consolidar todas las partes para que estas ajustaran. Luego de concretizar la etapa del diseño del proyecto, se determinó específicamente la estructura del trabajo que se debía emplear para el desarrollo de cada módulo.

En la etapa de la construcción del vehículo se presentaron demoras debido a los ajustes que se debían ir realizando para que cada parte funcionara de manera correcta en base al diseño y a los objetivos que se tenían planteados. Además tomar en cuenta los requisitos específicos para cada módulo que se exigen en la competencia.

Además se presentaron demoras por partes de los proveedores, en el caso de la manufactura de piezas. En muchos casos la razón de estas demoras fue el poco tiempo de trabajo que invertían en la jornada laboral por ser una actividad de patrocinio y no una actividad primordial dentro de su producción. Como en algunos otros casos se tuvo demoras para efectuar las compras debido al proceso de compras que se ejecuta en la Universidad.

Otra demora importante de considerar fue la ubicación no accesible de algunos proveedores, por lo cual se requirió invertir mayor tiempo para la manufactura de algunas partes como el chasis y la carrocería.

En el caso del transporte y los trámites que se requirieron para la exportación temporal del vehículo de Guatemala/Houston, tomaron más tiempo de lo planificado. Esto debido a que el proceso de transporte fue patrocinado por parte de una compañía sin conocimiento específico de la competencia y sin experiencia de una exportación de este tipo de carga. Además de las demoras efectuadas en las aduanas de Guatemala para las salida y el retorno del vehículo.

A continuación, se muestra un resumen de las causas de retrasos, clasificadas en causas internas, haciendo referencia a las causas por responsabilidad del equipo y a las causas externas por factores independientes al equipo. Además de las recomendaciones detectadas para cada uno de estos retrasos.

Cuadro 103. Resumen de causas de retrasos

<i>Retrasos</i>	<i>Causas</i>	<i>Recomendaciones</i>
<b><i>Causas internas</i></b>		
<b><i>Calibración del motor al torque requerido (103 días)</i></b>	Falta de experiencia con motores	Inquirir en ayuda de expertos en el tema anticipadamente
<b><i>Pruebas de transmisión de datos (33 días)</i></b>	Retrasos de finalización de instalación del sistema de inyección y transmisión de potencia.	Realizar las pruebas independientemente de la instalación de otras partes. Determinar la dependencia de todas las actividades para evitar este tipo de retrasos.
<b><i>Instalación sistema de monitoreo (123 días)</i></b>	Retraso en el ensamble de los sistemas y chasis.	Determinar la dependencia de todas las actividades para evitar este tipo de retrasos.
<b><i>Manufactura de chasis (170 días)</i></b>	Manufactura de chasis de prueba y luego el chasis final	Diseñar en base al resto de sistemas que interfieran en las dimensiones.
<b><i>Pruebas (87 días)</i></b>	Retraso de la construcción del vehículo	Programación de tiempo para realizar modificaciones y ajustes.
<b><i>Causas externas</i></b>		
<b><i>Compras (7 días)</i></b>	Por retrasos en el proceso de compras internacionales.	Considerar los tiempos que se requiere en el departamento de compras y los tiempos de compras internacionales.
<b><i>Manufactura de piezas (7-15 días)</i></b>	Retraso por parte de los patrocinadores.	Considerar tiempos más amplios cuando se trata de patrocinios. Investigar a cerca de otros proyectos de los proveedores para observar la calidad de su trabajo.
<b><i>Manufactura de carrocería (7 días)</i></b>	Calidad de producto final y modificaciones.	Selección de proveedores.
<b><i>Trámites transporte (64 días)</i></b>	Falta de experiencia con el tipo de carga	Seguimiento de proveedores para agilizar los trámites luego de la experiencia. Investigar a cerca de otros proyectos de los proveedores para observar la calidad de su trabajo.
<b><i>Fabricación caja envío (3 días)</i></b>	Re fabricación debido a malas condiciones de calidad	Selección de proveedores.

2. **Modificaciones de la planificación inicial.** Durante el desarrollo del proyecto se estableció realizar reuniones dos veces por semana, al inicio y a mitad de semana.

Esto con el objetivo de presentar avances de cada módulo para mantener al resto de los integrantes informados y mantener relacionados todos los módulos de trabajo. Asimismo estas reuniones sirvieron para presentar problemas y en conjunto tomar decisiones al respecto y solucionarlos.

Como se menciona anteriormente se afrontaron situaciones imprevistas que se tuvieron que solucionar en el proceso. Inicialmente se decidió realizar la estructura del chasis con materiales de acero, debido a que los materiales y el costo de estos eran los más accesibles para los fondos económicos con los que contaba el proyecto en ese momento.

La decisión se tomó considerando que era importante realizar una estructura de prueba para corroborar que todos los sistemas se ajustaran y a partir de esto realizar modificaciones con un modelo real. Luego de manufacturar la estructura, el peso de esta se consideró muy alto el cual no permitiría cumplir uno de los objetivos específicos del proyecto, de beneficiarse de un peso liviano de la estructura. Luego de obtener más fondos por parte de los patrocinios, se tomó la decisión de manufacturar otra estructura, cambiando los materiales de acero, por materiales de aluminio, reduciendo significativamente el peso y tomando en cuenta las modificaciones necesarias que se realizaron en el chasis de prueba. Ver anexo 34.

Otra situación relevante que se presentó fue la manufactura de la caja reductora. Inicialmente se manufacturo una caja reductora de polímero (Vekton 6XAU) la cual fue patrocinada. Al realizar diferentes cálculos en el módulo de transmisión y potencia, se consideró que esta caja podría no resistir a altas temperaturas que se pudiesen alcanzar en el sistema y presentar fallas. Por lo tanto se decidió manufacturar otra caja reductora con materiales de aluminio (aluminio 6061), los cuales además de soportar mayores temperaturas, redujeron significativamente el peso en el sistema.

En el desarrollo de los trámites para el transporte del vehículo, se tomó la decisión de enviar el vehículo sin motor, batería y cargas que pudiesen presentar problema en las aduanas, con el objetivo de simplificar este proceso. Por lo tanto estas partes se compraron nuevamente en Estados Unidos, ajustando las piezas y el sistema al motor y terminando de armar el vehículo ya estando en el evento de la competencia. Esta decisión, requirió de la inversión de más tiempo, pero se pudo simplificar diseñando el sistema de inyección para que casara exactamente con las piezas del motor y fuera fácilmente de instalar.

En la manufactura de diferentes piezas se presentaron retrasos por diferentes razones. Principalmente porque algunas de estas piezas fueron manufacturadas a partir del patrocinio de este servicio, razón por la cual el proveedor no asumía como actividad primordial de su producción, la manufactura de las piezas para el proyecto. Además algunas piezas por ser específicas para el diseño de este vehículo, tomaron más tiempo de lo planificado.

En el caso de la fabricación de la carrocería, el resultado de ésta no fue el esperado, ya que la estructura era sumamente pesada, debido a la mala calidad de la técnica que el proveedor entregó. Para solucionar esta situación se decidió realizar cortes en algunas secciones de la estructura de la carrocería, convirtiéndolas en ventanas de policarbonato, siendo este material menos pesado.

En el caso de la construcción de la caja de madera tratada para el envío del vehículo, el proveedor entregó el producto de muy mala calidad. Esto representó un retraso en los últimos días antes del envío ya que se reclamó al proveedor por la calidad inaceptable de la caja, por lo que se tuvo que volver a realizar la construcción de esta.

Para poder equilibrar los retrasos inevitables y cumplir con la fecha establecida para concluir la construcción del vehículo y poder realizar el envío de este a tiempo, se trabajó paralelamente cada módulo y

en las últimas semanas se invirtió en más tiempo de trabajo, fuera de las horas que inicialmente se tenían programadas por día, para trabajar individualmente en la finalización de cada módulo y en la consolidación de todas las partes.

Con base en la experiencia en el desarrollo de este proyecto, se realizó un análisis tomando en consideración los tiempos reales para cada actividad, las actividades críticas y retrasos que podrían presentarse, para construir un diagrama de Gantt de los tiempos propuestos para desarrollar un proyecto similar, como se muestra en el Anexo 33.

En el siguiente cuadro se muestran las actividades críticas en base a la distribución de tiempo real del proyecto, y las consideraciones que se deben tomar en cuenta en la ejecución del seguimiento de este proyecto.

Cuadro 104. Consideraciones de actividades críticas

<i>Actividades críticas</i>	<i>Consideraciones</i>
<b><i>Diseño de transmisión</i></b> <b><i>Compras de transmisión y potencia</i></b>  <b><i>Ensamble de transmisión y potencia</i></b>	Al ser uno de los principales módulos la transmisión y potencia, se debe realizar una mayor inversión de tiempo para diseñar un nuevo sistema y efectuar las compras lo antes posible para no retrasar el ensamble y pruebas de esta sección. Además considerar que el diseño y ensamble de otros módulos dependen de este. Esta actividad es crítica para que el vehículo pueda llegar a tiempo al evento de la competencia, por lo que se debe considerar el resto de actividades críticas para no retrasar esta. Además se debe manejar con anticipación los trámites y permisos para adelantar el proceso de exportación antes de la finalización de la construcción del vehículo. Cabe mencionar que darles seguimiento a los proveedores incurridos anteriormente para este proceso, podrían agilizar el proceso, debido a la experiencia adquirida con el proyecto.
<b><i>Trasporte</i></b>	

## 1. Proceso de patrocinio:

a. Desarrollar objetivos. Identificar las metas que se quieren cumplir a través de este proyecto, para buscar empresas que se adapten a estos objetivos.

### 1) General

Diseñar y construir un vehículo ultra eficiente a base de etanol con un consumo promedio de 2,600 km/galón.

### 2) Específicos

- Diseñar y construir un chasis de materiales livianos.
- Diseñar y construir una carrocería liviana y aerodinámica

- Diseñar y construir un sistema de transmisión y potencia utilizando materiales y piezas livianas.
- Diseñar y construir un sistema de transmisión y monitoreo de datos
- Diseñar y construir un sistema de dirección y frenos utilizando materiales y piezas livianas.

b. Análisis estratégico. Realizar un análisis del entorno, el posicionamiento, las oportunidades y amenazas que posee el proyecto. La importancia de este análisis es que se debe considerar las tendencias del mercado en el que se encuentra el vehículo, para conseguir, sostener los patrocinios y analizar el proyecto desde diferentes perspectivas. Además de identificar las fortalezas y debilidades, es importante conocer el impacto de los factores del entorno para identificar las oportunidades de patrocinio, así como las amenazas que podrían presentarse. Por otro lado, también es de importancia evaluar los riesgos, del entorno de la región en donde se ubica el proyecto.

1) Análisis PESTEL. Este análisis identifica los factores del entorno general, en este caso se acopla al contexto en el que se encuentra el proyecto.

- Factores políticos:

Reglamento de la Shell Eco-marathon: La competencia cuenta con un reglamento específico, como se muestra en el Anexo 35, para el diseño y construcción del vehículo de todas las categorías, para la seguridad del vehículo y la competencia, así como de la organización del evento y del equipo.

Trámites de transporte: Para realizar la exportación, en este caso, temporal del vehículo, se debe realizar un proceso compuesto de diferentes trámites y formularios, en base a características específicas del vehículo y del traslado, respaldadas por el representante legal de la Universidad.

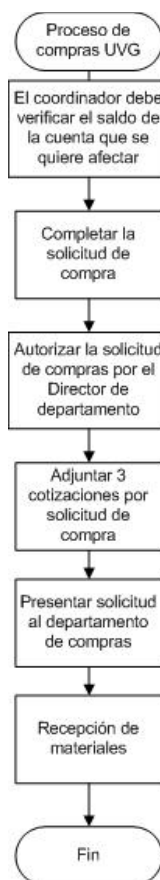
En el Anexo 36 se encuentran los formularios utilizados para la exportación temporal vía marítima del 2014.

- Factores económicos

Patrocinadores: Los aportes económicos por parte de un patrocinador, deben realizarse a nombre de la Universidad del Valle de Guatemala. De esta manera ingresarán directamente a la universidad y serán administrados por el departamento financiero.

Los patrocinados se ven interesados en realizar aportes económicos, de piezas, materiales o herramientas, dependiendo sus intereses. Los principales intereses que presentan son el desarrollo tecnológico, el posicionamiento de las marcas en eventos nacionales e internacionales y desarrollo de combustibles alternativos.

Figura 169. Diagrama de flujo proceso de compras UVG



Beneficios para los patrocinadores: La reducción de pago de impuestos es un beneficio que además pueden aprovechar los patrocinadores, al realizar una donación al proyecto. “Todas las Personas Individuales y Personas Jurídicas ya sean sociedades de cualquier tipo, pueden beneficiarse restando de sus ingresos o renta neta, el 100% de las donaciones que hacen durante el año calendario al anotar en su declaración anual de impuestos el monto donado. El comprobante fiscal de respaldo es el Recibo extendido por la Universidad y además obtienen un ahorro en el pago de su impuesto sobre la renta anual. La deducción máxima permitida a quienes donen en las entidades no puede exceder del 5% de la renta bruta.” (Deloitte, 2013)

Tipo de cambio: Este factor se utilizó para presentar el presupuesto en una sola moneda, ya que se realizaron compras en dólares y en quetzales.

Tipo de Cambio de Referencia vigente para el martes 12 de agosto, 2014

\$1.00 = Q7.83944 (Banguat, 2014)

- Factores sociales

Desarrollo tecnológico: “Respecto de la eficiencia del Congreso para apoyar el tema tecnológico, el país fue ubicado entre los últimos 10 puestos a nivel mundial, en el 127 de 133 países”. (Díaz, L. 2010)

El proyecto busca invertir en la explotación y desarrollo de las nuevas ideas y de los conocimientos de estudiantes de ingeniería.

- Representación: Guatemala es el único país en Centro América y el Caribe, con un solo equipo participando.
- Reconocimiento: Ser reconocido a nivel nacional, por la población guatemalteca a través del seguimiento por redes sociales, entrevistas en periódicos, revistas, radios, televisión y otros medios de comunicación. Representar la excelencia de la educación que trasciende de la Universidad del Valle, a través de los conocimientos y presencia del equipo en el evento.

En Guatemala se cuenta con los siguientes medios de comunicación:

- 15 canales de televisión
- 81 radiodifusoras
- 75 revistas
- 31 periódicos (Aquínguate, 2014)

Motivación: “Las facultades con mayor población son las de Humanidades (31 mil 079) con carreras como Pedagogía, Filosofía, Letras y Arte por mencionar algunas. Y en segundo lugar Ciencias Económicas (21 mil 249) con carreras como Administración de Empresas o Contador” (Metro. 2013)

Motivar a los jóvenes guatemaltecos a estudiar carreras a nivel de ingeniería y llamar su atención para involucrarse en proyectos de esta magnitud.

- Factor tecnológico

Falta de acceso y altos precios de materiales y piezas en Guatemala: En el presupuesto, como se muestra en la sección D, se detallan diferentes costos realizados fuera de Guatemala, ya que dentro del país no se cuenta con la calidad y variedad de materiales y piezas que el proyecto requiere.

- Factor ecológico

La Shell Eco-marathon es una reunión de futuros líderes para la construcción de vehículos ecológicos pensados para reducir la contaminación ambiental que tanto afecta actualmente a la población mundial y con este incentivo se promete grandes resultados con muchas esperanzas para una sociedad más ecológica.

La importancia de esta competencia anual, es que el desarrollo tecnológico y mejoras que se presentan en el diseño y construcción de vehículos ultraeficientes, se pueden incorporar a la fabricación de vehículos convencionales.

- Factores legales

Trámites de transporte: En el Anexo 36, se encuentran los trámites a realizarse en una exportación temporal vía marítima.

2) Fuerzas de Porter. Se analizaron las fuerzas de Porter, para determinar el entorno competitivo en el que se encuentra el proyecto. Esta herramienta permite enfocar el poder de negociación con los patrocinadores en base a estas fuerzas.

Cuadro 105. Resumen de calificación de las fuerzas de Porter

<i>Amenazas</i>	<i>Diseño</i>	<i>Construcción</i>	<i>Comunicación</i>	<i>Transporte y logística</i>	<i>Promedio</i>
<i>Poder de los proveedores</i>	0	6	0.3	1.2	1.88
<i>Sustitutos</i>	0	6.3	0.3	1.2	1.95
<i>Poder de los clientes</i>	0	5.2	0.2	1.1	1.63
<i>Rivalidad entre competidores</i>	1.5	6	0.3	1.2	2.25
<i>Nuevas amenazas competidoras</i>	1.3	6.3	0.3	1.2	2.28
<i>Promedio</i>	0.56	5.96	0.28	1.18	2.00

Cuadro 106. Calificación de amenaza de proveedores

<b>Clasificación</b>	<b>Porcentaje presupuesto</b>	<b>Total</b>
<b>Potencia</b>	25%	Q 48,222.63
<b>Chasis</b>	10%	Q 20,139.19
<b>Carrocería</b>	9%	Q 16,650.46
<b>Dirección</b>	7%	Q 12,904.90
<b>Sistema de monitoreo</b>	3%	Q 5,476.00
<b>Seguridad</b>	3%	Q 5,173.11
<b>Frenos</b>	2%	Q 3,782.52
<b>Inyección y presurización</b>	1%	Q 2,148.90
<b>Porcentaje total de costos de construcción</b>		60%
<b>Comunicación</b>	3%	Q 5,083.67
<b>Transporte y empaque</b>	12%	Q 23,657.20
<b>TOTAL presupuesto ejecutado 2014</b>		Q 191,858.63

Los proveedores son todos aquellos que abastecen con las piezas, materiales y herramientas que se requieren para la construcción del vehículo. Como se muestra en la cuadro de calificación este factor afecta en los costos, principalmente de la construcción del vehículo, ya que se seleccionan las alternativas de proveedores en base a costo, necesidad y calidad de sus productos.

Cuadro 107. Calificación de amenaza de sustitutos

Descripción	Porcentaje de ingresos	Total
<b>Donación productos del aire Guatemala</b>	21%	Q 45,000.00
<b>Donación Pantaleón S.A</b>	9%	Q 20,000.00
<b>Donación ACR Guatemala</b>	4%	Q 8,000.00
<b>Donación en productos Componentes industriales</b>	1%	Q 1,753.72
<b>Patrocinio UNO PETROL Guatemala</b>	18%	Q 38,600.00
<b>Servicios Tecnomecánica</b>	5%	Q 12,000.00
<b>Productos ESSA</b>	2%	Q 5,000.00
<b>Servicios MyCenter</b>	2%	Q 5,000.00
<b>Servicios talleres LUO</b>	1%	Q 2,000.00
<b>Total ingresos para construcción</b>	63%	Q 137,353.72
<b>Comunicación</b>	3%	Q 5,083.67
<b>Transporte y empaque</b>	12%	Q 23,657.20
<b>Total ingresos</b>		Q 219,375.86

Los sustitutos son todos los proyectos de desarrollo social, académico, ambiental o tecnológico, a nivel nacional, que requieran de financiamiento.

Este factor es una de las amenazas más importantes, ya que otros proyectos podrían desplazarnos de los patrocinadores interesados y afectar nuestros ingresos. La calificación se realizó en base a los patrocinadores, ya que los sustitutos son amenazas de perder los ingresos.

Cuadro 108. Calificación de amenaza de clientes

Descripción	Porcentaje de ingresos	Total
<b>Total costos del vehículo 2014</b>	52%	Q 114,497.72
<b>Comunicación</b>	2%	Q 5,083.67
<b>Transporte y empaque</b>	11%	Q 23,657.20
<b>Total ingresos</b>		Q 219,375.86

Los clientes son los patrocinadores, los interesados en presentarles resultados positivos del vehículo y obtener beneficios en base al proyecto. Este factor afecta directamente en los ingresos ya que los patrocinadores tienen el poder de decidir apoyar el proyecto aportando piezas, materiales, herramientas o recursos económicos.

Cuadro 109. Calificación de amenaza de rivalidad entre competidores

Descripción	Porcentaje presupuesto	Total
Modificaciones diseño	15%	Q 29,573.71
Construcción	60%	Q 114,497.72
Comunicación	3%	Q 5,083.67
Transporte y empaque	12%	Q 23,657.20
<b>TOTAL presupuesto ejecutado 2014</b>		<b>Q 191,858.63</b>

La competencia del vehículo son todos aquellos equipos que participen en la competencia, ya sea en la misma o diferente categoría. Estos equipos representan una amenaza ya que ellos podrían atraer el interés de los patrocinadores, y reducir tanto el interés en nuestro proyecto, como el apoyo de los patrocinadores. Por lo tanto este factor afecta tanto en los costos de la construcción como en diseño, ya que a través del diseño se solicita el patrocinio y se muestra una idea de lo que se quiere lograr.

Cuadro 110. Calificación de nuevas amenazas

Descripción	Porcentaje de ingresos	Total
Modificaciones diseño	13%	Q 29,573.71
Ingresos de construcción	63%	Q 137,353.72
Comunicación	3%	Q 5,083.67
Transporte y empaque	12%	Q 23,657.20
<b>Total ingresos</b>		<b>Q 219,375.86</b>

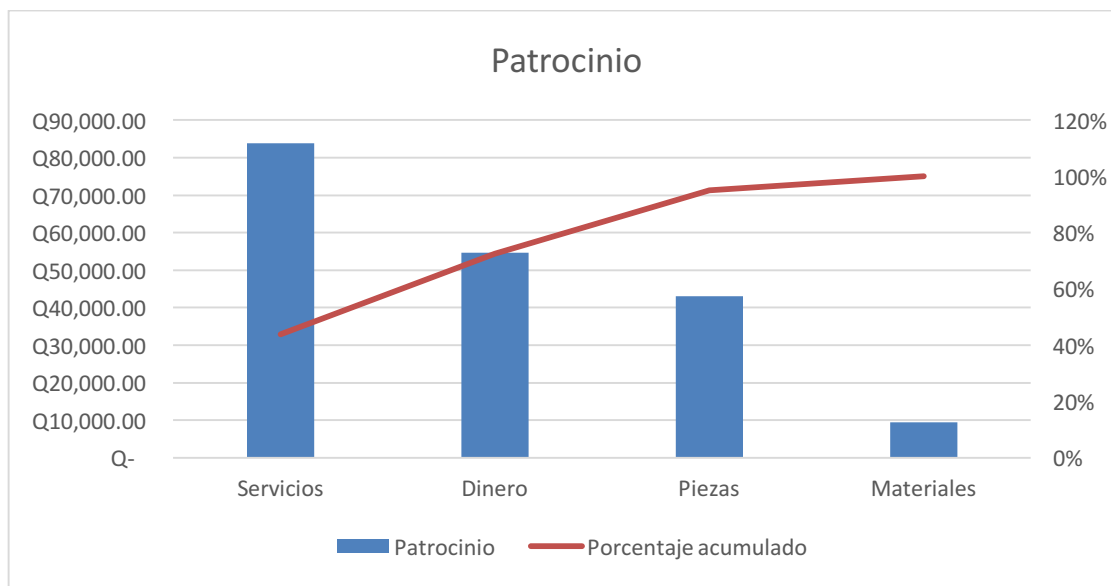
Las nuevas amenazas incluyen a todos aquellos los nuevos equipos que estén interesados en participar a nivel nacional, ya sea de otras o de la misma universidad. Estos equipos representarían una amenaza, al atraer la atención e interés, tanto de los patrocinadores, como de los seguidores del proyecto. Esto afectaría en los ingresos para el diseño, la construcción del vehículo y la comunicación del proyecto para abarcar más mercado que la nueva competencia.

d. Indicadores. Con base en los costos del presupuesto ejecutado 2014 se realizó la clasificación entre los costos para servicios, piezas y materiales y empresas que puedan patrocinar recursos económicos. Como se muestra en el Cuadro 100, el proceso de patrocinio debe enfocarse a empresas que brinden servicios o recursos económicos, ya que representan el 73% de los costos ejecutados.

Cuadro 111. Enfoque de patrocinadores

Clasificación	Presupuesto	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Servicios	Q 83,883.47	44%	44%
Dinero	Q 54,651.23	29%	73%
Piezas	Q 42,983.40	23%	95%
Materiales	Q 9,456.85	5%	100%
<b>Total</b>	<b>Q 190,974.95</b>		

Figura 170. Enfoque de patrocinadores



e. Realizar contactos. Coordinar reuniones con los gerentes de cada empresa, o puestos altos de la empresa, ya sea contactándolos por teléfono, correo electrónico o personalmente. Desarrollar una red de contactos que permita contactar a otros, por medio de los mismos patrocinadores.

Al realizar el contacto enviar un breve resumen sobre el proyecto, sus objetivos y logros, el patrocinio que se está solicitando y los beneficios que podrían obtener a través del patrocinio. Es importante personalizar cada solicitud y presentación que se realiza.

f. Presentar propuesta. Realizar una presentación en la que se mencione detalladamente en que consiste el proyecto y la competencia, los objetivos del equipo y los logros que ha obtenido en años anteriores.

Presentar los distintos tipos de oportunidades de patrocinio que se ofrecen. Explicar detalladamente los beneficios y el alcance de exposición del proyecto estimado a través de los medios de comunicación, eventos y redes sociales, como se muestra en el Anexo 37. Enfocar cada presentación al modelo de negocios de la empresa.

Aprovechar la rivalidad entre los patrocinadores y presentar a las empresas interesadas y que han apoyado el proyecto.

Luego de una semana de presentar la propuesta, sino se ha tenido respuesta, contactar nuevamente a la empresa, averiguar si tienen alguna duda y proporcionarles nuevamente nuestro contacto para recibir una respuesta.

g. Seguimiento de patrocinadores. Darle seguimiento a los patrocinios obtenidos. Enviarles un informe mensualmente de los avances realizados. Recordarles las fechas del evento e invitarlos a ver las transmisiones de la competencia. Luego de la competencia realizar un informe final del proyecto y realizar una presentación de los resultados.

El seguimiento de los patrocinadores durante y después de la competencia es muy importante ya que, se presentan constantemente los logros obtenidos y comparte las expectativas para las actividades programadas en un futuro. De igual manera los patrocinadores esperan obtener resultados y estar informados acerca del rendimiento del proyecto en el que han invertido.

## VIII. CONCLUSIONES

Según el análisis de elementos finitos realizado con Autodesk Simulation Mechanical 2015, el chasis soporta 90 kg con un factor de seguridad de 4 en la horquilla trasera y las uniones de las barras laterales. El factor de seguridad en la barra antivuelco igual a 10, con una deflexión máxima de 1.13 bajo la aplicación de la carga reglamentada de 700 N.

Tras la colisión lateral el soporte lateral se ve afectado en su unión al chasis, presenta un factor de seguridad de 2.5. La barra lateral es el punto donde se presenta la deflexión máxima con el valor de 1.52 mm según el análisis de elementos finitos. La placa trasera falló debido a la magnitud del esfuerzo causado por la tensión de la cadena y la fuerza de fricción en la curva, en la cual se determinó un factor de seguridad de 0.06.

Según el análisis de fluidos computacionales el coeficiente de arrastre obtenido de 0.17 es satisfactorio según el objetivo estipulado en 0.2, sin embargo el peso de la carrocería representa el 28% de todo el vehículo lo que no es satisfactorio.

El sistema de dirección del vehículo durante la competencia cumplió con el radio de giro especificado de 8 m. Al realizar las pruebas posteriores, el giro al lado izquierdo no era apropiado teniendo un radio de giro promedio de 14.79 m.

Utilizando el sistema Shimano Deore para los frenos se logró cumplir satisfactoriamente el requisito de la competencia de mantener al vehículo en reposo en una pendiente de 20% con ambos sistemas de freno.

El sistema de transmisión de potencia consta de un embrague cónico manual, una caja reductora con relación 12.25:1 y un sistema velocidades de bicicleta con 8 platos. La eficiencia del sistema fue de 84.25%, y logró que el vehículo se desplazara a 35 km/h por debajo de 4500 rpm.

El sistema de velocidades no se utilizó durante la competencia ya que no fue probado con anterioridad y no se pudo garantizar su confiabilidad. Aun usando solamente la tercera velocidad, el vehículo se desplaza a la velocidad deseada y es capaz de arrancar desde el reposo.

Se logró establecer la comunicación inalámbrica en tiempo real entre el vehículo y la computadora en un radio de 180 m durante el desarrollo de la competencia, utilizando los módulos de comunicación inalámbrica XBee Pro S1.

Se procesaron y almacenaron 122 datos en la memoria SD colocada en la unidad de control y se transmitieron 96 datos al software de monitoreo. La tasa de transmisión de datos fue de 1.31 segundo/dato.

Se logró adaptar satisfactoriamente un kit de inyección ECOTRONS (sistema de inyección electrónica de combustible, para motores pequeños) al motor Honda GXH50, permitiendo una combustión adecuada de etanol en el motor: en estado estacionario por 10 minutos y se logró recorrer una distancia de 1.8 millas aproximadamente.

Se tiene una eficiencia de combustión de 61.63%, obtenida mediante el método indirecto de cálculo de eficiencia. Una eficiencia del motor de 84% para aire teórico y de 78.18% con aire en exceso, para el ciclo Otto estándar de aire. Y una eficiencia del motor de 86.38% para aire teórico y 82.39% con aire en exceso, para el ciclo de Carnot. La eficiencia total del vehículo es de 67.75%, la cual considera como pérdidas la pérdida por arrastre aerodinámico, por resistencia a la rodadura y la pérdida en el sistema de transmisión.

Se deben categorizar con mayor importancia y priorizar las actividades del módulo de transmisión y potencia y el transporte del vehículo ya que representan las actividades críticas, las mayores inversiones económicas y laborales del proyecto.

El presupuesto total ejecutado en el 2014, incluyendo los costos de la construcción del vehículo y la competencia es de Q191, 858.66. El costo de la construcción del vehículo 2014 es de Q114, 497.71. Del cual el módulo de transmisión y potencia representa la mayor parte del presupuesto total ejecutado, con el 25.13%. Además el diseño y construcción requiere de una inversión de 1,559.01 horas/hombre.

## IX. RECOMENDACIONES

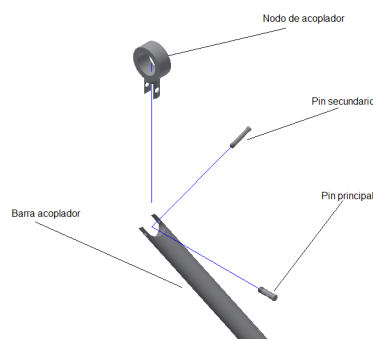
Desde el inicio del proyecto se necesita que las personas encargadas de los módulos de dirección, chasis y carrocería se encuentren en constante comunicación ya que cada uno de los módulos depende en gran parte de los otros. Es necesario que el área del chasis en donde será instalado el sistema de dirección tenga un ancho cómodo para la ergonomía del piloto, pero que a la vez sea óptimo para permitir que los neumáticos del vehículo permanezcan dentro de la carrocería.

Otra modificación a realizar en el chasis es que la base del motor y el sistema de transmisión tenga un grado de libertad y gire alrededor de un pasador por ejemplo. Con esto se lograría mayor versatilidad del chasis y se reducirían los esfuerzos en la horquilla.

Para mejorar la seguridad del vehículo es necesario analizar la rigidez torsional del chasis y la forma de generar una armadura en la parte delantera del vehículo que disipe la energía de un choque frontal. Además es necesario analizar la posición de los soportes de los pernos y los esfuerzos que se concentran en sus en ellos.

El sistema mecanismo de dirección necesita mejorar en el componente del acoplador. Al momento de diseñar el sistema, se tomó en cuenta que éste tendría únicamente dos grados de libertad. Sin embargo, al realizar las pruebas los tornillos que están en los nodos de los acopladores se desajustaban rápidamente. Por lo que se recomienda la implementación de un tercer grado de libertad ya sea por medio de uniones esféricas en los nodos del acoplador o la manufactura de un sistema de nodos como el que se muestra en la siguiente figura.

Figura 171. Rediseño de acoplador



Otra manera de solucionar el problema es sustituyendo la barra del acoplador por un mecanismo de engrane y piñón. Estos ya se encuentran diseñados en el mercado para carros como Go Karts, en la siguiente figura se muestra el sistema recomendado.

Figura 172. Mecanismo engrane y piñón



(DesertKarts, s.f.)

En caso se desee implementar otro sistema de giro, y no un mecanismo de seis barras, se recomienda utilizar un mecanismo de engrane y piñón. En el mercado ya existen éstos sistemas para vehículos de tipo Go karts, y podrían sustituir sin muchas complicaciones el sistema actual. Éste sistema tiene un costo de \$ 97.00 y puede verse en la figura anterior.

Durante la fase de diseño del vehículo no se tomó en cuenta las vibraciones a las cuales éste estaría sometido, por lo tanto, se recomienda realizar dicho análisis ya que las vibraciones contribuyen al desajuste de tornillos y piezas, además de dañar las soldaduras.

Además del error en el acoplador, el mecanismo de giro sufrió daños al no tener una guarda que restringiera la interacción de éste con el piloto, lo que ocasiono graves deterioros y mayores fallas en el sistema, por lo tanto se recomienda la instalación de una guarda que sirva para proteger el mecanismo y a la vez soporte la posición del piloto.

Para obtener un buen giro en el vehículo es necesario que la llanta trasera se encuentre totalmente paralela al eje de simetría del vehículo. De esta forma se garantizará un rendimiento apropiado del sistema de dirección.

La alineación de las abrazaderas que unen al sistema de dirección con el chasis fue complicado ya que no se contaba con un método apropiado ni con las herramientas necesarias. Por lo tanto se recomienda la utilización de un sistema laser para la instalación correcta.

El sistema utilizado para remover el timón, y que permitía al piloto cumplir con el requerimiento de salir del vehículo en 10 s, mostró ser funcional. Sin embargo, el piloto requería de gran fuerza para garantizar el desempeño correcto del mecanismo. Por lo tanto, se recomienda la utilización de un sistema de pasador para mantener el timón en su lugar, y aún permitirle al conductor removerlo según sea necesario.

Es posible lograr una gran reducción de peso sustituyendo la barra de timón, que actualmente es de acero por una de aluminio. Los componentes del sistema de dirección pueden ser diseñados nuevamente con un factor de seguridad menor para eliminar material.

El sistema de frenos hidráulicos funcionó de manera óptima durante la competencia, sin embargo, el sangrado de los frenos fue una tarea complicada ya que se desperdiciaba aceite continuamente. Por lo que se recomienda recibir un curso con personas que estén familiarizadas con esta tarea.

Durante las vueltas recorridas en la competencia el vehículo se vio forzado a parar. Por lo tanto, para promover la seguridad de nuestro piloto y los demás competidores se recomienda instalar una luz trasera en el vehículo que se active cuando los frenos se accionen.

No se tomó en cuenta en el diseño de frenos un mecanismo de freno de mano. Durante la construcción del vehículo esto se solucionó introduciendo una liga que apretara la palanca. Para mayor comodidad se recomienda implementar un sistema de freno de mano más adecuado. El reglamento de la competencia no exige el uso de freno de mano, por lo cual éste no se incluyó en el diseño, esto generó incomodidad en el momento que se debía trabajar en el vehículo ya que era necesario apachar la palanca o sostener el carro. Para mejorar esto se debe incluir como requerimiento del módulo diseñar un sistema que accione uno de los dos sistemas de freno o acoplar otro sistema de frenos al vehículo.

Las oportunidades de mejora de peso en el sistema de frenos son pocas, pero es posible disminuir el peso del sistema de frenos al sustituir los componentes de Shimano Deore que tienen una masa 0.49 kg por los de Formula R1 Racing que tienen 0.334 kg y el mismo torque.

La fuerza de fricción, la tensión en la cadena contribuyeron y la aceleración generada por el accionamiento del embrague no se consideraron en la fase de diseño por lo que es necesario profundizar en el análisis para evitar que las placas traseras fallen.

Para solucionar el problema de la corta carrera de accionamiento del embrague se recomienda utilizar un mecanismo de poleas o engranajes que permita que el pedal tenga una carrera más larga, sin afectar la carrera útil en el embrague. También se podría estudiar el embrague mismo y rediseñar las piezas necesarias para cambiar la carrera de accionamiento.

Se detectaron tres oportunidades de mejora con respecto a la caja reductora:

- El respiradero no es el adecuado para evitar las fugas de aceite. La solución temporal que se utilizó durante la competencia fue cerrar el agujero, esta no es la mejor solución ya que se pierde por completo su funcionalidad.
- Las chumaceras de la caja por las que no atraviesa un eje pueden ser rediseñadas para ser chumaceras cerradas. De esta manera se evitaría utilizar cuatro retenedores, reduciendo costos y pérdidas de energía por fricción.
- Sus dientes no tienen la forma de involuta adecuada, por lo que al estar trabajando generan mucho ruido, esto no tiene efectos negativos en su funcionamiento.

La base de aluminio también puede ser mejorada para facilitar la instalación de componentes y asegurar la perfecta alineación de los mismos. Primero, se recomienda agregarle al chasis una barra transversal para aumentar el área de contacto con la base del sistema de transmisión y por lo tanto, hacerla más rígida. También se recomienda fabricar los agujeros con una máquina CNC, en esta ocasión los puntos fueron trazados a mano, y aunque se realizaron con el mayor cuidado posible, la precisión no se compara con la que brinda una máquina CNC. Al utilizar una máquina de este tipo se puede reducir el diámetro de los agujeros y así limitar la holgura con los tornillos, garantizando por medio de la base, la alineación de componentes. Los soportes de los ejes de entrada y salida también deberían ser rediseñados con el propósito de aumentar su área de contacto con la superficie de la base y así evitar que se desplacen axialmente con el eje.

Idealmente el vehículo hubiera contado con tres o cuatro velocidades, una para el arranque, y las otras para obtener una velocidad de crucero estable, con la capacidad de reducir la velocidad en curvas y acelerar fácilmente.

Para reducir el peso de la carrocería es necesario fabricar un contramolde para obtener piezas más delgadas y livianas sin utilizar masilla. Con el contramolde se puede mejorar la exactitud del diseño logrando un diseño más compacto y cerrado por debajo.

Esto evita que el aire y los gases de escape se cuele a la cabina. Además tener varias piezas permite tener compuertas móviles para notener que remover siempre la carrocería a la hora de querer hacer alguna reparación.

Para ventilar al piloto es recomendable aplicar el concepto de capa límite para inducir flujo por los lados y así ventilar al piloto. Se puede dirigir el flujo de aire al piloto por medio de entradas laterales llamadas ductos NACA, los que aprovechan las características de la capa límite para ventilar al piloto. Esta forma de ventilación tiene la ventaja de producir bajos niveles de fuerza de arrastre

Para poder trabajar más fácilmente en el motor es necesario adicionar al banco de pruebas un soporte que pueda sostener los sensores del sistema de inyección y el tanque de combustible, al momento de operar con el motor en estado estacionario.

Diseñar un método o sistema de medición para monitorear el aire de entrada del inyector.

Diseñar un tablero en la parte trasera del vehículo, a manera de poder colocar de manera ordenada los sensores del sistema de inyección, así facilitar la colocación de la línea de combustible, evitando el calentamiento de la misma.

Diseñar un sistema de enfriamiento del motor, a manera que este no alcance temperaturas altas (actualmente 74°C), que puedan afectar alguno de los sistemas cercanos, ni tampoco afecte la temperatura del respaldo del piloto.

Continuar modificando parámetros más detallados en el sistema de inyección (tales como la curva de eficiencia volumétrica y la inyección en función de la velocidad del motor (rpm) y la posición del acelerador, entre otros), que aunque no afecten grandemente en el funcionamiento del motor, pueden ayudar a la eficiencia del mismo.

Modificar y sustituir aspectos de diseño y parte del motor (como la modificación del pistón, cambio de bujía, entre otros), que ayuden a tener una mejor combustión, al utilizar etanol como combustible.

Evaluar el uso de los gases de combustión, para otra aplicación del vehículo de tal manera que se pueda aprovechar la energía que estos contienen, aumentando la eficiencia térmica del sistema.

Diseñar el sistema electrónico del vehículo en base a un sistema modular, ya que esto permite la flexibilidad de adaptar cualquier componente electrónico (sensor o módulo) de manera fácil y rápida.

Reemplazar la pantalla LCD por un sistema de despliegue de datos que no interfiera con la visibilidad del piloto y le permita observar los datos con mayor claridad.

Realizar pruebas con cada uno de los sensores (de forma individual y completa) montados sobre el vehículo, ya que esto permite observar aspectos fundamentales e importantes que deben ser considerados en el diseño del sistema.

En el organigrama de la estructura del equipo se recomienda incluir a un integrante más en el módulo de ingeniería química y un integrante más en el área de ingeniería mecánica. Teniendo entonces, un ingeniero industrial, cuatro ingenieros mecánicos, dos ingenieros químicos y un ingeniero mecatrónico.

Se recomienda realizar el diseño, y el desarrollo de todos los módulos en conjunto para evitar errores y retrasos al momento de consolidar todas las partes.

Realizar una retroalimentación y reportes en las reuniones del equipo del progreso del proyecto en base a la herramienta del cuadro de mando integral, para mejorar el control y avances de las actividades.

Realizar la planificación con el diagrama de Gantt, tomando en cuenta el desglose de las actividades lo más amplio posible, para considerar y tener una programación detallada.

Con base en la experiencia de competencias anteriores, realizar una organización y una estructura de trabajo previamente, de las actividades a realizarse durante el evento de la competencia, para aprovechar eficientemente el tiempo y realizar la mayor cantidad de pruebas y corridas.

Darle seguimiento a los patrocinadores, mostrándoles resultados y expectativas constantemente durante y después de la competencia

Según la experiencia de los proveedores, realizar una selección bajo los criterios de tiempo, calidad y precio, según las necesidades de cada módulo y realizar una selección entre varias cotizaciones.

Aprovechar las oportunidades que presenta el equipo al ser el único en el mercado nacional, de Centro América y el Caribe, para apoderarse de seguidores y patrocinadores, antes que se creen o afecten nuevas amenazas.

## X. BIBLIOGRAFÍA

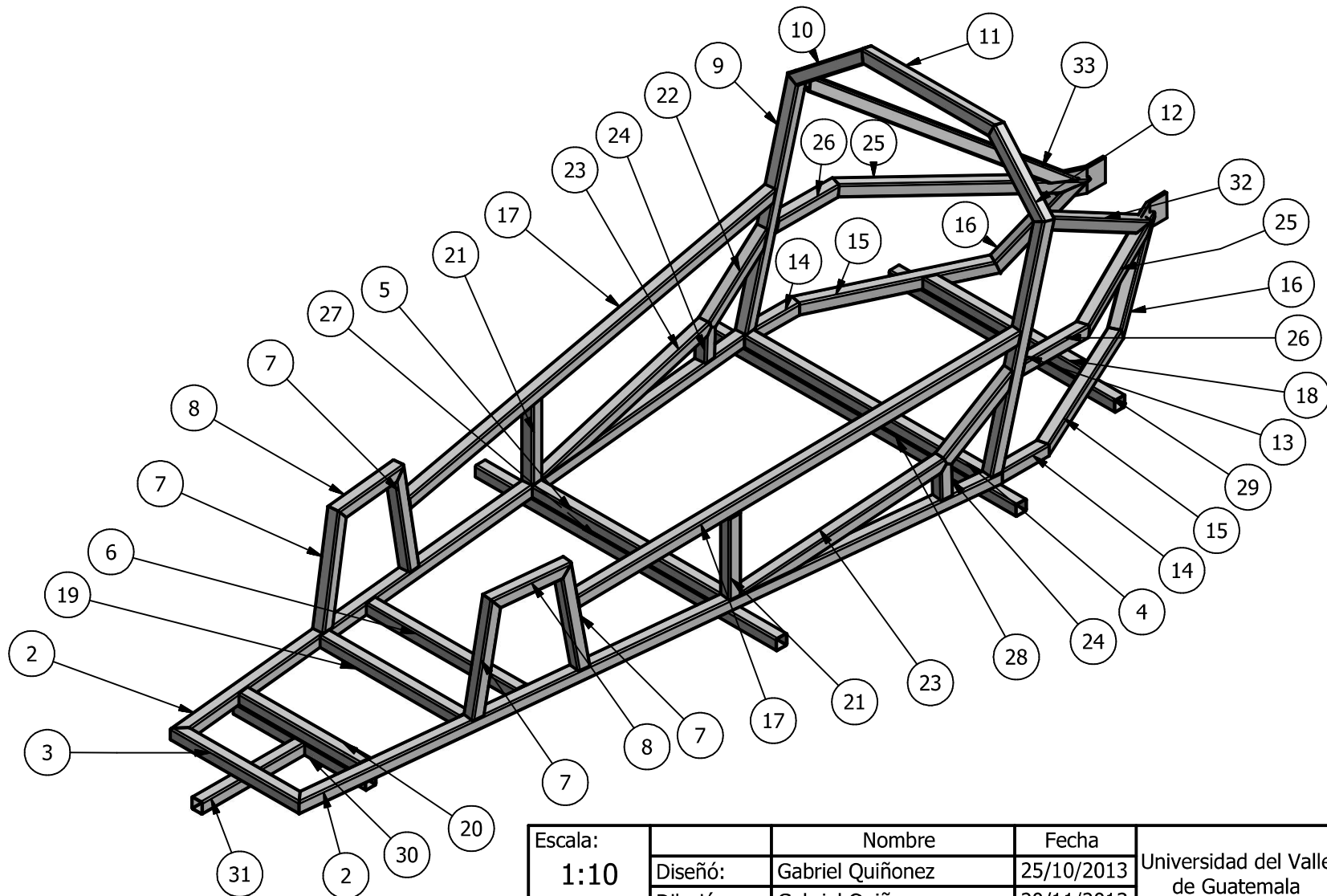
- Álvarez Flórez, J. A. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Granada, Barcelona: TECFOTO, SL.
- Arduino. (2013). *Arduino*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://arduino.cc/>
- Augenbergs, P. (2006). *Aerodynamic Optimization of a Solar Powered Race Vehicle*. Massachusetts: Massachusetts Institute for Technology.
- Axelson, J. (1997). *The Microcontroller Idea Book*. U.S: Lakeview Research.
- Bioetanol de caña. (11 de noviembre de 2008). *Etanol como combustible vehicular*. Obtenido de <http://www.bioetanoldecana.org/es/download/cap2.pdf>
- Bredberg, J. (2010). *On the Wall Boundary Condition for Turbulence Models*. Göteborg: Chalmers University of technology.
- Budynas, R., & Nisbeth, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9na ed.). México: McGraw Hill.
- Campos, J. C., Figueroa, E., Quispe, E., Vidal, R., & etal. (s.f.). *Eficiencia Energética en la generación y distribución del vapor*. Colombia.
- CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía). (s.f.). *Vehículos con etanol*. México.
- Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial* (Vol. 8). España: Marcombo.
- Danfoss. (2012). *Danfoss*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://www.danfoss.com>
- DesertKarts. (s.f.). *desertkarts*. Recuperado el Junio de 2014, de <http://www.desertkarts.com/item80857.ctlg>
- Down Brothers Racing*. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://www.downsbrosracing.com/>
- El-Rabbany, A. (2002). *GPS: The global positioning system*. U.S: ARTECH HOUSE, INC.
- Ensinger Inc. (s.f.). *Tecast Vekton*. Recuperado el 2014, de Ensinger: <http://ensinger-inc.com/products.cfm?page=product&product=tecast+6xau+high+heat,+heat>
- Espina, E., George, S., & Rivera, C. (2012). *SHELL ECO-MARATHON: PANTHER RAGE G2*. Florida.


- European Motor Cars. (s.f.). *What does a clutch do?* Recuperado el 2014, de <http://www.europeanmotorcars.net/what-does-a-clutch-do/>
- Faludi, R. (2011). *Wireless Sensor Networks*. U.S: O'REILLY.
- Fay, J. (1996). *Mecánica de fluidos*. México: Compañía Editorial Continental.
- Fenton, J. (1986). *Gasoline engine analysis for computer aided design*. Cambridge: Mechanical engineering publications LTD.
- Font Mezquita, J., & Dols Ruiz, J. (s.f.). *Tratado sobre automóviles* (Vol. I). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gallo, W. (2009). Aspectos medioambientales de la energía: energías renovables y biocombustibles. *La cadena física del biocombustible*. Brasil.
- Gartner, M. (1999). *Build your own race car!* Recuperado el 15 de septiembre de 2014, de <http://www.gmecca.com/byorc/index.html>
- Giancoli, D. (2006). *Física: principios con aplicaciones* (Vol. 3). México: Pearson Education.
- Gilardi, J. (1978). *Motores de Combustión Interna*. San José, Costa Rica: Editorial IICA.
- Glaría, J. (2004). *Sensores de Humedad*. Universidad técnica federico Santa Maria, Chile.
- Gutiérrez Ramírez, J. A. (2003). "*Fundamentos de diseño para el mecanismo básico utilizado en motores de combustión interna aplicado a un ciclo de cuatro tiempos*". Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala .
- Honda. (s.f.). *Honda Engines*. Recuperado el 2014, de <http://engines.honda.com/models/>
- Industrial Friction Materials LTD. (s.f.). *Centrifugal Clutch*. Recuperado el 2014, de <http://www.industrialfriction.com/clutches/>
- Jazar, R. (s.f.). *idsc.ethz*. Recuperado el Agosto de 2013, de [http://www.idsc.ethz.ch/Courses/vehicle\\_dynamics\\_and\\_design/11\\_0\\_0\\_Steering\\_Theroy](http://www.idsc.ethz.ch/Courses/vehicle_dynamics_and_design/11_0_0_Steering_Theroy)
- Joseph, H. (2013). Flex Fuel Vehicles in Brazil. *Flex Fuel Vehicles in Brazil* (pág. 23). Brasília: ANFAVEA-Brazilian Vehicle Manufacturers Association.
- Margolis, M. (2012). *Arduino Cookbook* (Vol. 2). U.S: O'REILLY.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (4ta ed.). México: Pearson Educación.
- Norton, R. L. (2009). *Diseño de maquinaria*. México: Edamsa impresiones, S.A.

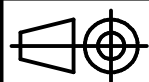
- Olmo, M. (s.f.). *hyperphysics*. Recuperado el Septiembre de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/mechanics/frictire.html>
- Patt, Y., & Patel, S. (2005). *Introducción a los sistemas de cómputo* (Vol. 2). México: McGraw-Hill.
- Perez, E., & Rodríguez, Y. (2008). *Sistemas Electrónicos Digitales* (Vol. 9). Marcombo.
- Quadrant Engineering Plastic Products. (2011). *Guía de Referencia de Diseño y Fabricación*. EEUU. Obtenido de [www.quadrant.com](http://www.quadrant.com)
- Recinos Roca, J. J. (2002). *Diseño Económico de un Banco de Pruebas para la optimización de potencia de Motores de Combustión Interna para Aeronave de Radio Control*. Guatemala: UVG.
- Red de Inversiones y exportaciones. (2010). *Etanol para biocombustible*. Paraguay: Ministerio de industria y comercio.
- Smith, J., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. (2007). *Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química*. México: McGraw-Hill.
- Vetelino, J., & Reghu, A. (2011). *Introduction to sensors*. U.S: CRC.
- Zemansky, S. (2009). *Física Universitaria*. México: Pearson education.

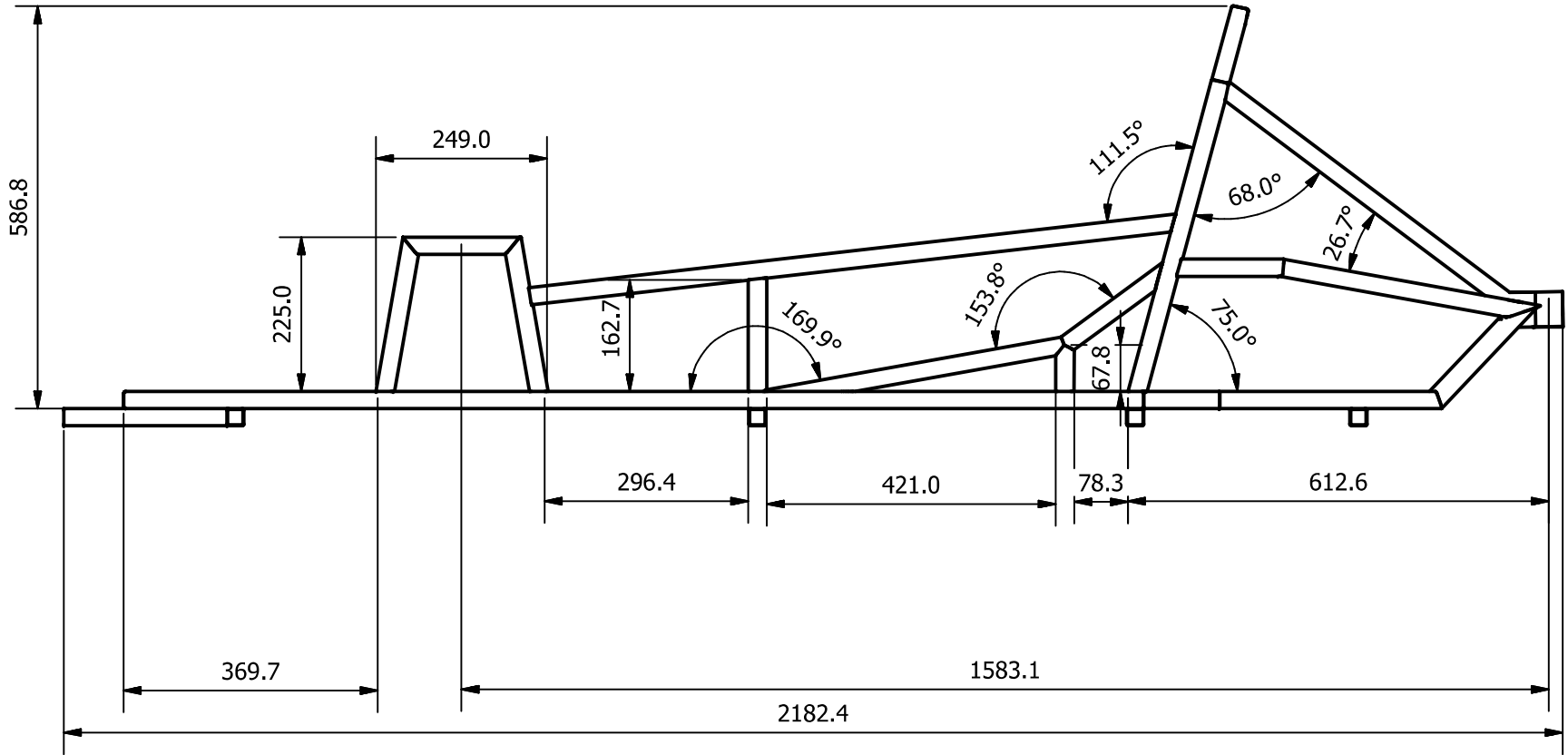
## XI. ANEXOS


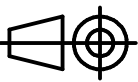
Anexo 1: Planos chasis y carrocería

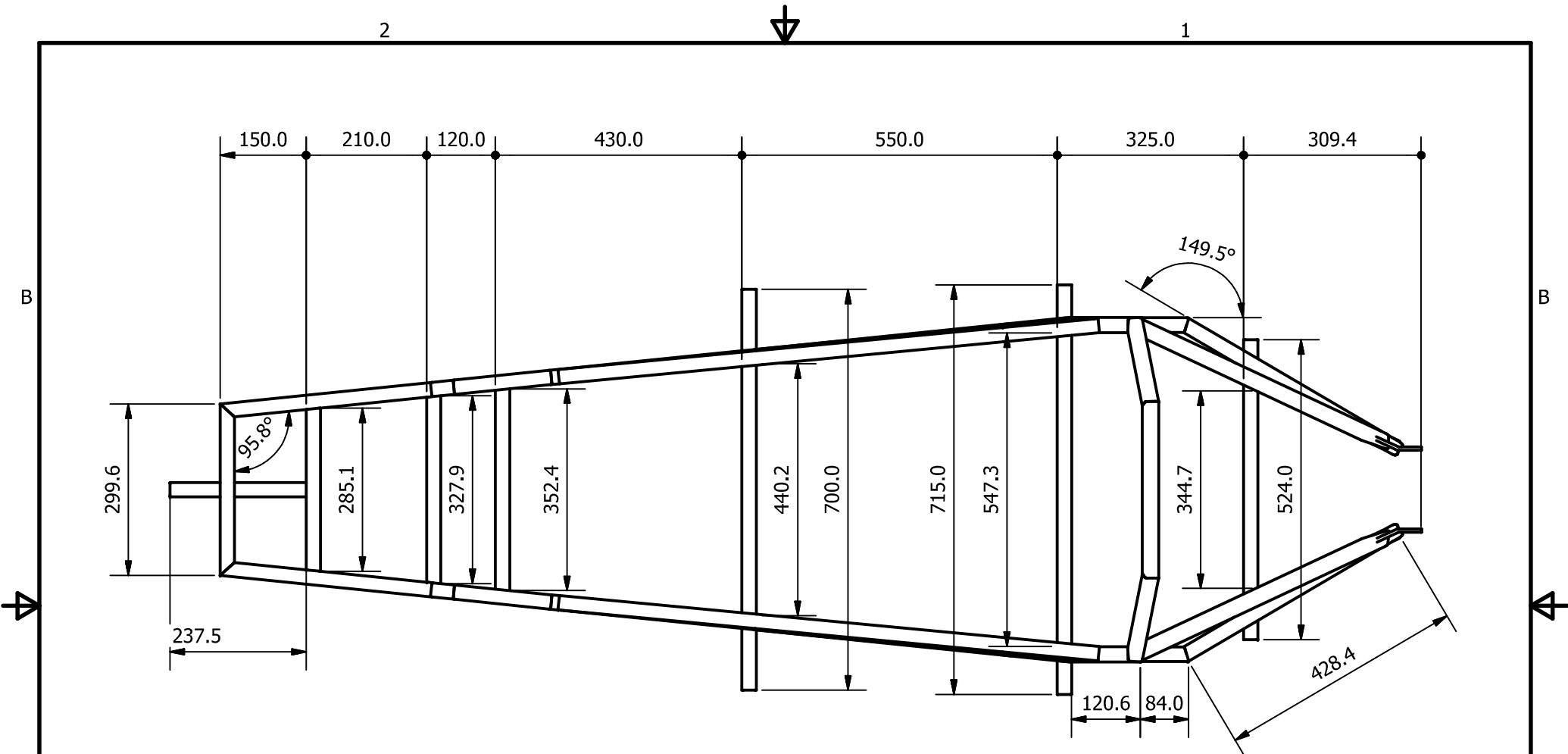



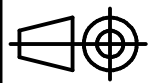
Escala:		Nombre		Fecha		Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	
1:10		Diseño: Gabriel Quiñonez		25/10/2013			
Unidades:		Dibujó: Gabriel Quiñonez		20/11/2013			
mm		Revisó: Ing. Víctor Ayerdi		06/01/2014			
Material:		Aprobó: Ing. Oscar Muñoz				15/01/2014	
ALUMINIO		CHASIS				Revisión No. 2	
Pág. No. 1 / 40	Peso: N/A	Tolerancias:			Formato:		
		D X.X ±0.1			A		
		D X.XX ±0.05					
		D X.XXX ±0.01					

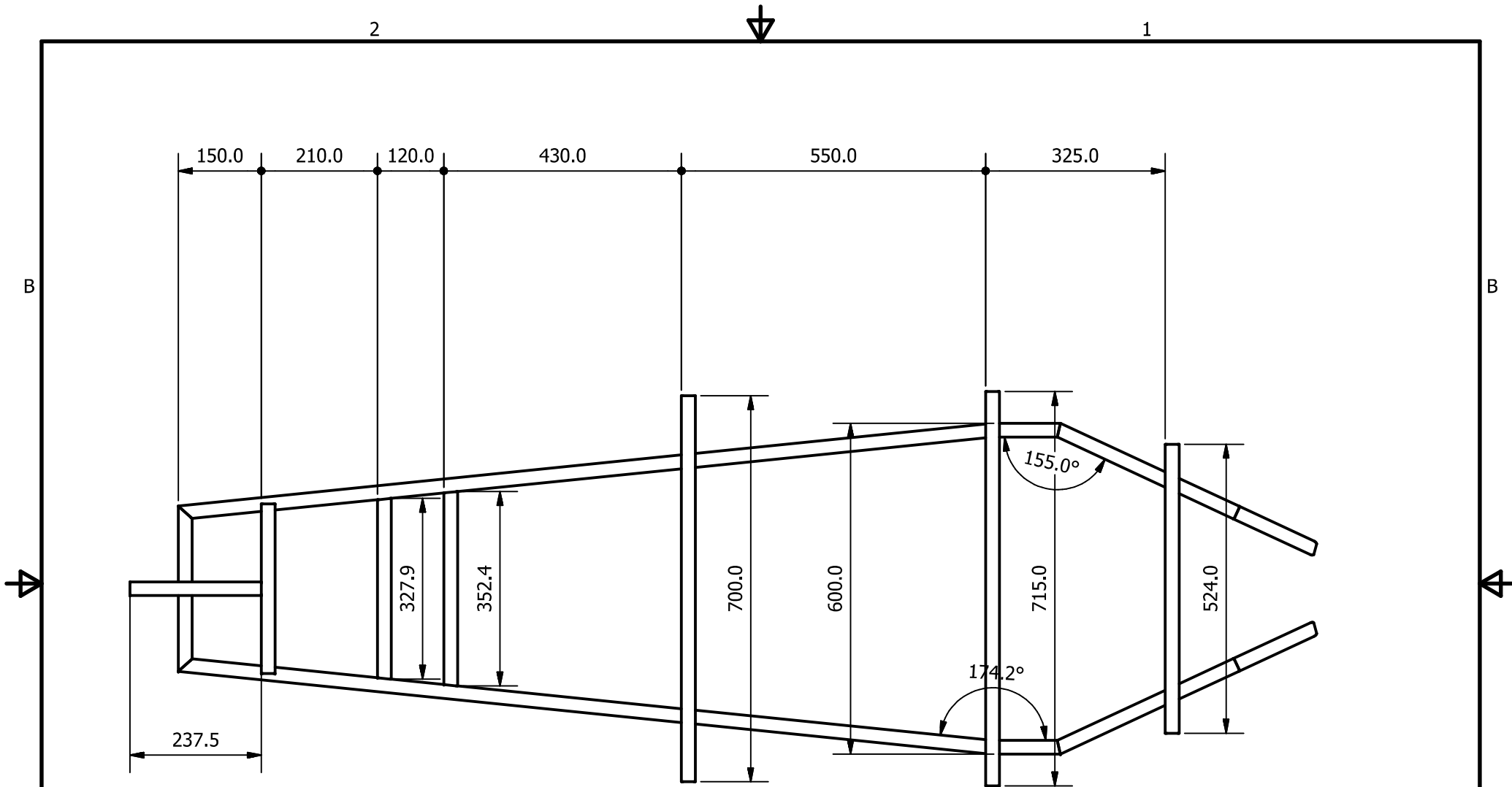




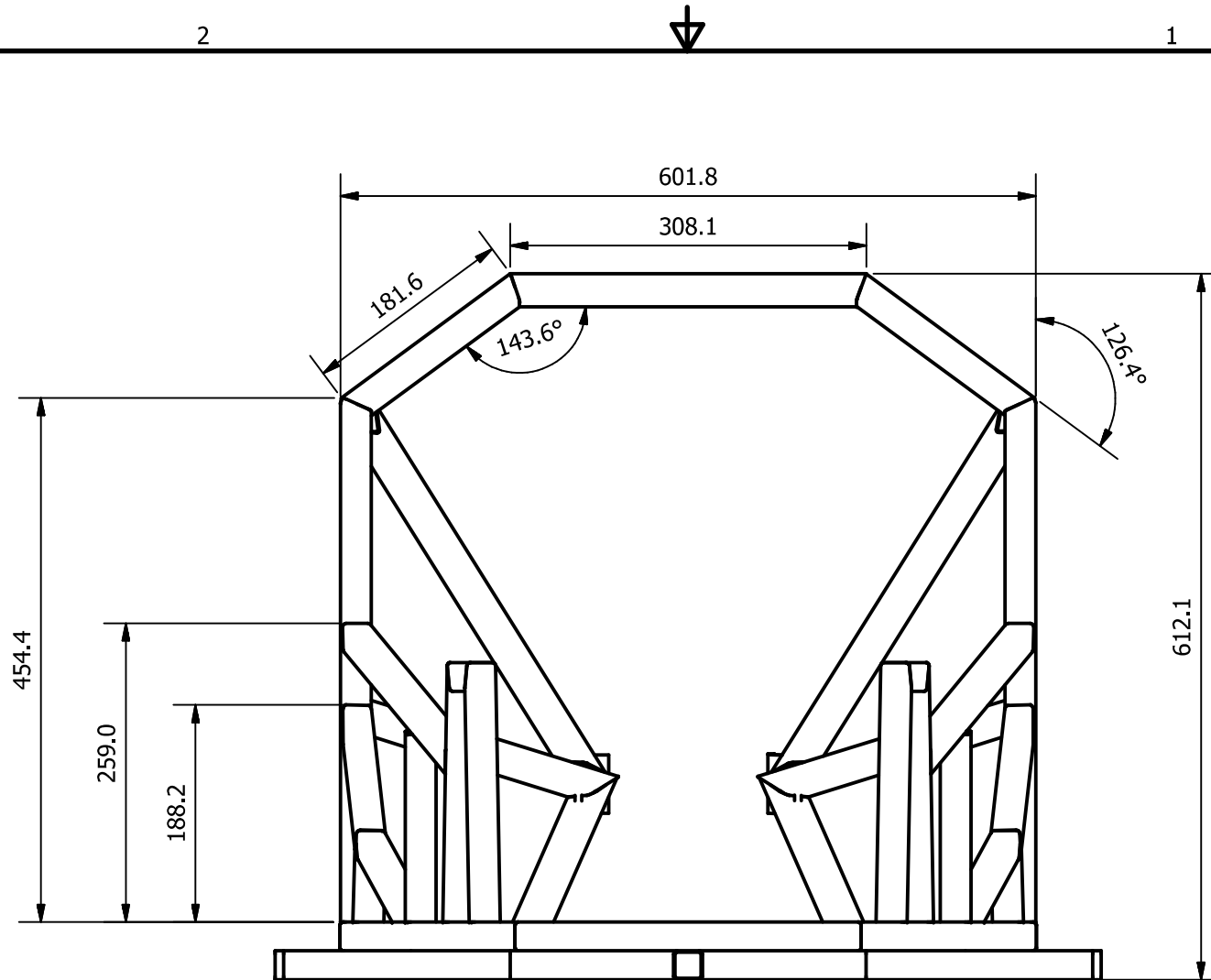
Escala:	1:10	Nombre	Gabriel Quiñonez	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 1966 UG DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excellencia que trasciende</i> DELVALLE GRUPO EDUCATIVO
Diseño:	Gabriel Quiñonez	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	Fecha	20/11/2013		
Unidades:	mm	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	Fecha	06/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	Fecha	15/01/2014		
Material:	ALUMINIO		CHASIS			Revisión No.	2
Pág. No.	2 / 40	Peso:	N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A
				Ángulos ±0.5°			





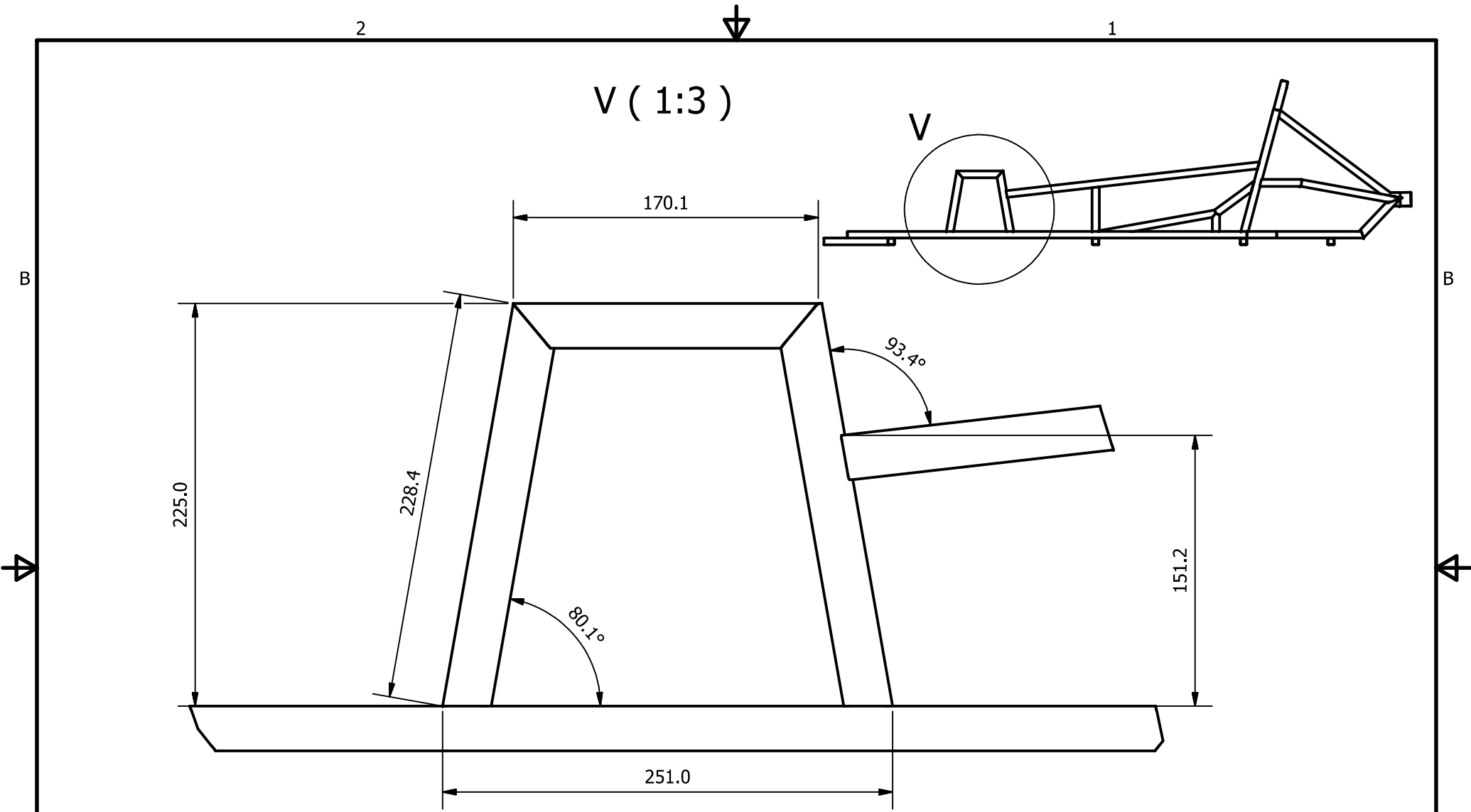
Escala:		Nombre		Fecha		Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala			
1:10		Diseño: Gabriel Quiñonez		25/10/2013					
Unidades: mm		Dibujó: Gabriel Quiñonez		20/11/2013					
		Revisó: Ing. Víctor Ayerdi		06/01/2014					
		Aprobó: Ing. Oscar Muñoz		15/01/2014					
Material: ALUMINIO				CHASIS				Revisión No. 2	
Pág. No. 3 / 40		Peso: N/A		Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Formato: A			





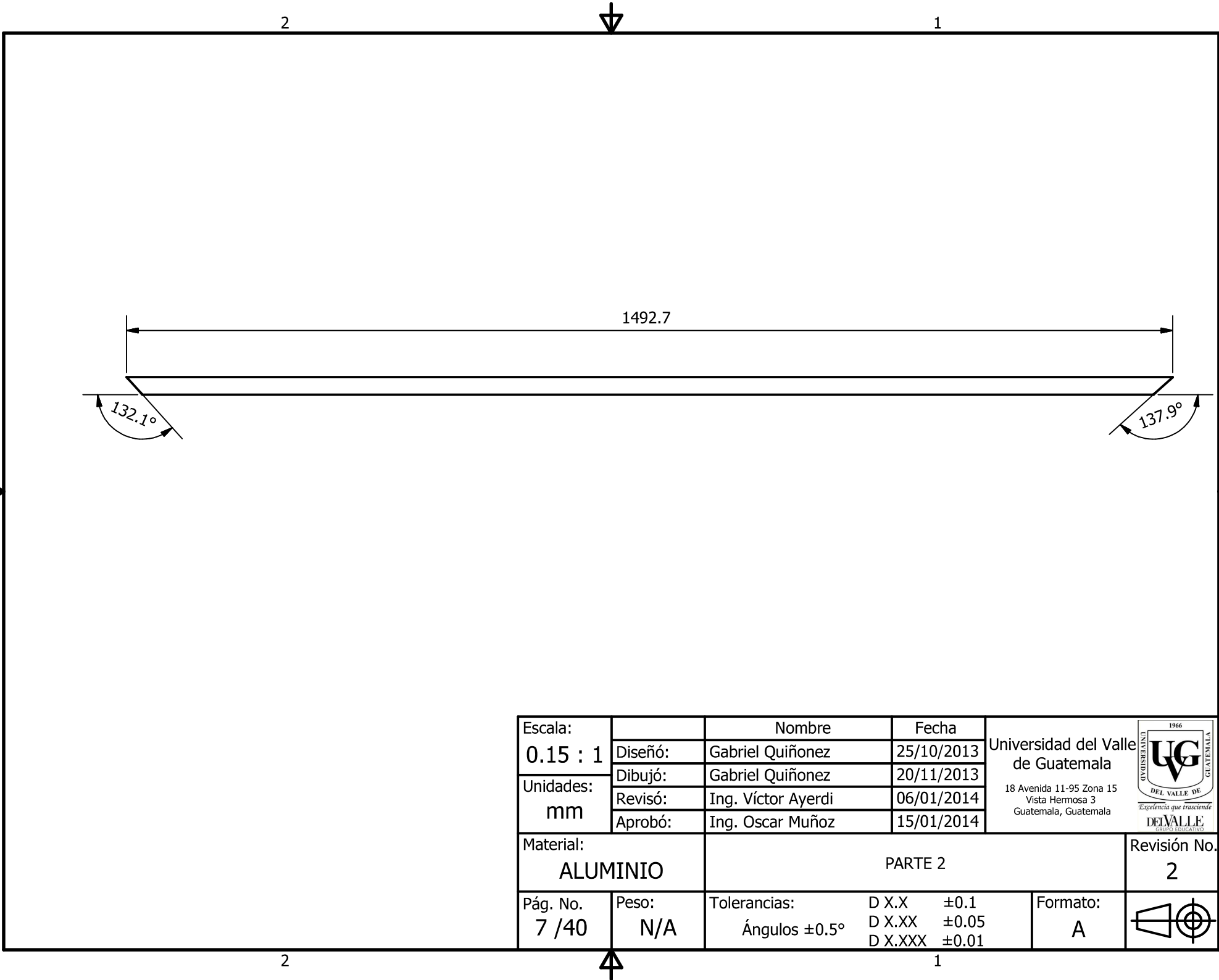
Escala:	1:10	Nombre	Gabriel Quiñonez	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades:	mm	Diseñó:	Gabriel Quiñonez	Fecha	20/11/2013		
		Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	Fecha	06/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	Fecha	15/01/2014		
Material:	ALUMINIO		CHASIS			Revisión No.	2
Pág. No.	4 / 40	Peso:	N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A
				Ángulos ±0.5°			





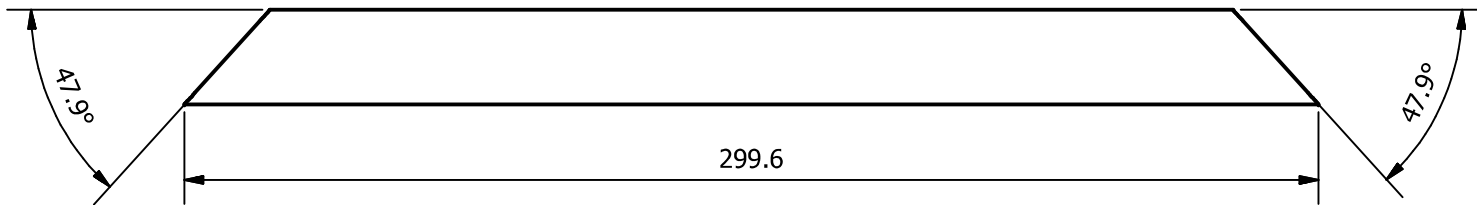
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 1966 UG DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excelencia que trasciende</i> DELVALLE GRUPO EDUCATIVO	
1:6	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013			
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013			
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014			
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014	Revisión No.	2	
Material:		CHASIS			Formato:	
ALUMINIO						
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	A		
5 / 40	N/A	Ángulos $\pm 0.5^\circ$				


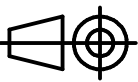


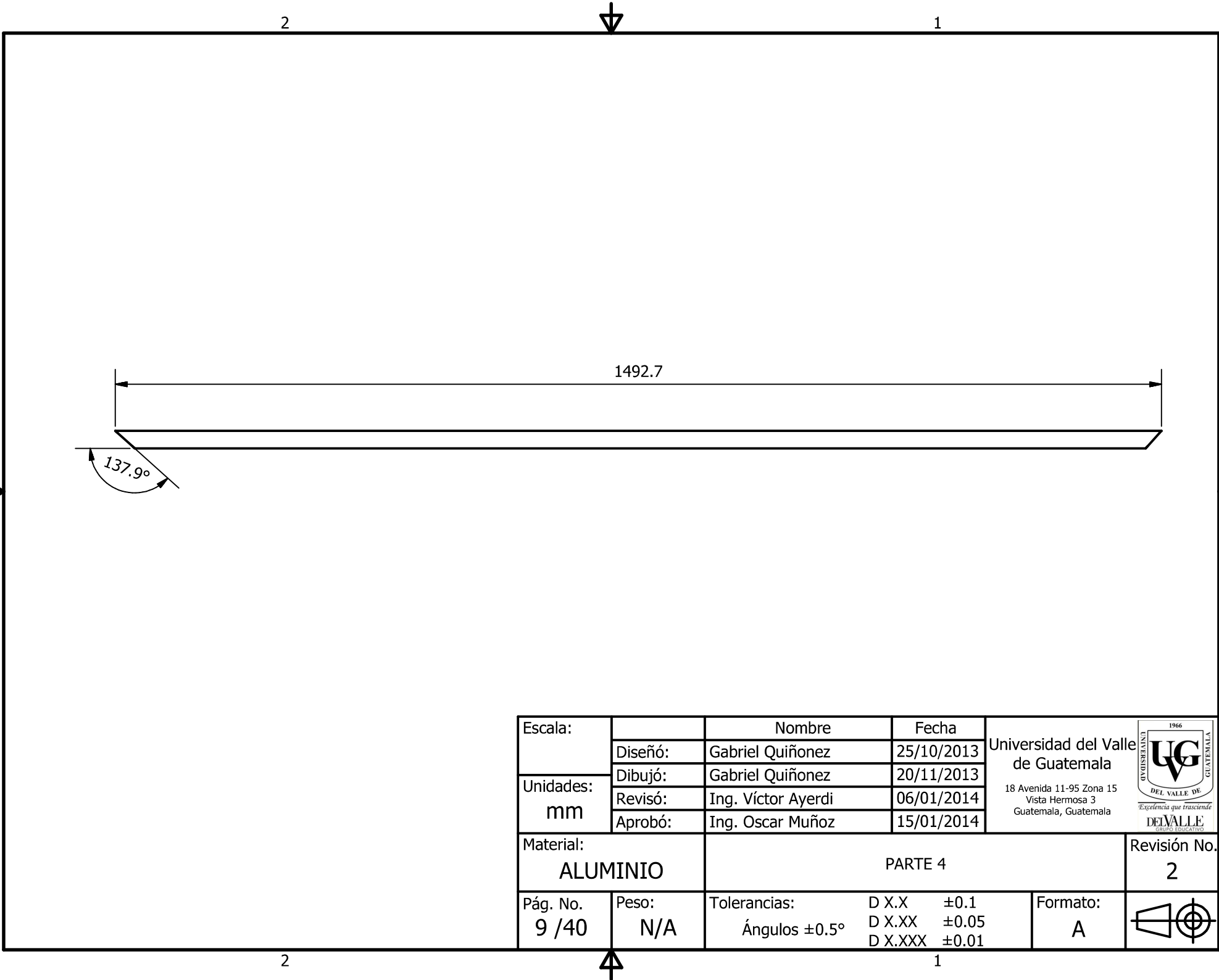
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:3	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014	Revisión No.	2
Material:		CHASIS			
ALUMINIO					
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
6 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		





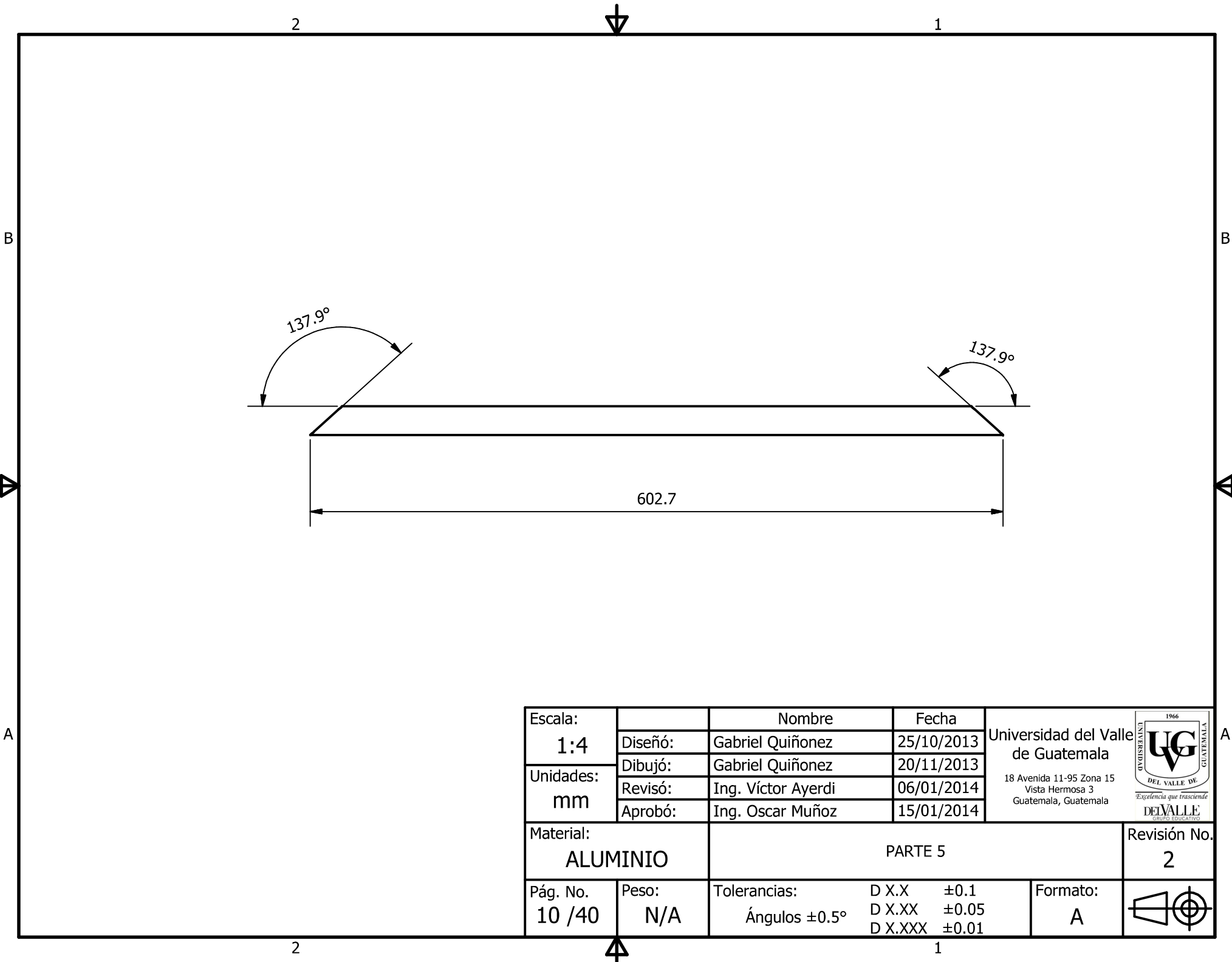
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
0.15 : 1	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 2			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
7 / 40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		





Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excelencia que trasciende</i> <b>DELVALLE</b> GRUPO EDUCATIVO
<b>4:1</b>	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 3			Revisión No.
<b>ALUMINIO</b>					<b>2</b>
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
<b>8 / 40</b>	<b>N/A</b>	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excellencia que trasciende</i> <b>DEL VALLE</b> <small>GRUPO EDUCATIVO</small>
	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material: <b>ALUMINIO</b>		PARTE 4			Revisión No. <b>2</b>
Pág. No. <b>9 / 40</b>	Peso: <b>N/A</b>	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: <b>A</b>	



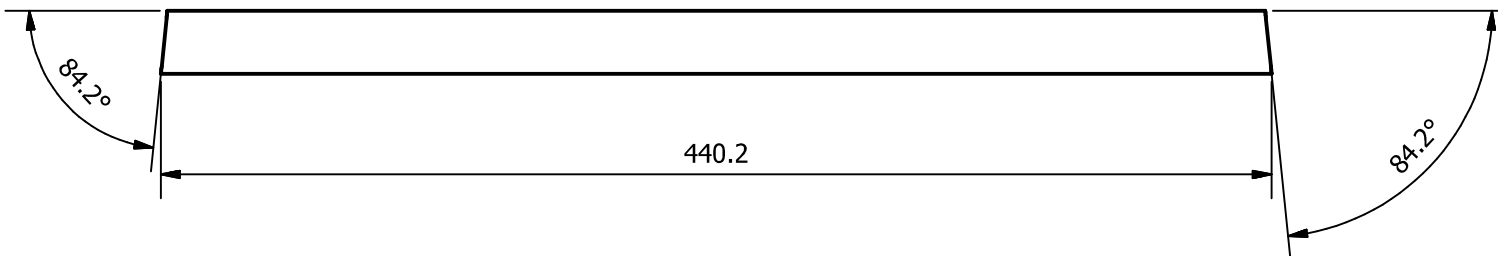
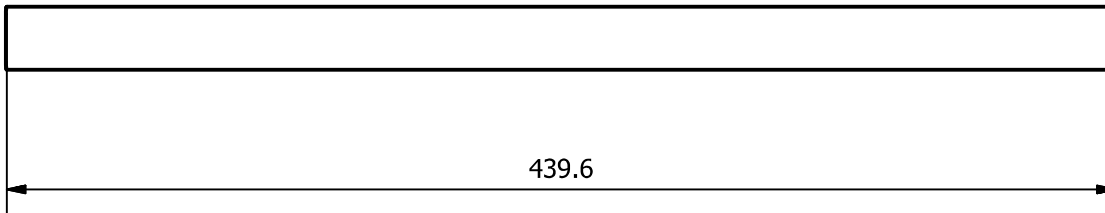
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
<b>1:4</b>	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: <b>mm</b>	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 5			Revisión No.
<b>ALUMINIO</b>					<b>2</b>
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
<b>10 /40</b>	<b>N/A</b>	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

2

1

B

B



A

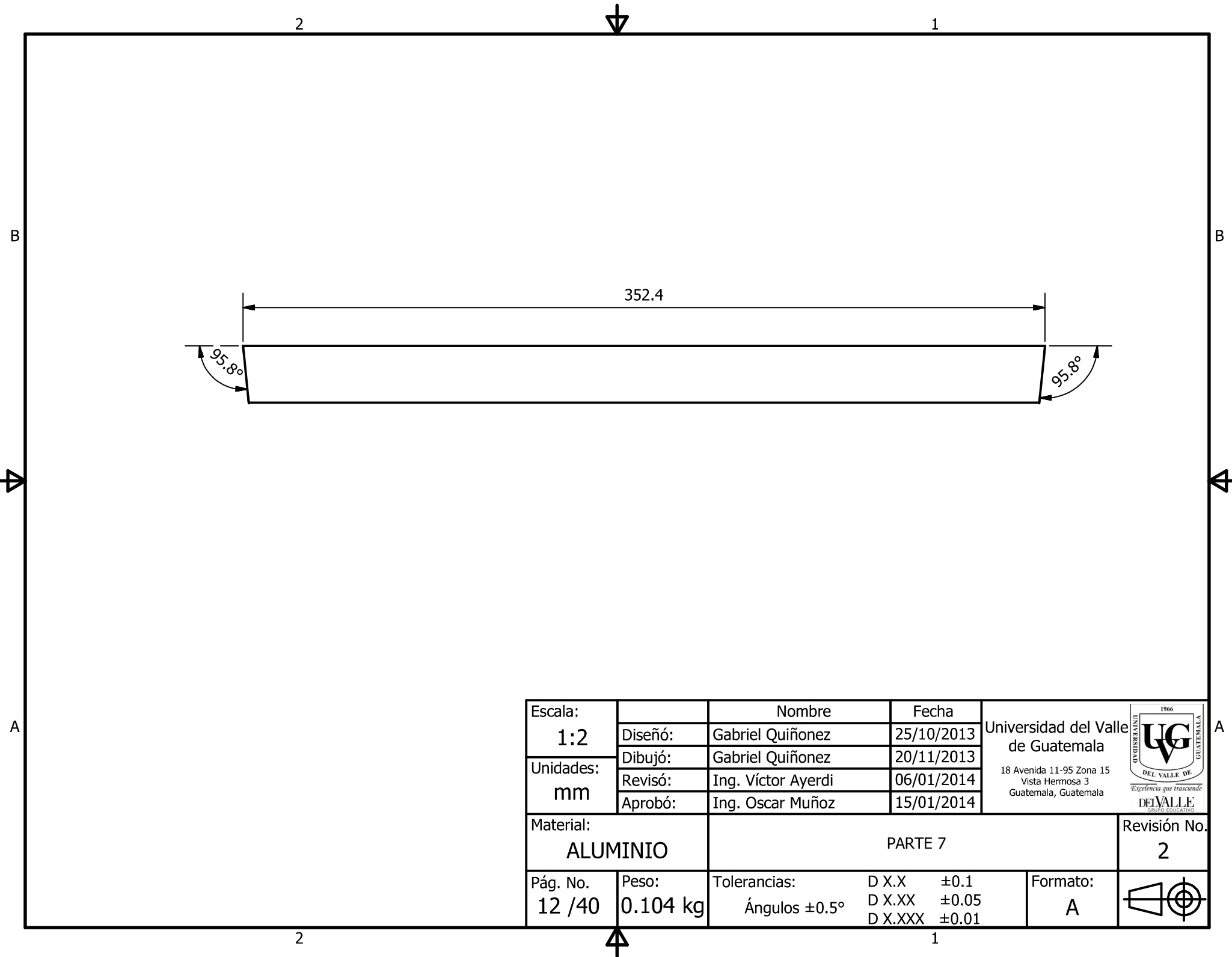
A



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:3	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 6			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
11 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

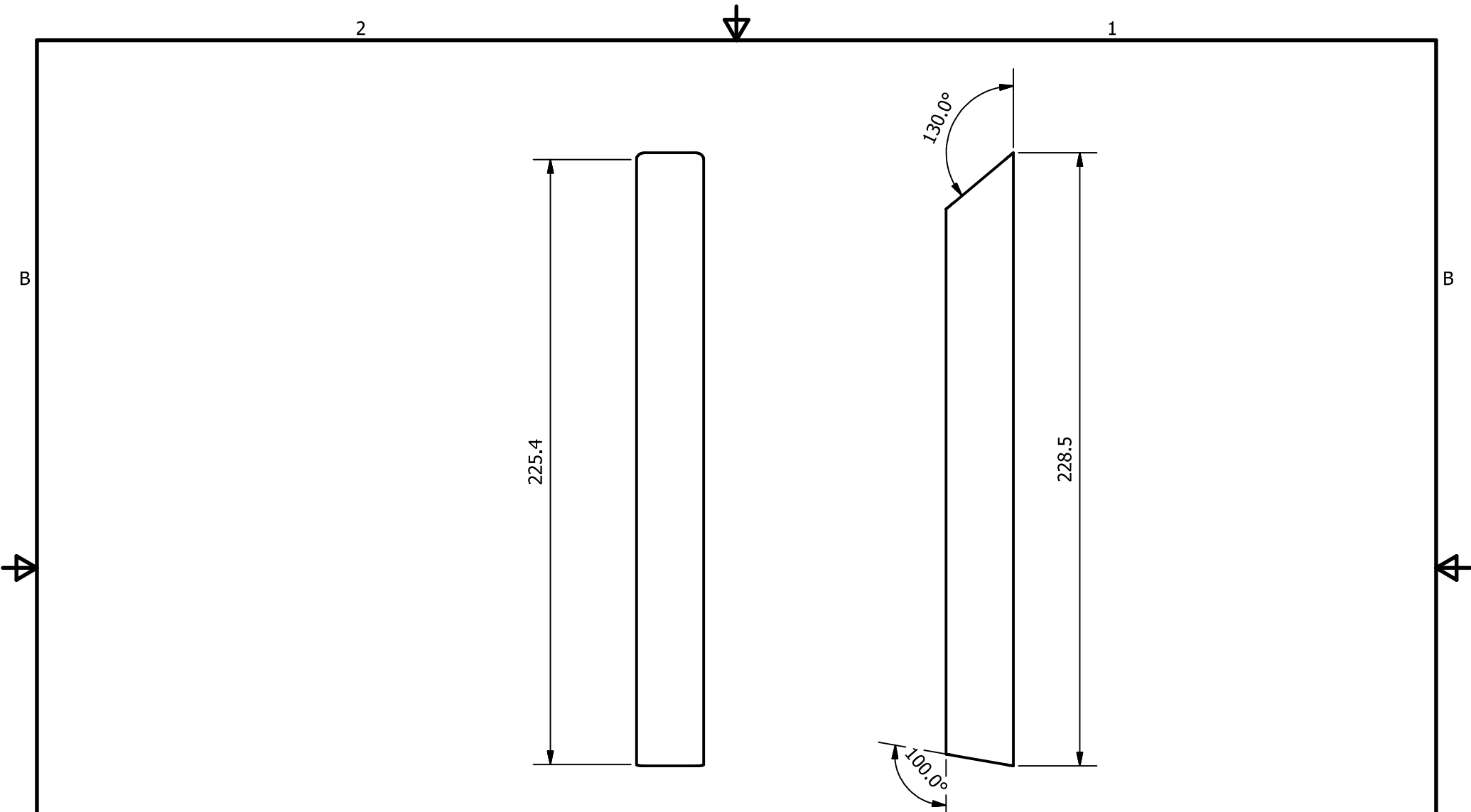
2

1

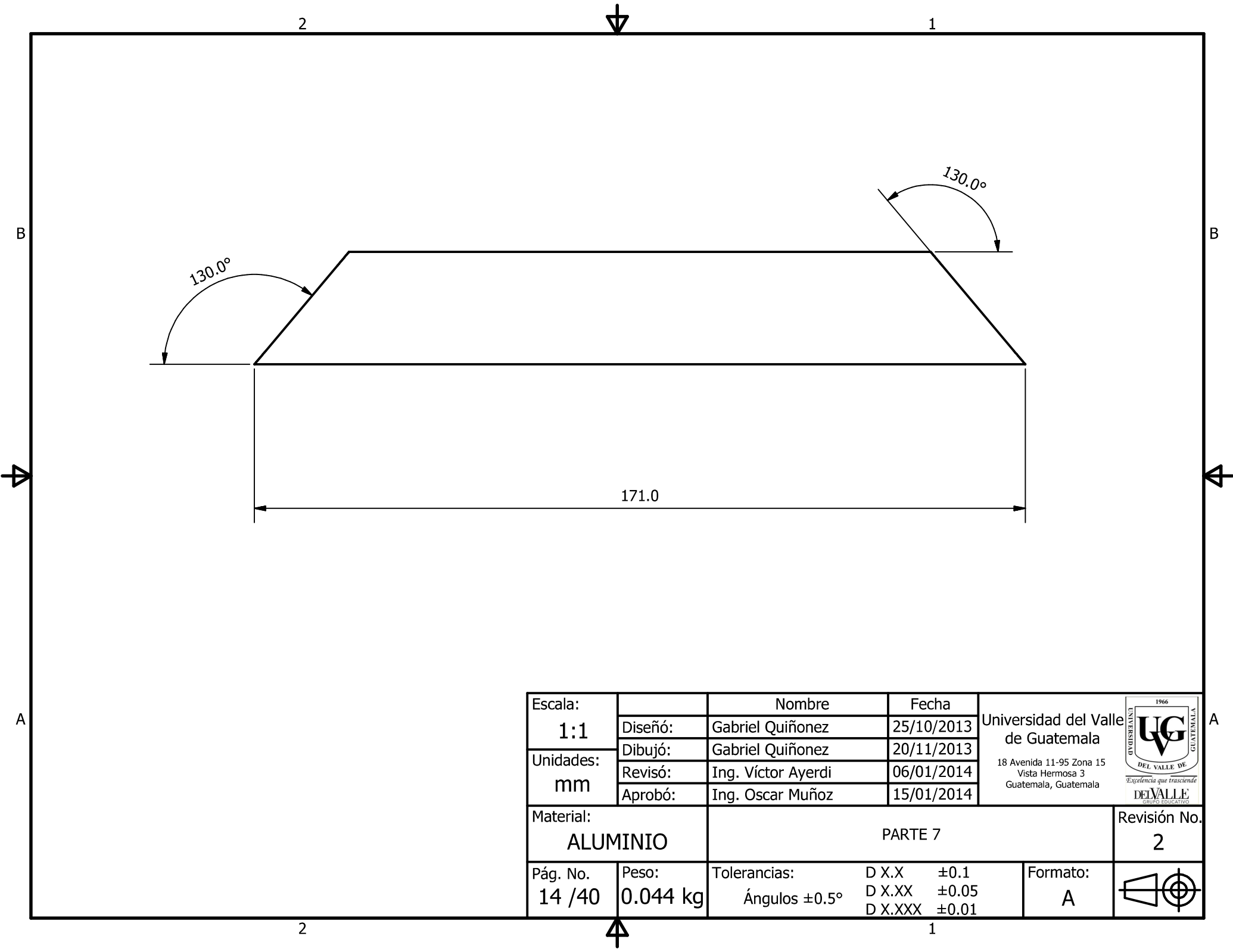
A





Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 7			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
12 /40	0.104 kg	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 6			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
13 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		



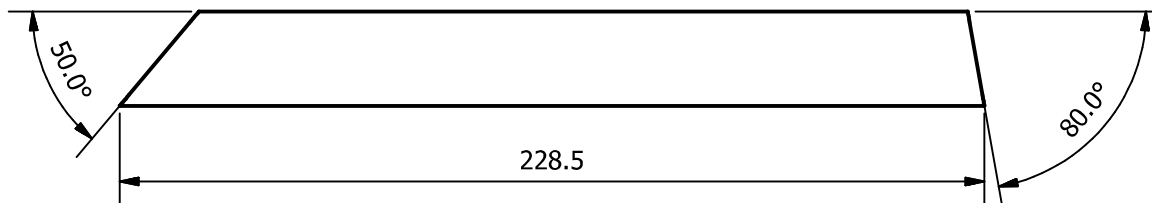
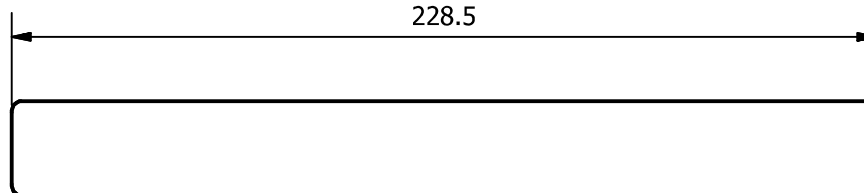
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
<b>1:1</b>	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: <b>mm</b>	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material: <b>ALUMINIO</b>		PARTE 7			Revisión No. <b>2</b>
Pág. No. <b>14 / 40</b>	Peso: <b>0.044 kg</b>	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: <b>A</b>	

2



1


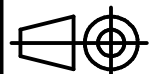
B



B



A

Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 8			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
15 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

A

2



1

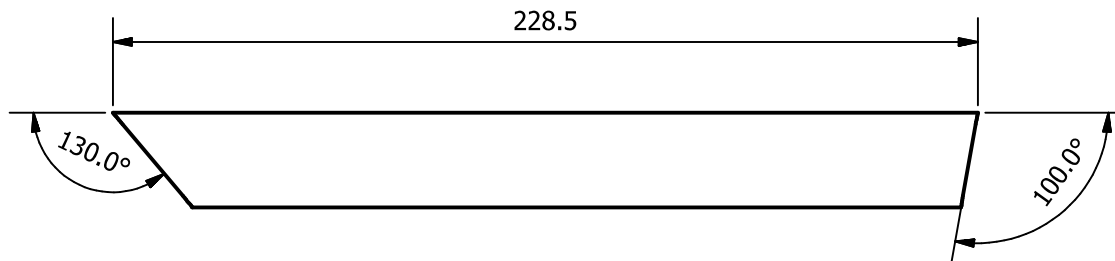
2



1


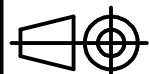
B

B



A

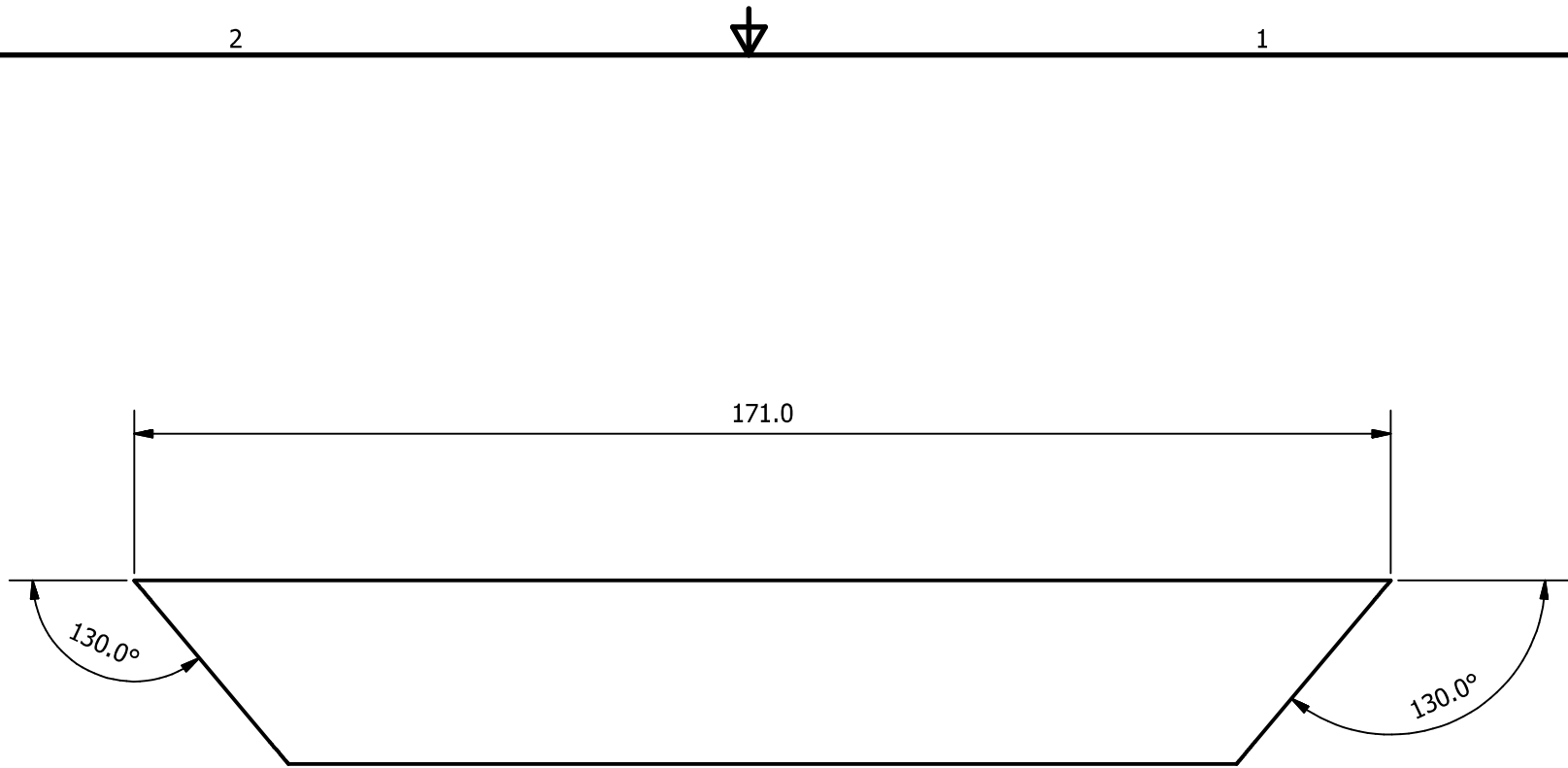
A


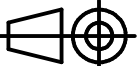
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 9			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
16 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

2



1



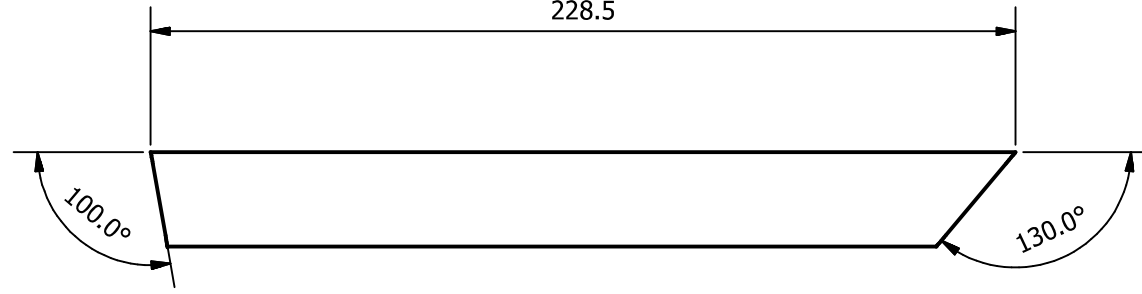
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 10			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
17 / 40	0.044 kg	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

2

1



B

B



A

A

Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 11			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
18 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

2

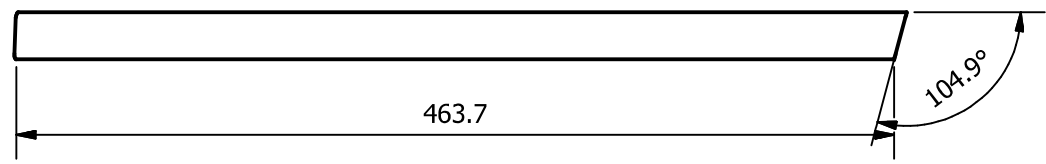
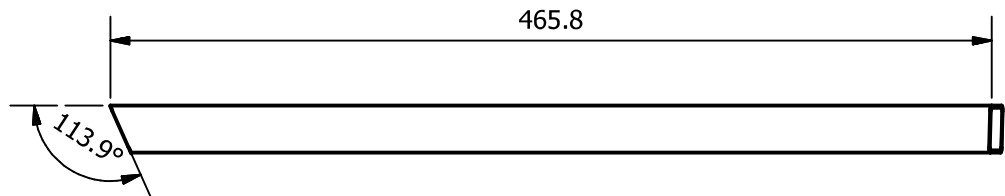
1



2 1

B

B



A

A

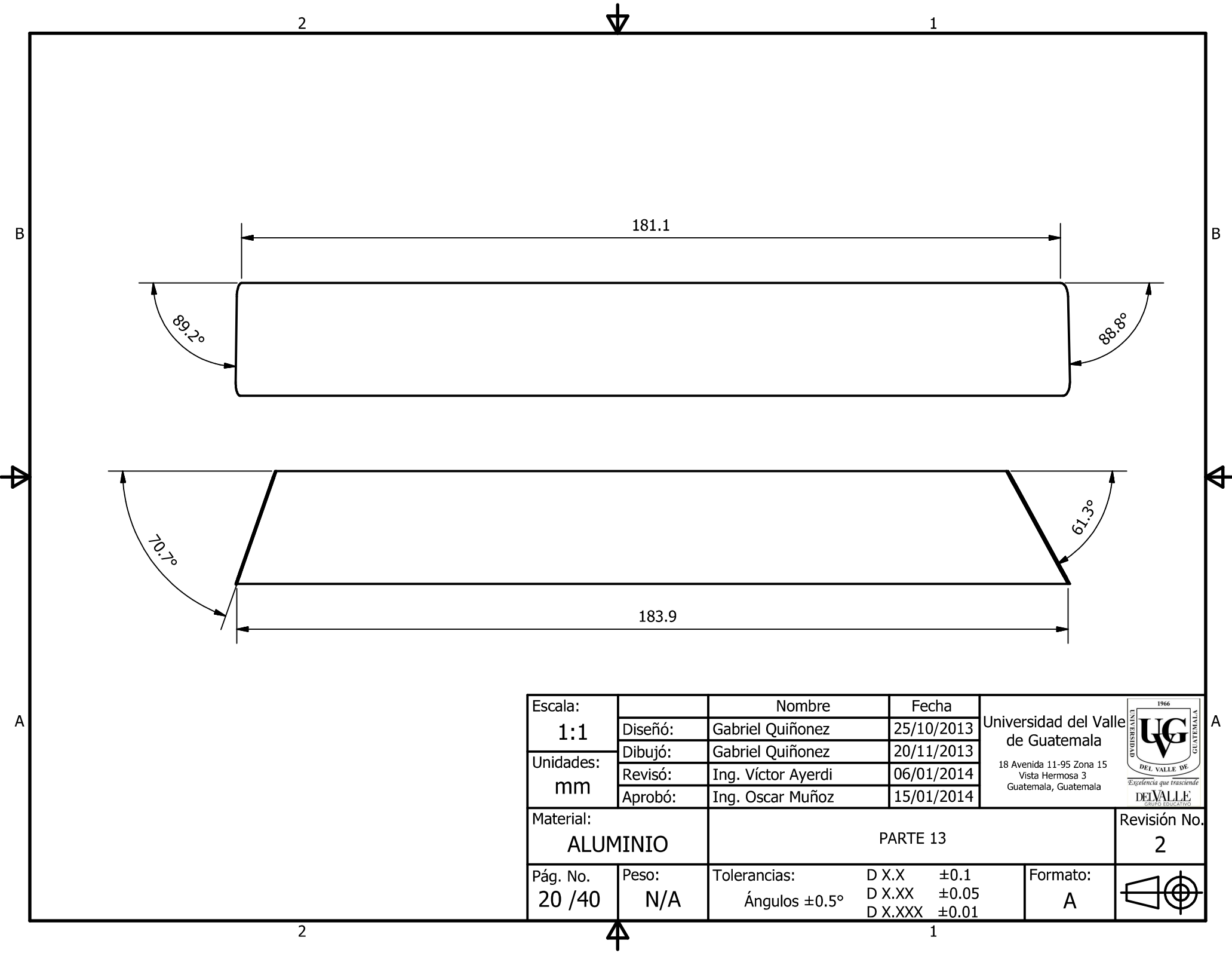
A



A

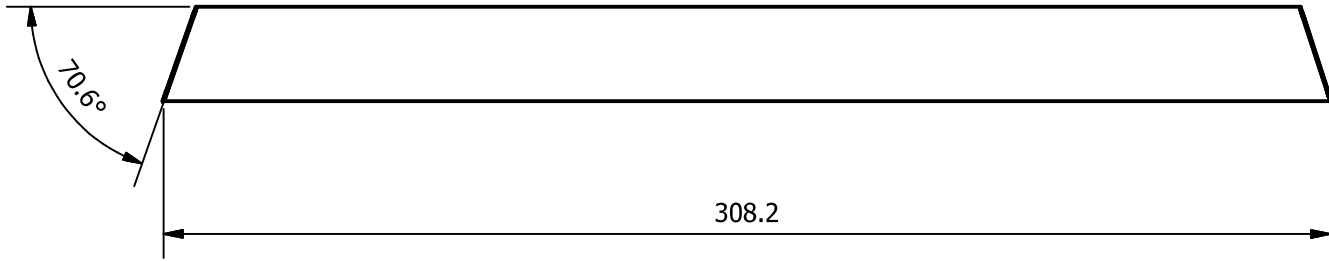
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:4	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 12			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
19 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		


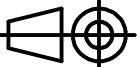
2 1

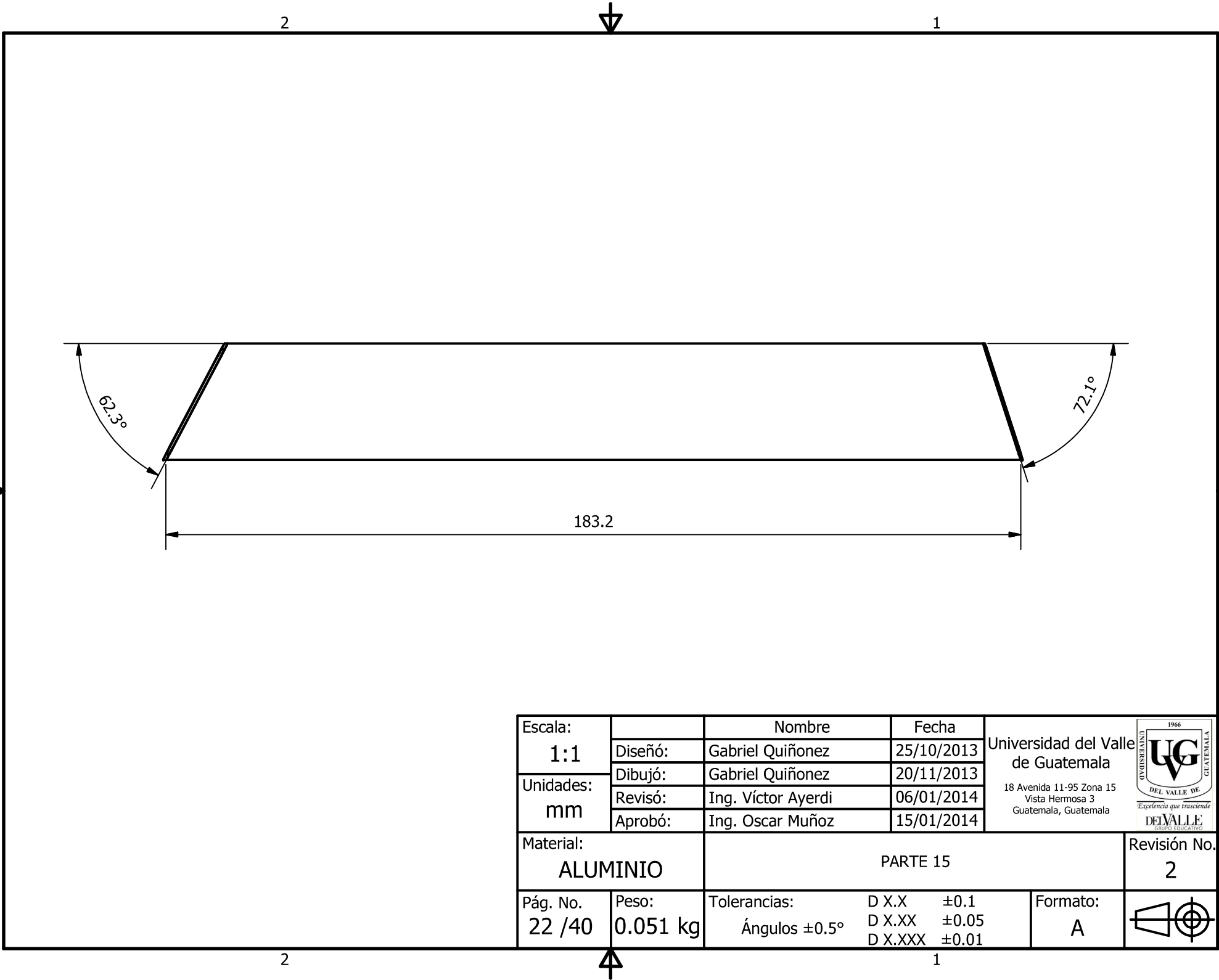
A





Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
<b>1:1</b>	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: <b>mm</b>	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material: <b>ALUMINIO</b>		PARTE 13			Revisión No. <b>2</b>
Pág. No. <b>20 / 40</b>	Peso: <b>N/A</b>	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: <b>A</b>	



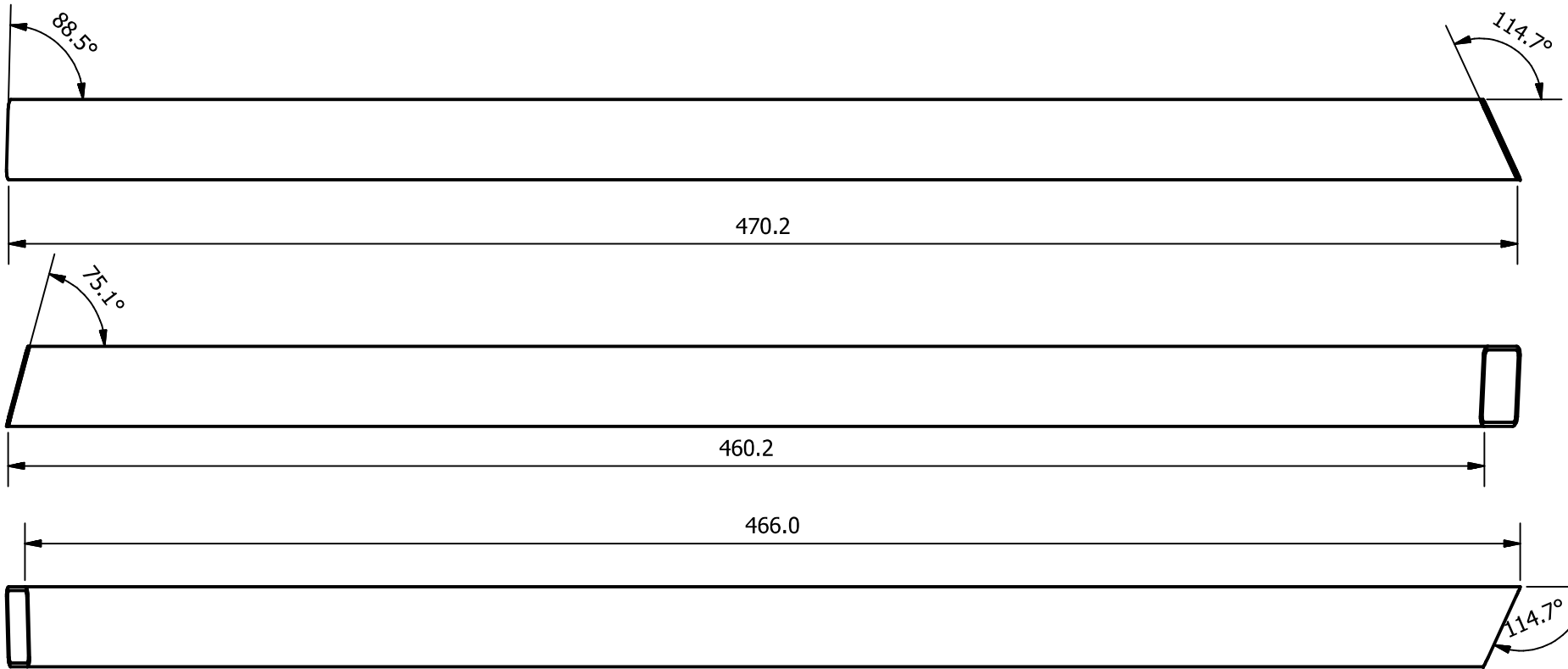
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excelencia que trasciende</i> <b>DELVALLE</b> GRUPO EDUCATIVO
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		Revisión No. 2
Material:	ALUMINIO			PARTE 14	
Pág. No. 21 / 40	Peso: N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A	





Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:1	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:	ALUMINIO			PARTE 15	Revisión No. 2
Pág. No. 22 / 40	Peso: 0.051 kg	Tolerancias: Ángulos $\pm 0.5^\circ$	D X.X $\pm 0.1$ D X.XX $\pm 0.05$ D X.XXX $\pm 0.01$	Formato: A	

2

1



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	Revisión No. 2 
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:	ALUMINIO			PARTE 16	
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A
23 /40	0.137 kg	Ángulos ±0.5°			

2

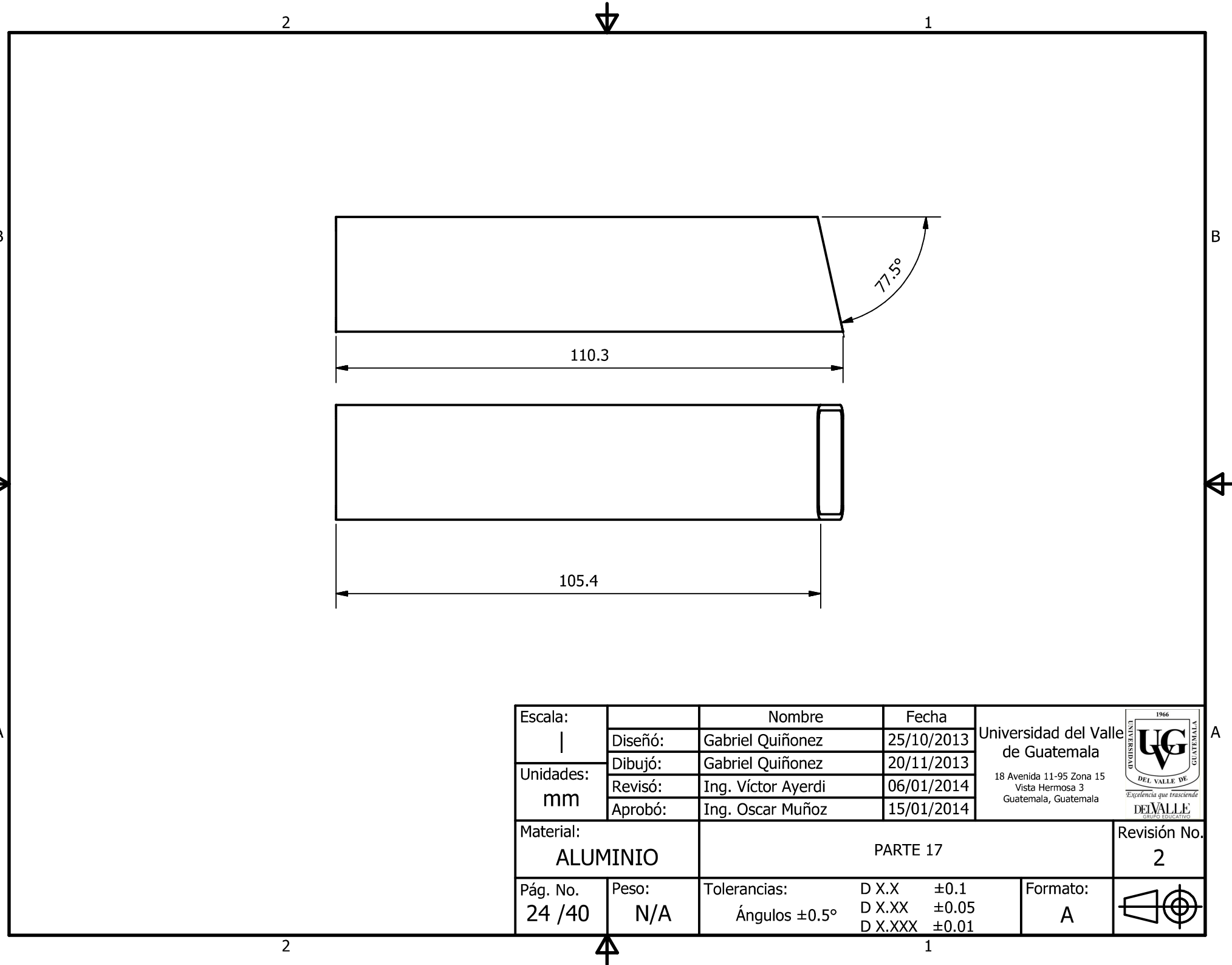
1



B

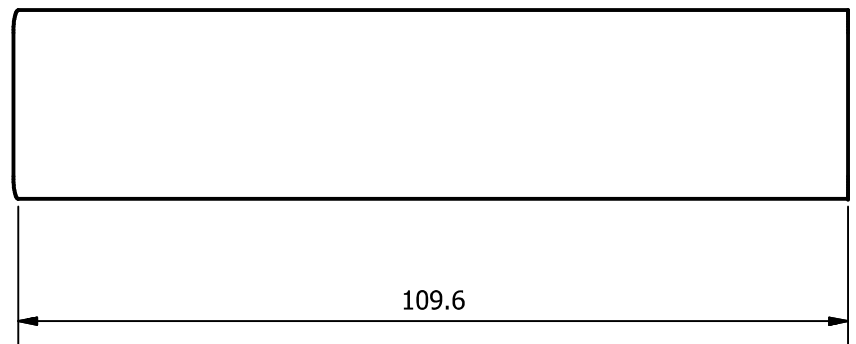
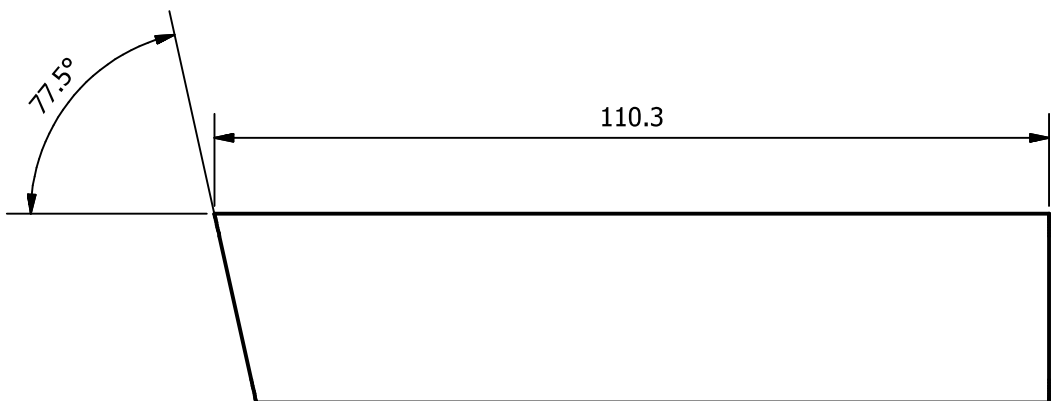
B



A

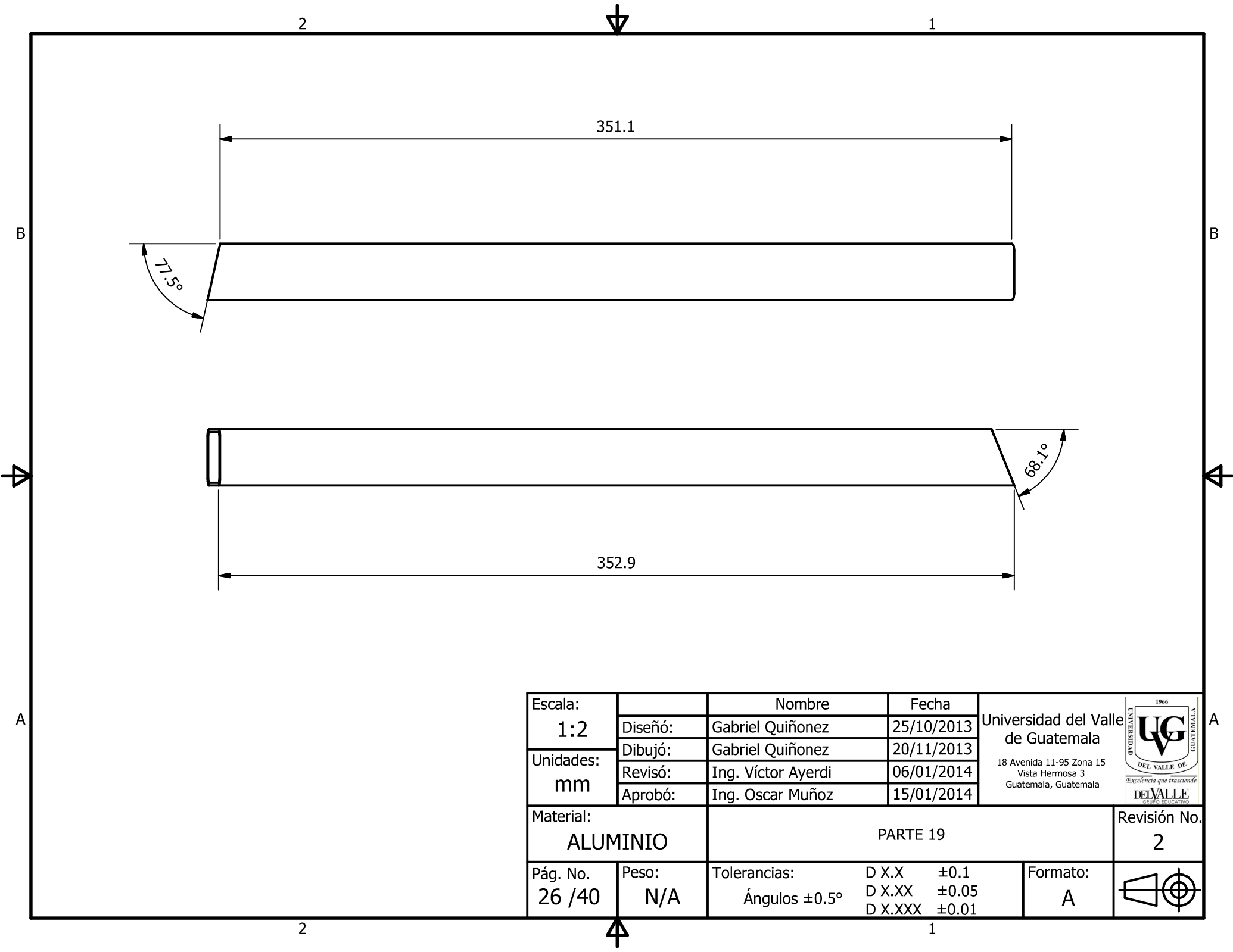
A





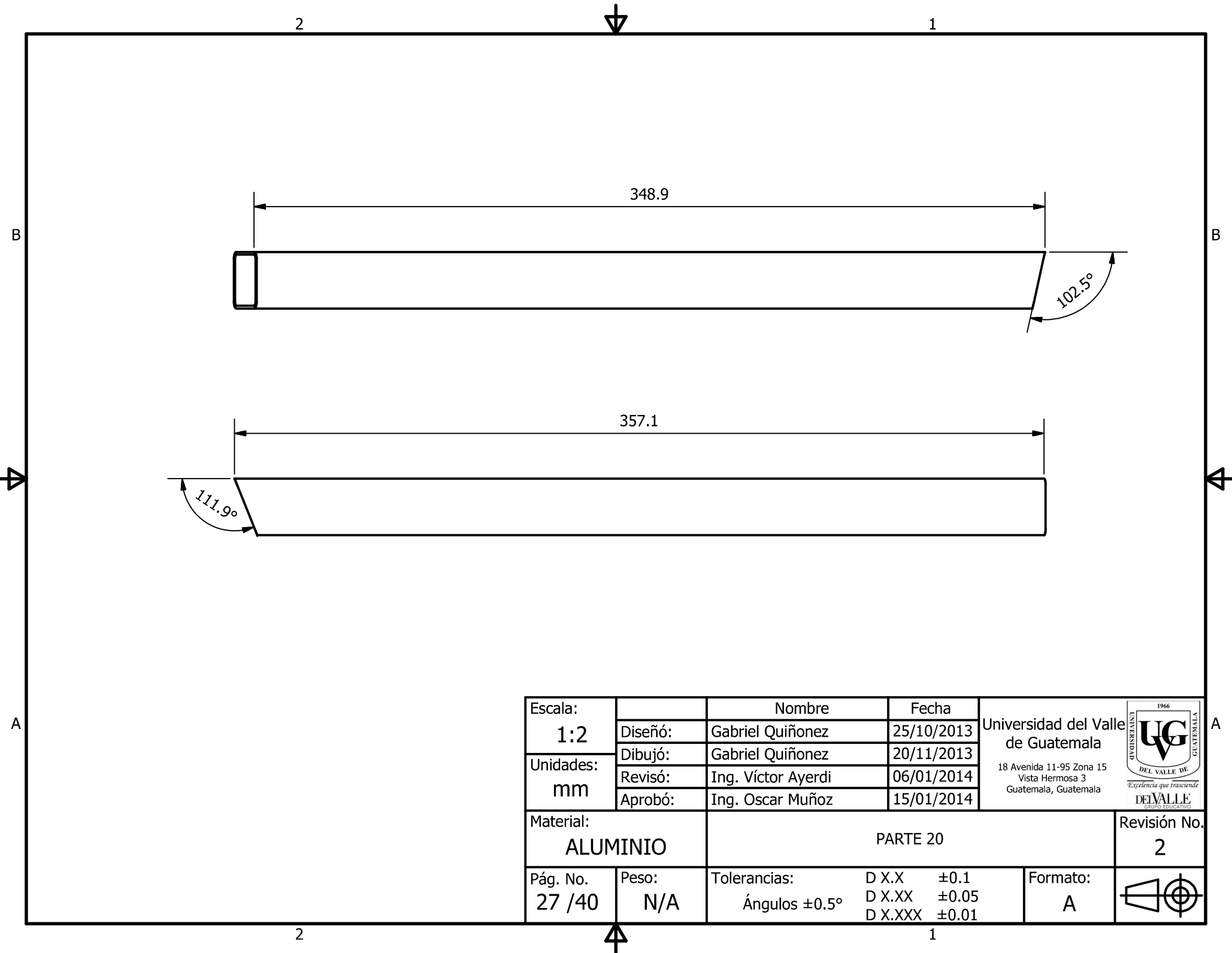
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades: mm	Diseñó:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		Revisión No. 2
Material: ALUMINIO		PARTE 17			
Pág. No. 24 / 40	Peso: N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A	





Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 1966 UG DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excellencia que trasciende</i> DELVALLE GRUPO EDUCATIVO
1:1	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		Revisión No. 2
Material:	ALUMINIO			PARTE 18	
Pág. No. 25 / 40	Peso: N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A	



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 1966 UG DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excelencia que trasciende</i> DELVALLE GRUPO EDUCATIVO
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		Revisión No. 2
Material:	ALUMINIO			PARTE 19	
Pág. No. 26 / 40	Peso: N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A	



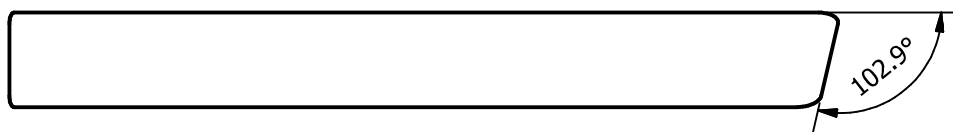
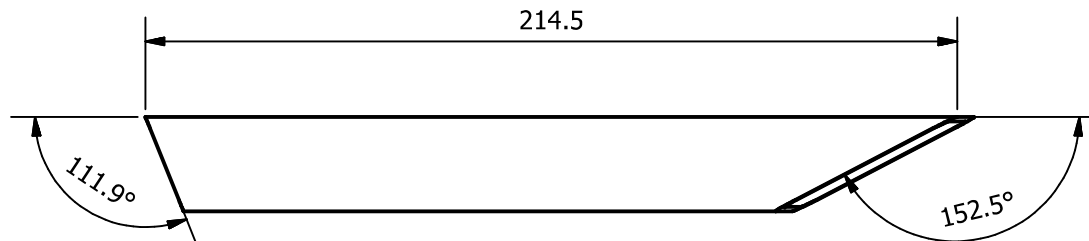
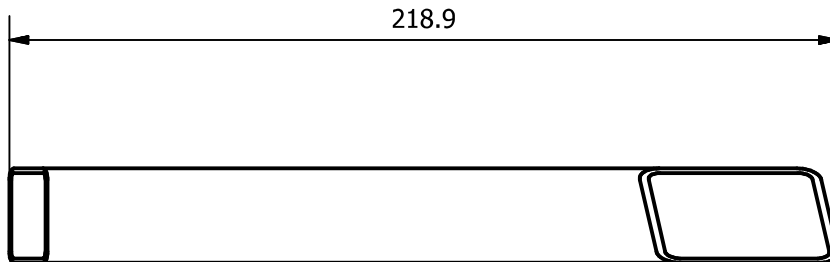
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 20			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
27 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

2

1

B

B



A

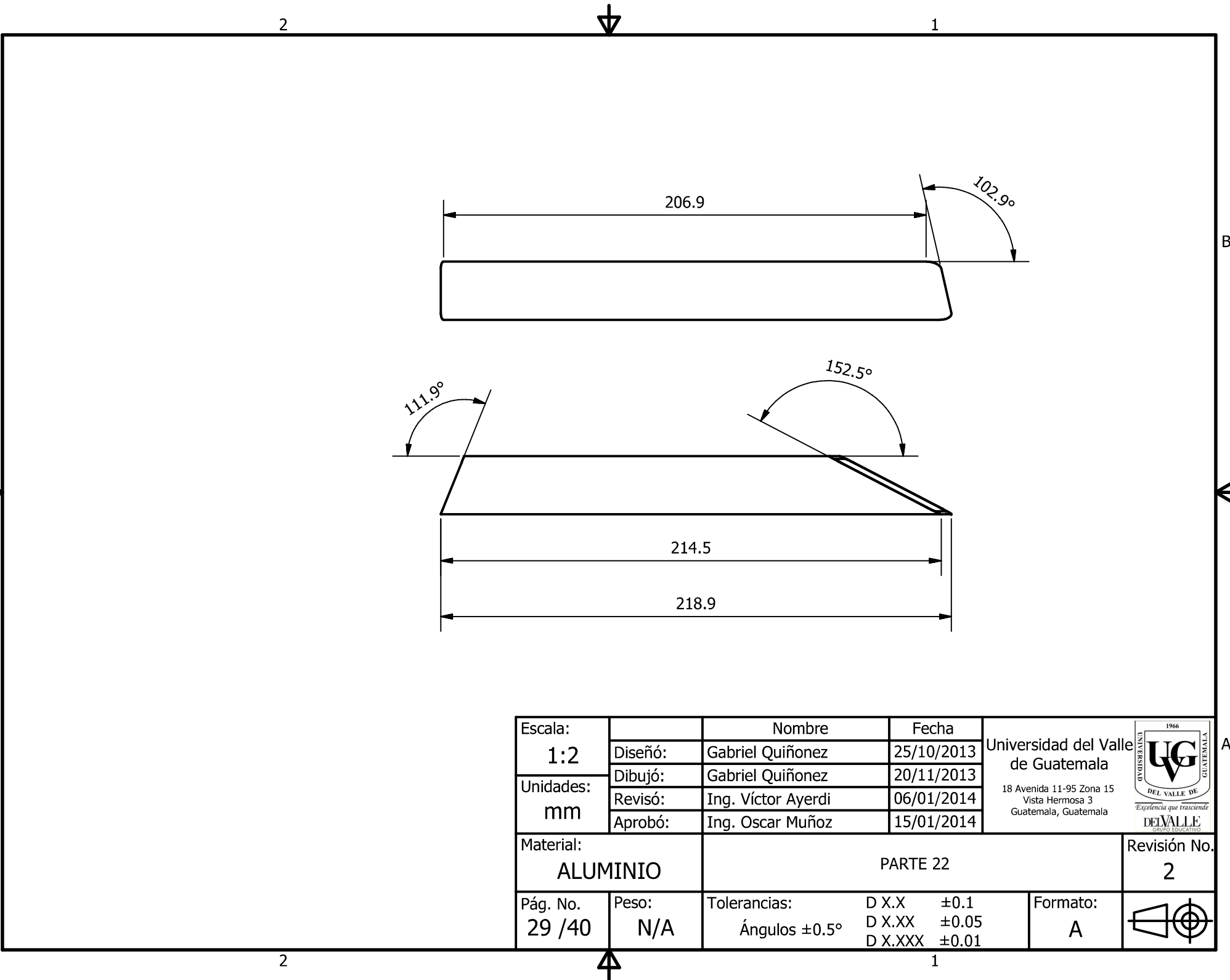
A



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades: mm	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material: ALUMINIO		PARTE 21			Revisión No. 2
Pág. No. 28 / 40	Peso: N/A	Tolerancias: Ángulos $\pm 0.5^\circ$	D X.X $\pm 0.1$ D X.XX $\pm 0.05$ D X.XXX $\pm 0.01$	Formato: A	

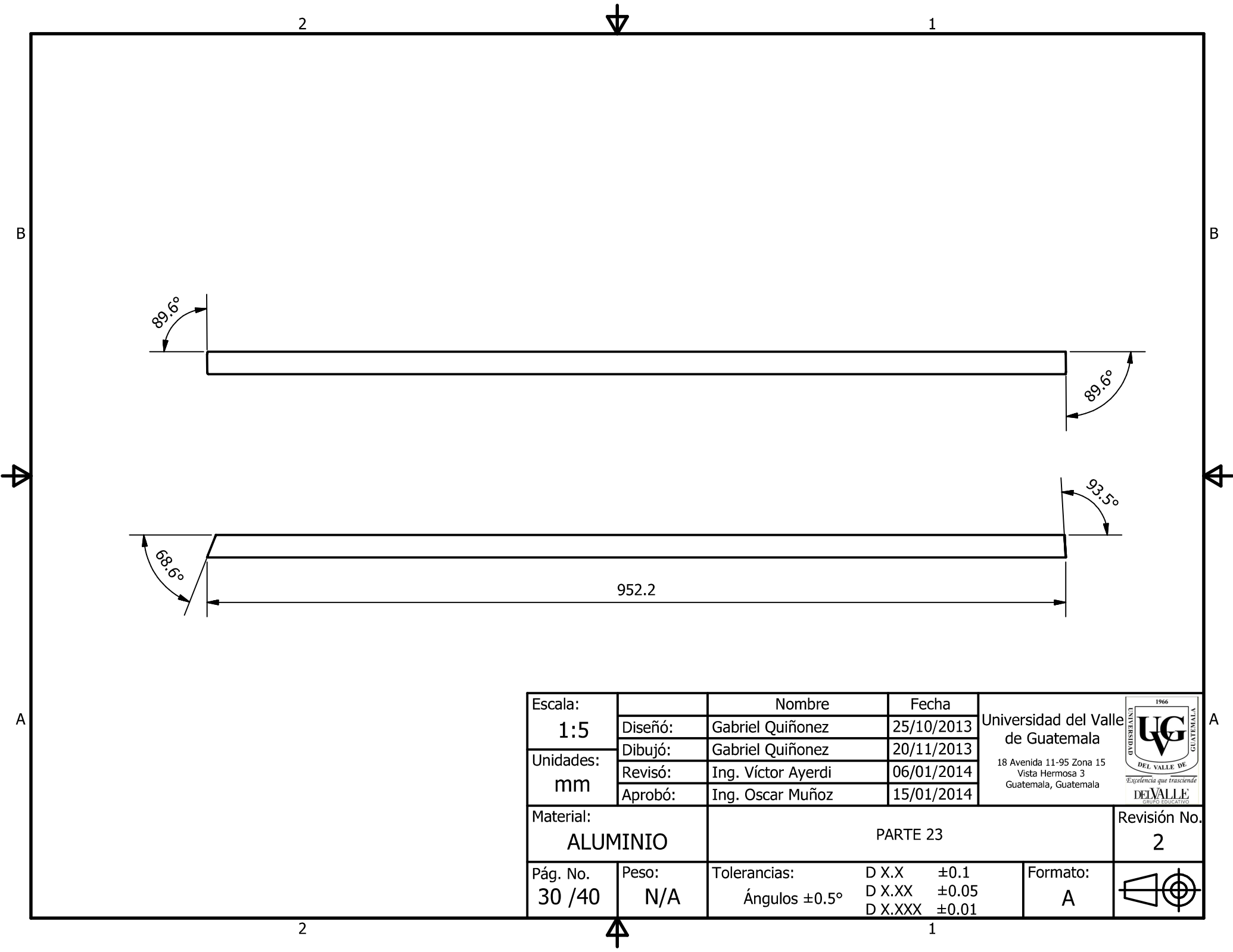
2



1

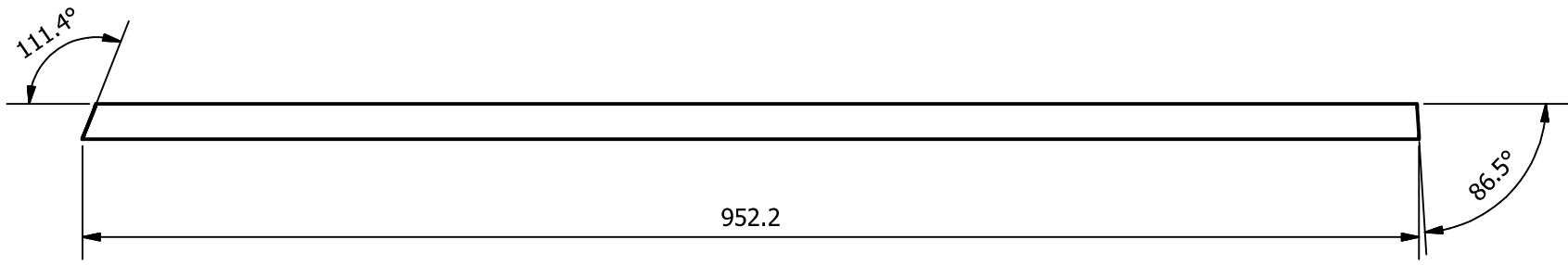






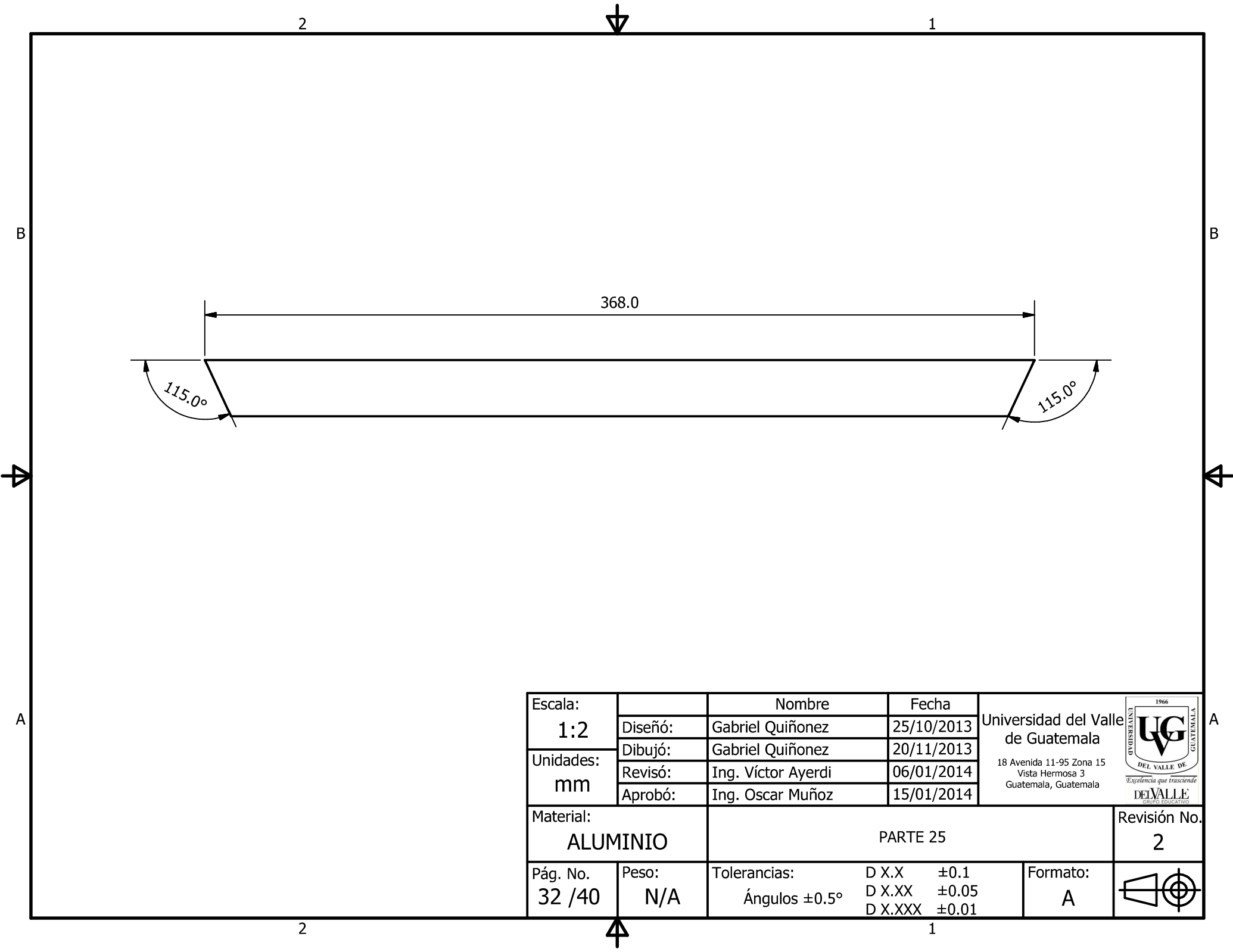
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excelencia que trasciende</i> <b>DEL VALLE</b> GRUPO EDUCATIVO
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014	Revisión No.	2
Material:		PARTE 22			
ALUMINIO					
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
29 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		





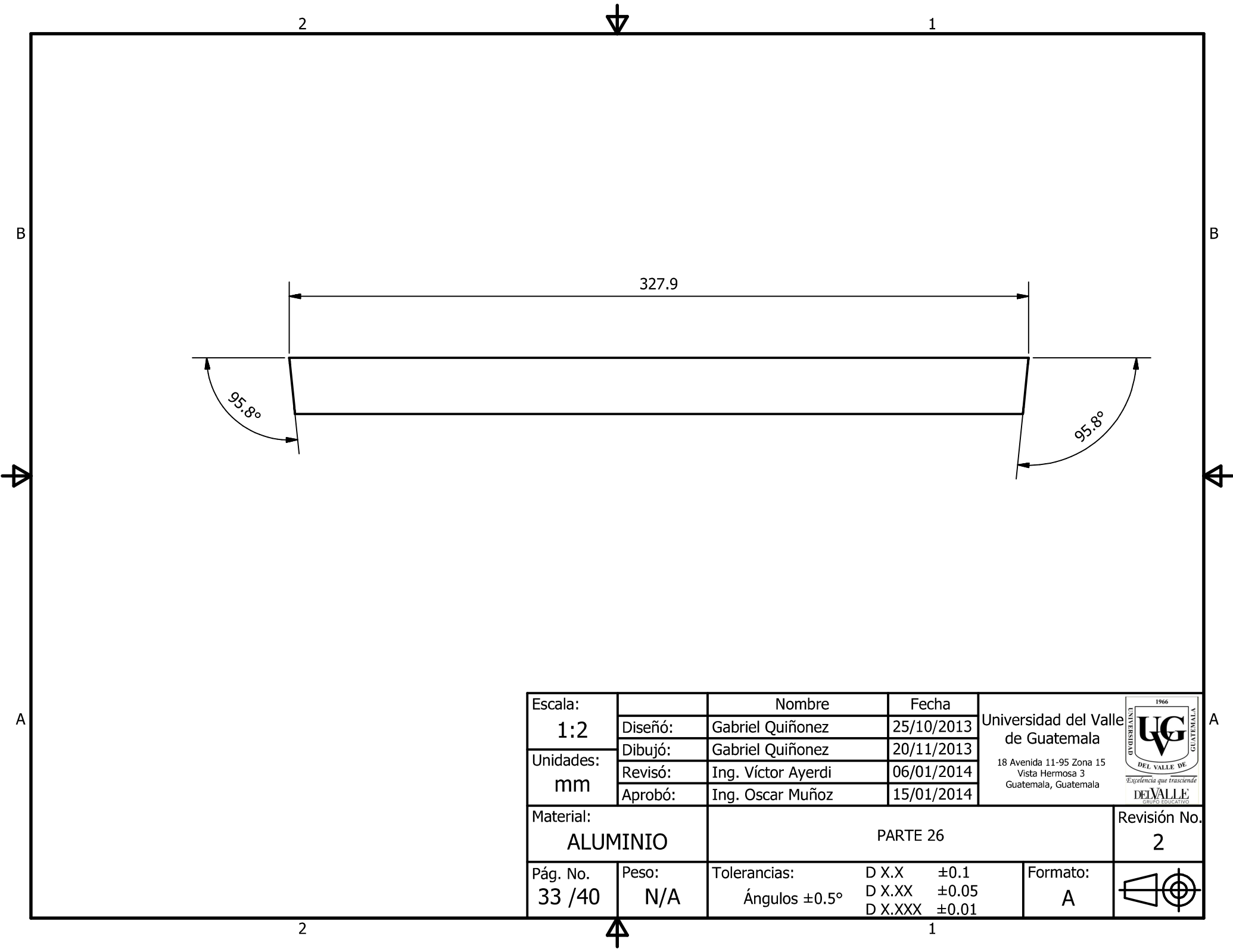
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excellencia que trasciende</i> <b>DELVALLE</b> GRUPO EDUCATIVO
<b>1:5</b>	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: <b>mm</b>	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		Revisión No. <b>2</b>
Material: <b>ALUMINIO</b>		PARTE 23			
Pág. No. <b>30 / 40</b>	Peso: <b>N/A</b>	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: <b>A</b>	





Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:5	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 24			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
31 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		
				A	



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excellencia que trasciende</i> <b>DELVALLE</b> GRUPO EDUCATIVO
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		Revisión No. 2
Material:	ALUMINIO			PARTE 25	
Pág. No. 32 /40	Peso: N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A	



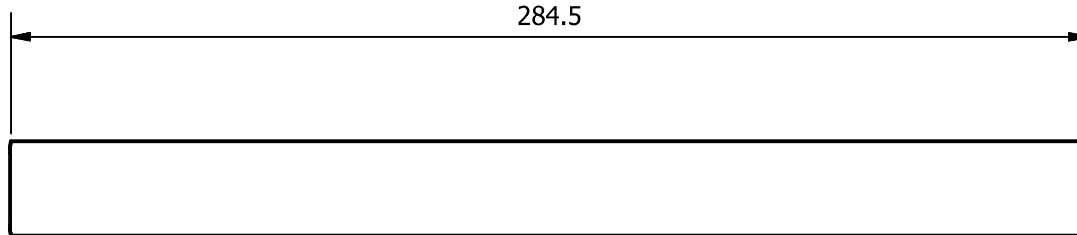
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 26			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
33 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

2

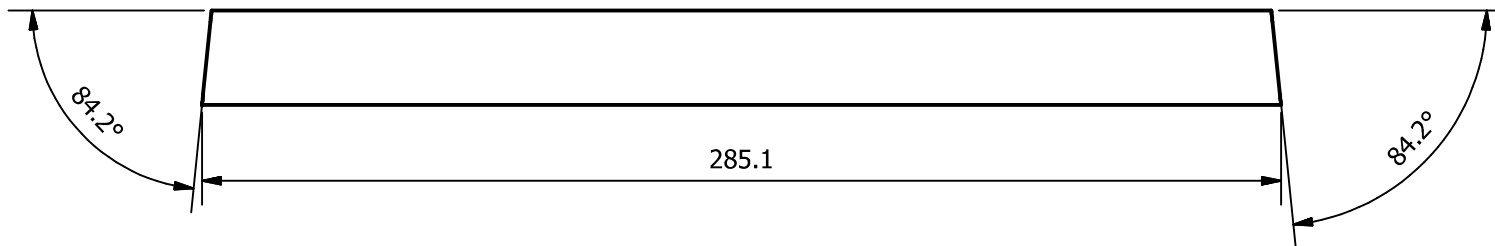


1

B



B



A

Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 27			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
34 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

A

2



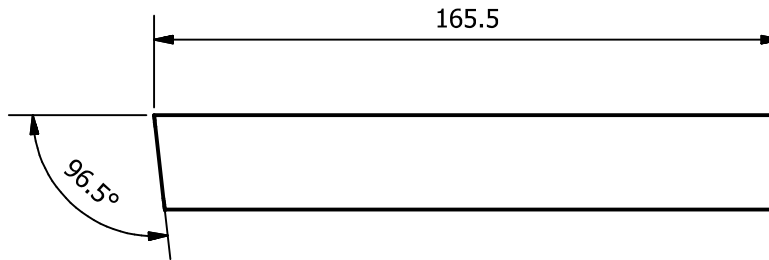
1

2

1

B

B



A

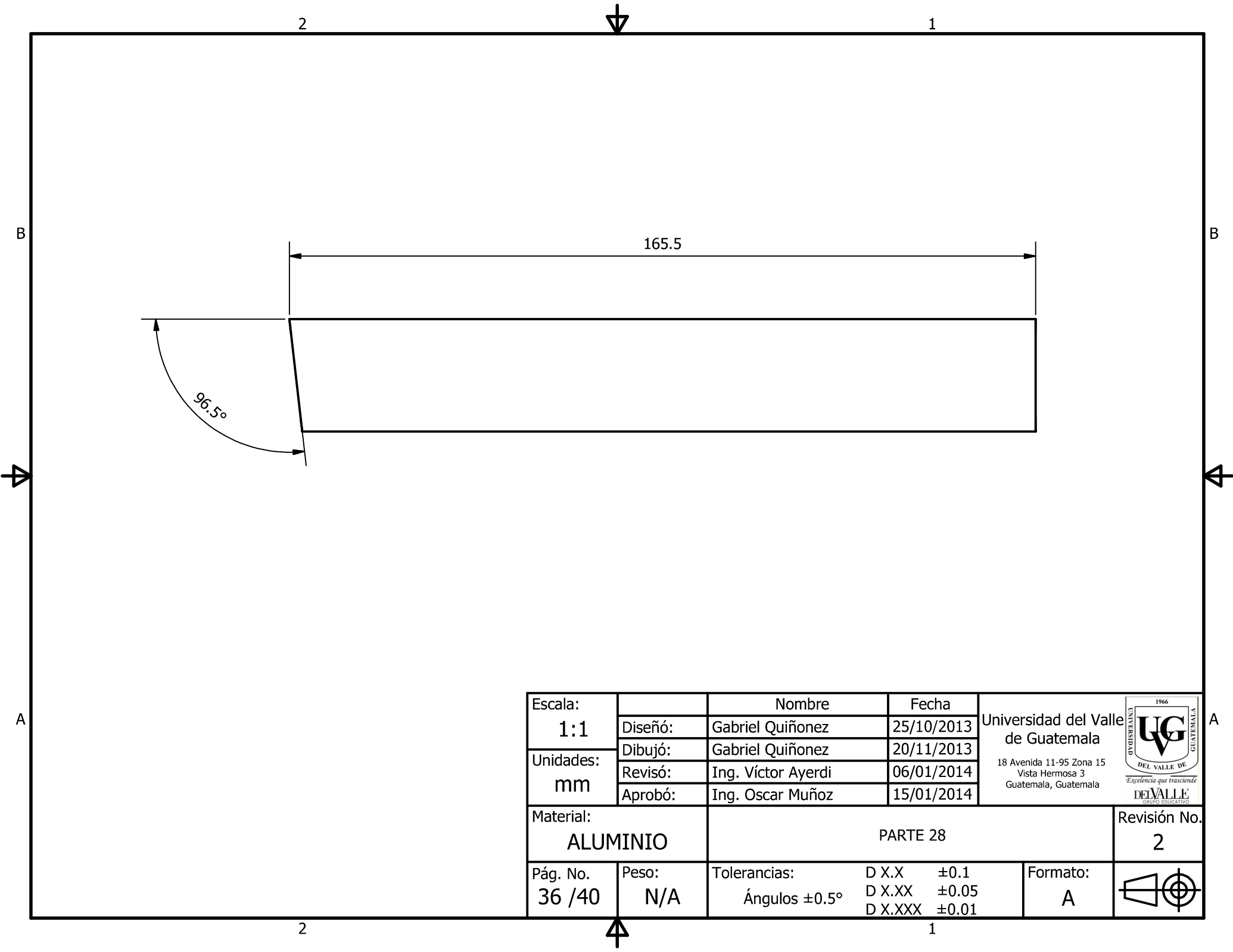
A



Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:2	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 27			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
35 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		

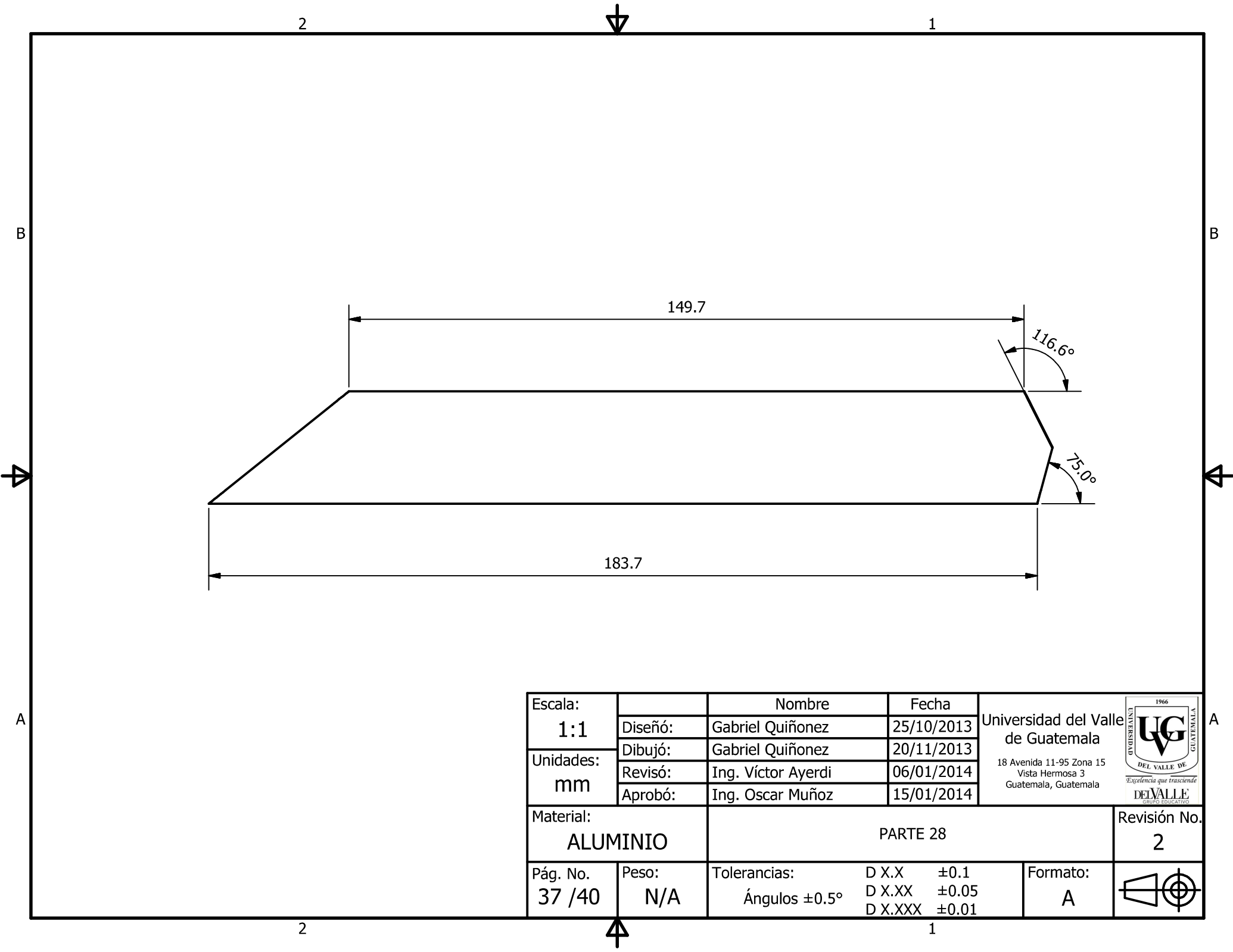
2

1

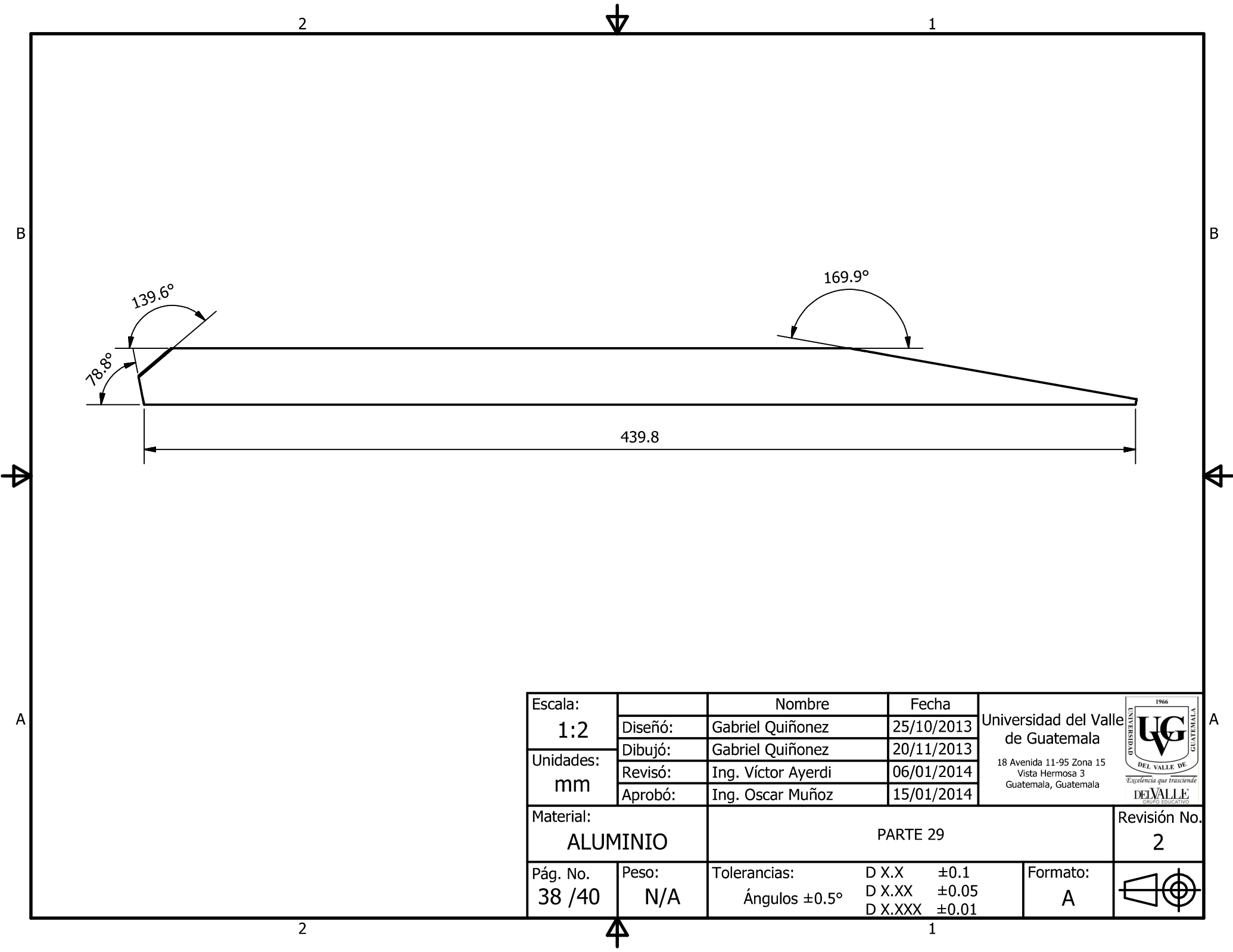
A



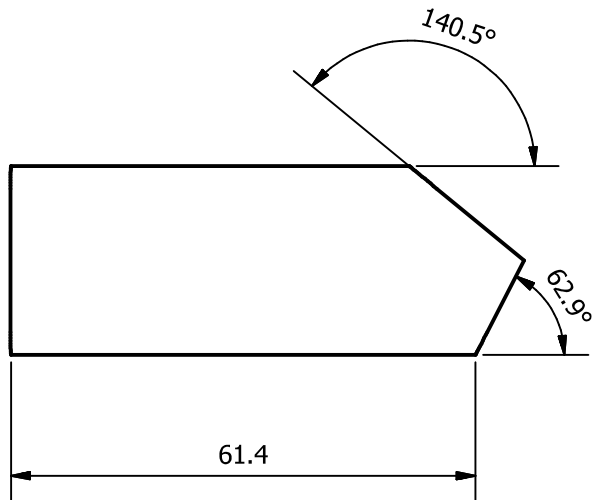
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	 <i>Excelencia que trasciende</i> <b>DELVALLE</b> GRUPO EDUCATIVO
1:1	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 28			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
36 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		





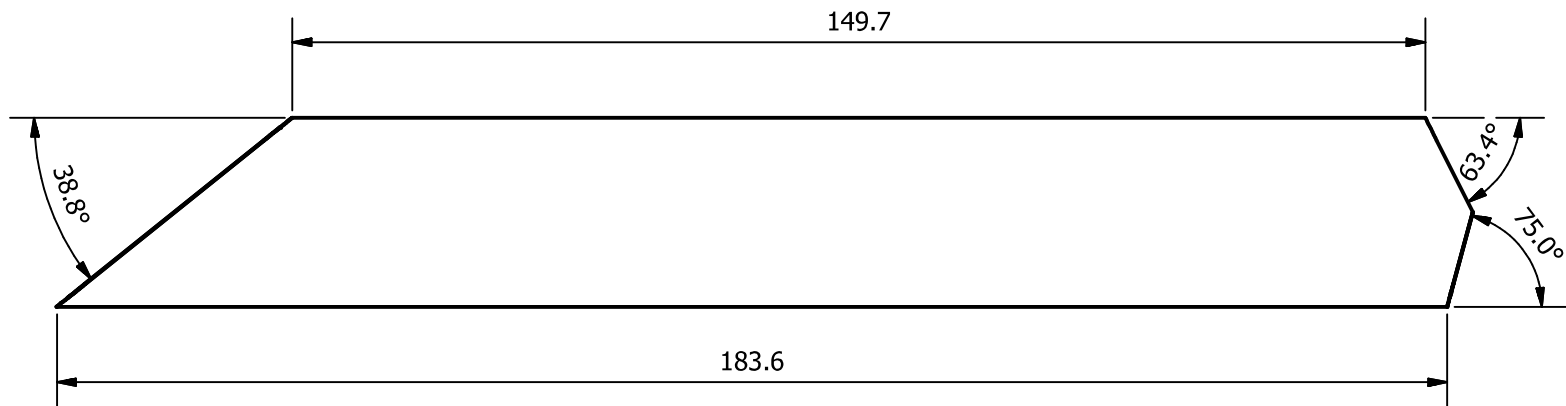
Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
1:1	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 28			Revisión No.
ALUMINIO					2
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
37 /40	N/A	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		



Escala:	1:2	Nombre	Gabriel Quiñonez	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades:	mm	Diseñó:	Gabriel Quiñonez	Fecha	20/11/2013		
		Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	Fecha	06/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	Fecha	15/01/2014		
Material:	ALUMINIO		PARTE 29			Revisión No.	2
Pág. No.	38 / 40	Peso:	N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A
				Ángulos ±0.5°			

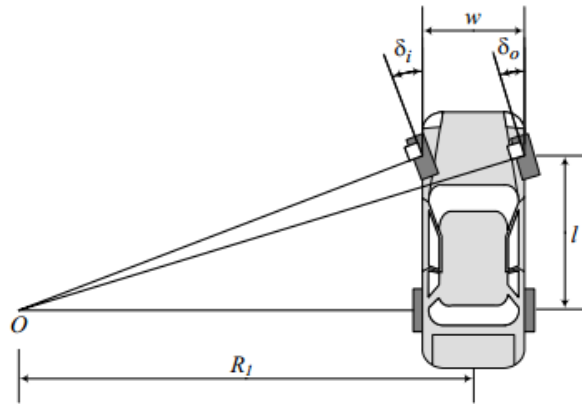


Escala:		Nombre	Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
<b>1:1</b>	Diseño:	Gabriel Quiñonez	25/10/2013		
Unidades: <b>mm</b>	Dibujó:	Gabriel Quiñonez	20/11/2013		
	Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	06/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	15/01/2014		
Material:		PARTE 30			Revisión No.
<b>ALUMINIO</b>					<b>2</b>
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:	
<b>39 /40</b>	<b>N/A</b>	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05		
			D X.XXX ±0.01		



Escala:	1:1	Nombre	Gabriel Quiñonez	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala		
Unidades:	mm	Diseñó:	Gabriel Quiñonez	Fecha	20/11/2013			
		Revisó:	Ing. Víctor Ayerdi	Fecha	06/01/2014			
		Aprobó:	Ing. Oscar Muñoz	Fecha	15/01/2014			
Material:	ALUMINIO		PARTE 31			Revisión No.	2	
Pág. No.	40 / 40	Peso:	N/A	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A	

Anexo 2: Ángulos Ackerman para neumáticos Michelin 44 406



Datos:

$$W := 60 \text{ cm}$$

Track Width: Distancia entre centros de llantas delanteras.

$$L := 155 \text{ cm}$$

Wheel Base: Distancia entre centros de llantas traseras y delanteras.

$$R_f := 8 \text{ m}$$

Turning Radius: Radio de giro de diseño.

$$r := \frac{50 \text{ cm}}{2} = 25 \text{ cm} \quad \text{Radio de llanta}$$

I. Se encontrará el ángulo que deben barrer las llantas, desde su posición original para poder cumplir con el radio de giro especificado.

$$\delta_i := \text{atan} \left( \frac{L}{R_f - \frac{W}{2}} \right) = 11.381^\circ$$

Ángulo de giro de llanta interna a la curva.

$$\delta_o := \text{atan} \left( \frac{L}{R_f + \frac{W}{2}} \right) = 10.578^\circ$$

Ángulo de giro de llanta externa a la curva.

Se encontrará la distancia máxima que barre cada llanta al cruzar completamente hacia un lado (se selecciona el ángulo mayor)

$$x_1 := r \cdot \sin(\delta_i) = 4.934 \text{ cm}$$

$$x_2 := x_1 \cdot 1.2 = 5.92 \text{ cm}$$

Se agrega un factor de seguridad de 1.2

Ahora calculando el ancho y el alto para comparar con los valores dados por la competencia

$$AT := 2 x_2 + W = 71.84 \text{ cm}$$

Restricción de ancho

$$R_1 := 1.25 \cdot W = 75 \text{ cm}$$

Restricción de altura

Se analiza la manivela del mecanismo de dirección.

$$\theta_{leva} := 45^\circ$$

Se refiere al ángulo que barrera la leva desde el centro (yendo recto) hasta cumplir con el giro completo.

Nota: es también el giro del volante.

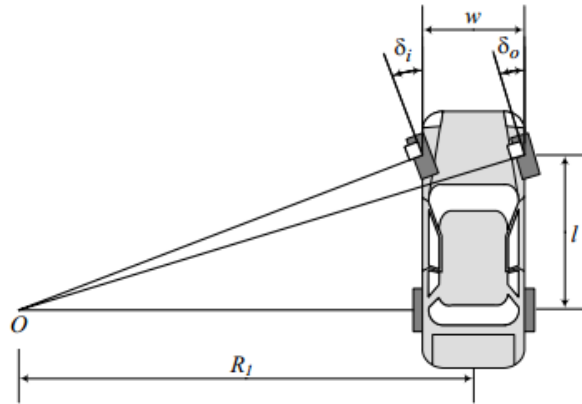
$$x_{llantas} := 7.5 \text{ cm}$$

Se refiere a la distancia que barren las llantas en el giro completo.

$$d_c := \frac{x_{llantas}}{\tan(\theta_{leva})} = 7.5 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la distancia entre los centros de la leva será de un poco más que 2cm

Anexo 3: Ángulos Ackerman para neumáticos Kontender 700 23c



Datos:

$TW := 60 \text{ cm}$       Track Width: Distancia entre llantas delanteras.

$WB := 155 \text{ cm}$       Wheel Base: Distancia entre centros de llantas traseras y delanteras.

$TR := 8 \text{ m}$       Turning Radius: Radio de giro de diseño.

$r := \frac{66.5 \text{ cm}}{2} = 33.25 \text{ cm}$       Radio de llanta

I. Se encontrará el ángulo que deben barrer las llantas, desde su posición original para poder cumplir con el radio de giro especificado.

$$\delta_i := \text{asin} \left( \frac{WB}{TR - \frac{TW}{2}} \right) = 11.613^\circ$$

Ángulo de giro de llanta interna a la curva.

$$\delta_o := \text{asin} \left( \frac{WB}{TR + \frac{TW}{2}} \right) = 10.763^\circ$$

Ángulo de giro de llanta externa a la curva.

Se encontrará la distancia máxima que barre cada llanta al cruzar completamente hacia un lado (se selecciona el ángulo mayor)

$$x_1 := r \cdot \sin(\delta_i) = 6.693 \text{ cm}$$

$$x_2 := x_1 \cdot 1.2 = 8.032 \text{ cm}$$

Se agrega un factor de seguridad de 1.2

Ahora calculando el ancho y el alto para comparar con los valores dados por la competencia

$$AT := 2 \cdot x_2 + TW = 76.064 \text{ cm}$$

Restricción de ancho

$$R_1 := 1.25 \cdot TW = 75 \text{ cm}$$

Restricción de altura

Anexo 4: Variación de ancho de chasis y carrocería

Datos:

$L := 155 \text{ cm}$	Distancia entre el eje de llantas delanteras con trasera.
$R_f := 8 \text{ m}$	Radio de giro.
$W := 50 \text{ cm}, 52 \text{ cm}..60 \text{ cm}$	Ancho entre llantas delanteras
$r := 25 \text{ cm}$	Radio de la llanta (Michelin 44-406)

Ecuaciones:

$$\delta_1(W) := \text{atan}\left(\frac{L}{R_f - \frac{W}{2}}\right) \quad \text{Ángulo de giro de la llanta por lado}$$

$$b(W) := 1.2 \cdot r \cdot \sin(\delta_1(W)) \quad \text{Distancia que barre la llanta por lado}$$

$$a_{chasis}(W) := W - b(W) \quad \text{Ancho del chasis}$$

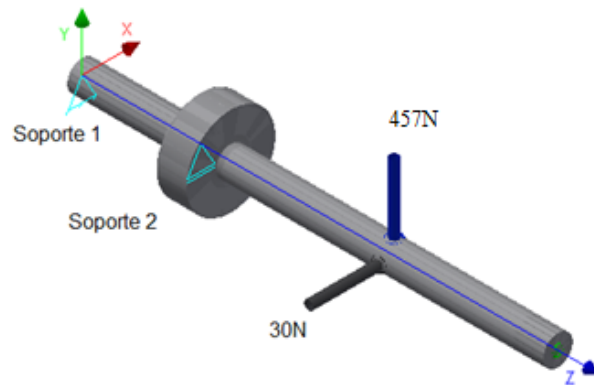
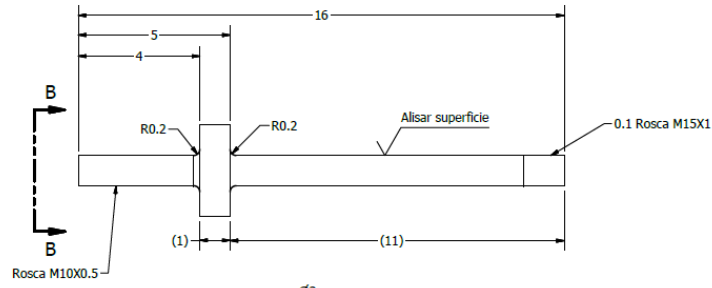
$$a_{carroceria}(W) := 2 \cdot b(W) + W \quad \text{Ancho total del vehículo}$$

Tablas:

$$\delta_1(W) = \begin{bmatrix} 11.31 \\ 11.324 \\ 11.338 \\ 11.353 \\ 11.367 \\ 11.381 \end{bmatrix} \cdot \quad b(W) = \begin{bmatrix} 5.883 \\ 5.891 \\ 5.898 \\ 5.905 \\ 5.913 \\ 5.92 \end{bmatrix} \text{ cm}$$

$$a_{chasis}(W) = \begin{bmatrix} 44.117 \\ 46.109 \\ 48.102 \\ 50.095 \\ 52.087 \\ 54.08 \end{bmatrix} \text{ cm} \quad a_{carroceria}(W) = \begin{bmatrix} 61.767 \\ 63.782 \\ 65.796 \\ 67.811 \\ 69.826 \\ 71.84 \end{bmatrix} \text{ cm}$$

Anexo 5: Eje de llantas delanteras



Datos:

-AISI 4340

$$S_y := 350 \text{ MPa}$$

$$N := 1.6$$

$$k_{t1} := 1.5$$

Resistencia a la fluencia

Factor de seguridad

Factor de seguridad de

radios

Esfuerzo a la fatiga real:

$$S_n := 350 \text{ MPa}$$

$$C_m := 1$$

$$C_s := .8$$

$$C_{st} := 1$$

$$C_r := .81$$

de gráfica,  $S_{ut} = 140 \text{ ksi}$ , laminado en caliente

Acero Forjado

$$= .859 - 0.02125D$$

Flexion = 1, Flexion axial = 0.8

para confiabilidad 0.99

$$S'_n := S_n \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_{st} \cdot C_r = 226.8 \text{ MPa}$$

Reacciones y Cargas:

$$R_{ay} := -743.654 \text{ N} \quad M_{by} := -29.751 \text{ N}\cdot\text{m} \quad R_{cy} := -457 \text{ N}$$

$$R_{ax} := -81.25 \text{ N} \quad M_{bx} := -3.25 \text{ N}\cdot\text{m} \quad R_{cx} := -50 \text{ N}$$

$$V_a := \sqrt{R_{ax}^2 + R_{ay}^2} = 748.079 \text{ N}$$

$$M_b := \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} = 98.189 \text{ ft}\cdot\text{N}$$

$$V_c := \sqrt{R_{cx}^2 + R_{cy}^2} = 459.727 \text{ N}$$

Diámetros:

-Sección A:

$$\theta_{min} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_a \cdot N_s}{S'_n} \right)} = 9.649 \text{ mm}$$

-Sección B:

$$\theta_{min} := \left( \frac{32 \cdot N_s}{\pi} \cdot \left( \sqrt{\left( \frac{k_{t1} \cdot M_b}{S'_n} \right)^2} \right) \right)^{\frac{1}{3}} = 14.776 \text{ mm}$$

-Sección C:

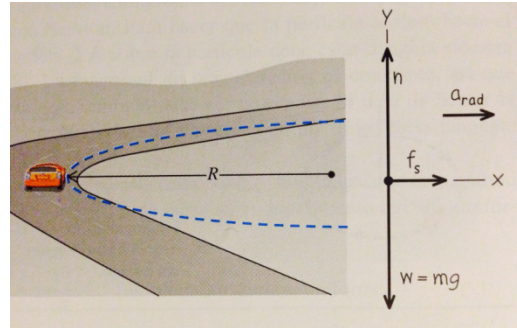
$$\theta_{min} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_c \cdot N_s}{S'_n} \right)} = 7.564 \text{ mm}$$

Para dejar las medidas en diámetros nominales se establecieron así:

Sección	Diámetro (mm)
<b>A</b>	10
<b>B</b>	30
<b>C</b>	10

Anexo 6: Velocidad de derrape en curvas

El diagrama de cuerpo libre del vehículo se muestra a continuación:



(Zemansky, 2009)

Datos:

$$R := 8 \text{ m}$$

$$\mu_s := 0.7$$

Extraído de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/mechanics/frictire.html>

$$g := 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Nota: se asume 0 grados de peralte.

Cálculo:

$$v_{max} := \sqrt{\mu_s \cdot g \cdot R}$$

$$v_{max} = 26.669 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

La velocidad promedio del vehículo debe ser de 30km/hr, por lo tanto se cumple con este requerimiento al tener que en las curvas la velocidad máxima puede ser de 27km/hr.

\*2 (Peralte necesario para lograr 35 km/hr)

Datos:

$$v := 35 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Cálculos:

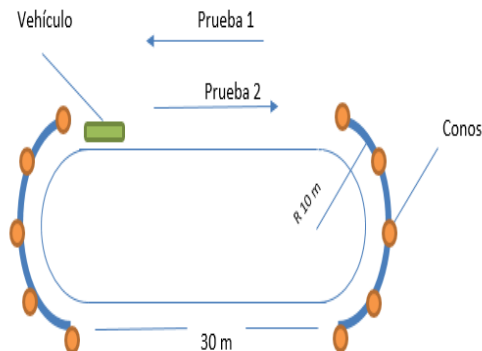
$$\beta := \text{atan} \left( \frac{v^2}{g \cdot R} \right) = 50.326^\circ$$

Nota: Se realiza el cálculo por seguridad, sin embargo la pista no cuenta con ese peralte, como se puede ver en: <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon/events/americas/track.html>

Anexo 7: Prueba de radio de giro

Para comprobar el radio de giro real del vehículo se utilizó el siguiente método:

1. Haciendo uso del parqueo de las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala se trazará una pista de pruebas en el área mostrada en la siguiente figura.



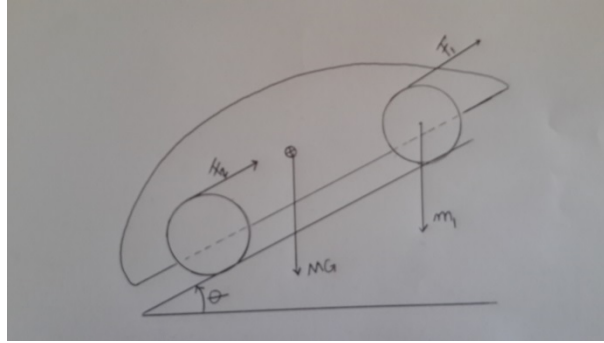
2. Se pondrán conos alrededor de la curva para delimitar la trayectoria del vehículo.
3. Se montarán dos sistemas GPS en el vehículo.
  - El primer sistema será posicionado al lado derecho del piloto para que pueda ver su velocidad.
  - El segundo sistema será para recolectar los datos de posición cuando el vehículo recorre la pista.
4. Verificación de giro a la izquierda: El piloto manejará a través de la pista girando únicamente al lado izquierdo a una velocidad de 10 km/h durante diez vueltas.
5. Haciendo uso del GPS se medirá el radio de giro real trazado por el vehículo al pasar por la curva.
6. Verificación de giro a la derecha: El piloto manejará a través de la pista girando únicamente al lado derecha a una velocidad de 10 km/h durante diez vueltas.
7. En caso de que se note que el vehículo se torna inestable se pararán las pruebas por cuestiones de seguridad.

Los instrumentos a utilizar durante la prueba serán:

1. Conos
2. GPS (Garmin)
3. Cinta métrica de 5 m

El piloto deberá utilizar en todo momento el casco con visor y tener el cinturón abrochado durante la realización de las pruebas. En caso de que el vehículo se torne inestable se deberá frenar gradualmente y apagar el motor para discontinuar la aceleración. Se tendrá un extintor a la mano en caso de emergencia.

Anexo 8: Torque necesario en frenos para una pendiente de 20%



Datos:

$$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$\theta := \text{atan}(0.2) = 11.31^\circ$$

Ángulo requerido por la competencia

$$W := 140 \text{ kg} \cdot g = 1.373 \text{ kN}$$

Masa total del vehículo

$$r := 50 \text{ cm}$$

Radio de llantas seleccionadas

Ecuaciones del diagrama de cuerpo libre:

$$F_1 = W \cdot \sin(\theta)$$

Haciendo un análisis para las llantas traseras involucrando el torque a encontrar y el torque que el suelo genera sobre la llanta se tiene:

$$\tau + \tau_{suelo1} = \tau + F_1 \cdot r = 0$$

Sustituyendo las ecuaciones y resolviendo el sistema se encuentra que:

$$\tau_{tt} := \left( \left( \frac{\tau}{r} \right) \right) = W \cdot \sin(\theta) \xrightarrow{\text{solve}, \tau} 68.67000000000001 \cdot \text{cm} \cdot \text{kN} \cdot \sin(11.309932474020215^\circ)$$

Por lo tanto el torque que debe ejercer el freno en el disco trasero es de:

$$\tau_{tt} = 134.673 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Realizando ahora el procedimiento anterior para las llantas delanteras se obtiene:

Ecuaciones del diagrama de cuerpo libre:

$$2 \cdot F_2 = W \cdot \sin(\theta)$$

Haciendo un análisis para las llantas traseras involucrando el torque a encontrar y el torque que el suelo genera sobre la llanta se tiene:

$$\tau + \tau_{suelo2} = \tau + F_2 \cdot r = 0$$

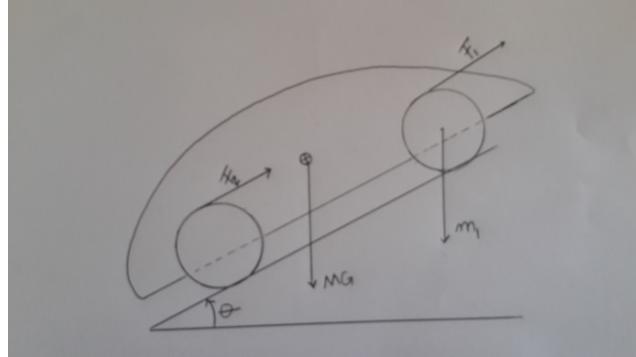
Sustituyendo las ecuaciones y resolviendo el sistema se encuentra que:

$$\tau_d := \left( \left( \frac{2 \cdot \tau}{r} \right) \right) = W \cdot \sin(\theta) \xrightarrow{\text{solve, } \tau} 34.335000000000005 \cdot \text{cm} \cdot \text{kN} \cdot \sin(11.309932474020215 \cdot ^\circ)$$

Por lo tanto el torque que debe ejercer el freno en cada disco delantero es de:

$$\tau_d = 67.336 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Anexo 9: Distancia y tiempo de frenado



Datos:

$$m_1 := 1.20 \text{ kg} \quad \theta := \text{atan}(0.2) = 11.31^\circ \quad g := 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$M := 140 \text{ kg} \quad r := 50 \text{ cm}$$

Inercia de las llantas:

$$I_{\text{trasera}} := m_1 \cdot r^2 = 0.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad I_{\text{delanteras}} := 2 \cdot m_1 \cdot r^2 = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Ecuaciones del diagrama de cuerpo libre:

$$F_2 - F_1 = m_1 \cdot a$$

$$F_4 - F_3 = 2 \cdot m_1 \cdot a$$

$$-F_2 - F_4 = M \cdot a$$

sumando las ecuaciones se obtiene:

$$F_1 = -M \cdot a + m_1 \cdot a + 2 \cdot m_1 \cdot a - F_3$$

Haciendo un análisis para las llantas traseras involucrando el torque a encontrar y el torque que el suelo genera sobre la llanta se tiene:

$$\tau + \tau_{suelo1} = \tau + F_1 \cdot r = I_{trasera} \cdot \frac{a}{r}$$

$$\tau + \tau_{suelo2} = \tau + F_3 \cdot r = I_{delanteras} \cdot \frac{a}{r}$$

Sabiendo que el torque ejercido por cada sistema es de 104 N m

$$\tau := 154 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$a_{tt} = \left( \frac{-\tau + I_{trasera} \cdot \frac{a}{r}}{r} \right) = -M \cdot a + m1 \cdot a + 2 \cdot m1 \cdot a - \left( \frac{-\tau + I_{delanteras} \cdot \frac{a}{r}}{r} \right)$$

Resolviendo para la aceleración:

$$a_{tt} := \frac{1.04 \cdot 10^6 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{cm}}{98.0 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 + 1.89425 \cdot 10^7 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^2 + 49.0 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2} = 5.095 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ahora analizando la distancia de frenado y el tiempo:

$$v_1 := 10 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad v_2 := 20 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad v_3 := 30 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad v_4 := 40 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$t_1 := \frac{v_1}{a_{tt}} = 0.545 \text{ s} \quad t_2 := \frac{v_2}{a_{tt}} = 1.09 \text{ s} \quad t_3 := \frac{v_3}{a_{tt}} = 1.636 \text{ s} \quad t_4 := \frac{v_4}{a_{tt}} = 2.181 \text{ s}$$

$$d_1 := \frac{v_1^2}{2 \cdot a_{tt}} = 0.757 \text{ m}$$

$$d_2 := \frac{v_2^2}{2 \cdot a_{tt}} = 3.029 \text{ m}$$

$$d_3 := \frac{v_3^2}{2 \cdot a_{tt}} = 6.815 \text{ m}$$

$$d_4 := \frac{v_4^2}{2 \cdot a_{tt}} = 12.116 \text{ m}$$

Según la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation) un valor de desaceleración cómodo para un conductor es de  $3.41 \text{ m/s}^2$ . Por lo tanto se recalculan los valores de tiempo y distancia para las velocidades dadas con esta aceleración.

$$a := 3.41 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$t_1 := \frac{v_1}{a} = 0.815 \text{ s} \quad t_2 := \frac{v_2}{a} = 1.629 \text{ s} \quad t_3 := \frac{v_3}{a} = 2.444 \text{ s} \quad t_4 := \frac{v_4}{a} = 3.258 \text{ s}$$

$$d_1 := \frac{v_1^2}{2 \cdot a} = 1.131 \text{ m}$$

$$d_2 := \frac{v_2^2}{2 \cdot a} = 4.526 \text{ m}$$

$$d_3 := \frac{v_3^2}{2 \cdot a} = 10.182 \text{ m}$$

$$d_4 := \frac{v_4^2}{2 \cdot a} = 18.102 \text{ m}$$

Anexo 10: Prueba de frenado en línea recta

Para comparar los resultados teóricos obtenidos anteriormente se realizaron pruebas a distintas velocidades en el parqueo de la Universidad del Valle de Guatemala en donde se utilizó el siguiente método.

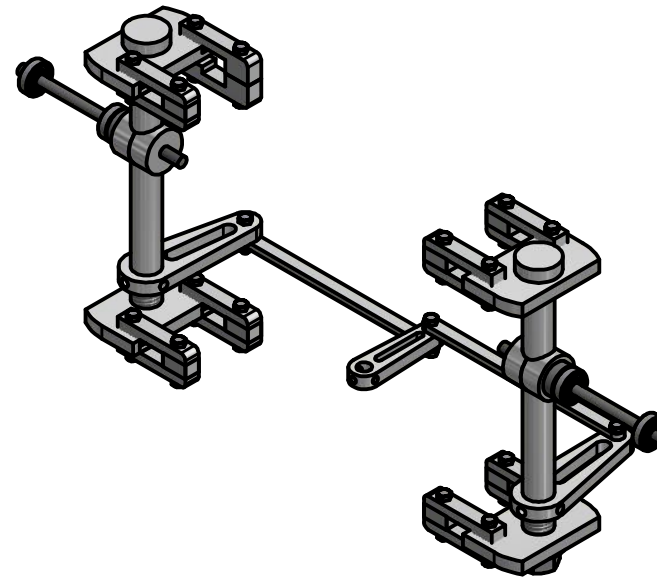
1. Medir la inclinación de la pista.
2. Revisar condiciones de la superficie.
3. Trazar línea de partida.
4. Trazar línea de llegada a 30 m desde la línea de partida. Se debe tomar en cuenta una distancia de seguridad de 30 m después de la línea de llegada, para dar al vehículo la distancia suficiente para frenar de manera cómoda.
5. Se montará dentro del vehículo el GPS al lado derecho del piloto para que pueda conocer la velocidad que lleva.
6. El piloto deberá acelerar el vehículo hasta llegar a la 5 km/h. Luego mantendrá esa velocidad hasta la línea de llegada.
7. Cuando el frente del carro llegue a la línea de llegada, el piloto deberá aplicar los frenos gradualmente.
8. Haciendo uso del cronómetro se medirá el tiempo de frenado.
9. Con el metro se medirá la distancia desde la línea de llegada hasta las llantas delanteras del carro.
10. El proceso anterior se repetirá cinco veces.
11. Luego deberá realizarse el proceso anteriormente descrito para 10, 15, 20, 25, 30 y 35 km /h.
12. En caso de que se note que el vehículo se torna inestable a una velocidad se pararán las pruebas por cuestiones de seguridad.

Los instrumentos a utilizar son los siguientes:

1. Conos
2. GPS (Garmin)
3. Cinta métrico de 5 m.

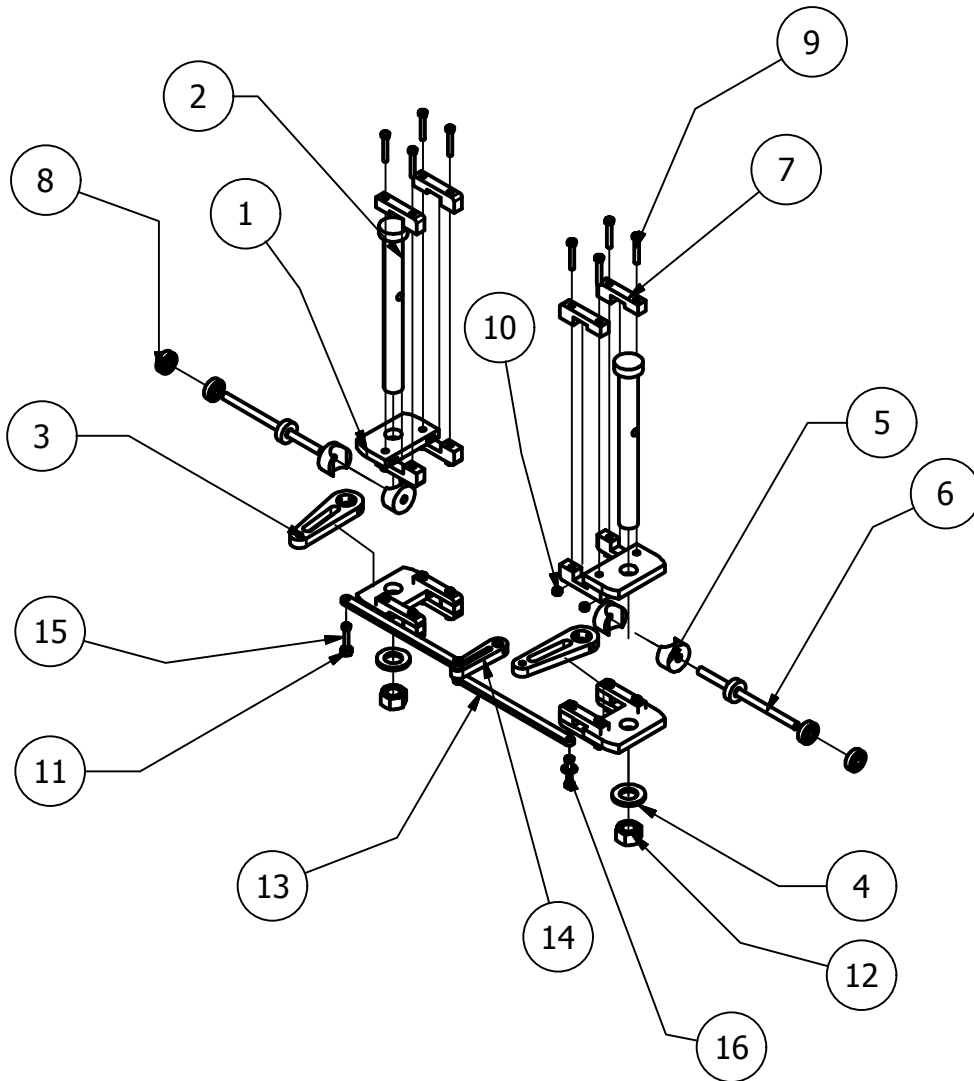
El piloto deberá utilizar en todo momento el casco con visor y tener el cinturón abrochado durante la realización de las pruebas. En caso de que el vehículo se torne muy inestable el piloto deberá apagar el motor para discontinuar la aceleración. Se tendrá un extintor a la mano en caso de emergencia.

Anexo 11: Planos dirección



Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	<b>Megaproyecto</b> Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	<b>Módulo</b>	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros			
Universidad del Valle de Guatemala			
		Escala 1:6	Pieza: Dirección y Frenos
			Pieza No. NA
		Hoja No. 1 de 18	

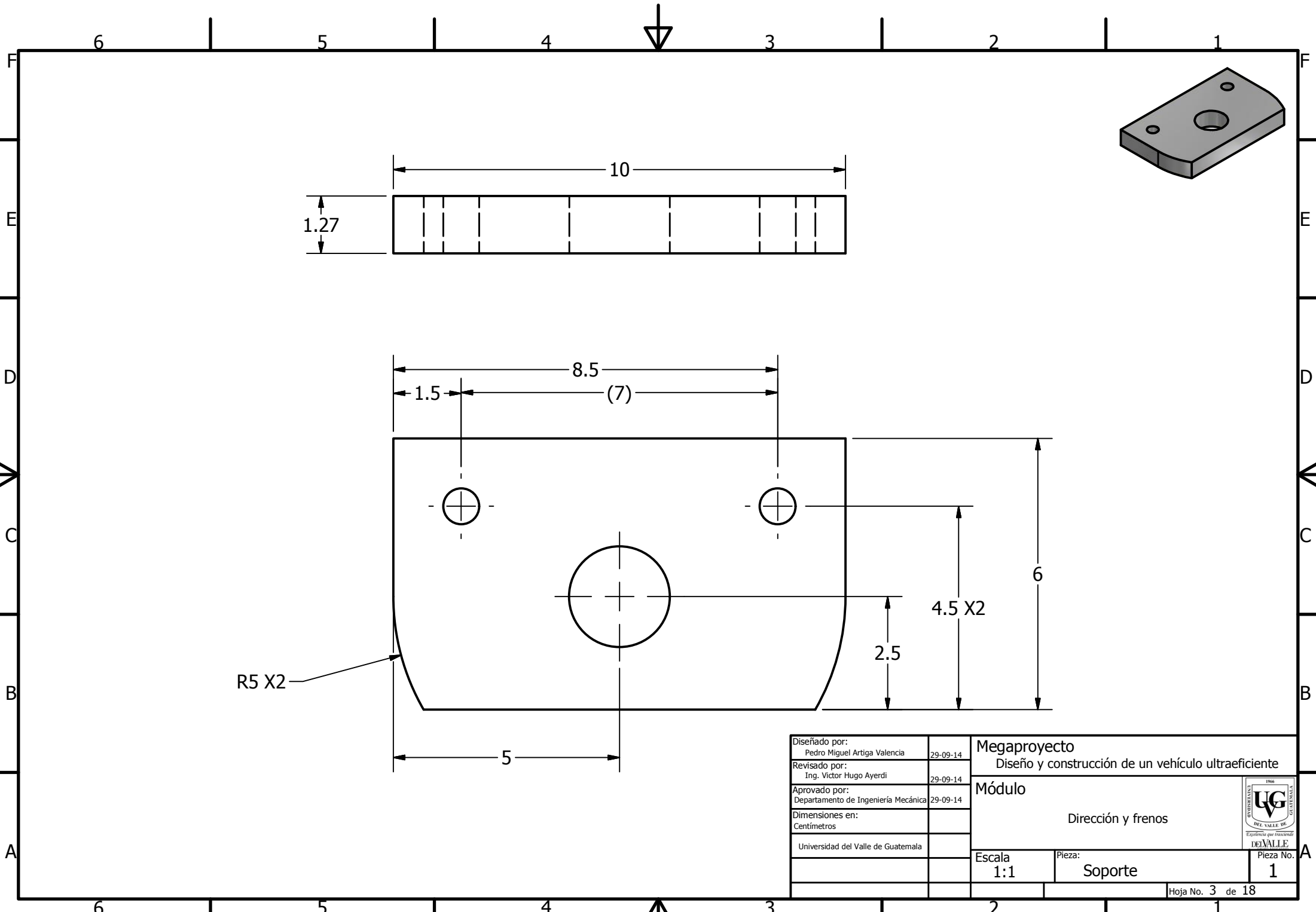




PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	4	Soporte
2	2	Eje de Dirección
3	2	Balancín
4	2	IFI 542 - 22
5	4	Espaciador
6	2	Eje
7	16	Abrazadera
8	4	ANSI/AFBMA 16.1 - 10 x 30 x 11
9	16	ANSI B18.2.3.5M - M6 x 1 x 40
10	17	ANSI B18.2.4.2M - M6 x 1
11	1	ANSI B 18.2.4.1 M - M8 x 1.25
12	2	ANSI B 18.2.4.1 M - M20 x 2.5
13	2	Acoplador
14	1	Manivela
15	3	ANSI B18.2.3.5M - M6 x 1 x 30
16	1	ANSI B18.22M - 8 N

Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 1:10
		Pieza: Dirección
		Pieza No. NA
		Hoja No. 2 de 18

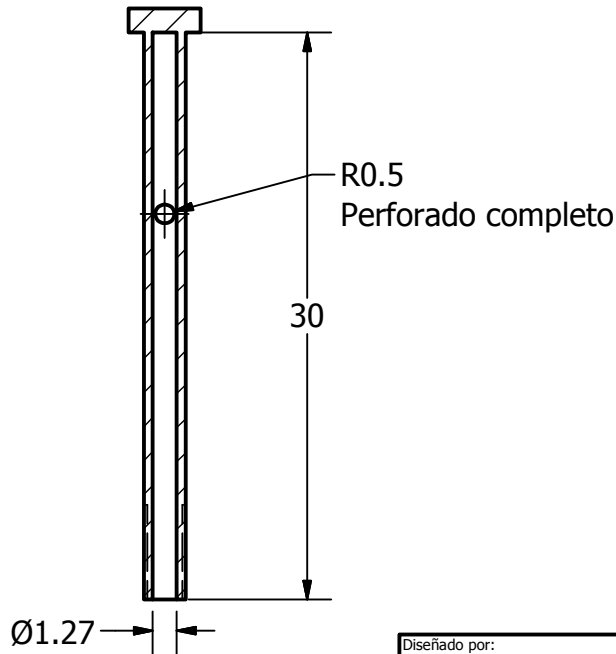
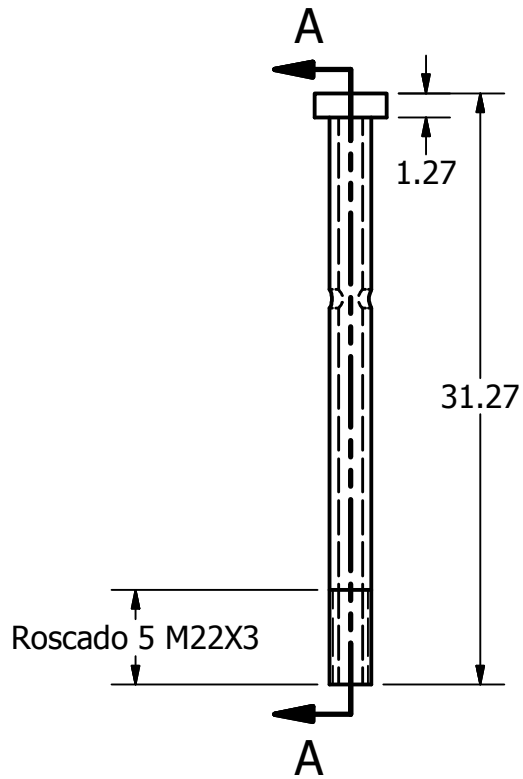
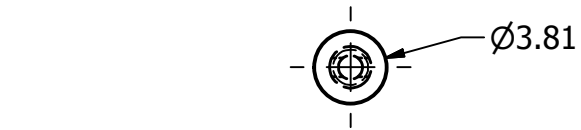




Diseñado por:	Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14
Revisado por:	Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14
Aprobado por:	Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14
Dimensiones en:	Centímetros	
Universidad del Valle de Guatemala		

Megaproyecto		
Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente		
Módulo		
Dirección y frenos		
Escala	Pieza:	Pieza No.
1:1	Soporte	1
Hoja No. 3 de 18		



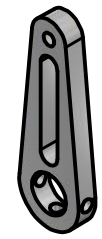
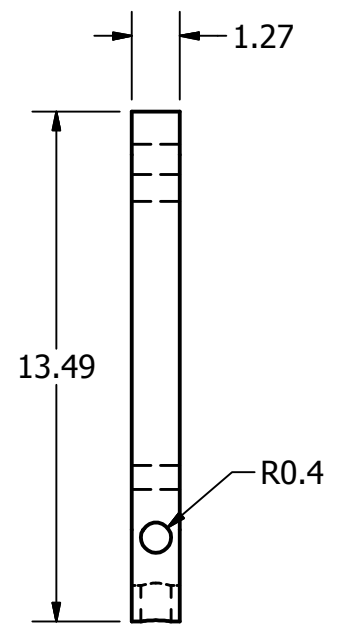
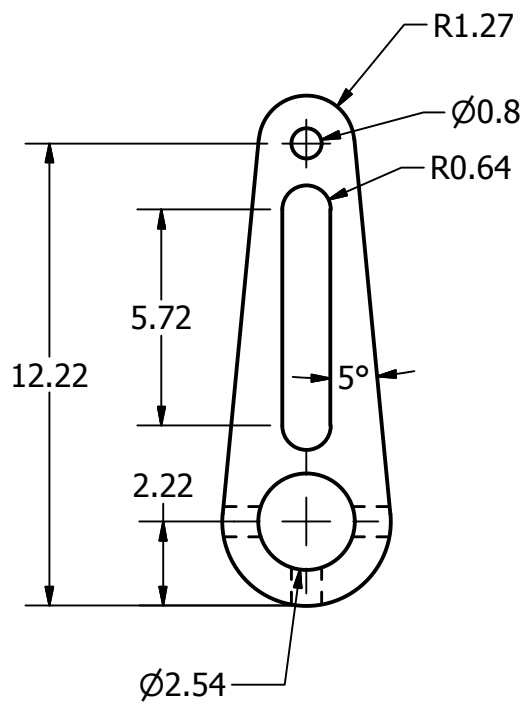


SECCION A-A  
ESCALA 1:4



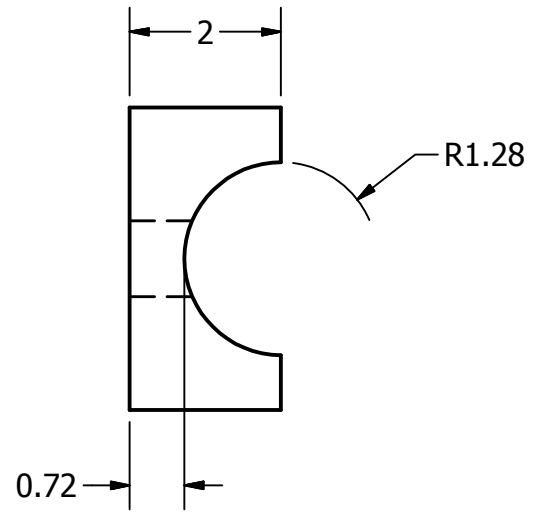
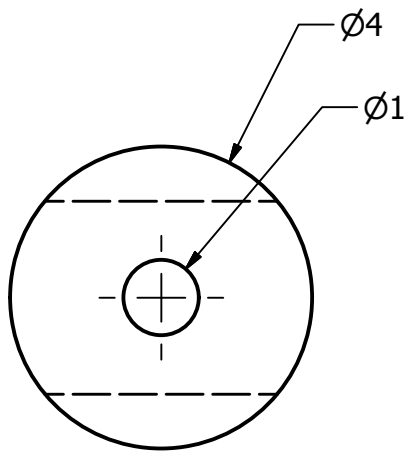
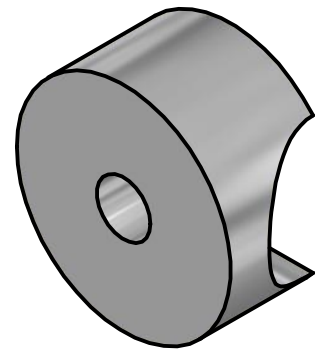
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo	
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos	
Universidad del Valle de Guatemala		Escala	Pieza No.
		1:4	Eje de Dirección
			2
		Hoja No. 4 de 18	





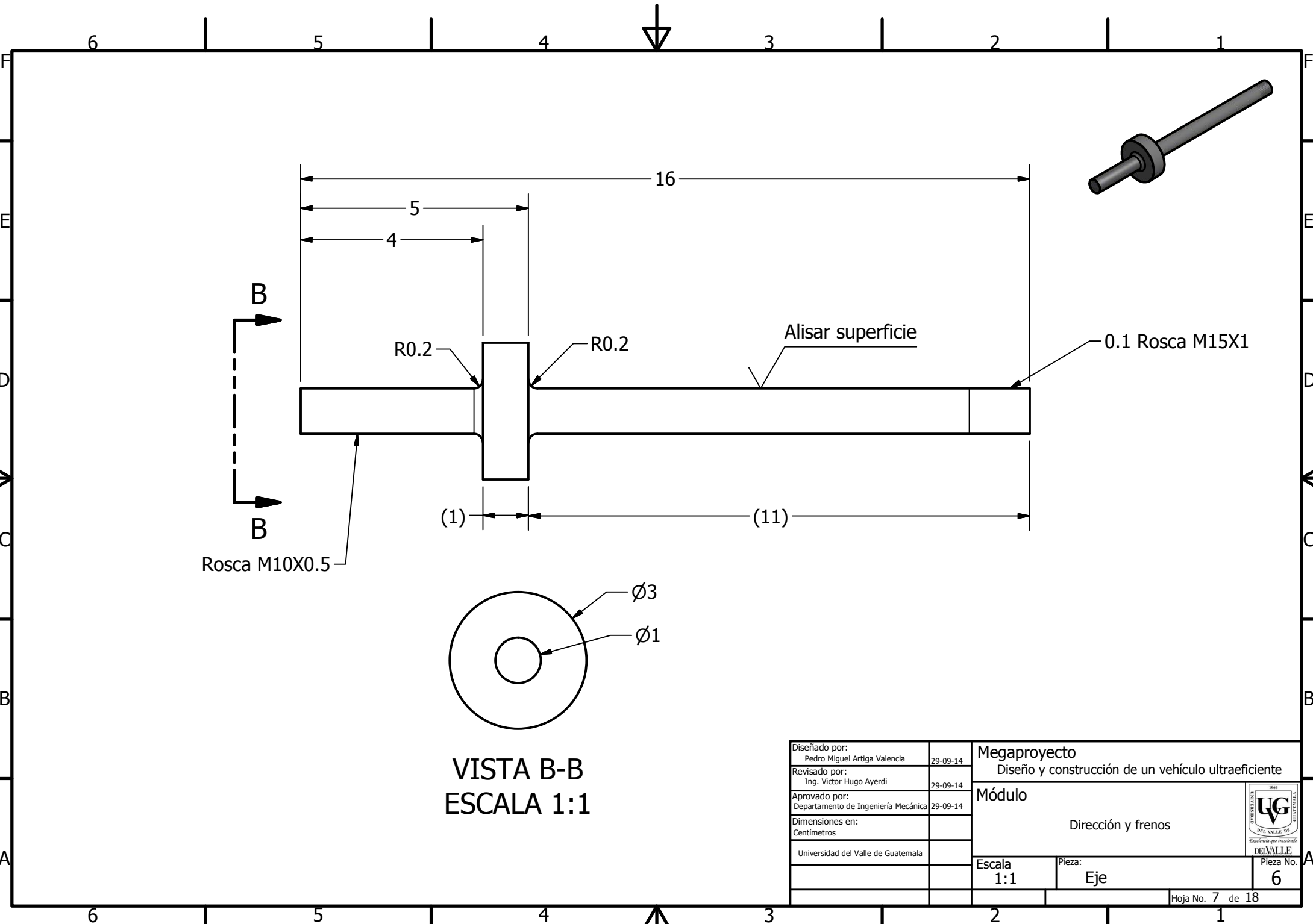
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Módulo	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros		Escala	
Universidad del Valle de Guatemala		1:2	Pieza: Balancín
			Pieza No. 3
		Hoja No. 5 de 18	





Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia		29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi		29-09-14		
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica		29-09-14	Módulo Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros				
Universidad del Valle de Guatemala			Escala 1:1	
			Pieza: Espaciador	
			Pieza No. 5	
			Hoja No. 6 de 18	





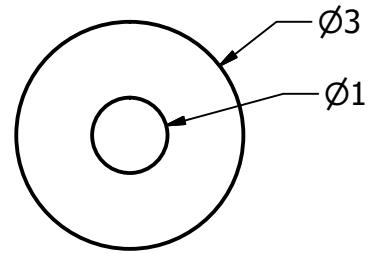
B  
B  
Rosca M10X0.5

(1) (11)

R0.2 R0.2

Alisar superficie

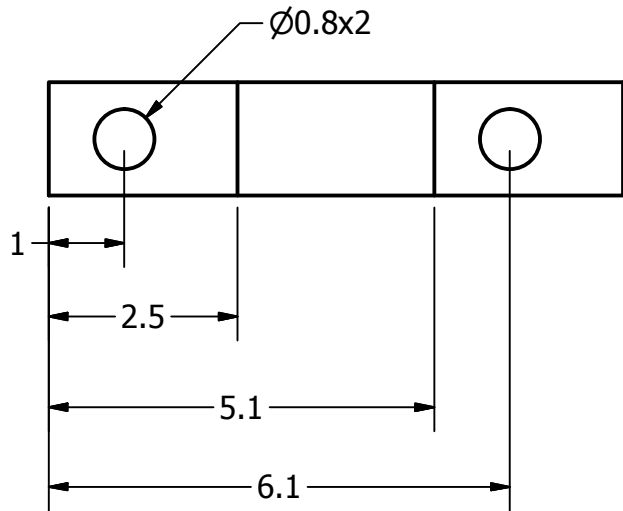
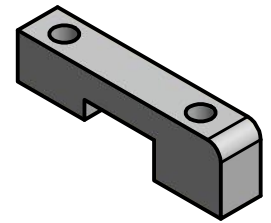
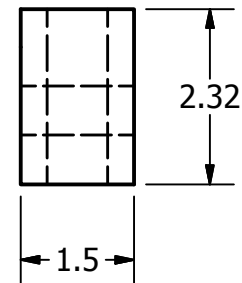
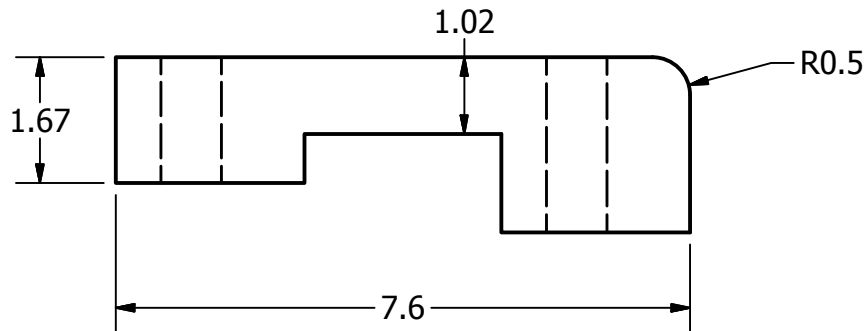
0.1 Rosca M15X1



VISTA B-B  
ESCALA 1:1

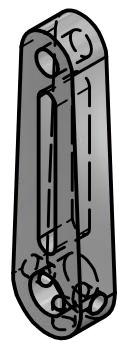
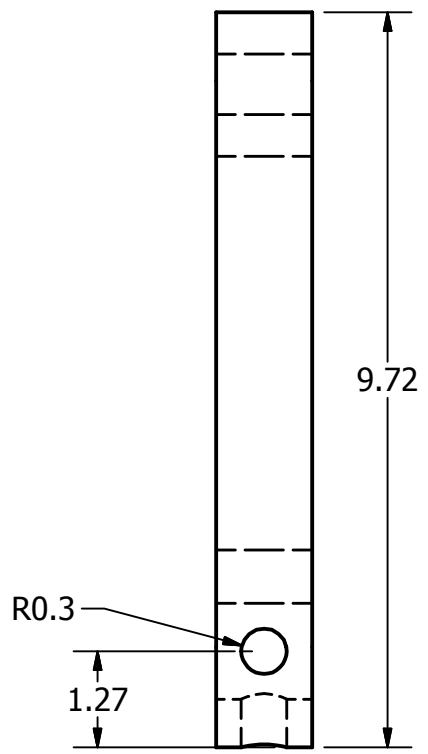
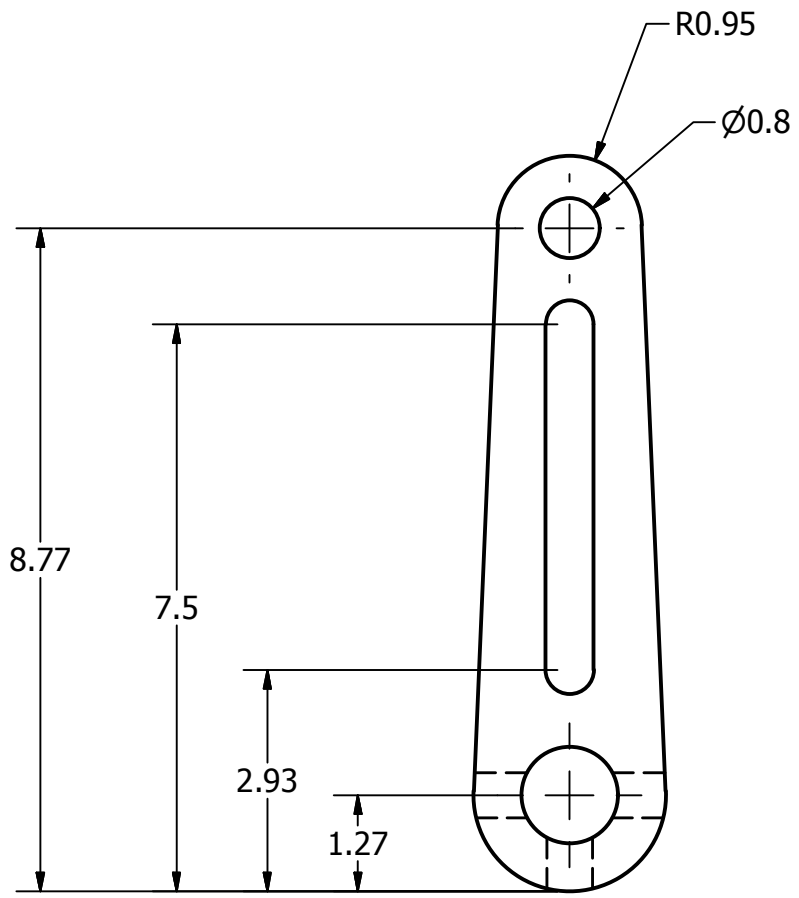
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo	
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos	
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 1:1	Pieza: Eje
			Pieza No. 6
		Hoja No. 7 de 18	





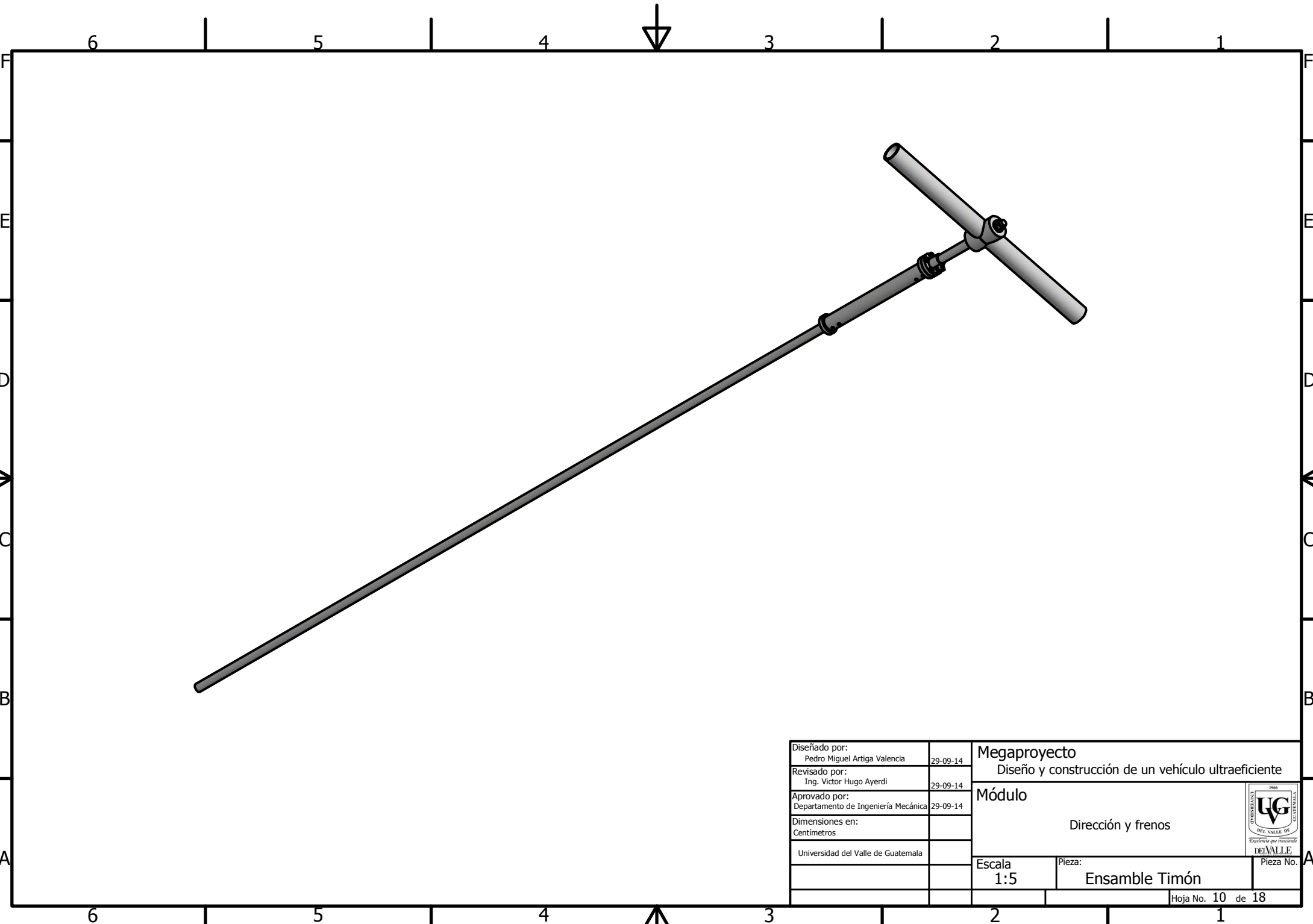
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Módulo	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros		Escala 1:1	
Universidad del Valle de Guatemala		Pieza: Abrazadera	Pieza No. 7
		Hoja No. 8 de 18	





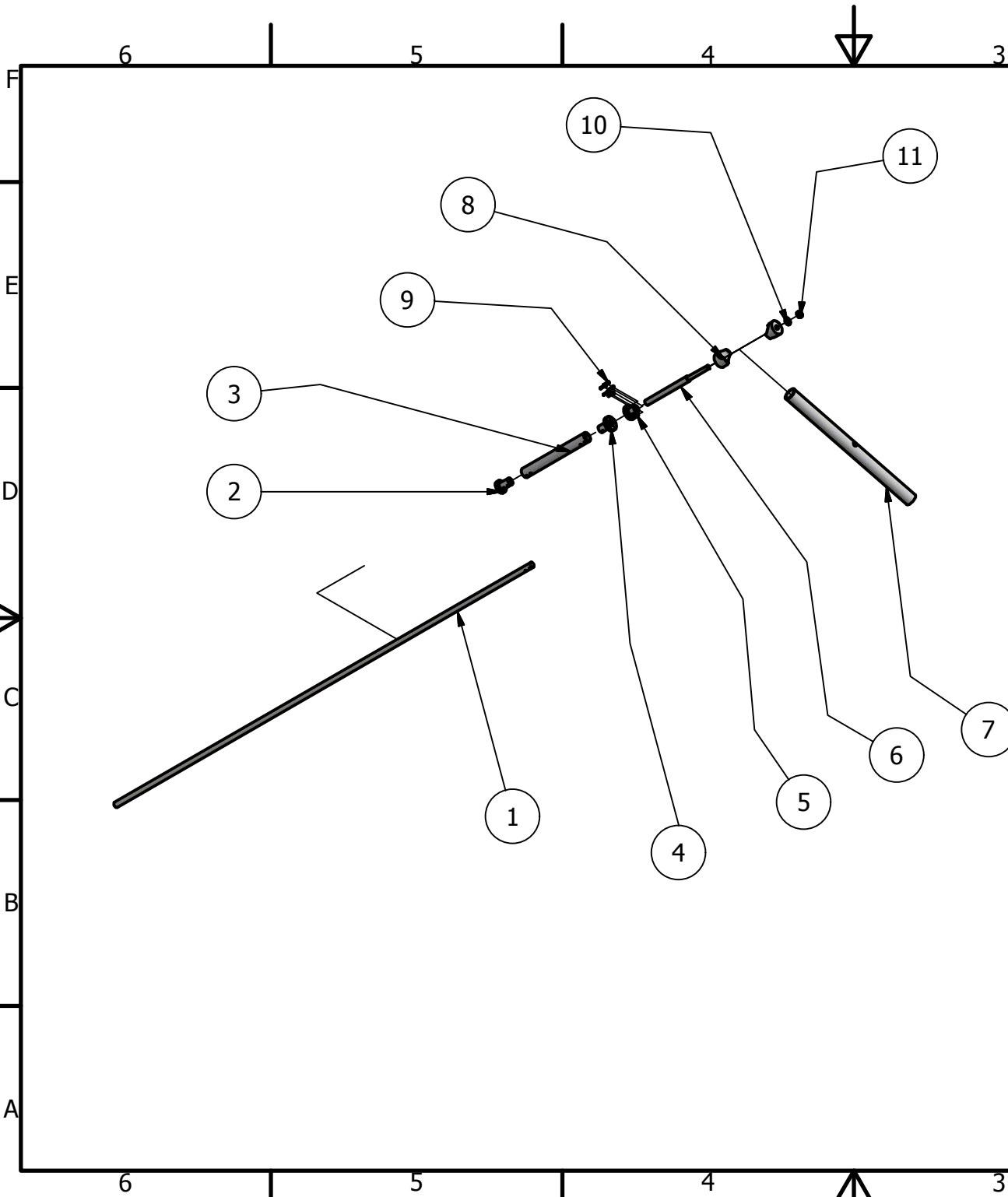
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia		29-09-14	<b>Megaproyecto</b> Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi		29-09-14		
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica		29-09-14	<b>Módulo</b> Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros				
Universidad del Valle de Guatemala			Escala <b>1:1</b>	
			Pieza: <b>Manivela</b>	
			Pieza No. <b>14</b>	
			Hoja No. 9 de 18	





Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	<b>Megaproyecto</b> Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14		
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	<b>Módulo</b> Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros			
Universidad del Valle de Guatemala		Escala <b>1:5</b>	
		Pieza: <b>Ensamble Timón</b>	Pieza No. <b>A</b>
		Hoja No. <b>10</b> de <b>18</b>	

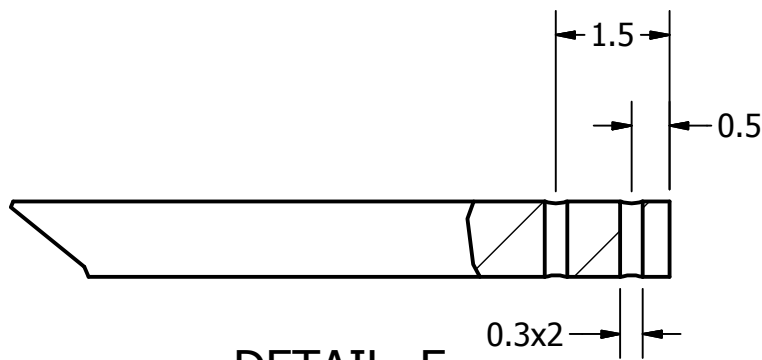
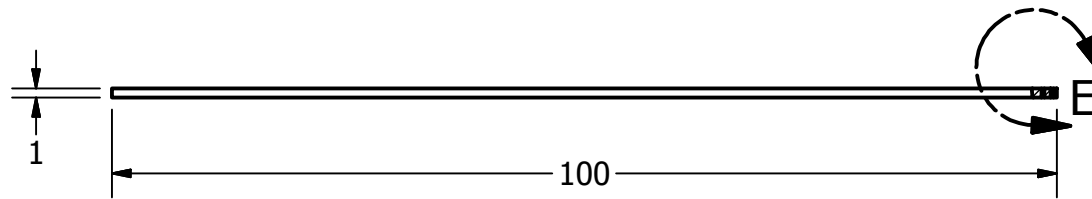




PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Eje Timón
2	1	Reductor
3	1	Tubo Guía
4	1	Acople Hembra
5	1	Acople Macho
6	1	Eje de Sujeción
7	1	Barra Timón
8	2	Espaciador
9	5	ANSI B18.3.1M - M2.5x0.45 x 10
10	1	ANSI B18.22M - 6 N
11	1	ISO 4032 - M6

Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 1/8
		Pieza: Explosionado Timón
		Pieza No.
		Hoja No. 11 de 18

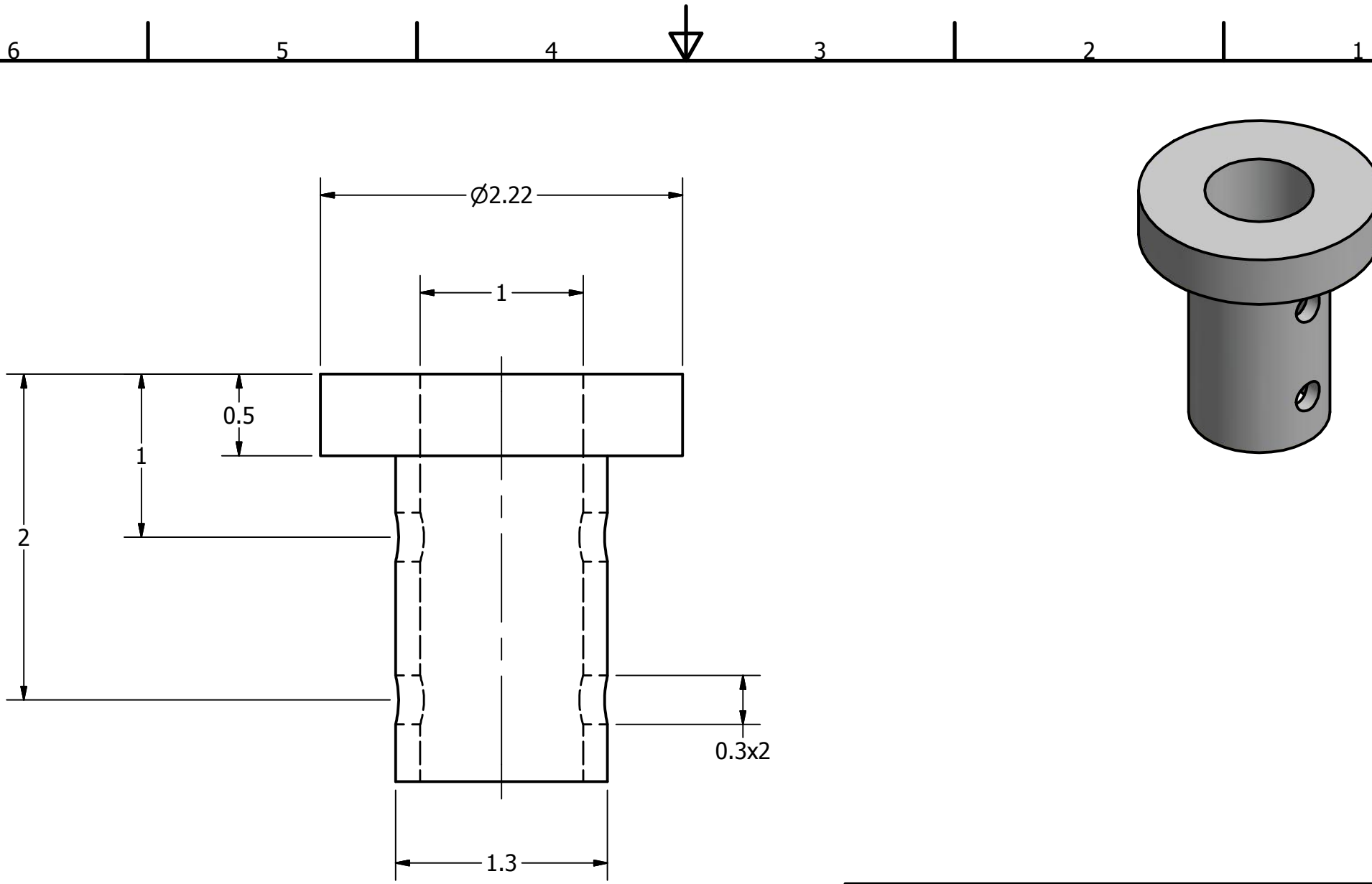




DETAIL E  
SCALE 1

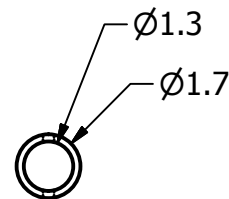
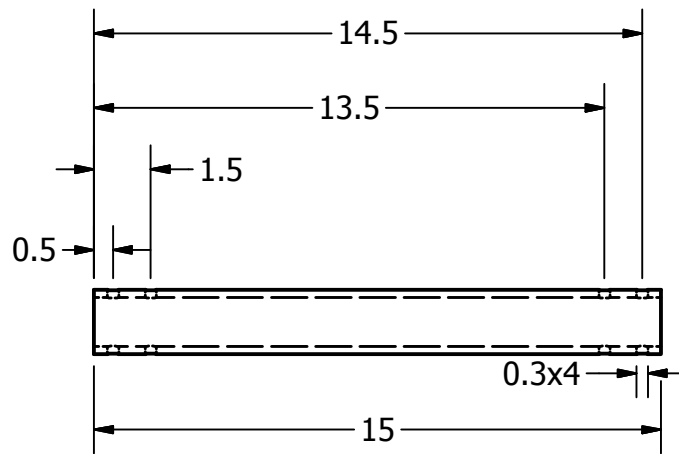
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Módulo	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros			
Universidad del Valle de Guatemala			
		Escala 1:8	Pieza: Eje Timón
			Pieza No. 1
		Hoja No. 12 de 18	





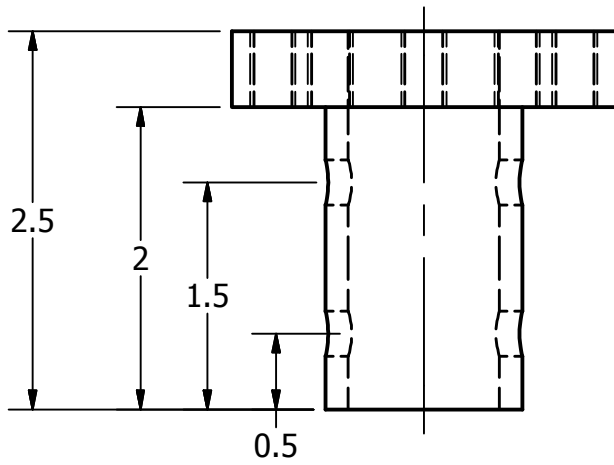
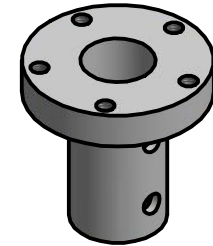
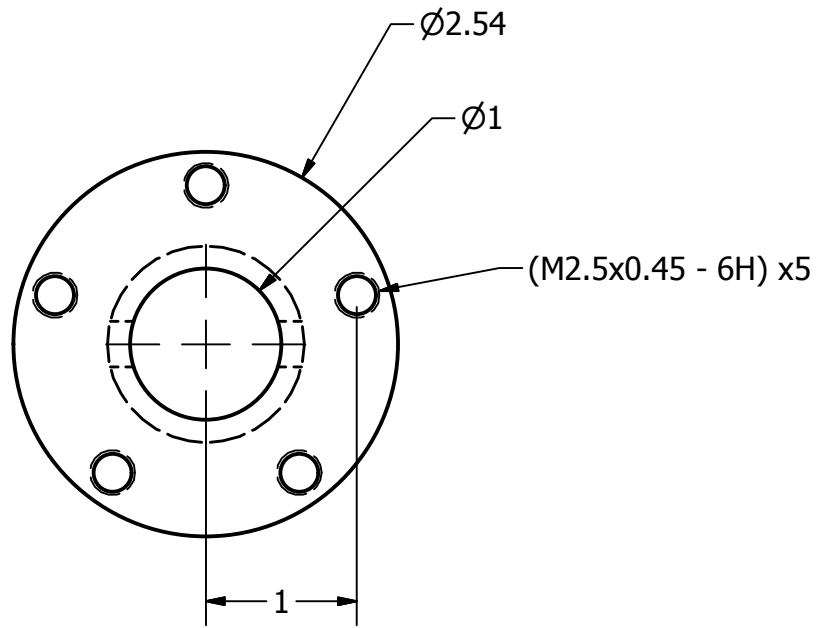
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo	
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos	
Universidad del Valle de Guatemala		Escala	Pieza:
		1	Reductor
			Pieza No. 2
		Hoja No. 13 de 18	





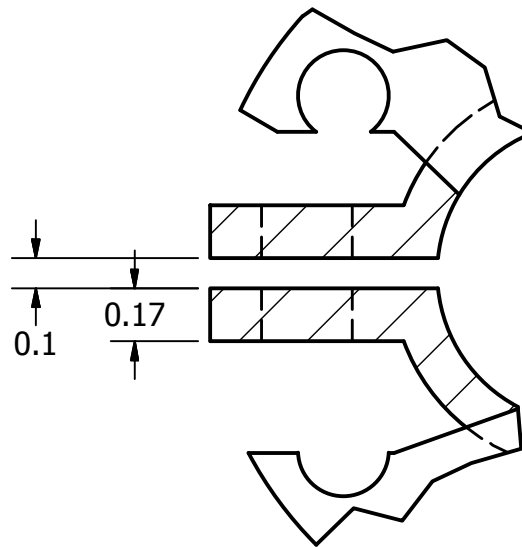
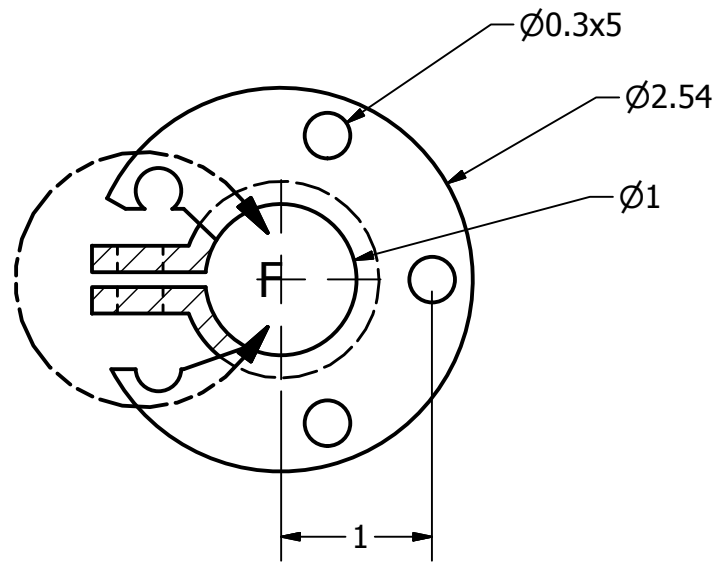
Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Víctor Hugo Ayerdi	29-09-14		
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo	
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos	
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 1:2	Pieza: Tubo Guía
			Pieza No. 3
		Hoja No. 14 de 18	



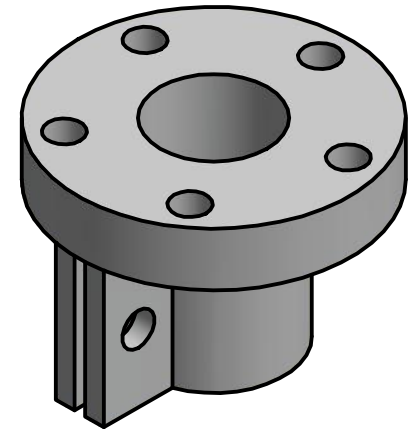
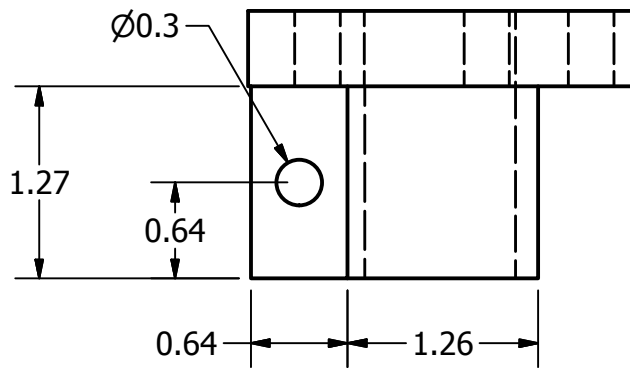


Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Módulo	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Dirección y frenos	
Dimensiones en: Centímetros			
Universidad del Valle de Guatemala			
		Escala 2:1	Pieza: Acople Hembra
			Pieza No. 4
		Hoja No. 15 de 18	



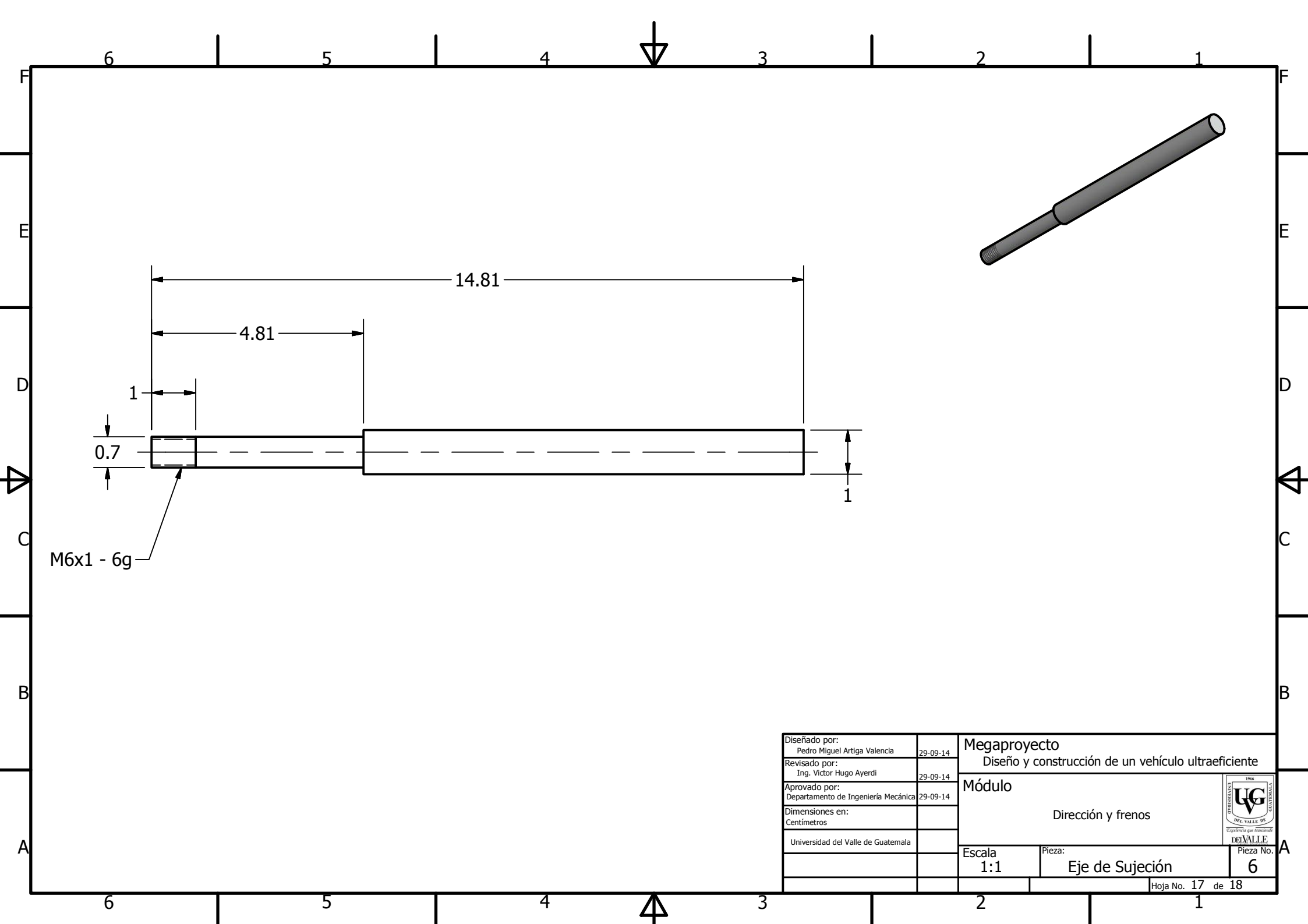


DETAIL F  
 SCALE 4 : 1



Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto	
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14	Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente	
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo	
Dimensiones en: Centímetros		Dirección y frenos	
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 2:1	Pieza: Acople Macho
			Pieza No. 5
Hoja No. 16 de 18			

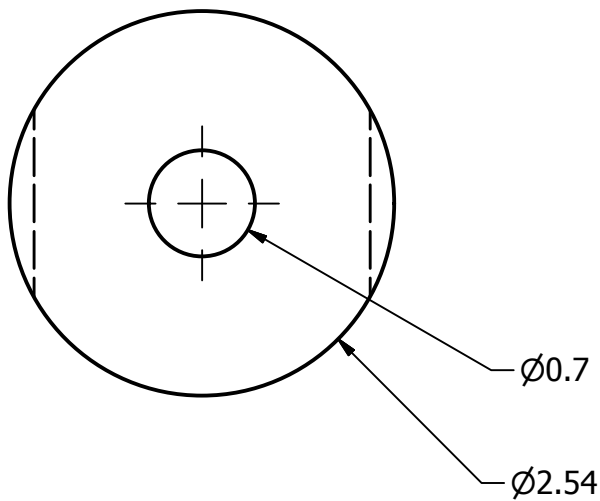
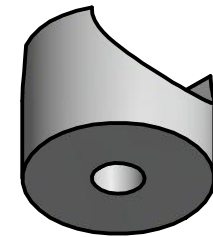
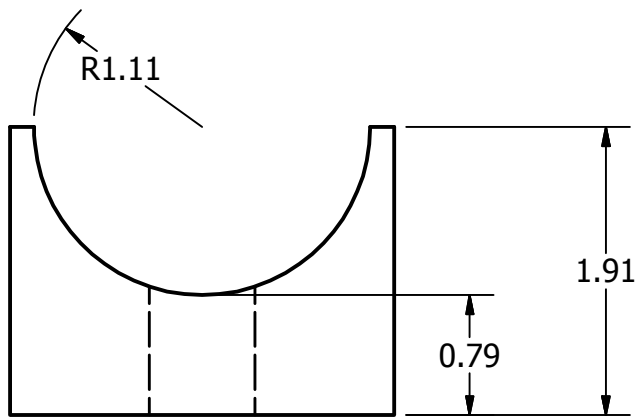




M6x1 - 6g

Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente		
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14			
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo Dirección y frenos		
Dimensiones en: Centímetros				
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 1:1	Pieza: Eje de Sujeción	Pieza No. 6
			Hoja No. 17 de 18	





Diseñado por: Pedro Miguel Artiga Valencia	29-09-14	Megaproyecto Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente		
Revisado por: Ing. Victor Hugo Ayerdi	29-09-14			
Aprobado por: Departamento de Ingeniería Mecánica	29-09-14	Módulo Dirección y frenos		
Dimensiones en: Centímetros				
Universidad del Valle de Guatemala		Escala 2:1	Pieza: Espaciador	Pieza No.
				Hoja No. 18 de 18



Anexo 12: GXH 35

## GX35 Horizontal Crankshaft

**HONDA**  
**ENGINES**

- 4-strokes require no fuel and oil mixing
- Full 360° "any-side-up" operation; use and store in any position
- Ball-bearing supported crankshaft for improved stability
- Exclusive rotary-slinger lubrication system
- Lifetime timing belt design



### SPECIFICATIONS

Engine Type	Air-cooled 4-stroke OHC	Bore x Stroke	39 mm x 30 mm
Displacement	35.8 cm <sup>3</sup>	Net Power Output*	1.3 HP (1.0 kW) @ 7,000rpm
Net Torque	1.2 lb-ft (1.6 Nm) @ 5,500rpm	PTO Shaft Rotation	Counterclockwise (from PTO shaft side)
Compression Ratio	8.0:1	Fuel Tank Capacity	0.63 litres (0.67 U.S. qts)
Lamp/Charge coil options	N/A	Carburetor	Diaphragm-type (overflow return)
Ignition System	Transistorized magneto	Starting System	Recoil
Lubrication System	Crankcase pressure driven	Governor System	N/A
Air Cleaner	Semi-dry	Oil Capacity	100cc (3.4 U.S. oz)
Fuel	Unleaded 86 octane or higher	Dry Weight	3.3 kg (7.6 lbs)

### DIMENSIONS

Length (min)	204 mm (8.0")	Width (min)	234 mm (9.2")
Height (min)	230 mm (9.4")		

### PTO\_SHAFT\_OPTIONS

A2 type	N/A	AR type	N/A
B type	N/A	D type	N/A
E type	N/A	H type	N/A
K type	N/A	L type	N/A
N1 type	N/A	N6 type	N/A
N7 type	N/A	P type	N/A
Q type	N/A	R type	N/A
S type	N/A	S3 type	N/A
T type	N/A	V type	N/A

Anexo 13: GXH 50

## GXH50 Horizontal Crankshaft

**HONDA**  
ENGINES

- Precision camshaft design
- OHV design for increased efficiency and optimal power transfer
- Ball-bearing supported crankshaft for improved stability
- Automatic mechanical de-compression system
- Oil Alert



### SPECIFICATIONS

Engine Type	Air-cooled 4-stroke OHC	Bore x Stroke	41.8 mm x 36 mm
Displacement	49.4 cm <sup>3</sup>	Net Power Output*	2.1 HP (1.6 kW) @ 7,000 rpm
Net Torque	2.0 lb-ft (2.7 Nm) @ 4,500 rpm	PTO Shaft Rotation	Counterclockwise (from PTO shaft side)
Compression Ratio	8.0:1	Fuel Tank Capacity	0.77 litres (0.81 U.S. qts)
Lamp/Charge coil options	N/A	Carburetor	Floaf type
Ignition System	Transistorized magneto	Starting System	Recoil
Lubrication System	Forced splash	Governor System	Centrifugal mechanical
Air Cleaner	Semi-dry	Oil Capacity	0.25 litres (0.26 U.S. qts)
Fuel	Unleaded 86 octane or higher	Dry Weight	5.5 kg (12.1 lbs)

### DIMENSIONS

Length (min)	225 mm (8.9")	Width (min)	274 mm (10.8")
Height (min)	353 mm (13.0")		

### PTO\_SHAFT\_OPTIONS

A2 type	N/A	AR type	N/A
B type	N/A	D type	N/A
E type	N/A	H type	N/A
K type	N/A	L type	N/A
N1 type	N/A	N6 type	N/A
N7 type	N/A	P type	N/A
Q type	Straight shaft	R type	N/A
S type	N/A	SS type	N/A
T type	N/A	V type	N/A

Anexo 14:Embrague DBRT1

# The DBR Type I Manual Clutch



*The DBR Type I Manual Clutch is a purpose built manual clutch for horizontal and vertical shaft engines. The clutch mounts directly on the engine crankshaft, and utilizes a cable engagement/disengagement system. The manual clutch allows the user to control when the engine engages power to the final drive, and provides a direct swap-out replacement for the standard centrifugal clutch. Unlike most blade brake clutches and friction drive clutches, the DBR Type I remains fully engaged through internal spring pressure until the operator engages the clutch and disengages the engine from the final drive (same concept as a car or motorcycle clutch).*

## How it Works:

The clutch mounts to any standard  $\frac{3}{4}$ " keyed crankshaft, and the DBR Type I clutch kit includes all the necessary hardware to mount the clutch using the standard 4-bolt pattern. The driven unit is keyed to the crankshaft, and the driver is coupled to the rear axle with a sprocket and chain.

When the user operates a lever and cable mechanism (included), the clutch engages which decouples the driver unit from the driven unit. As a result, the operator can pull in the clutch at any time to decouple power to the final drive.

The clutch operates the same way that a standard clutch operates in a car or motorcycle. The internal spring pressure in the clutch keeps the driver and driven unit fully coupled until the user engages the clutch.

Since engagement is controlled by the user, wear is much lower than with a standard centrifugal clutch. The clutch exerts zero thrust force on the engine crankshaft.

## Specifications:

Engine Shaft Diameter: 0.750"

Minimum Engine Shaft Length<sup>1</sup>: 2.125"

Engine Shaft Keyway:  $\frac{3}{16}$ "

Sprocket: ANSI #35 – 14 teeth (Other sprocket sizes will be available in the future, with 14 being the minimum).

Chain: Standard #35 chain w/ master link, or #35 wide chain w/o master link

Mounting Fasteners:  $\frac{5}{16}$ " – 24UNF

Maximum Engine RPM w/ Clutch Engaged: 7,500

Maximum Engine RPM: 8,500

Clutch Slip Torque: ~28 ft-lbs

Maximum Engine Torque<sup>2</sup>: 18 ft-lbs

Bearing Lubrication: Automotive High Temperature Wheel Bearing Grease



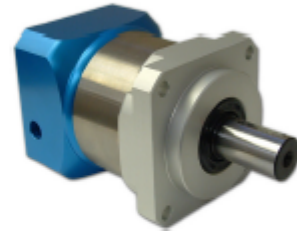
## Anexo 15: Engranaje planetario

## GBPH-060x-NS Series



### FEATURES

- Backlash as low as 20 arc-min
- Gear Ratios from 3 to 100
- Available in 1 and 2 Stage Models
- Up to Four Precision Planet Gears
- Patented Precision Clamping System
- Lifetime Lubrication
- High Durability



### DESCRIPTION

The GBPH-060-NS Series Planetary Gearbox offers you the precision you need at the prices you want! This Planetary Gearbox is designed with very low backlash for motion control, automation, and robotic applications requiring precise position requirements. This Planetary Gearbox will match many servos or steppers and is ideal for NEMA 34 motors. Designed with the goal of offering a cost-effective product without sacrificing quality, you will find that this Planetary Gearbox offers you an extraordinary value. Please verify all dimensions when matching a gearbox to a specific motor, as critical dimensions will vary among series and manufacturers.

### SPECIFICATIONS

Model #	Gear Ratio (X:1)	Rated Output Torque (In-lb)	Max Output Torque (In-lb)	Rated Input Speed (RPM)	Stages	Backlash Maximum (arcmin)	L1 Length (mm)	L2 Length (mm)	Weight (lbs)
GBPH-0601-NS-003-xxxxx-yyy	3	354	1062	3300	1	20	115	37	2.65
GBPH-0601-NS-004-xxxxx-yyy	4	531	1354	3300	1	20	115	37	2.65
GBPH-0601-NS-005-xxxxx-yyy	5	487	1247	3300	1	20	115	37	2.65
GBPH-0601-NS-007-xxxxx-yyy	7	443	1195	4000	1	20	115	37	2.65
GBPH-0601-NS-010-xxxxx-yyy	10	354	1062	4000	1	20	115	37	2.65
GBPH-0602-NS-009-xxxxx-yyy	9	354	1062	4000	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-012-xxxxx-yyy	12	354	1062	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-015-xxxxx-yyy	15	531	1354	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-016-xxxxx-yyy	16	531	1354	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-020-xxxxx-yyy	20	531	1354	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-021-xxxxx-yyy	21	354	1062	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-025-xxxxx-yyy	25	531	1354	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-028-xxxxx-yyy	28	443	1354	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-030-xxxxx-yyy	30	354	1062	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-035-xxxxx-yyy	35	443	1195	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-040-xxxxx-yyy	40	534	1354	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-049-xxxxx-yyy	49	425	850	4400	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-050-xxxxx-yyy	50	487	1247	4800	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-070-xxxxx-yyy	70	443	1195	5500	2	25	133	55	3.25
GBPH-0602-NS-100-xxxxx-yyy	100	443	1195	5500	2	25	133	55	3.25

Anexo 16: Hoja técnica Vekton 6xAu

**ENSINGER-VEKTON**  
 ASK. THINK. SUCCEED.

**INDUSTRY PROFILE**

## TECAST VEKTON™ (Primary Metals Industry)

TECAST VEKTON high performance nylon offers the high impact resistance, flexural strength, and abrasion resistance to ensure long life for parts used in primary metals applications. Used in original equipment and replacement parts, it often replaces steel, cast iron, bronze, aluminum, wood, rubber, or laminated phenolics for making bushings, bearings, gears, wheels, rollers, wear plates, and other components.

TECAST VEKTON gears provide quiet operation and are available in an orange color to satisfy OSHA requirements for high visibility in hazardous areas.

Its high impact resistance and self-lubricating qualities ensure long component life even when lubrication is neglected or original lubrication is washed away or dried out.

TECAST VEKTON is particularly effective in gib liners and truck wheel bearings. Gib liners, used on the rails of steel rod uncoilers, are subject to shock, grit, abrasion, and a lack of lubrication.

TECAST VEKTON liners last 2 to 3 times longer than the bronze liners they replace.

In truck wheel bearings, TECAST VEKTON bearings last 6 to 8 times longer than bronze. The high impact resistance and self-lubricating qualities of TECAST VEKTON work effectively against the crane's alignment and racking problems which cause stress and wear on the bearing parts.



24" 6PAL  
Slipper Block

## TYPICAL PROPERTY VALUES

PROPERTIES		ASTM Test Method	Units	Tecast Vekton® 6PA	Tecast Vekton® 6XAU	Tecast Vekton® 6PAM/6PAG	Tecast Vekton® 6PAL
<b>PHYSICAL</b>	Density	D792	lbs/in <sup>3</sup>	.0416-.0419	.0416-.0419	.0416-.0423	.0412-.0416
	Specific Gravity	D792	g/cc	1.15 - 1.16	1.15 - 1.16	1.15 - 1.17	1.14 - 1.15
	Water Absorption, @ 24 hours, 73°F	D570	%	1.2	1.2	1.2	.75
	@ Saturation, 73°F	D570	%	-	-	-	-
<b>MECHANICAL</b>	Tensile Strength @ Yield, 73°F	D638	psi	10,000	11,000	11,000	8,800
	Tensile Modulus	D639	psi	350,000	350,000	350,000	350,000
	Elongation @ Break, 73°F	D638	%	25	20	20	25
	Flexural Strength, 73°F	D790	psi	12,500	12,500	12,500	12,500
	Flexural Modulus, 73°F	D790	psi	350,000	350,000	350,000	325,000
	Compressive Strength	D695	psi	-	-	-	-
	Izod Impact Strength, 73°F	D256	ft-lbs/in	.6	.7	.6	1.2
	Rockwell Hardness, 73°F	D785	R Scale	115	115	115	100
	Shore Hardness	-	D Scale	-	-	-	-
	Wear Factor Against Steel, 40 psi, 50 fpm	D3702	in <sup>3</sup> / hr x 1 / PV	200 x 10 <sup>-6</sup>	-	-	-
	Static Coefficient of Friction	D3702	-	-	-	-	-
	Dynamic Coefficient of Friction, 40 psi, 50 fpm	D3702	-	.26	-	-	-

## Anexo 17: Diseño de engranajes

# [ DISEÑO DE ENGRANAJES

Los engranajes de plásticos de ingeniería ofrecen:

- **operación silenciosa**
- **capacidad de operar sin lubricación**
- **inercia reducida contra todos los engranajes metálicos tradicionales**
- **resistencia a la corrosión**

Los nylons Nylatron® y MC® han sido utilizados con éxito para engranajes cilíndricos, de tornillo sinfín, cónicos y helicoidales durante 25 años. En la actualidad, en una variedad de industrias, los engranajes de plástico continúan reemplazando:

- acero
- madera
- bronce
- hierro fundido
- fenólicos

El nylon Nylatron® equilibra la fuerza, resistencia térmica, propiedades de fatiga, resistencia al impacto y resistencia al desgaste, logrando que esta opción sea la más popular para los engranajes. Los materiales de Acetal, UHMW-PE y los nuevos materiales de mayor rendimiento ofrecen ventajas específicas para condiciones mojadas/de alta humedad, ambientes químicamente agresivos, servicio de trabajo ligero o aplicaciones de alta temperatura.

## Nylon Nylatron® como Reemplazo para Engranajes Metálicos

A pesar de que el nylon posee una solidez significativamente menor que un engranaje metálico correspondiente, la fricción y la inercia reducidas acopladas con la elasticidad (doblamiento) de los dientes de un engranaje termoplástico, hacen posible la sustitución directa en muchas aplicaciones, especialmente los engranajes fabricados de metales no ferrosos, hierro fundido y acero no endurecido.

A continuación se proporciona un método gradual para evaluar la conveniencia de los engranajes cilíndricos de nylon.

Este método fue desarrollado utilizando los datos de la prueba de fatiga de engranajes de Quadrant, y el esfuerzo de flexión permitido máximo de los dientes de engranaje de plástico (ver Figura 23). Además, se proporcionan cuatro factores de corrección que representa:

- **Solidez del material y la presencia o ausencia de lubricación**
- **Velocidad de la línea del paso**
- **Vida de servicio requerida**
- **Temperatura ambiental bajo condiciones de servicio**

Fig. 23 - ESFUERZOS DE FLEXIÓN MÁXIMOS DEL DIENTE VS. VIDA DEL CICLO PARA ENGRANAJES DE NYLON

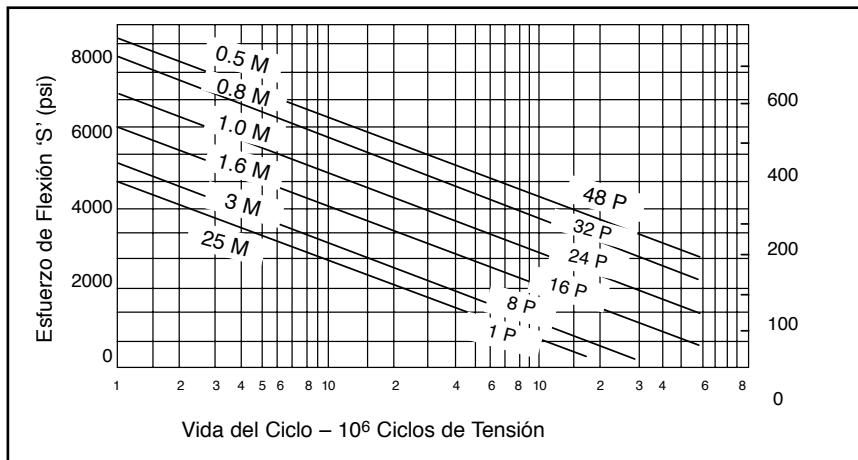
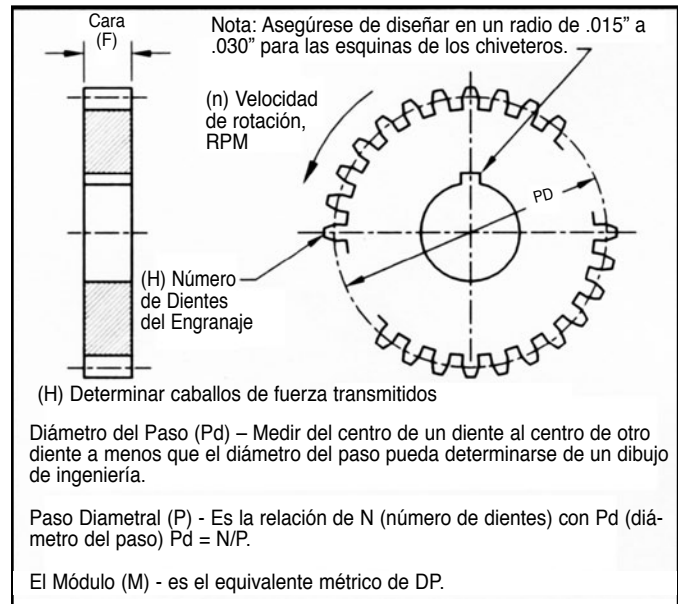


Fig. 22



## Método de Diseño del Engranaje

### Paso 1

Obtener los Datos de Aplicación Requeridos

- Paso Diametral, P
- Número de Dientes, N
- Ángulo de Presión, PA
- Ancho de la Cara, pulgadas, F
- RPMs de Entrada, n
- Torque de Entrada,  $T_i$

ó Caballos de Fuerza de Entrada, HP<sub>i</sub>



Tabla 10 : Factor de Forma del Diente

Número de dientes	14 1/2°	20° Profundidad Completa	20° Saliente
14	–	–	0.540
15	–	–	0.566
16	–	–	0.578
17	–	0.512	0.587
18	–	0.521	0.603
19	–	0.534	0.616
20	–	0.544	0.628
22	–	0.559	0.648
24	0.509	0.572	0.664
26	0.522	0.588	0.678
28	0.535	0.597	0.688
30	0.540	0.606	0.698
34	0.553	0.628	0.714
38	0.566	0.651	0.729
43	0.575	0.672	0.739
50	0.588	0.694	0.758
60	0.604	0.713	0.774
75	0.613	0.735	0.792
100	0.622	0.757	0.808
150	0.635	0.779	0.830
300	0.650	0.801	0.855
Rack	0.660	0.823	0.881

### Paso 2

Obtener los Datos Derivados y los Factores de Corrección

Diámetro del Paso, Pd= N/P

Factor de la Forma del Diente, y – De la Tabla 10

Esfuerzo de Flexión, S<sub>b</sub> - De la Tabla 11

Factor del Tiempo de Vida de Servicio, C<sub>s</sub> - De la Tabla 12

Factor de Velocidad, C<sub>v</sub> - De la Tabla 13

Factor de Solidez del Material, C<sub>m</sub> - De la Tabla 14

Factor de Corrección de Temperatura, C<sub>T</sub>

- Para temperatura ambiental <100°F, C<sub>T</sub>= 1
- Para temperatura ambiental entre 100°F y 200°F,  
C<sub>T</sub> = 1/(1 + α (T-100°F))

Donde α = 0.022 para nylons Nylatron® GSM, NSM, y MC®

α = 0.004 para Nylatron® GS y Quadrant Nylon 101 PA66

α = 0.010 para Acetal Acetron® GP POM-C

### Paso 3

Calcular el Torque Máximo o Caballos de Fuerza utilizando las Ecuaciones (1) y (2)

Torque Máximo

$$T_{MAX} = \frac{Pd S_b f y}{2P} C_s C_v C_m C_T \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$HP_{MAX} = \frac{Pd S_b f y n}{126,000 P} C_s C_v C_m C_T \quad (\text{Ecuación 2})$$

Tabla 11 : Esfuerzos de Flexión

Paso	S <sub>b</sub>
2	1994
3	2345
4	2410
5	2439
6	2675
8	2870
10	3490
12	3890
16	4630
20	5005

Tabla 12 : Factores de Vida para Engranajes Cilíndricos de Nylon Nylatron®

Número de Ciclos	Paso 16	Paso 10	Paso 8	Paso 5
1 millón	1.26	1.24	1.30	1.22
10 millón	1.00	1.00	1.00	1.00
30 millón	0.87	0.88	0.89	0.89

Tabla 13 : Factores de Corrección de Velocidad

Velocidad-fpm	Factores de Corrección
500	1.38
1000	1.18
2000	1.00
3000	0.93
4000	0.90
5000	0.88

Tabla 14 : Factor de Solidez del Material

Material	Condiciones Operativas		
	Sin Lubricación	Lubricación Periódica	Lubricación Continua
Nylatron® NSM PA6	1.00	1.00	1.20
Nylatron® GS, GSM PA6	0.49	0.94	1.26
Nylatron® MC901/907 PA6	0.49	0.94	1.26
Acetron® GP POM-C	*	*	1.04
Fenólico	*	0.96	1.13
TIVAR® UHMW-PE	*	*	0.75

\* Datos no disponibles

### Paso 4

Comparar los valores máximos del torque (T<sub>MAX</sub>) y los valores máximos de los caballos de fuerza (H<sub>MAX</sub>) para el engranaje de plástico con el torque de entrada (T<sub>I</sub>) y/o caballos de fuerza conocidos (H<sub>I</sub>).

**T<sub>I</sub> debe ser menor que o equivalente a T<sub>MAX</sub>**  
ó

**H<sub>I</sub> debe ser menor que o equivalente a H<sub>MAX</sub>**

Si T<sub>I</sub> and H<sub>I</sub> exceden el T<sub>MAX</sub> y el H<sub>MAX</sub> para el engranaje de plástico, seleccionar otro material u otro diámetro de paso y ancho de la cara, y volver a calcular utilizando los nuevos factores de corrección del material.

# [ DISEÑO DE ENGRANAJES

## **Engranajes Helicoidales**

Para determinar la tensión en los engranajes helicoidales de plástico, las ecuaciones de diseño para engranaje cilíndrico 1 y 2 se modifican para compensar las diferentes fuerzas de contacto del diente. El factor de forma del diente  $Y$  se calcula a partir del número formativo de dientes mas que del número real utilizando la ecuación:

$$N_f = \frac{N}{(\cos U)^3}$$

Donde:

$N_f$  = Número formativo de dientes

$N$  = Número real de dientes

$U$  = Ángulo helicoidal (grados)

Además, el paso diametral normal se utiliza mas que el paso diametral empleado para engranajes cilíndricos en las ecuaciones (1) y (2). Esto se calcula a partir de:

$$PN = \frac{P}{\cos U}$$

Donde:

$PN$  = Paso diametral normal

Puede observarse a partir de estas ecuaciones que el efecto es más pronunciado a medida que se incrementa el ángulo helicoidal. Los engranajes helicoidales metálicos se especifican con frecuencia para reducir el ruido y la vibración y debe observarse que los engranajes cilíndricos de plástico equivalentes logran estas reducciones de manera más eficaz.

## **Engranajes Cónicos**

Para los engranajes cónicos, el factor de forma del diente y se calcula utilizando el número formativo de dientes utilizando la ecuación:

$$N_r = \frac{N}{\cos \emptyset}$$

Donde:

$\emptyset$  = Ángulo del paso, grados

Debe notarse que el Paso Diametral y el Diámetro del Paso utilizados en las ecuaciones (1) y (2) se refieren a las dimensiones del diente más grande o externo de los engranajes cónicos.



## Ensamble

Los engranajes se ajustan por lo general a los ejes utilizando una variedad de técnicas que incluyen:

- **Ajuste a presión sobre ejes acanalados y/o moleteados para engranajes que transmiten con torques bajos.**
- **Tornillos fijadores para un engranaje de torque bajo económico.**
- **El apernado de un cubo metálico a través del ancho del engranaje es adecuado para engranajes de transmisión producidos en cantidades pequeñas a intermedias.**
- **Chaveteros maquinados para engranajes que portan torques más altos. El uso de chaveteros redondeados se prefiere por encima de los cuadrados para reducir la concentración de tensión en las esquinas. El área del chavetero de esquinas mínimas se determina a partir de la fórmula:**

$$A = \frac{63,000 \text{ HP}}{n r S_k}$$

Donde:

- A = Área del chavetero
- HP = Caballos de fuerza transmitidos
- n = Velocidad del engranaje (rpm's)
- r = Radio del chavetero medio
- Sk = Tensiones del chavetero permitidas máximas de la Tabla 15

**Tabla 15 : Tensión del Chavetero Permitida Máxima (Sk) para Engranajes de Operación Continua**

Material	Sk (psi)
Nylatron® GS PA66	1,500
Nylatron® PA66	1,500
Nylatron® GSM/MC901 PA6	2,000
Acetron® POM	2,000
TIVAR® UHMW-PE	300

Si el tamaño del chavetero determinado a partir de la ecuación anterior no es práctico y no pueden utilizarse chaveteros múltiples, entonces debe utilizarse un cubo embreadado y acuñado y una placa de tope apernada a través del engranaje. El número requerido de pernos y sus diámetros en un radio del círculo de paso en particular se calcula a partir de una forma modificada de la ecuación.

Número mínimo de pernos =

$$\frac{63,000 \text{ HP}}{n r_1 A_1 S_k}$$

Donde:

- r1 = Radio del círculo de paso de los pernos
- A1 = Área proyectada de los pernos (diámetro del perno x ancho del engranaje en contacto con los pernos)

Elevar los valores fraccionales al siguiente número más alto de pernos. No debe apretarse excesivamente durante el ensamble del engranaje con el fin de evitar el riesgo de distorsión del engranaje o fractura por esfuerzo del perno debido a la expansión del material durante la operación normal. En consecuencia, el uso de arandelas de copa o similares se recomienda cuando sea práctico, a pesar de que las arandelas de nylon ofrecen una alternativa satisfactoria.

## NOTAS DE DISEÑO

- La disipación de calor y por lo tanto el rendimiento se optimizan operando engranajes de plástico contra engranajes metálicos. Al operar un sistema de engranaje totalmente de plástico, se sugieren materiales diferentes (por ejemplo, nylon con acetal).
- Se requiere una contrapresión suficiente para que los engranajes de plástico se adapten a la mayor expansión térmica del plástico contra el metal debido al calentamiento friccional y los cambios en las condiciones ambientales. La contrapresión sugerida puede calcularse utilizando:

$$\text{Contrapresión} = \frac{0.100}{P} \text{ (paso diametral)}$$

- La falta de contrapresión adecuada es la causa más común de falla del engranaje de nylon. La contrapresión se debe revisar durante la instalación a través de una rotación completa del engranaje de nylon.
- Un ángulo de presión de 20° con un radio de la raíz completo aumenta al máximo la resistencia al doblamiento de los dientes del engranaje sobre ángulos de presión de 14-1/2°. Esto incrementa la capacidad de transporte de carga en un 15% sobre el ángulo de presión de 14-1/2°, o incrementa la vida de servicio 3.5 veces con la misma carga.
- Cuando el diseño lo permita, seleccionar el diente más pequeño que llevará la carga requerida. Esto reducirá al mínimo la acumulación de calor desde las velocidades de deslizamiento de dientes más altas.
- Para una mayor capacidad de torque, considerar los blancos del engranaje directamente moldeados sobre los insertos de acero maquinados.
- Los engranajes de nylon Nylatron® son por lo general superiores a otros plásticos industriales siempre y cuando los factores ambientales como la temperatura, la humedad y los químicos estén dentro de sus límites utilizables. La opción del material depende de condiciones tanto ambientales como operativas.
- El desgaste de un engranaje de plástico se determina en gran medida por la contracara, o engranaje opuesto. En general, es mejor evitar la fabricación de engranajes accionados y de accionamiento con plásticos similares. La mayoría de engranajes de plástico se desgastan perfectamente contra el metal. Un acabado de la superficie de 12-16 mínimo se recomienda en engranajes de metal que operan contra engranajes de plástico.
- El nylon Nylatron® absorbe un poco humedad, y por lo tanto, hay un ligero aumento de tamaño. Sin embargo, la mayoría de los engranajes son de un gran espesor que la absorción de humedad es extremadamente lenta y no requiere ninguna consideración especial en el diseño del engranaje. Una vez más, el aumento de contrapresión compensa el crecimiento debido a la humedad.

Si el engranaje de Nylatron® es completamente inmerso en agua, se sugiere contactar a Quadrant EPP directamente para asistencia en el diseño.

Anexo 18: Ejes caja reductora

## Anexo 7: Cálculo de ejes de la caja reductora

### 1. Eje de entrada

#### Datos:

$P := 1.6 \text{ kW}$	Potencia máxima del motor
$n := 7000 \text{ rpm}$	Revoluciones a la potencia máxima
$N := 2$	Factor de seguridad
$k_{t1} := 1.5$	Factor de seguridad de radios
$k_{t2} := 3.0$	Factor de seguridad de ranuras

#### Datos del Acero AISI 4340 (Shigley):

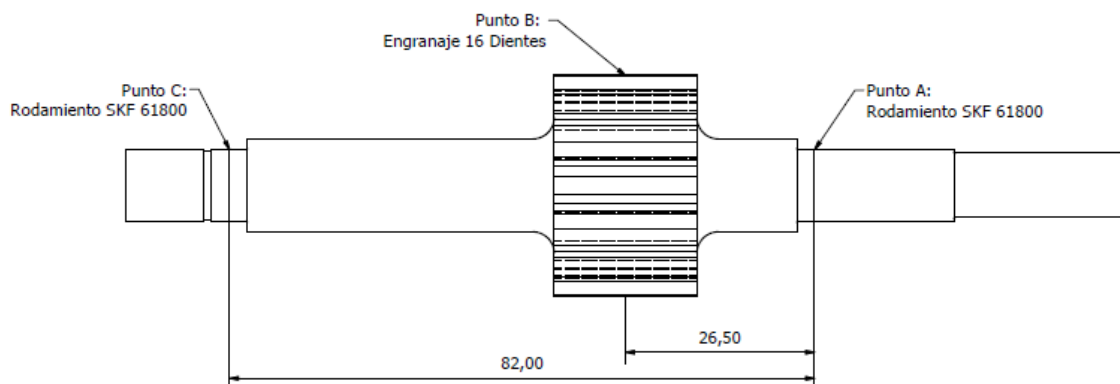
$S_y := 855 \text{ MPa}$	Resistencia a la fluencia
$S_{ut} := 965 \text{ MPa}$	Resistencia a a tensión

#### Esfuerzo de Fatiga Real Estimada $S'_n$ (Mott):

$S_n := 350 \text{ MPa}$	Resistencia a la fatiga, obtenido de figura 6, con superficie maquinada.
$C_m := 1$	Factor de material, utilizando acero forjado
$C_s := .8$	Factor de tamaño, utilizando la figura 7, y aproximando a diámetros de 50 mm
$C_{st} := 1$	Factor de esfuerzo, esfuerzos flexionantes presentes
$C_r := .81$	Factor de confiabilidad, obtenido del cuadro 5

$$S'_n := S_n \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_{st} \cdot C_r = 226.8 \text{ MPa}$$

#### Diagrama del eje:



## Cálculo de Torques y Fuerzas:

### Punto B: Engranaje

$$D_B := 28.00 \text{ mm}$$

$$\theta_B := 203.38^\circ$$

$$T_B := \frac{P}{n} = 2.18 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$F_{tB} := \frac{2 \cdot T_B}{D_B} = 155.91 \text{ N}$$

$$F_{rB} := F_{tB} \cdot \tan(20^\circ) = 56.75 \text{ N}$$

$$F_{tX} := F_{tB} \cdot \cos(\theta_B) = -143.11 \text{ N}$$

$$F_{rX} := F_{rB} \cdot \cos(\theta_B) = -52.09 \text{ N}$$

$$F_{tY} := F_{tB} \cdot \sin(\theta_B) = -61.87 \text{ N}$$

$$F_{rY} := F_{rB} \cdot \sin(\theta_B) = -22.52 \text{ N}$$

$$F_{BX} := F_{tX} + F_{rX} = -195.19 \text{ N}$$

$$F_{BY} := F_{tY} + F_{rY} = -84.39 \text{ N}$$

## Reacciones:

### Reacciones en A:

$$\sum M_C = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{AX} := \frac{F_{BX} \cdot 55.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 132.11 \text{ N}$$

$$\sum M_C = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{AY} := \frac{F_{BY} \cdot 55.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 57.12 \text{ N}$$

### Reacciones en C:

$$\sum M_A = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{CX} := \frac{F_{BX} \cdot 26.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 63.08 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{CY} := \frac{F_{BY} \cdot 26.5 \text{ mm}}{-82 \text{ mm}} = 27.27 \text{ N}$$

## Momentos:

### Horizontal:

$$M_{AX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BX} := R_{AX} \cdot 26.5 \text{ mm} = 3.50 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Vertical:

$$M_{AY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BY} := R_{AY} \cdot 26.5 \text{ mm} = 1.51 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## Cálculo de Diámetros:

### Punto A: Rodamiento

$$V_A := \sqrt{R_{AX}^2 + R_{AY}^2} = 143.93 \text{ N}$$

$$\theta_{minA} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_A \cdot N}{S'_n} \right)} = 4.73 \text{ mm}$$

### Punto B: Engranaje

$$M_{fB} := \sqrt{M_{BX}^2 + M_{BY}^2} = 3.81 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\theta_{minB} := \left( \frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left( \frac{k_{t2} \cdot M_{fB}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_B}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 10.10 \text{ mm}$$

### Punto C: Rodamiento

$$V_C := \sqrt{R_{CX}^2 + R_{CY}^2} = 68.72 \text{ N}$$

$$\theta_{minC} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_C \cdot N}{S'_n} \right)} = 3.27 \text{ mm}$$

## Tabla:

	[ Punto ]	[ Diámetro calculado ]	[ Diámetro utilizado ]
A	■	4.73 mm	10 mm
B	■	10.10 mm	13 mm
C	■	3.27 mm	10 mm

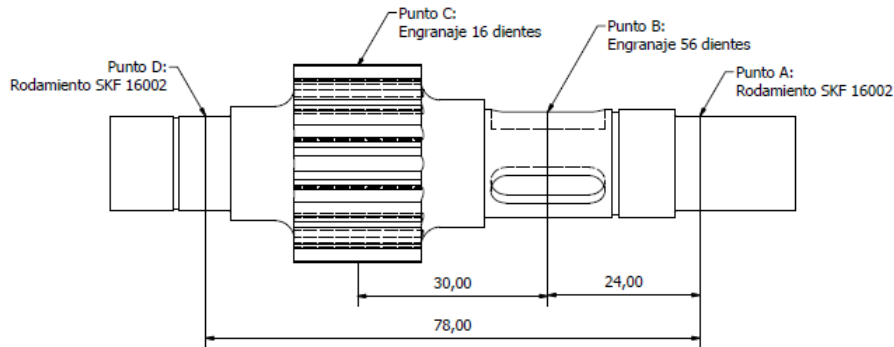
## 2. Eje medio

### Datos:

$n := 2000 \text{ rpm}$                       rpm después de una reducción de 3.5.

\*Los demás datos son iguales a los del cálculo del eje de entrada.

### Diagrama del eje:



### Cálculo de Torques y Fuerzas:

#### Punto B: Engrane

$$D_B := 98.00 \text{ mm}$$

$$\theta_B := 23.38^\circ$$

$$T_B := \frac{P}{-n} = -7.64 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$F_{tB} := \frac{2 \cdot T_B}{D_B} = -155.91 \text{ N}$$

$$F_{rB} := F_{tB} \cdot \tan(20^\circ) = -56.75 \text{ N}$$

$$F_{tX} := F_{tB} \cdot \cos(90^\circ + \theta_B) = 61.87 \text{ N}$$

$$F_{rX} := F_{rB} \cdot \cos(\theta_B) = -52.09 \text{ N}$$

$$F_{tY} := F_{tB} \cdot \sin(90^\circ + \theta_B) = -143.11 \text{ N}$$

$$F_{rY} := F_{rB} \cdot \sin(\theta_B) = -22.52 \text{ N}$$

$$F_{BX} := F_{tX} + F_{rX} = 9.78 \text{ N}$$

$$F_{BY} := F_{tY} + F_{rY} = -165.62 \text{ N}$$

#### Punto C: Engrane

$$D_C := 28.00 \text{ mm}$$

$$\theta_C := 0^\circ$$

$$T_C := \frac{P}{n} = 7.64 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$F_{cY} := \frac{2 \cdot T_C}{D_C} = 545.67 \text{ N}$$

$$F_{cX} := F_{cY} \cdot \tan(20^\circ) = 198.61 \text{ N}$$

## Reacciones:

### Reacciones en A:

$$\sum M_D = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{AX} := \frac{|F_{BX} \cdot 54 \text{ mm}| + |F_{CX} \cdot 24 \text{ mm}|}{-78 \text{ mm}} = -67.88 \text{ N}$$

$$\sum M_D = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{AY} := \frac{-|F_{BY} \cdot 54 \text{ mm}| + |F_{CY} \cdot 24 \text{ mm}|}{-78 \text{ mm}} = -53.24 \text{ N}$$

### Reacciones en D:

$$\sum M_A = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{DX} := \frac{|F_{BX} \cdot 24 \text{ mm}| + |F_{CX} \cdot 54 \text{ mm}|}{-78 \text{ mm}} = -140.51 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{DY} := \frac{-|F_{BY} \cdot 24 \text{ mm}| + |F_{CY} \cdot 54 \text{ mm}|}{-78 \text{ mm}} = -326.81 \text{ N}$$

## Momentos:

### Horizontal:

$$M_{AX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BX} := R_{AX} \cdot 24 \text{ mm} = -1.63 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CX} := M_{BX} + (R_{AX} + F_{BX}) \cdot 30 \text{ mm} = -3.37 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{DX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Vertical:

$$M_{AY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BY} := R_{AY} \cdot 24 \text{ mm} = -1.28 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CY} := M_{BY} + (R_{AY} + F_{BY}) \cdot 30 \text{ mm} = -7.84 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{DY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## Cálculo de Diámetros:

### Punto A: Rodamiento

$$V_A := \sqrt{R_{AX}^2 + R_{AY}^2} = 86.27 \text{ N}$$

$$\theta_{minA} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_A \cdot N}{S'_n} \right)} = 3.66 \text{ mm}$$

**Punto B: Engranaje**

$$M_{fB} := \sqrt{M_{BX}^2 + M_{BY}^2} = 2.07 \text{ J}$$

$$\theta_{minB} := \left( \frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left( \frac{k_{t2} \cdot M_{fB}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_B}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 8.34 \text{ mm}$$

**Punto C: Engranaje**

$$M_{fC} := \sqrt{M_{CX}^2 + M_{CY}^2} = 8.54 \text{ J}$$

$$\theta_{minC} := \left( \frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left( \frac{k_{t2} \cdot M_{fC}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_C}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 13.21 \text{ mm}$$

**Punto D: Rodamiento**

$$V_D := \sqrt{R_{DX}^2 + R_{DY}^2} = 355.74 \text{ N}$$

$$\theta_{minD} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_D \cdot N}{S'_n} \right)} = 7.44 \text{ mm}$$

**Tabla:**

	[ Punto ]	[ Diámetro ]	[ Diámetro ]
	[ ■ ]	[ calculado ]	[ utilizado ]
A		3.66 mm	15 mm
B		8.34 mm	17 mm
C		13.21 mm	18 mm
D		7.44 mm	15 mm

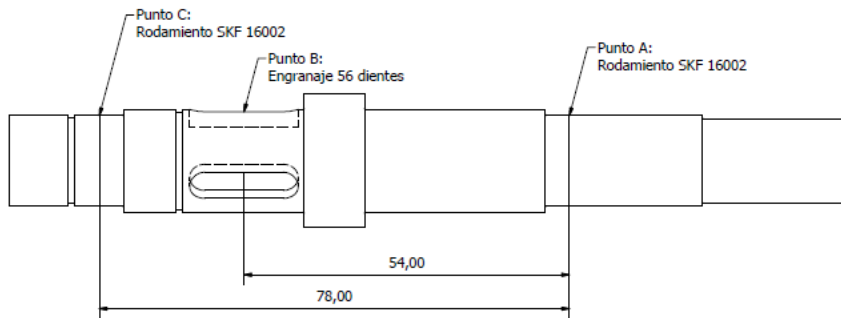
### 3. Eje de salida

Datos:

$$n := 570 \text{ rpm} \quad \text{rpm después de dos reducciones de 3.5.}$$

\*Los demás datos son iguales a los del cálculo del eje de entrada.

Diagrama del eje:



Cálculo de Torques y Fuerzas:

Punto B: Engranaje

$$D_B := 98.00 \text{ mm}$$

$$\theta_B := 0^\circ$$

$$T_B := \frac{P}{n} = 26.81 \text{ J}$$

$$F_{BY} := \frac{2 \cdot T_B}{D_B} = 547.04 \text{ N}$$

$$F_{BX} := -F_{BY} \cdot \tan(20^\circ) = -199.11 \text{ N}$$

Reacciones:

Reacciones en A:

$$\sum M_C = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{AX} := \frac{F_{BX} \cdot 24 \text{ mm}}{-78 \text{ mm}} = 61.26 \text{ N}$$

$$\sum M_C = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{AY} := \frac{F_{BY} \cdot 24 \text{ mm}}{-78 \text{ mm}} = -168.32 \text{ N}$$

### Reacciones en C:

$$\sum M_A = 0, \text{ eje horizontal}$$

$$R_{CX} := \frac{F_{BX} \cdot 54 \text{ mm}}{-78 \text{ mm}} = 137.84 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0, \text{ eje vertical}$$

$$R_{CY} := \frac{F_{BY} \cdot 54 \text{ mm}}{-78 \text{ mm}} = -378.72 \text{ N}$$

### Momentos:

#### Horizontal:

$$M_{AX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BX} := R_{AX} \cdot 54 \text{ mm} = 3.31 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CX} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

#### Vertical:

$$M_{AY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BY} := R_{AY} \cdot 54 \text{ mm} = -9.09 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{CY} := 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Cálculo de Diámetros:

#### Punto A: Rodamiento

$$V_A := \sqrt{R_{AX}^2 + R_{AY}^2} = 179.12 \text{ N}$$

$$\theta_{minA} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_A \cdot N}{S'_n} \right)} = 5.28 \text{ mm}$$

#### Punto B: Engranaje

$$M_{fB} := \sqrt{M_{BX}^2 + M_{BY}^2} = 9.67 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\theta_{minB} := \left( \frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left( \frac{k_{t2} \cdot M_{fB}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_B}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 13.86 \text{ mm}$$

#### Punto C: Rodamiento

$$V_C := \sqrt{R_{CX}^2 + R_{CY}^2} = 403.03 \text{ N}$$

$$\theta_{minC} := 2 \cdot \sqrt{\left( \frac{2.94 \cdot k_{t1} \cdot V_C \cdot N}{S'_n} \right)} = 7.92 \text{ mm}$$

**Tabla:**

	<i>Punto</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Diámetro</i>
	<i>■</i>	<i>calculado</i>	<i>utilizado</i>
<i>A</i>		<i>5.28 mm</i>	<i>15 mm</i>
<i>B</i>		<i>13.86 mm</i>	<i>17 mm</i>
<i>C</i>		<i>7.92 mm</i>	<i>15 mm</i>

Anexo 19: Acoples Lovejoy



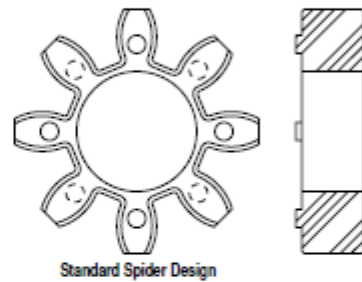
## Curved Jaw CJ Series Design / Elastomers Overview

### The Curved Jaw Design

- Three piece design that is easy to assemble
- The curved jaw design incorporates both radial and axial curvature (crowning) to the elastomer (spider)
- Hubs are offered in sintered iron, steel, aluminum, cast iron and nodular iron materials
- Three different urethane elastomers available
- No metal to metal contact and no lubrication required
- Fail safe design due to the jaw in compression design (continues to function after the elastomer fails)
- The CJ series covers a torque range of 67 to 247,800 in-lbs

### Elastomers

- Four types of spiders are available for the CJ Series of couplings
- Urethane spiders provide high abrasion resistance and elasticity, along with good damping characteristics
- The spiders are offered in a variety of shore hardnesses, each providing a different level of torque capacity, damping, and chemical resistance
- The 92A shore insert (yellow in color) is the standard, offering excellent torque carrying capacity
- The 80A shore insert (blue) offers the best damping characteristics
- The 95/98A shore spider (red) offers higher torque than the standard 92 shore, but retains greater damping capacity compared to the 64D shore insert (green)
- The 64D shore insert is offered for high humidity environments, higher temperatures, and offers the highest torque capacity
- The standard curved jaw spider design has a hole in the center to accommodate small between shaft end measurements
- The 80A, 92A, and 95/98A shore spiders have a temperature capacity of 212° F
- The 64D shore spider has a temperature capacity of 230° F
- The curved jaw spider's urethane material also resists oil, dirt, sand, grease, moisture, many solvents, as well as atmospheric effects of ozone



Standard Spider Design

### CJ Series Elastomer Recommendation Chart

Spider Type	Application types requiring:
80 shore A (Blue)	Good dampening properties
92 shore A (Yellow)	General & hydraulic applications
95/98 shore A (Red)	High torque requirements
64 shore (Green)	High humidity environments

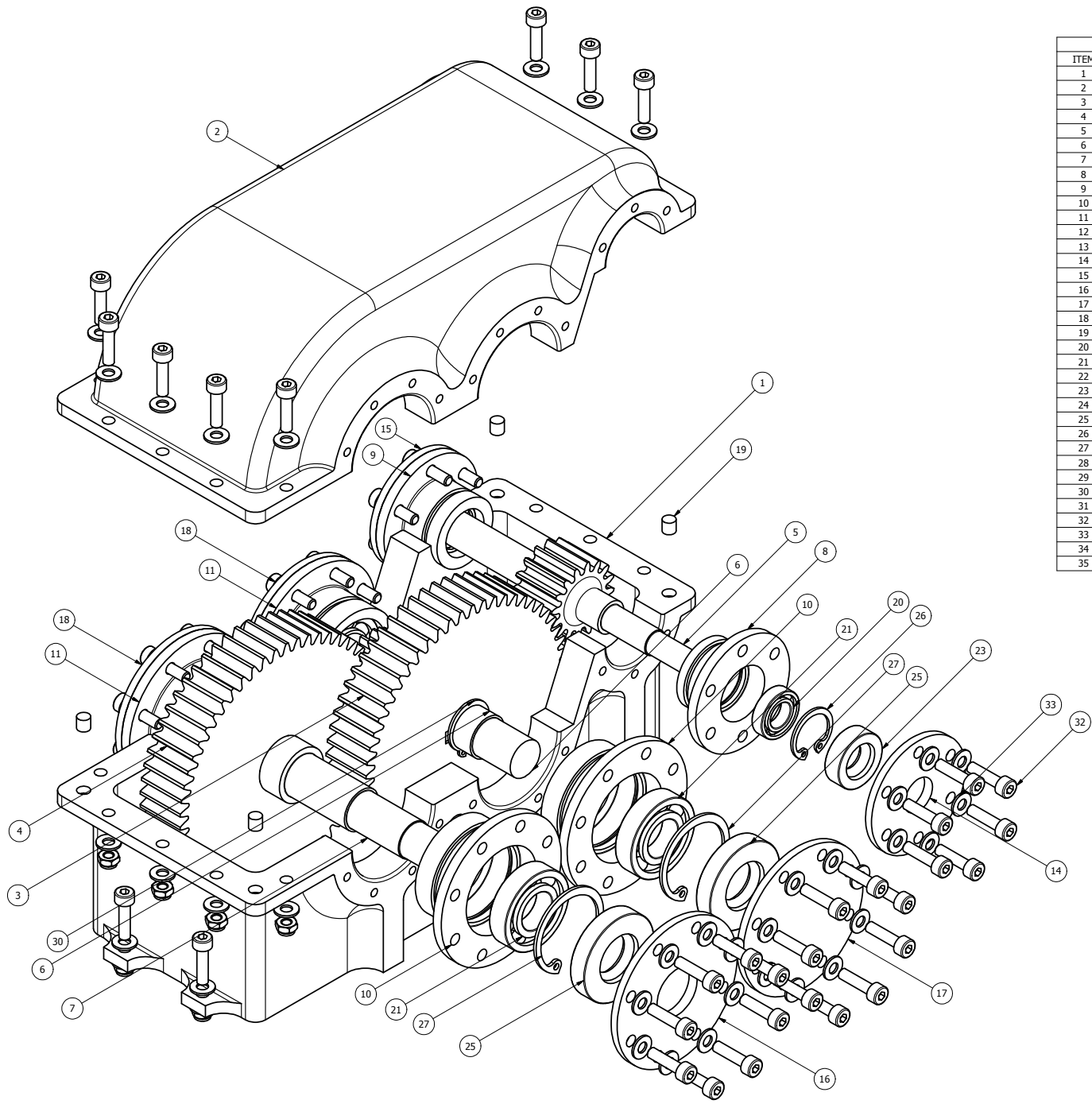
### CJ Series Elastomer Performance Data

Spider Type	Color	Material	Temperature Range		Stock Sizes	Misalignment (inches)			Typical Applications
			Normal	Maximum		Angular	Parallel	Axial	
80 Shore A	Blue	Polyurethane	-40° to 212° F	-40° to 242° F	14-180	.9 - 1.3 deg	.008 - .027	.039 - 252	Good dampening properties
92 Shore A	Yellow	Polyurethane	-40° to 212° F	-50° to 242° F	14-180	.9 - 1.3 deg	.008 - .027	.039 - 252	General & hydraulic
95/98 Shore A	Red	Polyurethane	-40° to 212° F	-40° to 242° F	14-180	.9 - 1.3 deg	.008 - .027	.039 - 252	High torque requirements


### CJ Series Special Elastomer Data

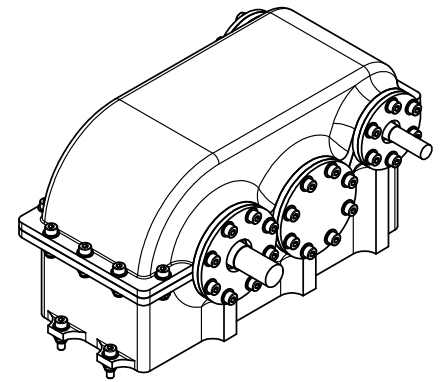
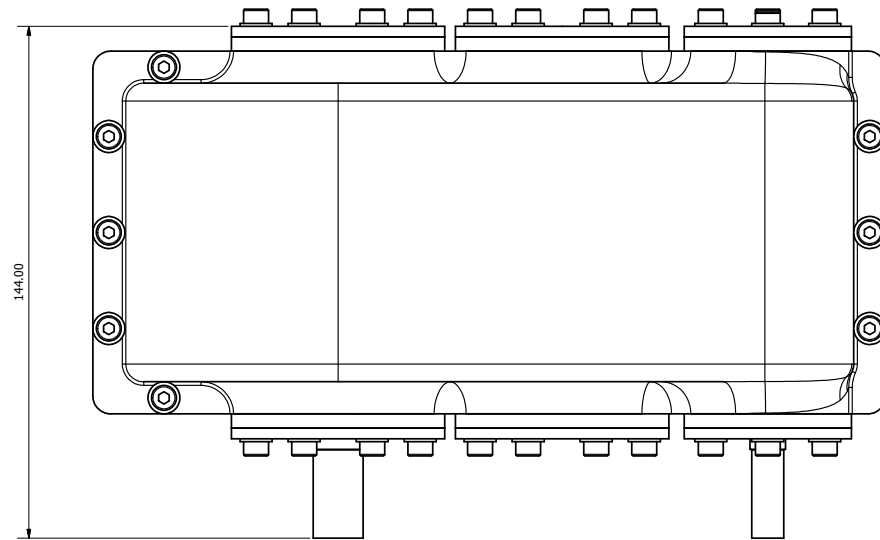
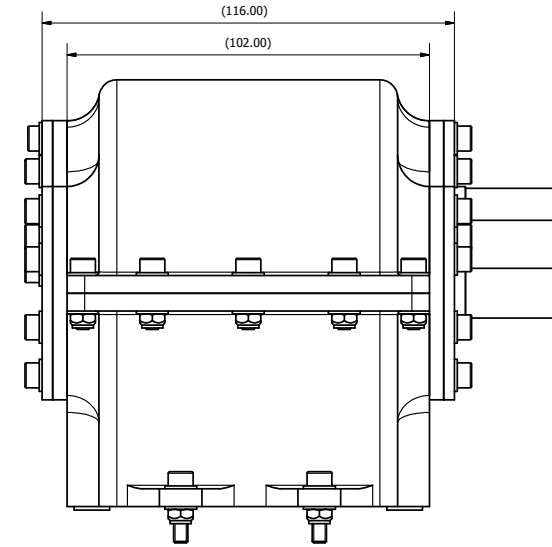
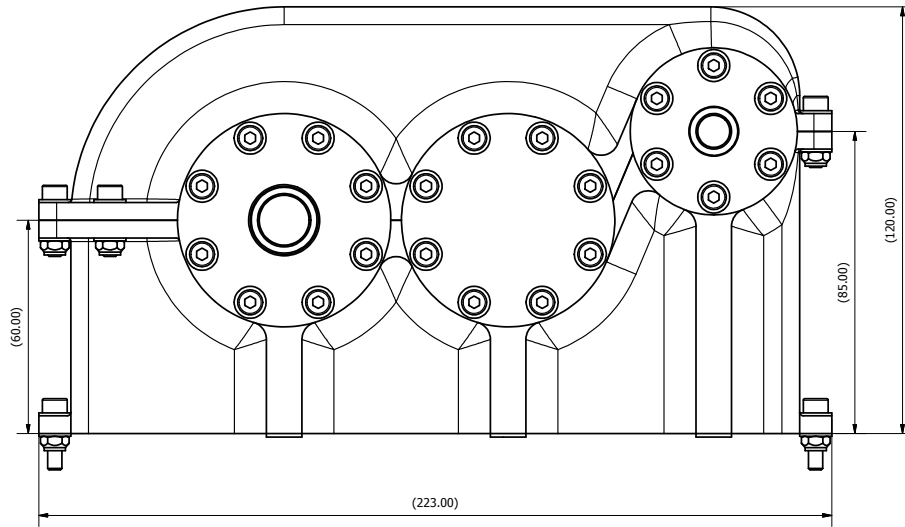
Spider Type	Color	Material	Temperature Range		Stock Sizes	Misalignment (inches)			Typical Applications
			Normal	Maximum		Angular	Parallel	Axial	
64 Shore D	Green	Polyurethane	-30° to 230° F	-30° to 260° F	14-180	.9 - 1.3 deg	.008 - .027	.039 - 252	Highly humidity environments



Anexo 20: Planos caja reductora

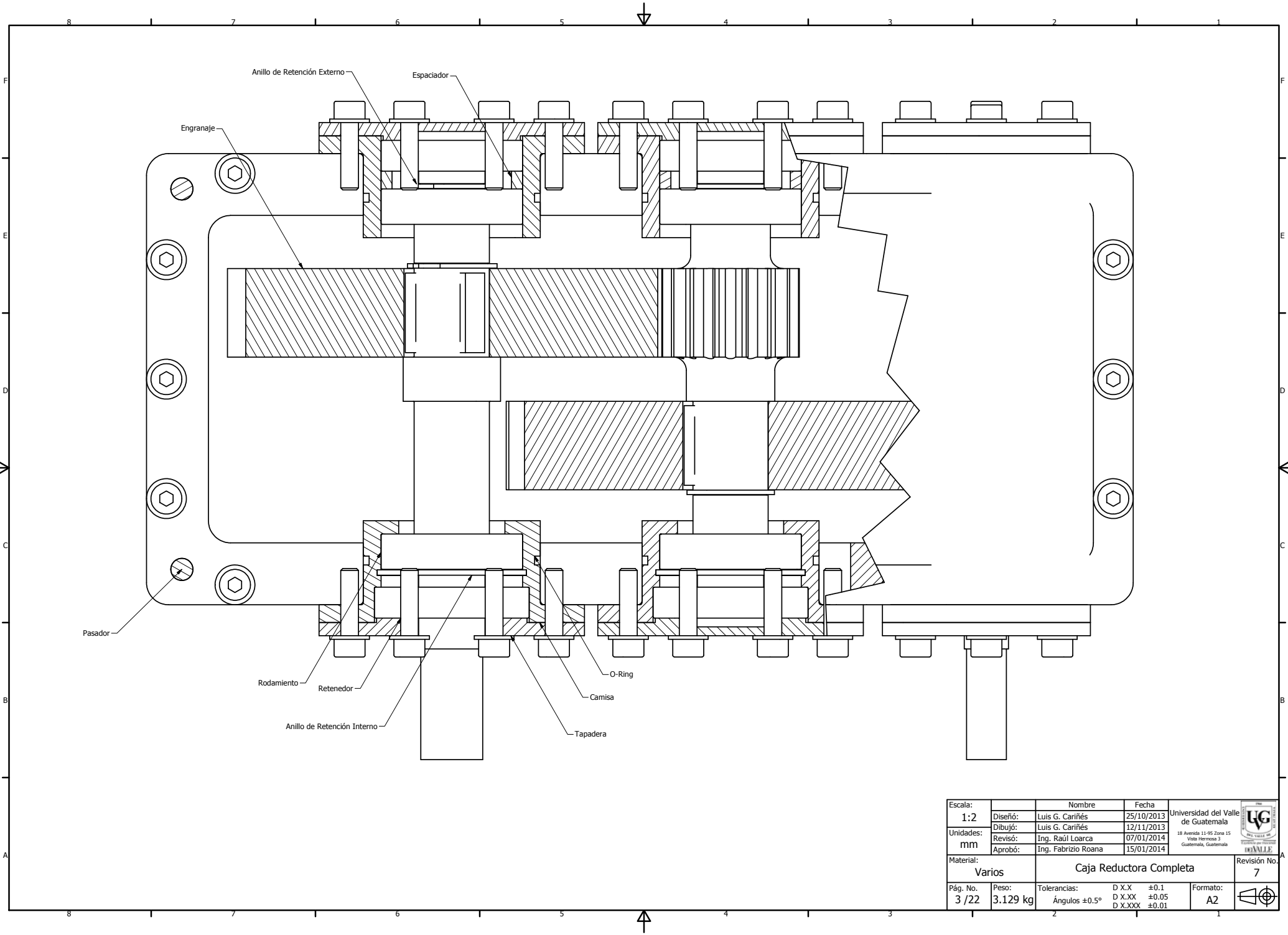



LISTADO DE PARTES				
ITEM	CANT.	PARTE	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	1	Caja Base		Vekton 6XAU
2	1	Caja Tapadera		Vekton 6XAU
3	1	Engrane 1	Z=56, m=1.75, F=20mm	Vekton 6XAU
4	1	Engrane 2	Z=56, m=1.75, F=20mm	Vekton 6XAU
5	1	Eje de entrada		Acero AISI 4340
6	1	Eje medio		Acero AISI 4340
7	1	Eje de salida		Acero AISI 4340
8	1	Chumascera 10mm - Fija		Aluminio 6061
9	1	Chumascera 10mm - Libre		Aluminio 6061
10	2	Chumascera 15mm - Fija		Aluminio 6061
11	2	Chumascera 15mm - Libre		Aluminio 6061
12	1	Espaciador 10mm		Aluminio 6061
13	2	Espaciador 15mm		Aluminio 6061
14	1	Tapa 10mm - Abierta		Ertalón
15	1	Tapa 10mm - Cerrada		Ertalón
16	1	Tapa 15mm - Abierta		Ertalón
17	1	Tapa 15mm - Cerrada		Ertalón
18	2	Tapa 15mm - CerradaB		Ertalón
19	4	Pasador		Acero
20	2	Rodamiento de bolas	SKF 61800 - 2RS	
21	4	Rodamiento de bolas	SKF 16002	
22	1	Retenedor	10 x 19 x 7	
23	1	Retenedor	10 x 22 x 7	
24	2	Retenedor	15 x 32 x 7	
25	2	Retenedor	15 x 35 x 7	
26	1	Seguro interno	DIN 472 - 19 x 1	
27	2	Seguro interno	DIN 472 - 32 x 1.2	
28	1	Seguro externo	DIN 471 - 10 x 1	
29	2	Seguro externo	DIN 471 - 15 x 1	
30	2	Seguro externo	DIN 471 - 17 x 1	
31	5	Cuña cuadrada	5 x 5 x 18	Acero
32	56	Tornillo Allen	M4 x 15	Acero Inox.
33	68	Roldana	M4	Acero Inox.
34	6	Roldana	M6	Acero Inox.
35	12	Tuerca de Seguridad	M4	Acero Inox.

Escala:	1:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala  18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Fecha	12/11/2013		
		Dibujó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014		
Material:	Ver tabla	Caja Reductora Completa				Revisión No.	
						7	
Pág. No.	1 / 22	Peso:	3.129 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A2



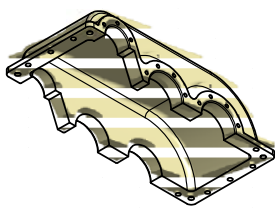
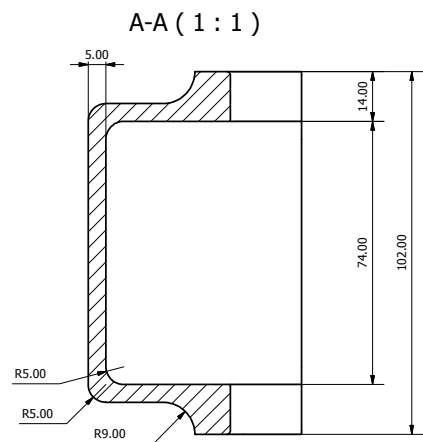
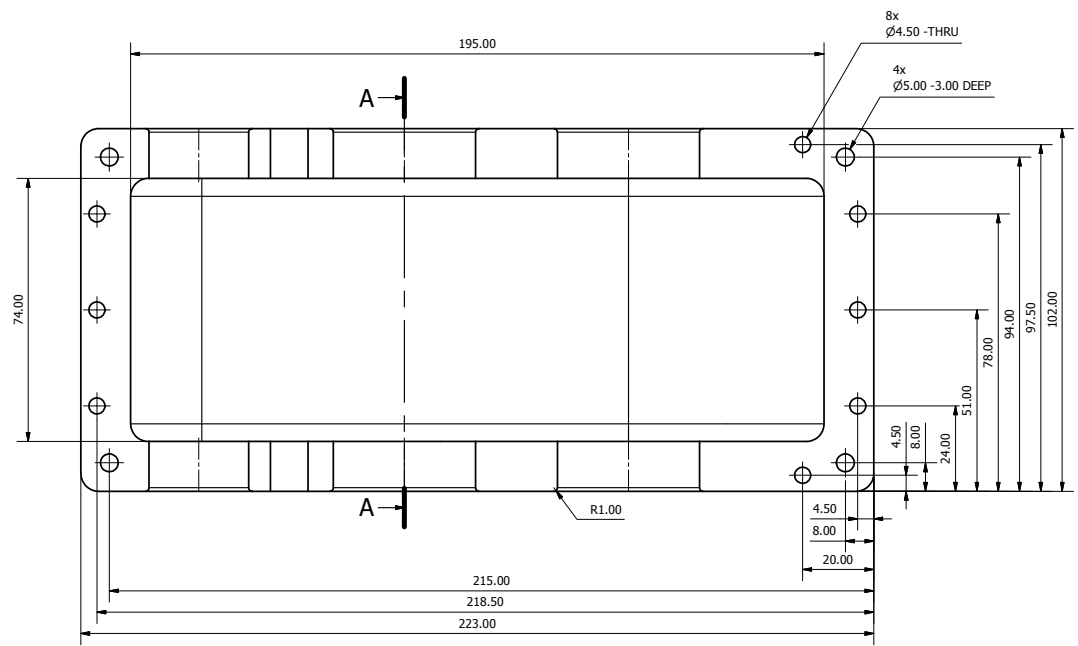
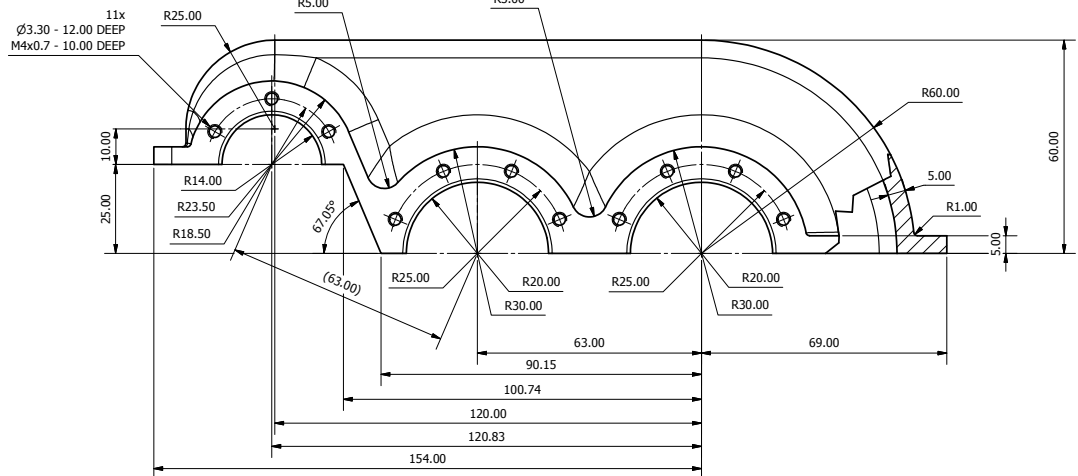
Escala:	1:1	Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala  18 Avenida 11-99 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Dibujó:	12/11/2013	
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	07/01/2014	
			Ing. Fabrizio Roana		15/01/2014	
Material:	Varios		Caja Reductora Completa			Revisión No.
Pág. No.	2 / 22	Peso:	3.129 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A2 




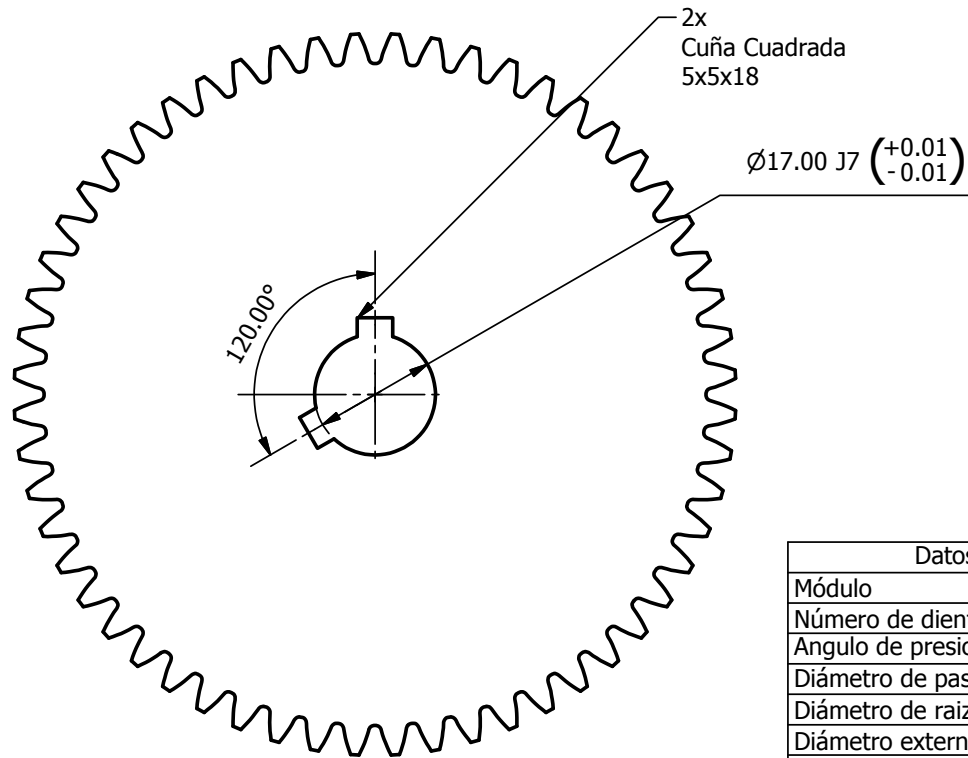
Escala:	1:2	Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala <small>18 Avenida 11-95 Zona 15          Vista Hermosa 3          Guatemala, Guatemala</small> 
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Fecha	12/11/2013	
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014	
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014	
Material:	Varios		Caja Reductora Completa			Revisión No.
Pág. No.	3 / 22	Peso:	3.129 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:
						A2



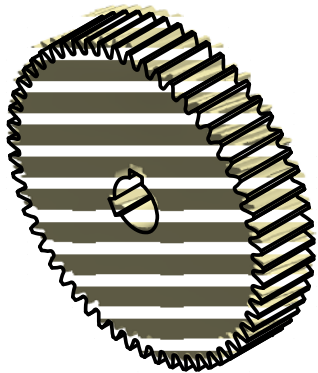




Escala:	1:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala  18 Avenida 11-95 Zona 15 Guatemala, Guatemala	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Dibujo:	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	07/01/2014		
Material:	Nylon 6		Caja Tapadera		Revisión No.	7	
Pág. No.	5/22	Peso:	0.266 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A2 

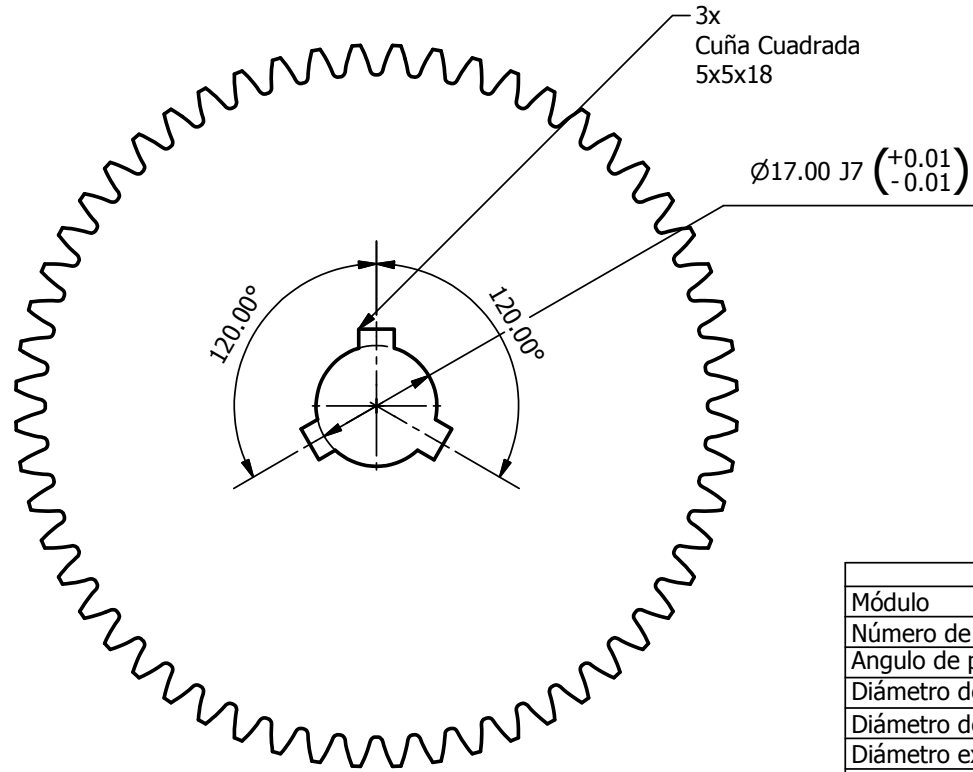


Datos del Engrane	
Módulo	1.75
Número de dientes	56
Angulo de presion	20°
Diámetro de paso	98.00 mm
Diámetro de raiz	93.625 mm
Diámetro externo	101.50 mm
Profundidad	Completa
Ancho de Cara	20.00mm

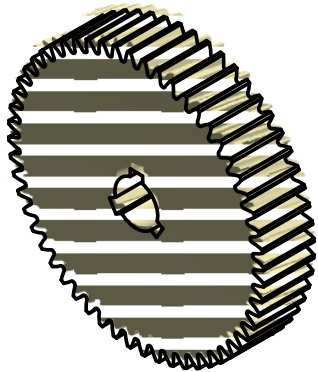


Escala:	1:1		Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	07/01/2014		
		Material:		Vekton 6XAU		Engrane 1		Revisión No.
Pág. No.	6 / 22	Peso:	0.161 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A4	7



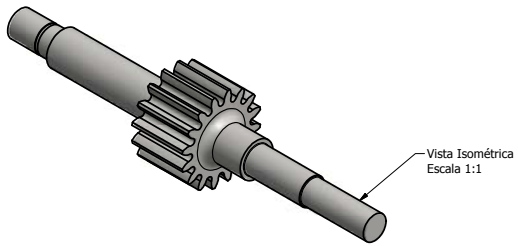
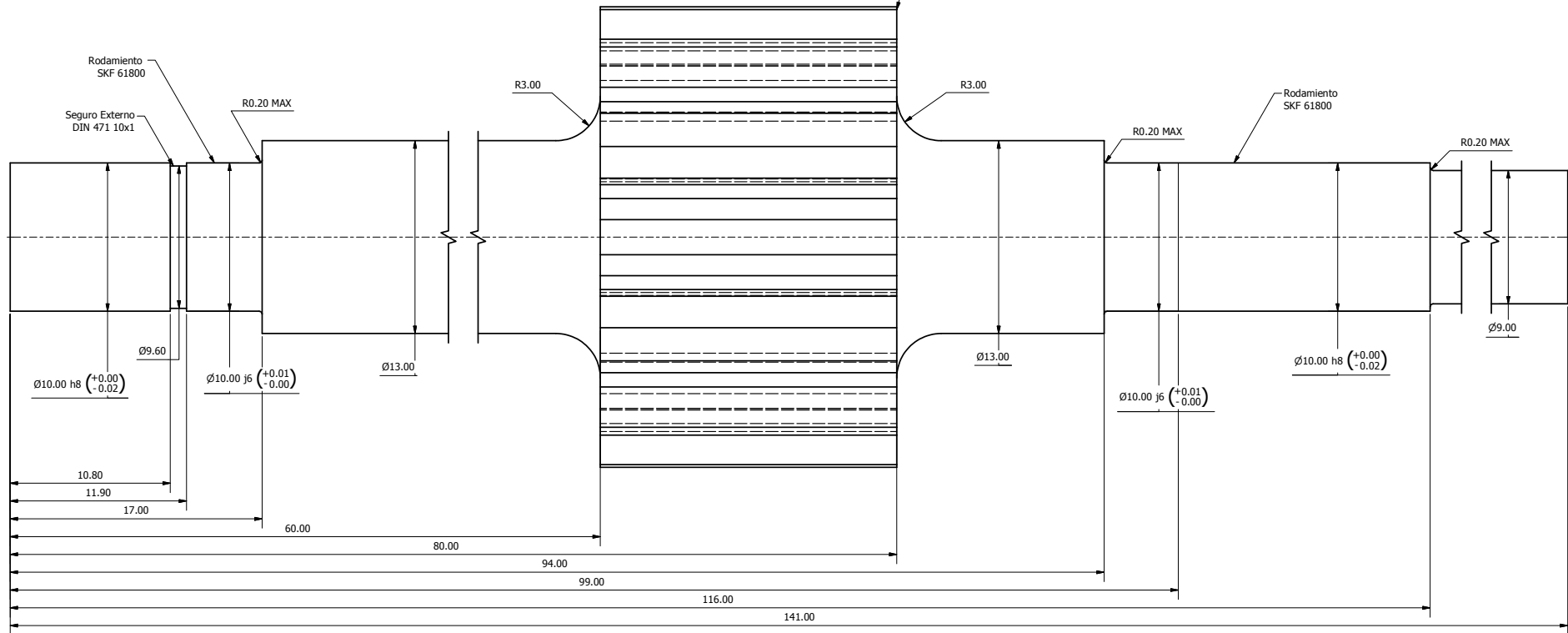


Datos del Engrane	
Módulo	1.75
Número de dientes	56
Angulo de presion	20°
Diámetro de paso	98.00 mm
Diámetro de raiz	93.625 mm
Diámetro externo	101.50 mm
Profundidad	Completa
Ancho de Cara	20.00mm



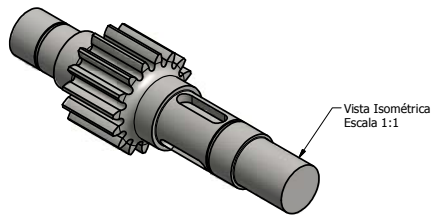
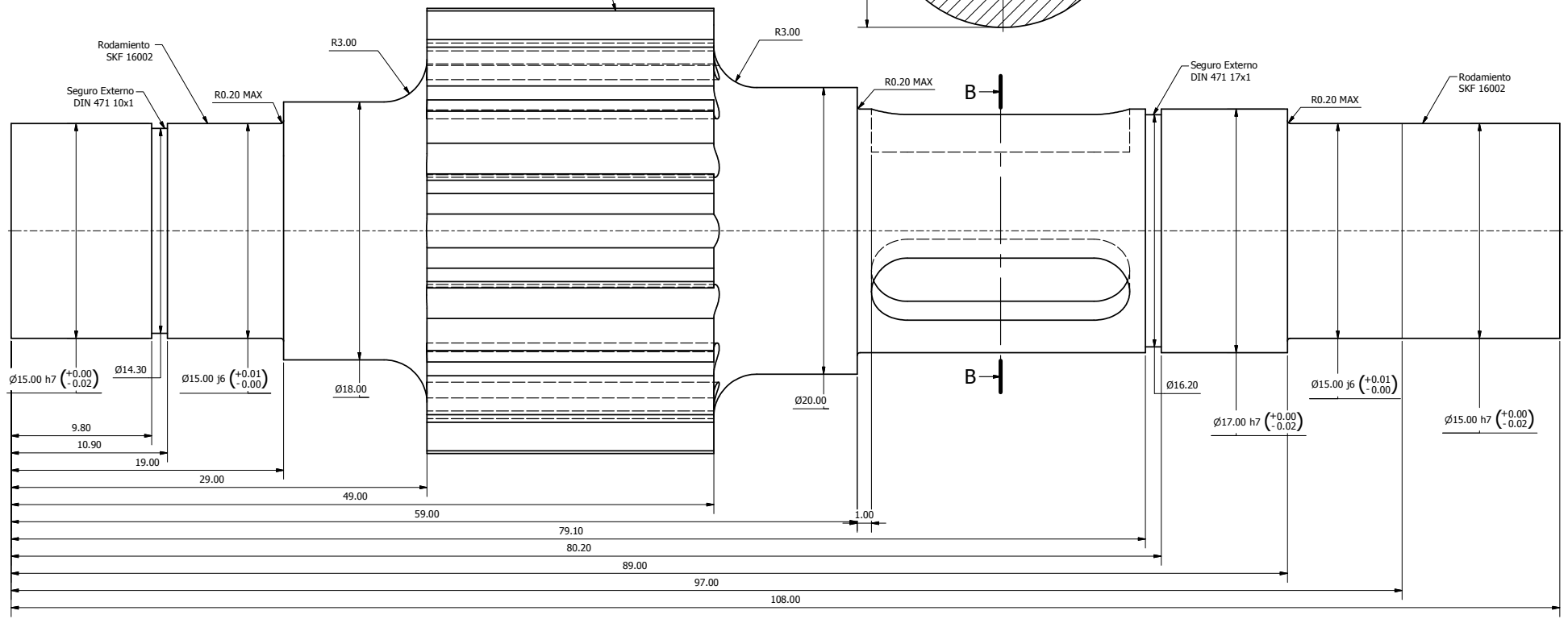
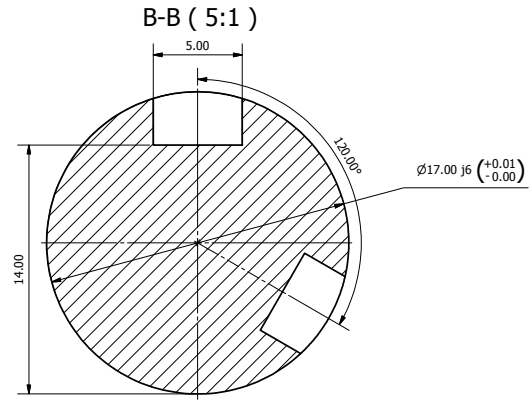
Escala:	1:1		Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	07/01/2014		
		Material:		Vekton 6XAU		Engrane 2		Revisión No.
Pág. No.	7 / 22	Peso:	0.161 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A4	

Datos del Engrane	
Módulo	1.75
Número de dientes	16
Ángulo de presión	20°
Diámetro de paso	28.00 mm
Diámetro de raíz	23.105 mm
Diámetro base	26.311 mm
Diámetro externo	31.50 mm
Profundidad	Completa
Ancho de Cara	20.00mm

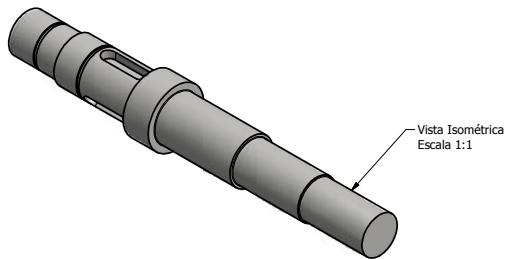
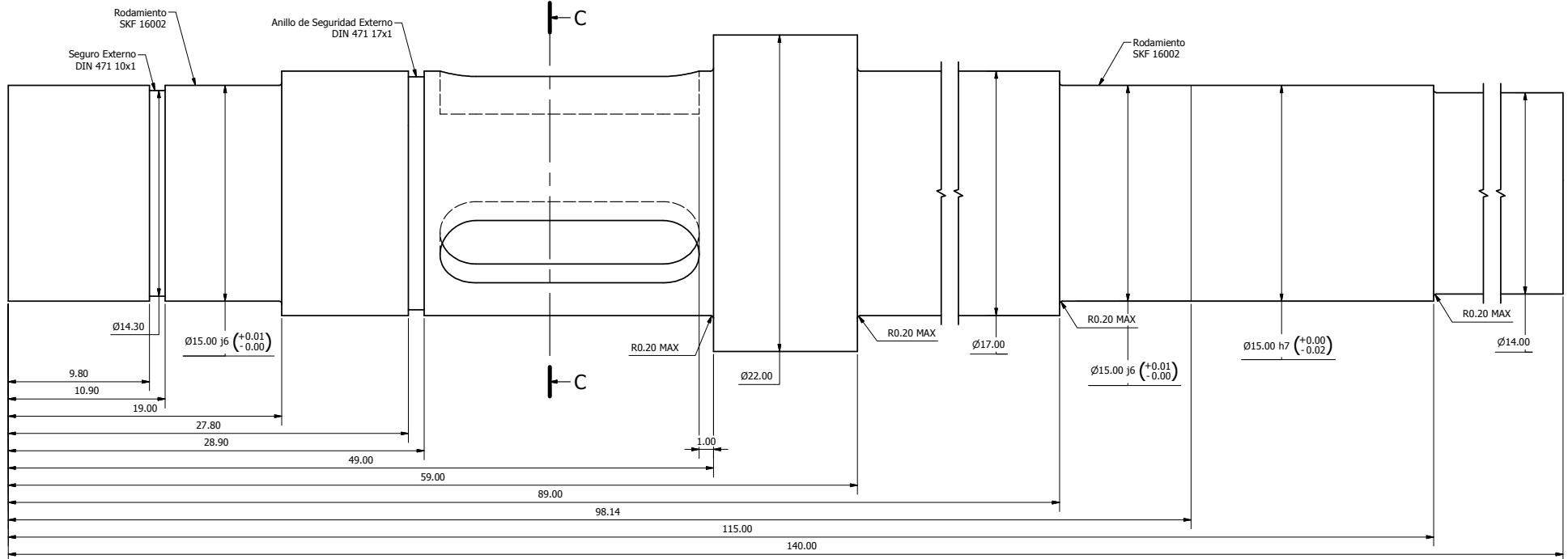
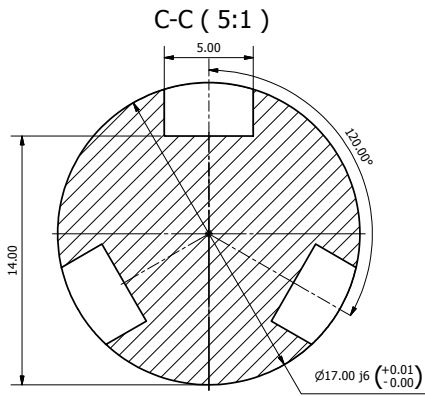


Escala:	5:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-99 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Fecha	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014		
Material:	Acero AISI 4340					Eje de entrada	Revisión No.
Pág. No.	8 / 22	Peso:	0.188 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A2

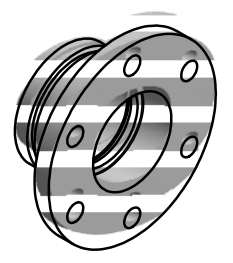
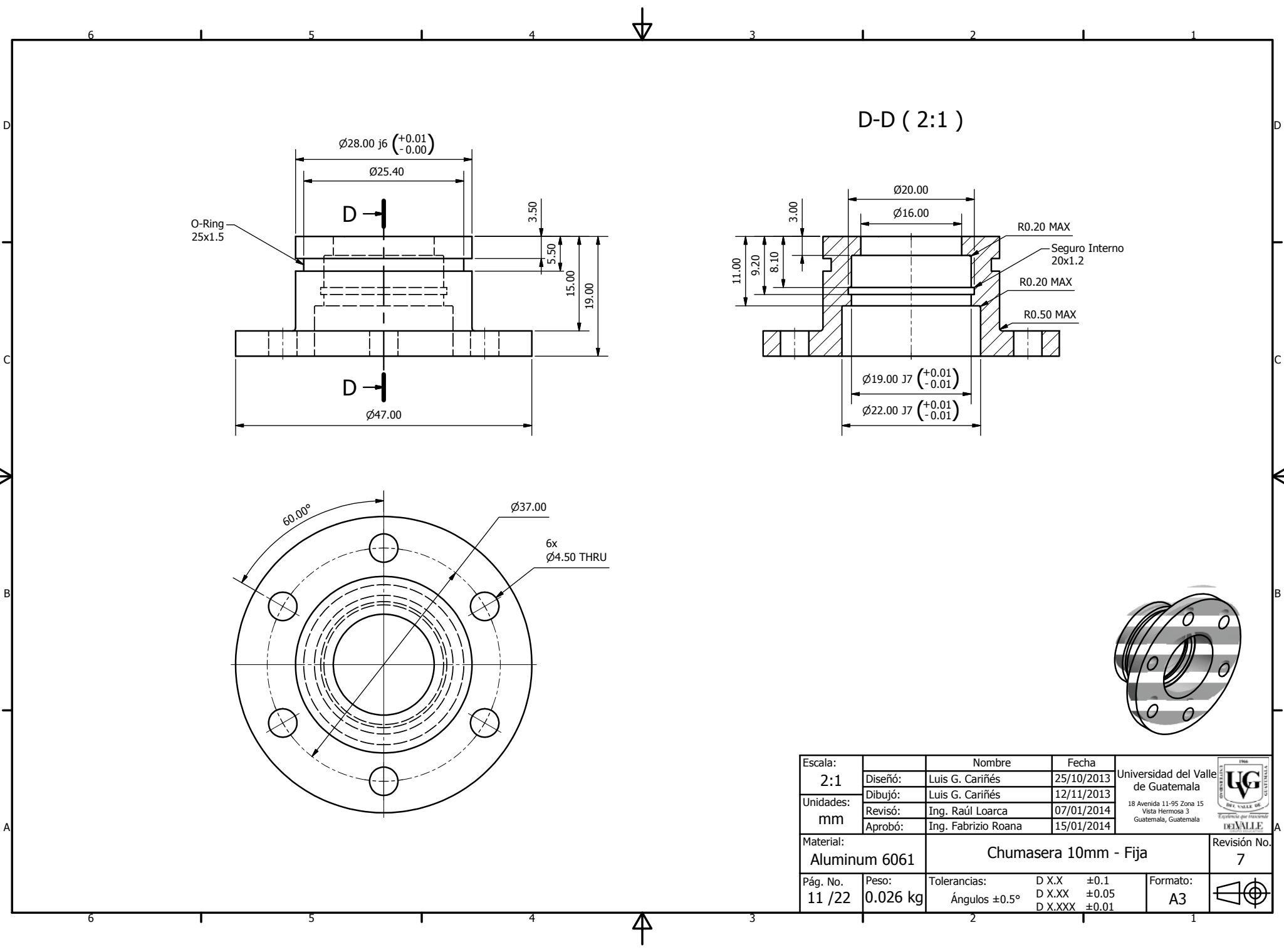
Datos del Engrane	
Módulo	1.75
Número de dientes	16
Ángulo de presión	20°
Diámetro de paso	28.00 mm
Diámetro de raíz	23.105 mm
Diámetro base	26.311 mm
Diámetro externo	31.50 mm
Profundidad	Completa
Ancho de Cara	20.00mm



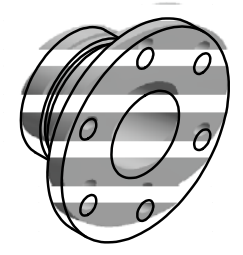
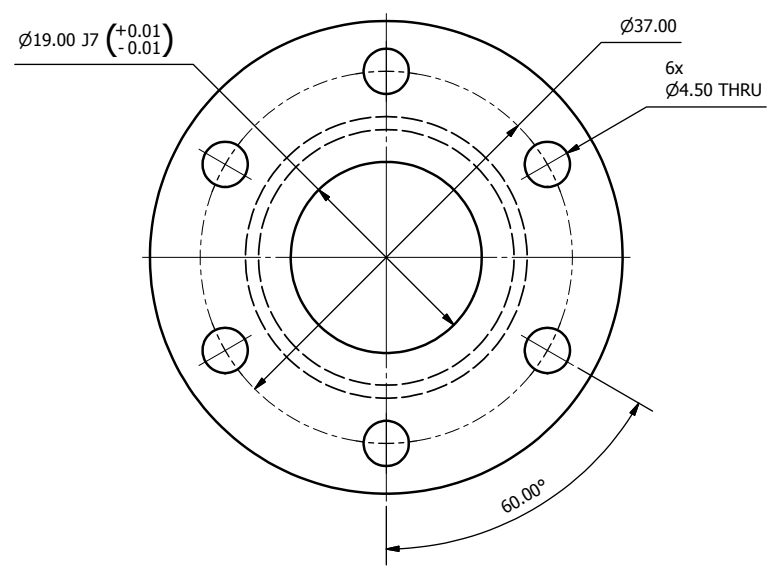
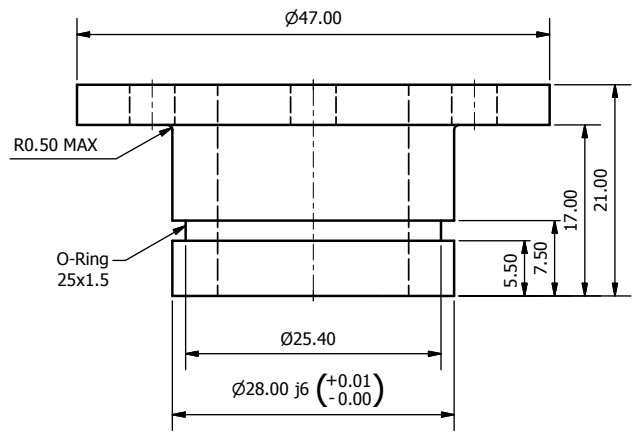
Escala:	5:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Diseño:	Luis G. Cariñes	Dibujó:	Luis G. Cariñes	Fecha	12/11/2013		
Unidades:	mm	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014		
Material:	Acero AISI 4340	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014	Revisión No.	7
Pág. No.	9/22	Peso:	0.239 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A2




Escala:	5:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Dibujó:	12/11/2013	18 Avenida 11-95 Zona 15 Guatemala, Guatemala	
Material:	Acero AISI 4340	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	07/01/2014	15/01/2014	
Pág. No.	10 / 22	Peso:	0.222 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A2
Eje de salida						Revisión No.	7

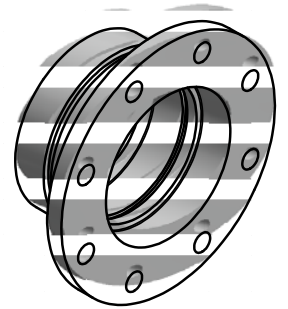
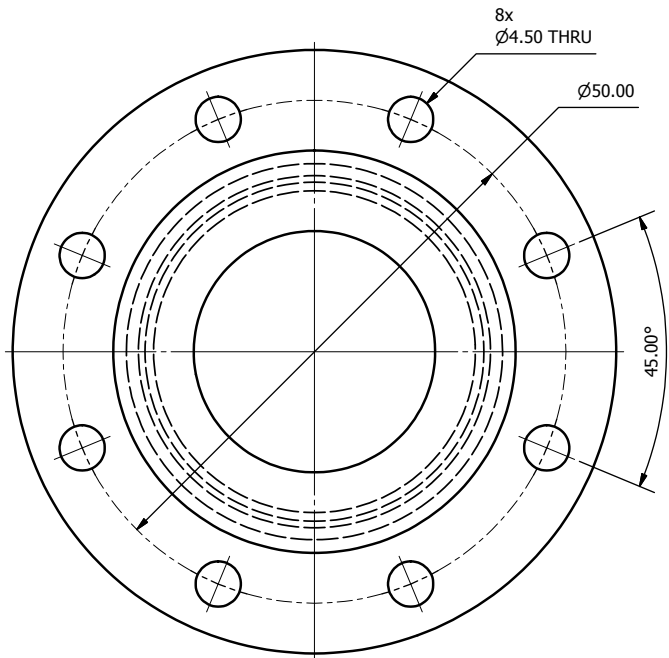
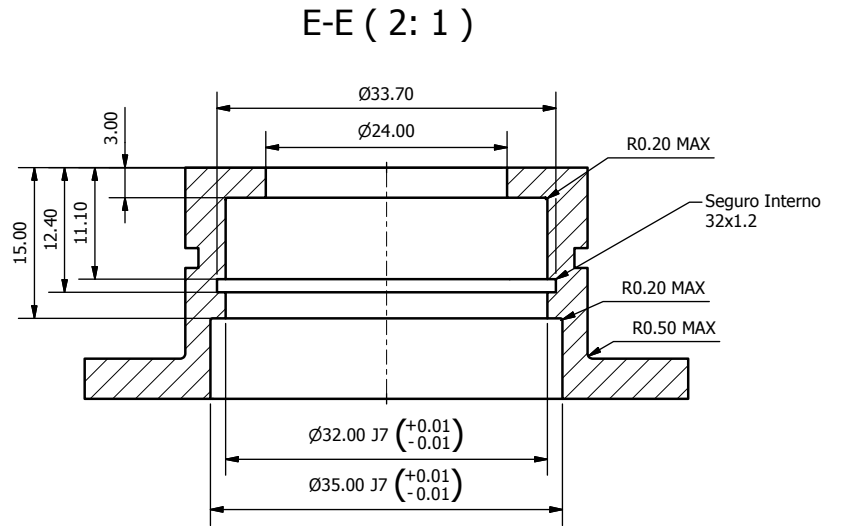
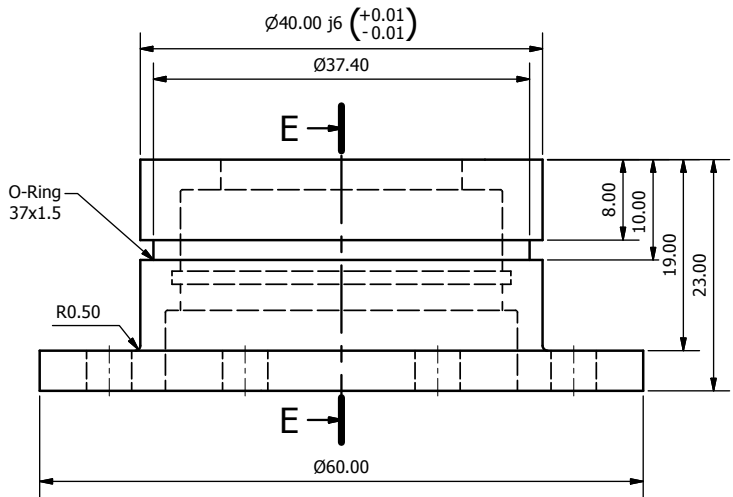


Escala:	2:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Fecha	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014		
Material:	Aluminum 6061	Chumasera 10mm - Fija				Revisión No.	7
Pág. No.	11 / 22	Peso:	0.026 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A3

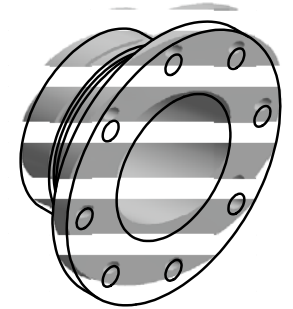
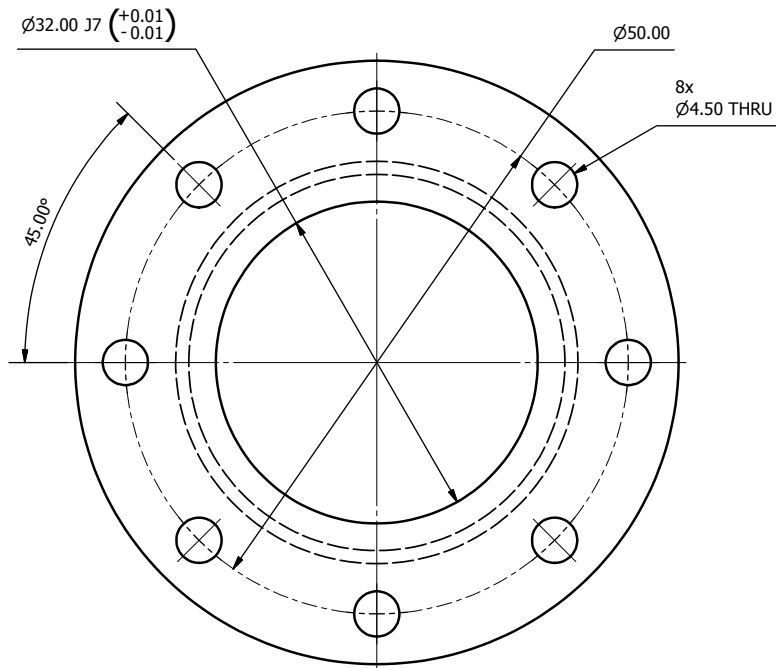
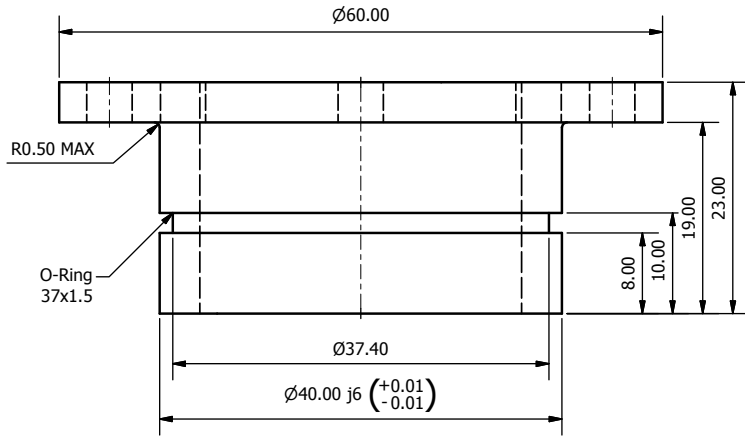


Escala:	2:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 
Unidades:	mm	Diseñó:	Luis G. Cariñes	Fecha	12/11/2013	
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014	
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014	
Material:	Aluminum 6061		Chumasera 10mm - Libre			Revisión No.
						7
Pág. No.	12 / 22	Peso:	0.029 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:
						A3

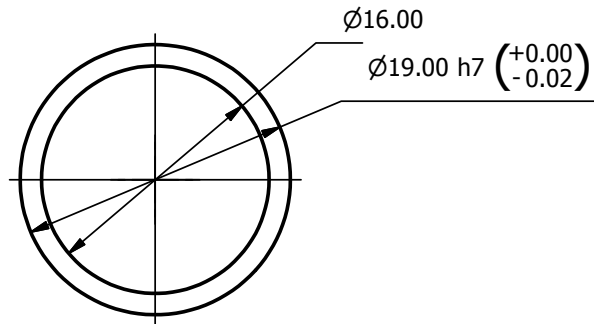




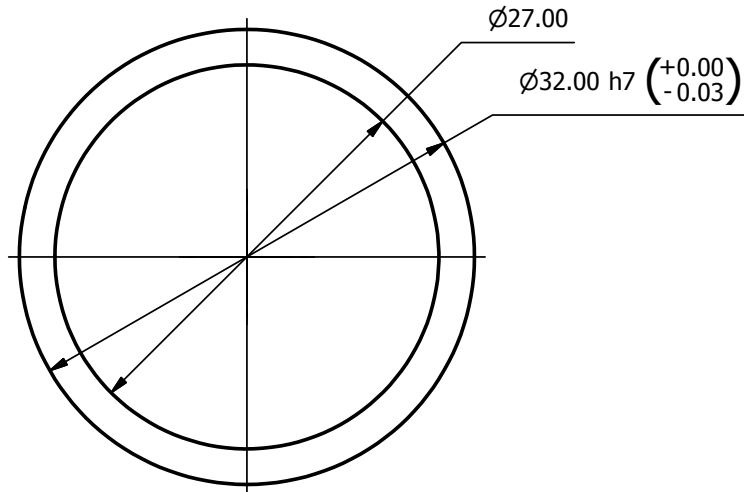
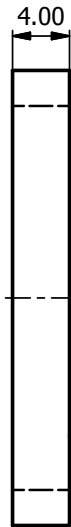
Escala:	2:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Dibujó:	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Revisó:	07/01/2014		
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Aprobó:	15/01/2014		
Material:	Aluminum 6061	Chumasera 15mm - Fija				Revisión No.	7
Pág. No.	13 / 22	Peso:	0.042 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A3



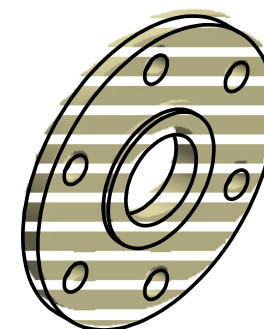
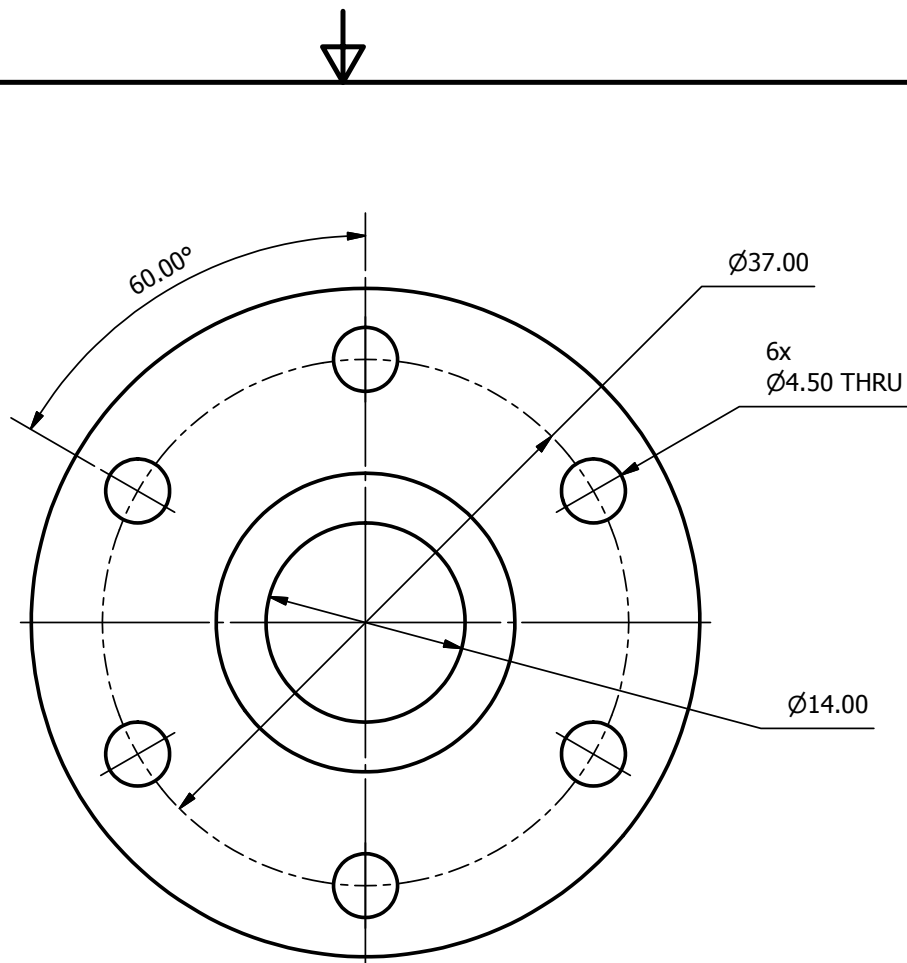
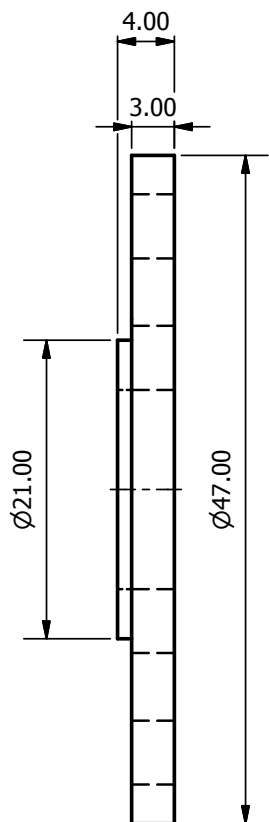
Escala:	2:1	Nombre	Luis G. Cariñes	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñes	Fecha	12/11/2013	
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	07/01/2014	
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	Fecha	15/01/2014	
Material:	Aluminum 6061		Chumatera 15mm - Libre			Revisión No.
Pág. No.	14 / 22	Peso:	0.043 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A3 



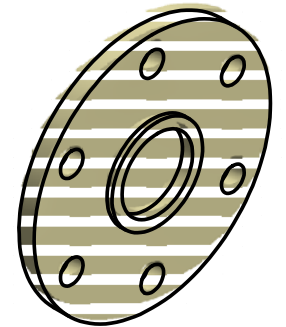
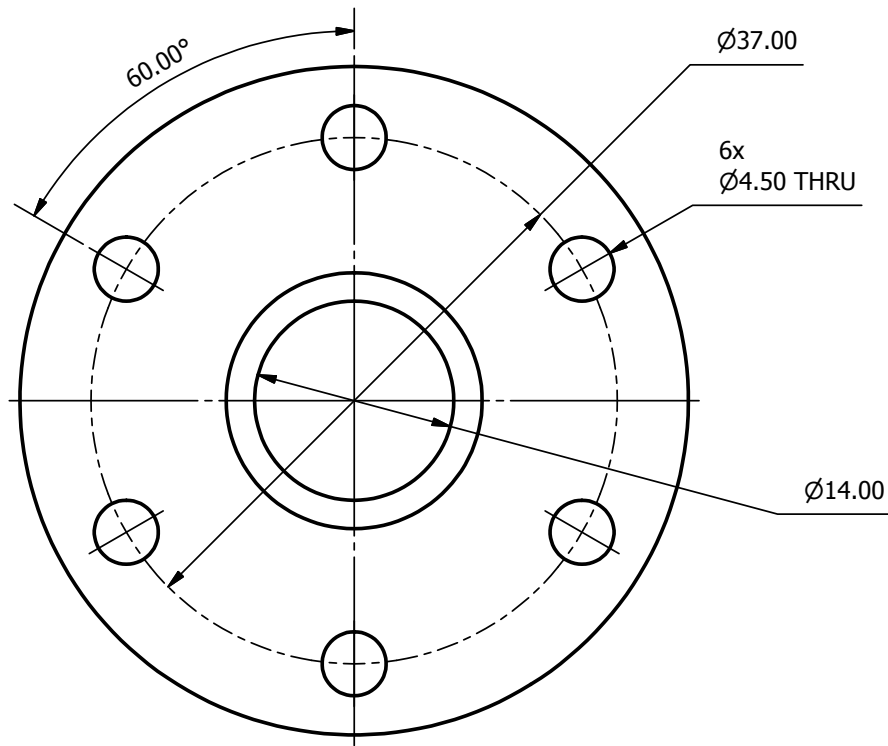
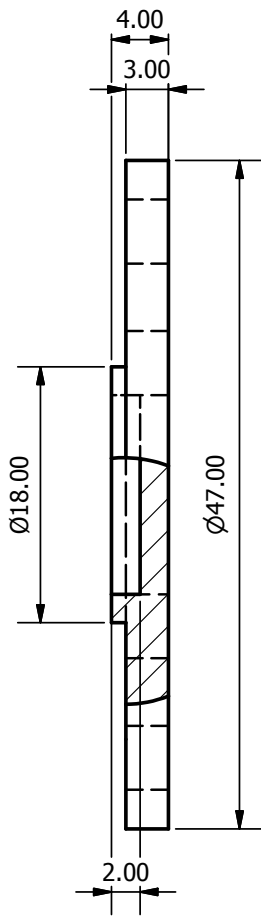
Escala:	Nombre		Fecha		Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  <i>Excellencia que trasciende</i> 	
5:1	Diseño:	Luis G. Cariñés	25/10/2013			
Unidades: mm	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013			
	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	07/01/2014			
	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	15/01/2014			
Material:	Aluminum 6061			Espaciador 10mm		Revisión No. 7
Pág. No. 15 / 22	Peso: 0.001 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato: A4		
		Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05			
			D X.XXX ±0.01			



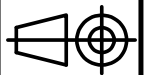
Escala:	Nombre		Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  Experiencia que trasciende DEL VALLE
2:1	Diseño:	Luis G. Cariñés	25/10/2013	
Unidades: mm	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013	
	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	07/01/2014	
	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	15/01/2014	Revisión No. 7
Material:	Espaciador 15mm			
Aluminum 6061				
Pág. No. 16 / 22	Peso: 0.003 kg	Tolerancias: Ángulos $\pm 0.5^\circ$	D X.X $\pm 0.1$ D X.XX $\pm 0.05$ D X.XXX $\pm 0.01$	Formato: A4
				

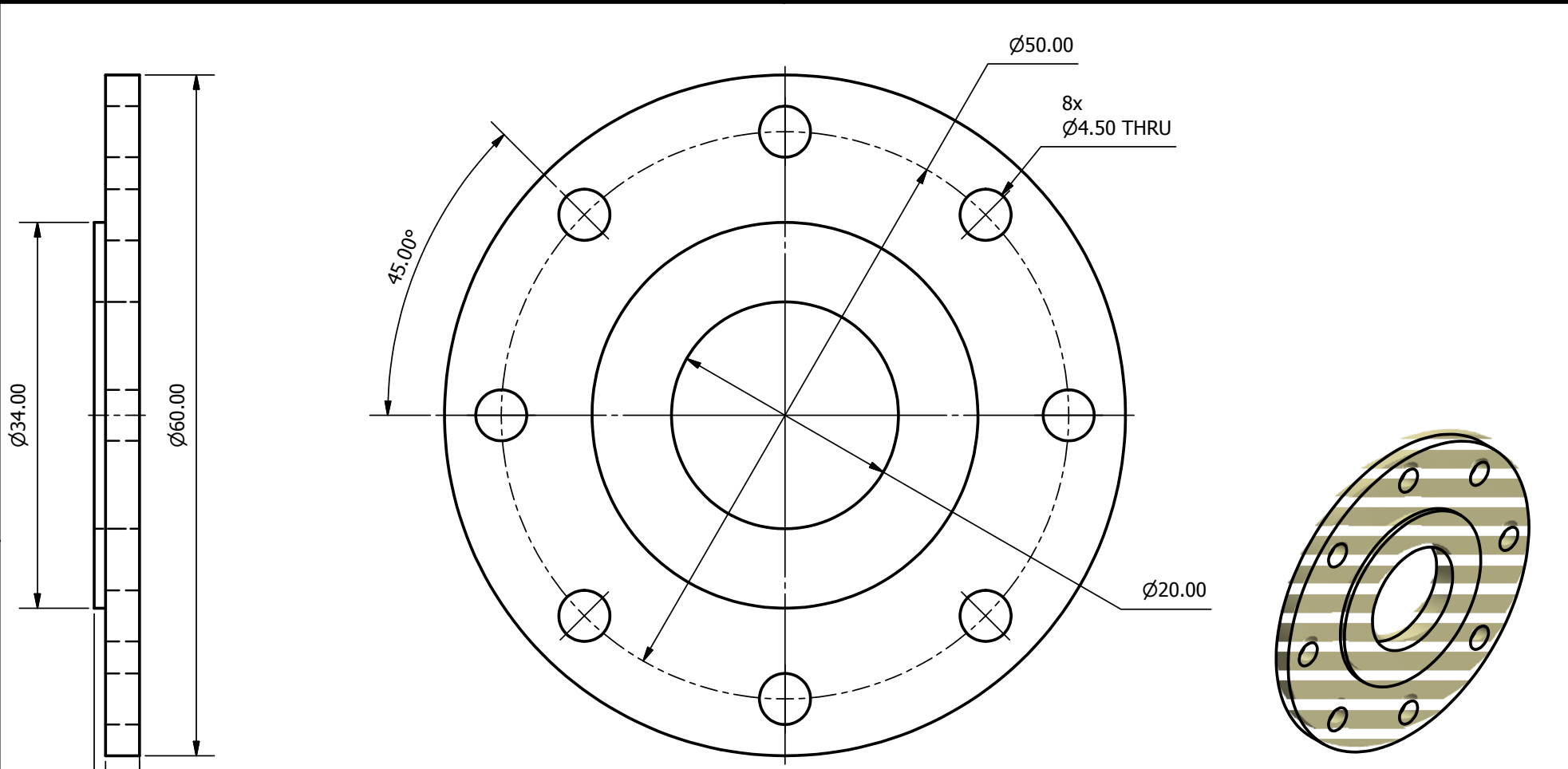


Escala:	2:1		Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  Experiencia que trasciende DEL VALLE
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013	
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	07/01/2014			
		Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	15/01/2014			
Material:	Vekton 6XAU		Tapa 10mm - Abierta			Revisión No.	7
Pág. No.	17 / 22	Peso:	0.005 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A4
				Ángulos ±0.5°			

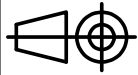


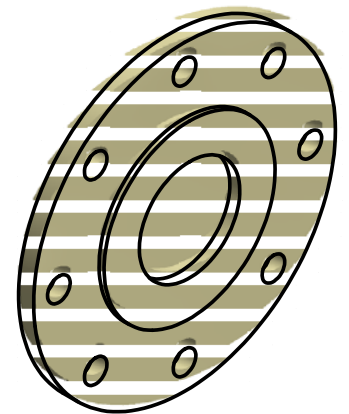
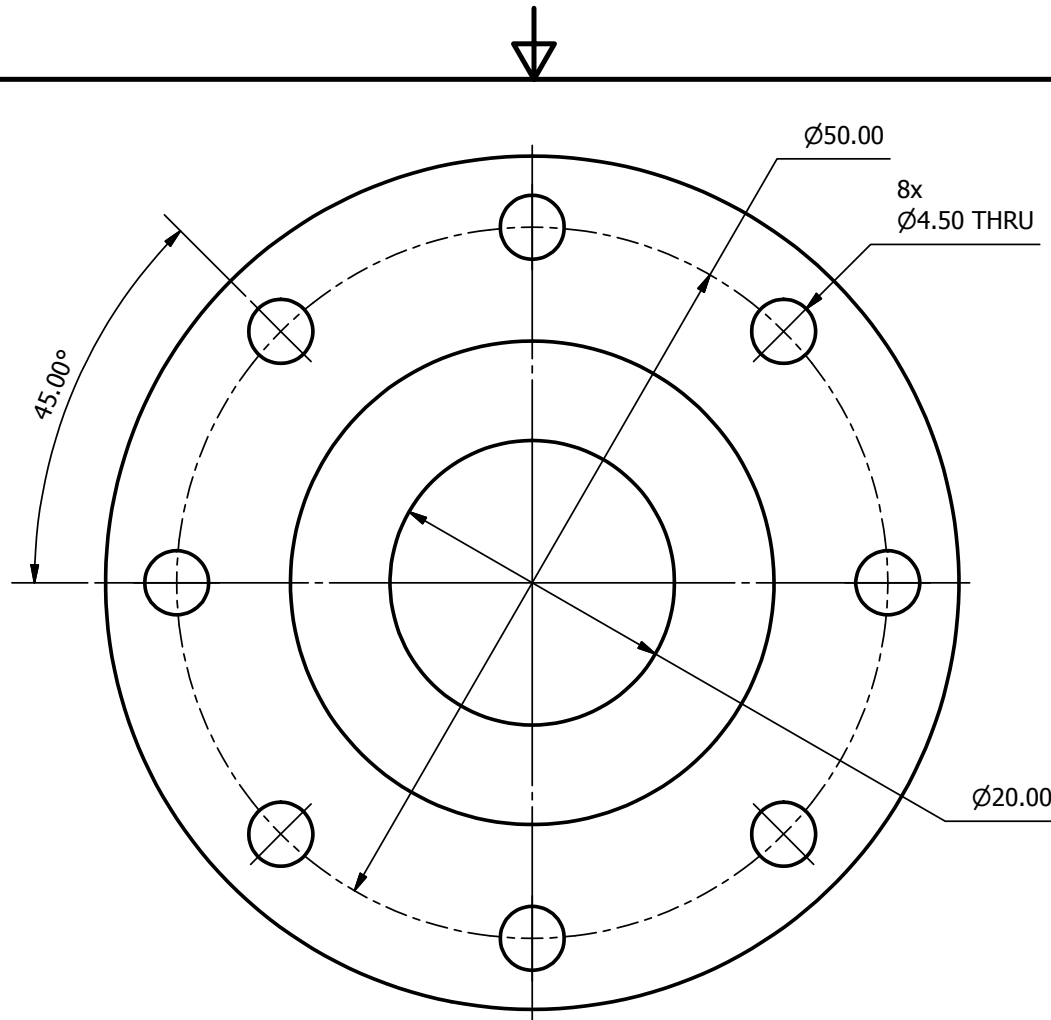
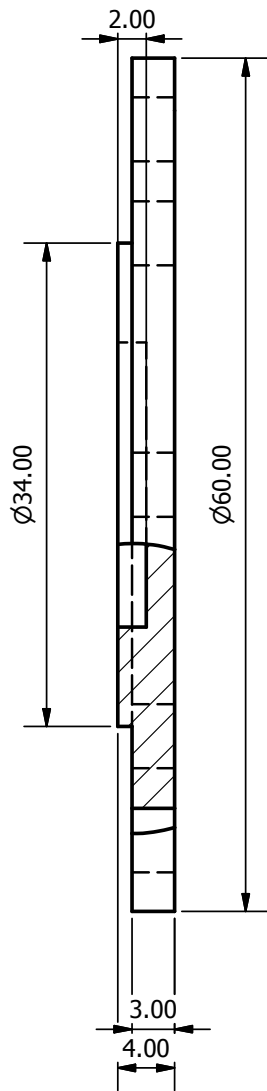
Escala:	Nombre		Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  1964 UG DEL VALLE DE GUATEMALA Excelexencia que trasciende DEL VALLE 1964
2:1	Diseño:	Luis G. Cariñés	25/10/2013	
Unidades: mm	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013	
	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	07/01/2014	
	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	15/01/2014	
Material:	Tapa 10mm - Cerrada			Revisión No.
Vekton 6XAU				7
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1	Formato:
18 / 22	0.005 kg	Ángulos ±0.5°	D X.XX ±0.05	
			D X.XXX ±0.01	
				A4



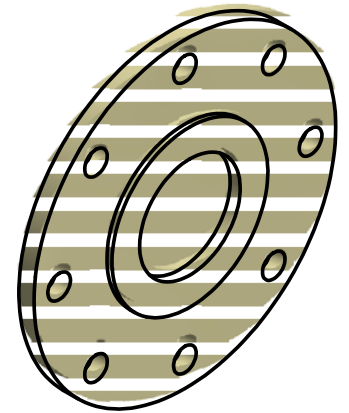
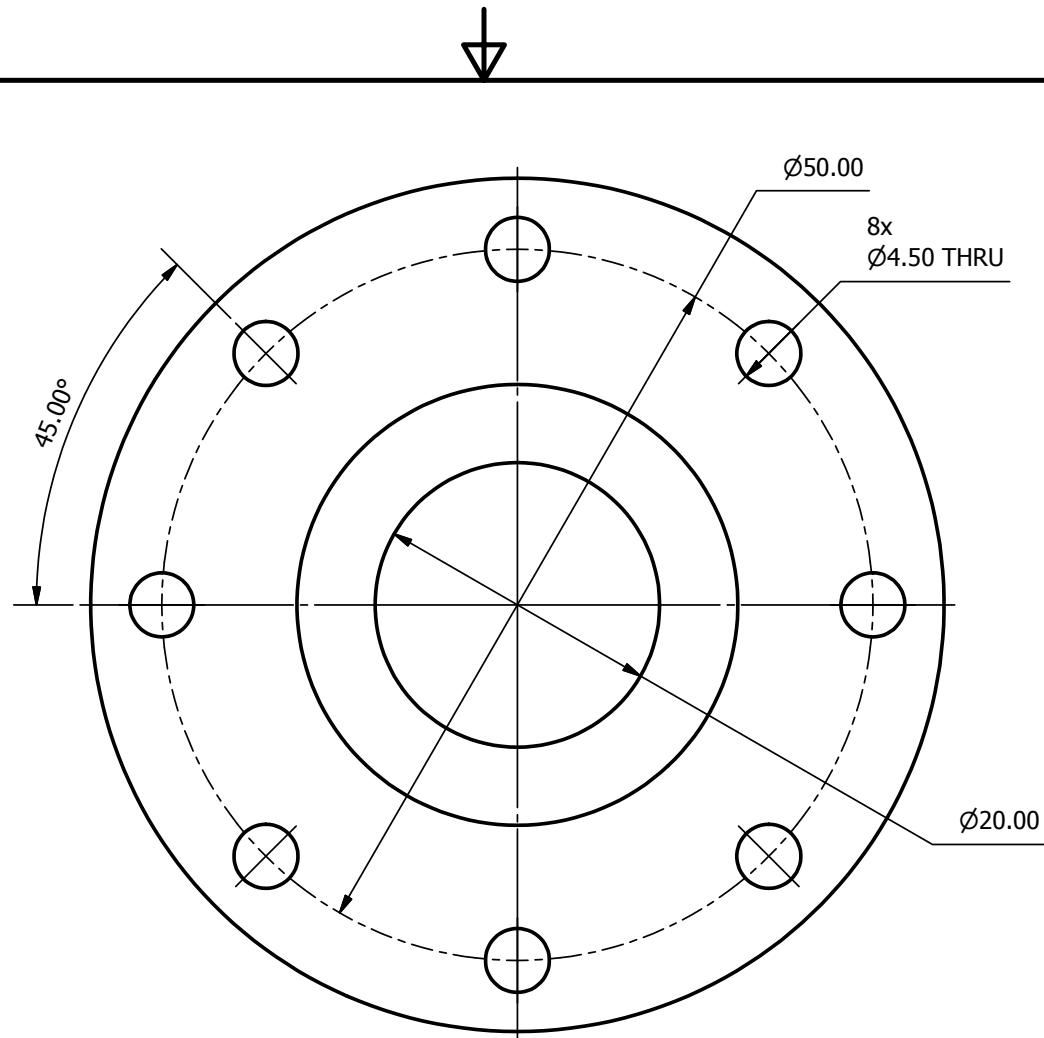
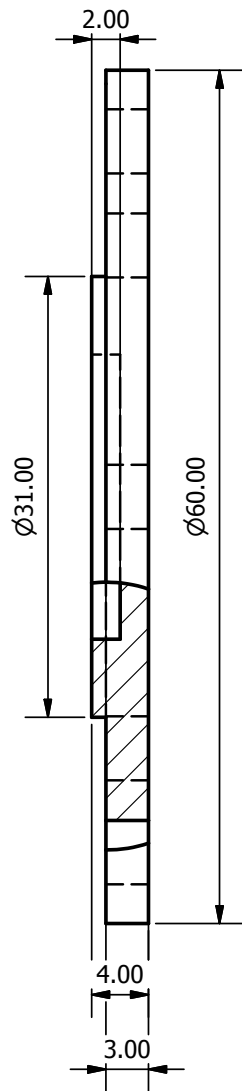


Escala:	2:1		Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	07/01/2014		
		Material:		Vekton 6XAU		Tapa 15mm - Abierta		Revisión No.
Pág. No.	19 / 22	Peso:	0.009 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A4	7

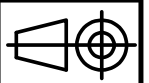


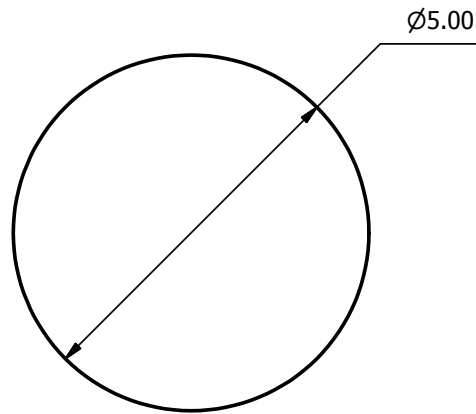
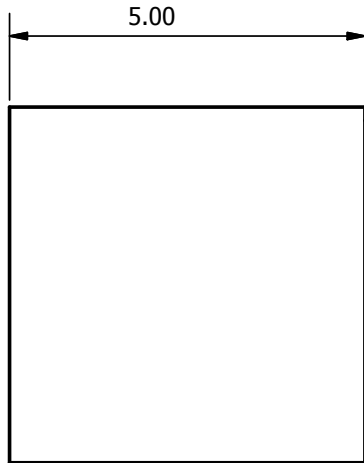



Escala: <b>2:1</b>	Nombre Luis G. Cariñés	Fecha 25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 
Unidades: <b>mm</b>	Diseñó: Luis G. Cariñés	Dibujó: Luis G. Cariñés	
	Revisó: Ing. Raúl Loarca	Aprobó: Ing. Fabrizio Roana	
	Material: <b>Vekton 6XAU</b>	Tapa 15mm - Cerrada	
Pág. No. <b>20 / 22</b>	Peso: <b>0.009 kg</b>	Tolerancias: D X.X ±0.1 Ángulos ±0.5° D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Revisión No. <b>7</b>
		Formato: <b>A4</b>	

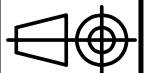


Escala:	2:1		Nombre	Luis G. Cariñés	Fecha	25/10/2013	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  1964 UG DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excellencia que trasciende</i> DEL VALLE 1964	
Unidades:	mm	Diseño:	Luis G. Cariñés	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	07/01/2014		
		Material:		Vekton 6XAU		Tapa 15mm - CerradaB		Revisión No.
Pág. No.	21 / 22	Peso:	0.009 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A4	7

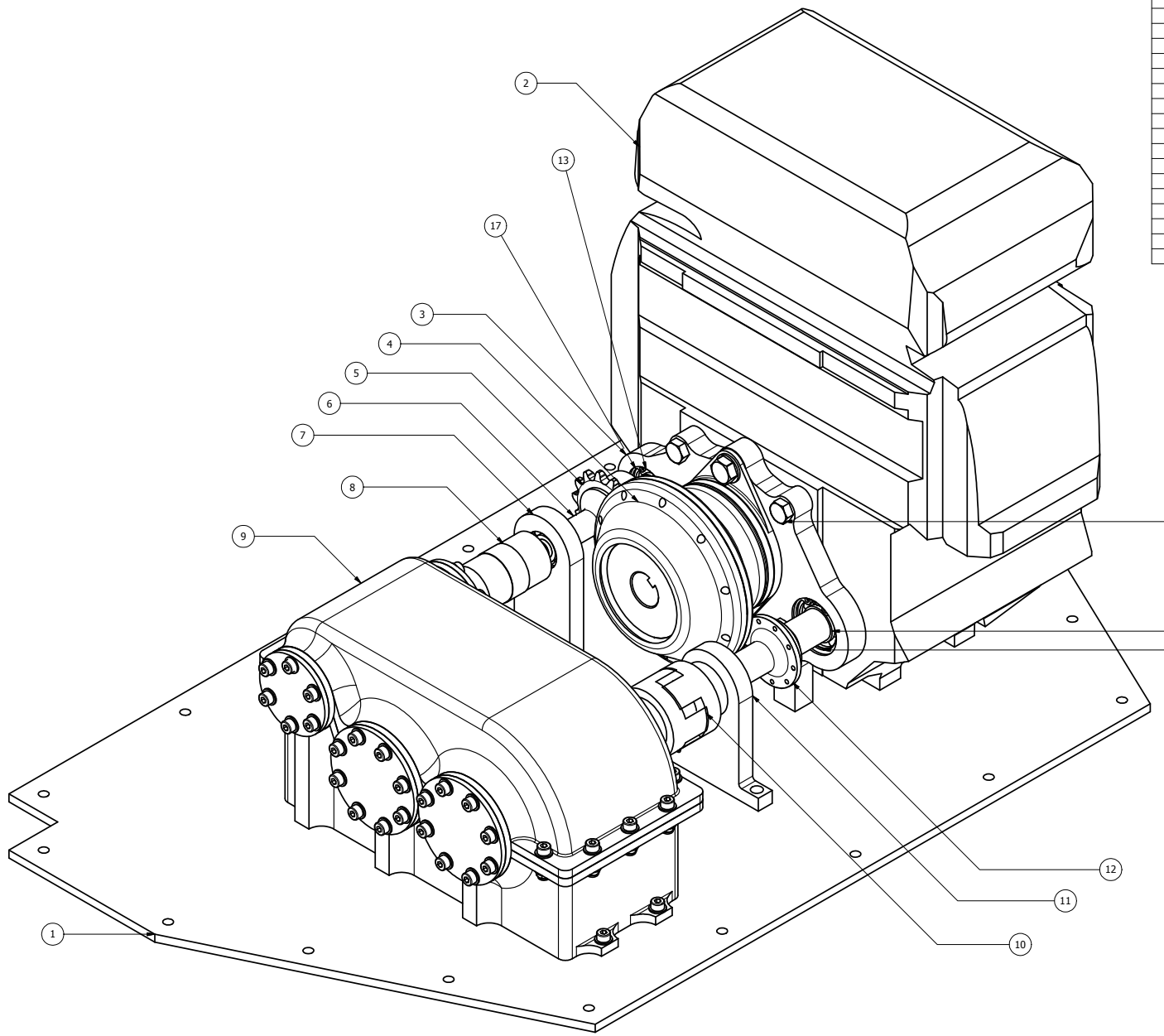




Escala:	Nombre		Fecha		Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  1964 UG DEL VALLE DE GUATEMALA Experiencia que trasciende DEL VALLE 1964
10:1	Diseño:	Luis G. Cariñés	25/10/2013		
Unidades: mm	Dibujó:	Luis G. Cariñés	12/11/2013		
	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	07/01/2014		
	Aprobó:	Ing. Fabrizio Roana	15/01/2014		
Material:		Pasador			Revisión No.
Stainless Steel					7
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X	±0.1	Formato:
22 /22	0.001 kg	Ángulos ±0.5°	D X.XX	±0.05	
			D X.XXX	±0.01	
					A4

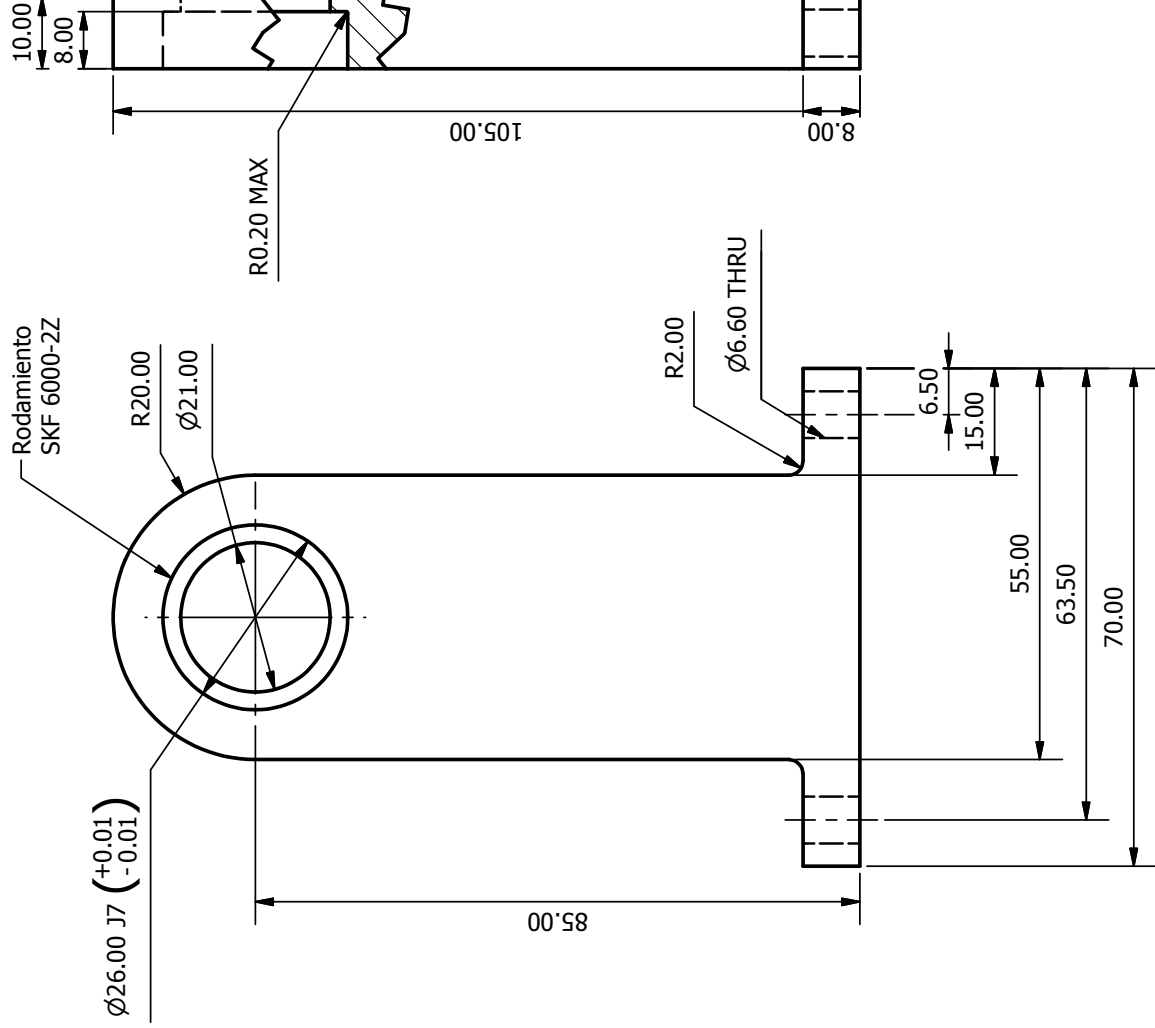




Anexo 21: Planos del sistema de transmisión

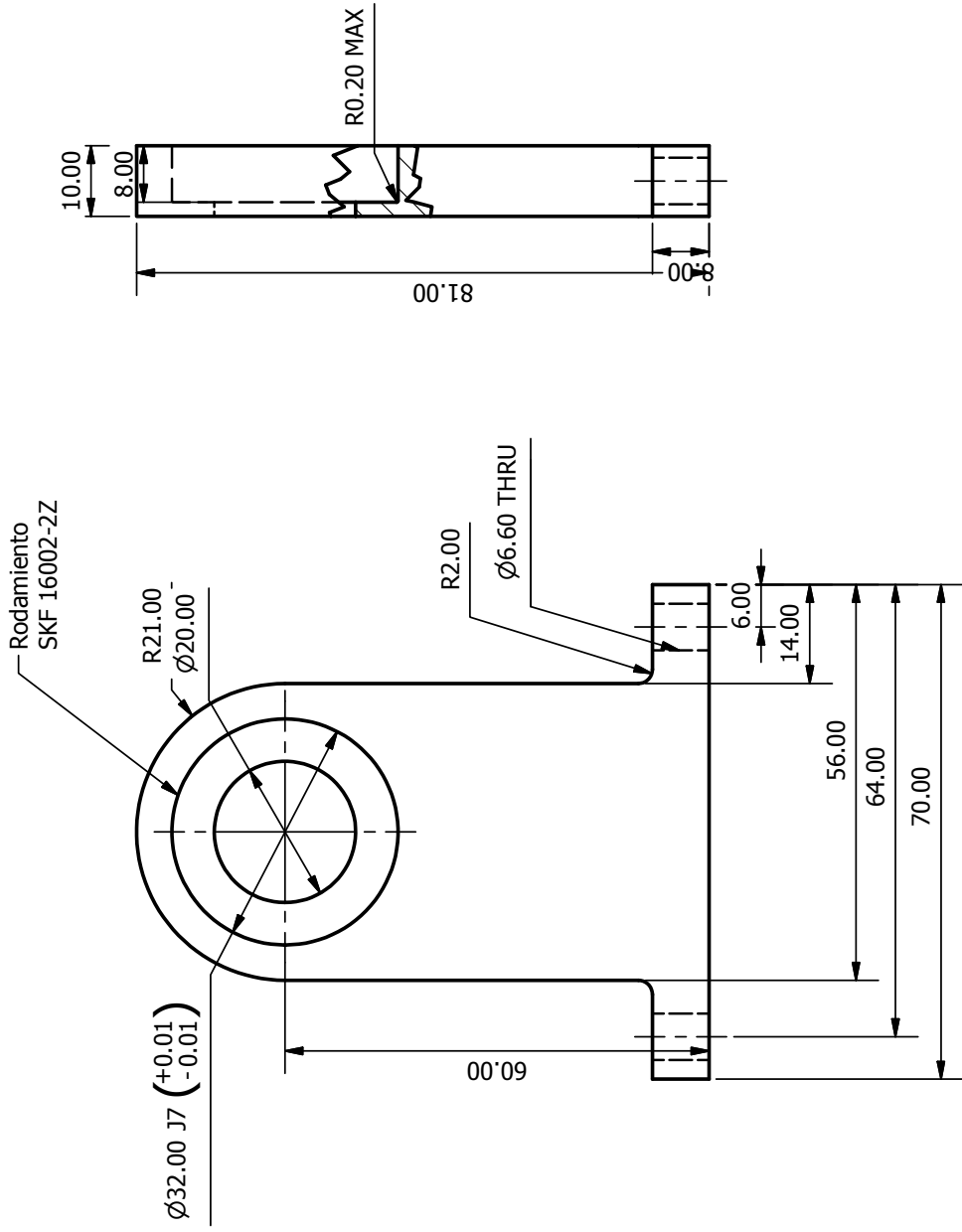


LISTADO DE PARTES				
ITEM	CANT.	PARTE	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	1	Base		Aluminum 6061
2	1	Motor	Honda GXH 50	
3	1	Espaciador		Aluminum 6061
4	1	Embrague	DBRT1	
5	1	Catarina	ANSI #35 14 Dientes	
6	1	Eje complementario de entrada		Acero AISI 4340
7	1	Soporte eje de entrada		Aluminum 6061
8	2	Acople de mandibula	Lovejoy C14	
9	1	Caja Reductora		
10	2	Acople de mandibula	Lovejoy C19/24	
11	1	Soporte eje de salida		Aluminum 6061
12	1	Eje complementario de salida		Steel AISI 4130
13	2	Rodamiento	SKF 6000-2Z	
14	2	Rodamiento	SKF 16002-2Z	
15	4	Tornillo Hexagonal	1/4-28 UNF	
16	1	Seguro Interno	DIN 472 - 32 x 1.2	
17	1	Seguro Interno	DIN 472 - 26 x 1.2	
18	1	Seguro Externo	DIN 471 - 20x1.2	

Escala:	Nombre		Fecha	Universidad del Valle de Guatemala <small>18 Avenida 11-95 Zona 15          Vista Hermosa 3          Guatemala, Guatemala</small>	
<b>1:2</b>	Diseño:	Luis Gabriel Cariñés	15/01/2014		
Unidades:	Dibujo:	Luis G. Cariñés	12/11/2013		
mm	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	28/02/2014		
	Aprobó:	Ing. Victor Ayerdi	28/02/2014		
Material:	N/A			Módulo de Transmisión	Revisión No. 6
Pág. No. 1 / 8	Peso: 12.891 kg	Tolerancias: Ángulos ±0.5°	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato: A2	



Escala: 1:1		Diseño: Luis Gabriel Cariñes	Nombre Luis Gabriel Cariñes	Fecha 15/01/2014	 Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  Especialistas por excelencia	Revisión No. 6
Unidades: mm		Dibujó: Luis G. Cariñes	Revisó: Ing. Raúl Loarca	Fecha 12/11/2013		
Material: Aluminum 6061		Aprobó: Ing. Victor Ayerdi	Fecha 28/02/2014	Fecha 28/02/2014		
Pág. No. 2 / 8		Soporte eje de entrada		Formato: A4		
Peso: 0.101 kg		Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Ángulos ±0.5°		



Escala:		Nombre		Fecha				
1:1		Luis Gabriel Cariñes		15/01/2014				
Unidades:		Luis G. Cariñes		12/11/2013				
mm		Ing. Raúl Loarca		28/02/2014				
Material:		Ing. Victor Ayerdi		28/02/2014				
Aluminum 6061		Soporte eje de salida				Revisión No.		
Pág. No.						Tolerancias:		6
3 / 8						Ángulos $\pm 0.5^\circ$		
Peso:		D X.X		Formato:				
0.073 kg		D X.XX		A4				
		D X.XXX						



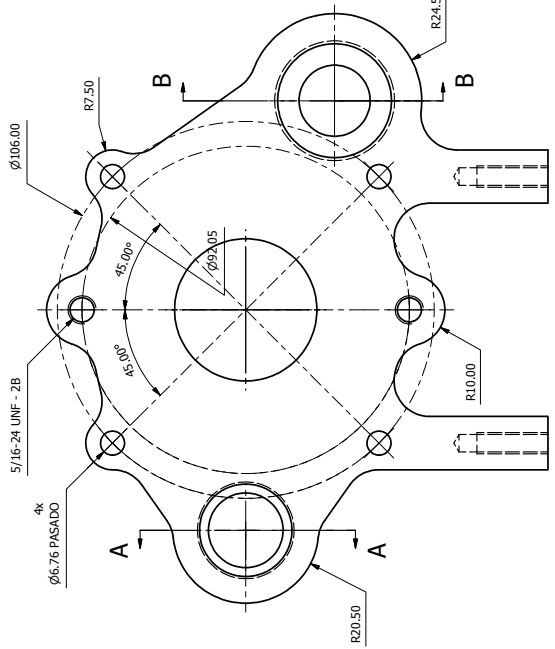
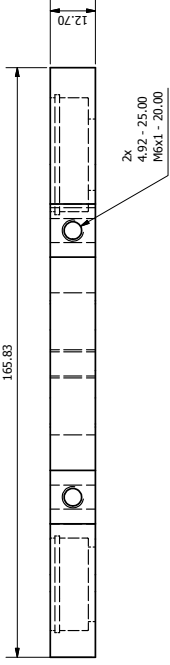
Universidad del Valle  
de Guatemala

18 Avenida 11-95 Zona 15  
Vista Hermosa 3  
Guatemala, Guatemala

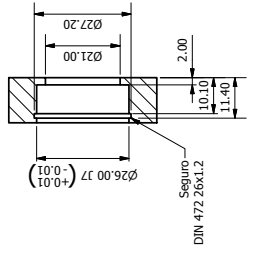


Revisión No.  
6

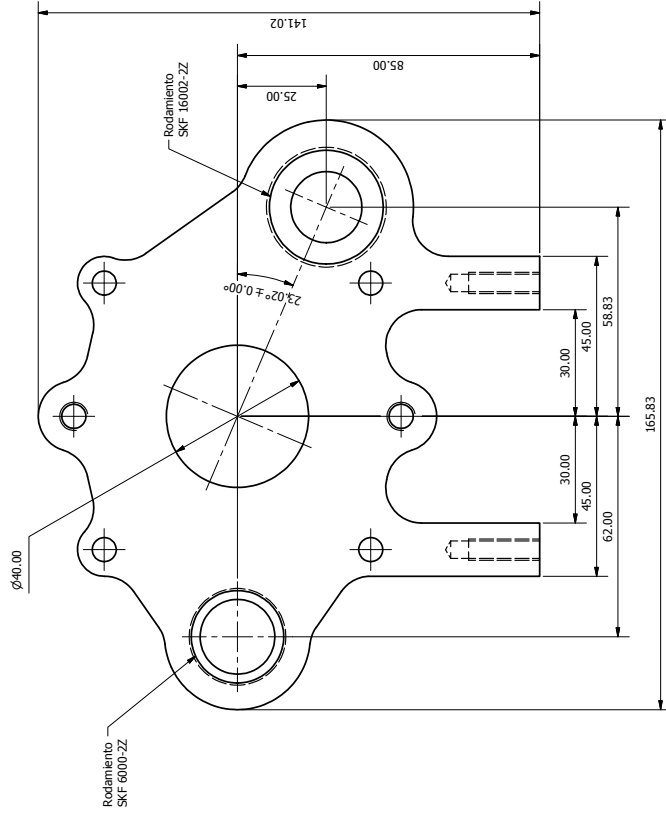
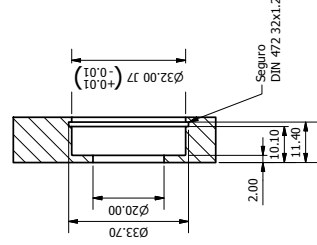




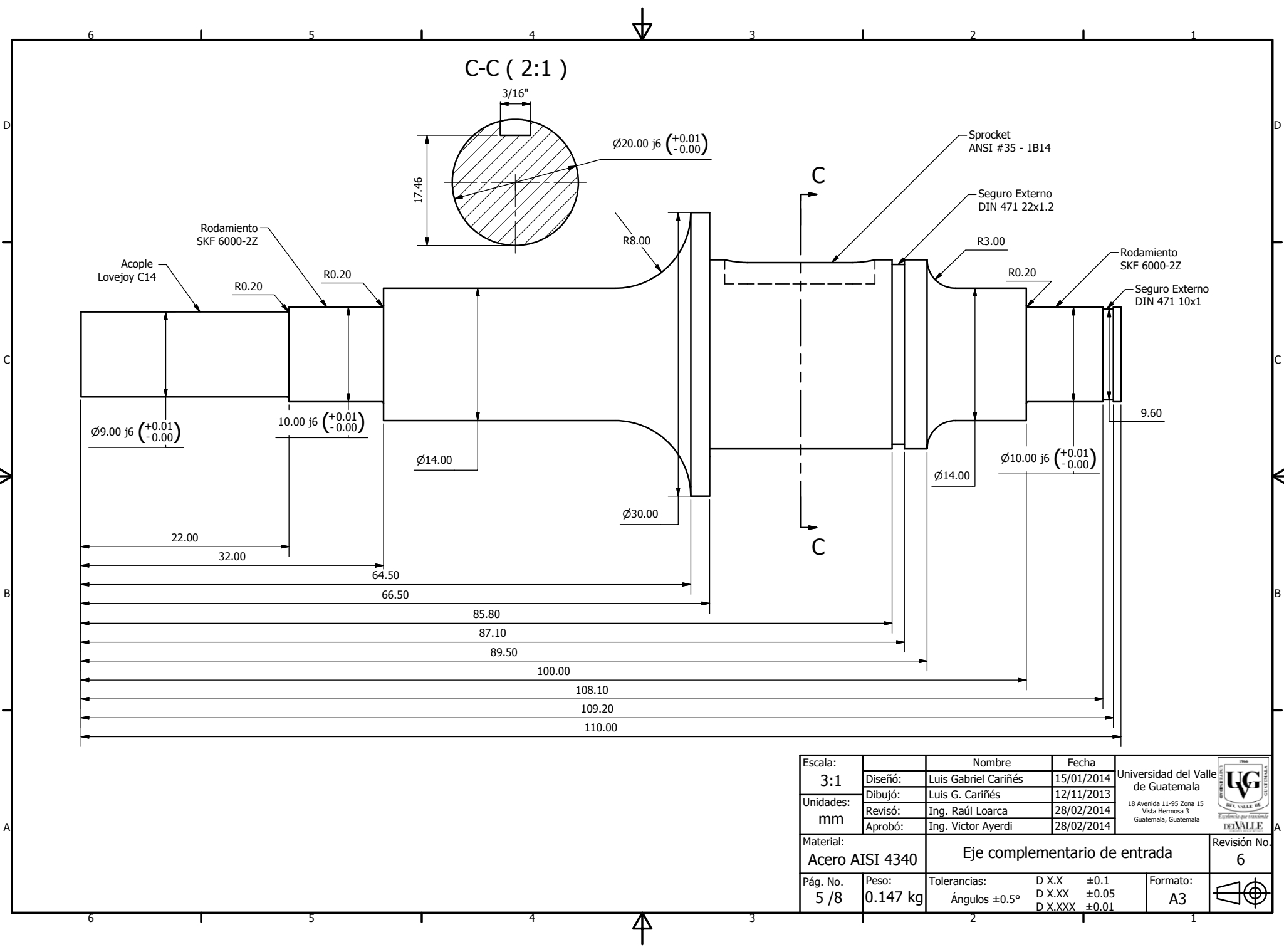
A-A (1:1)



B-B (1:1)



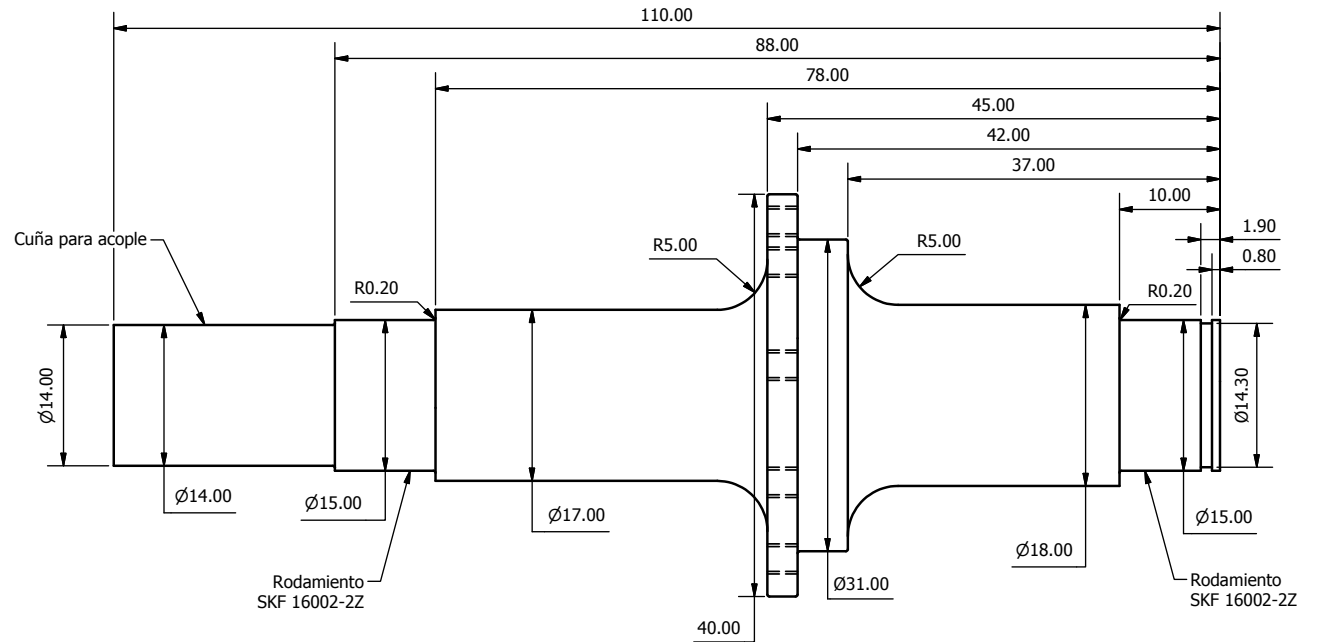
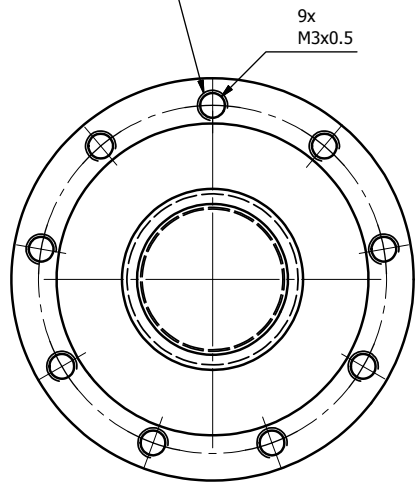
Escala:	1:1	Diseño:	Luis Gabriel Carriles	Nombre:	Luis Gabriel Carriles	Fecha:	15/01/2014
Unidades:	M/M	Dibujó:	Luis G. Carriles	Universidad del Valle de Guatemala	12/11/2013	Revisó:	Ing. Raul Luarca
Material:	Aluminum 6061	Revisó:	Ing. Raul Luarca	28/02/2014	Revisó:	Ing. Victor Ayardi	28/02/2014
Pág. No.	4 / 8	Material:	Aluminum 6061	Revisión No.	6	Formato:	A2
Peso:	0.348 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1				
		Ángulos:	±0.5°				
			D X.XX ±0.05				
			D X.XXX ±0.01				



Escala:	3:1	Nombre	Luis Gabriel Cariñés	Fecha	15/01/2014	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala 
Unidades:	mm	Diseñó:	Luis G. Cariñés	Fecha	12/11/2013	
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	28/02/2014	
		Aprobó:	Ing. Víctor Ayerdi	Fecha	28/02/2014	
Material:	Acero AISI 4340		Eje complementario de entrada			Revisión No.
						6
Pág. No.	5 / 8	Peso:	0.147 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:
				Ángulos ±0.5°		A3

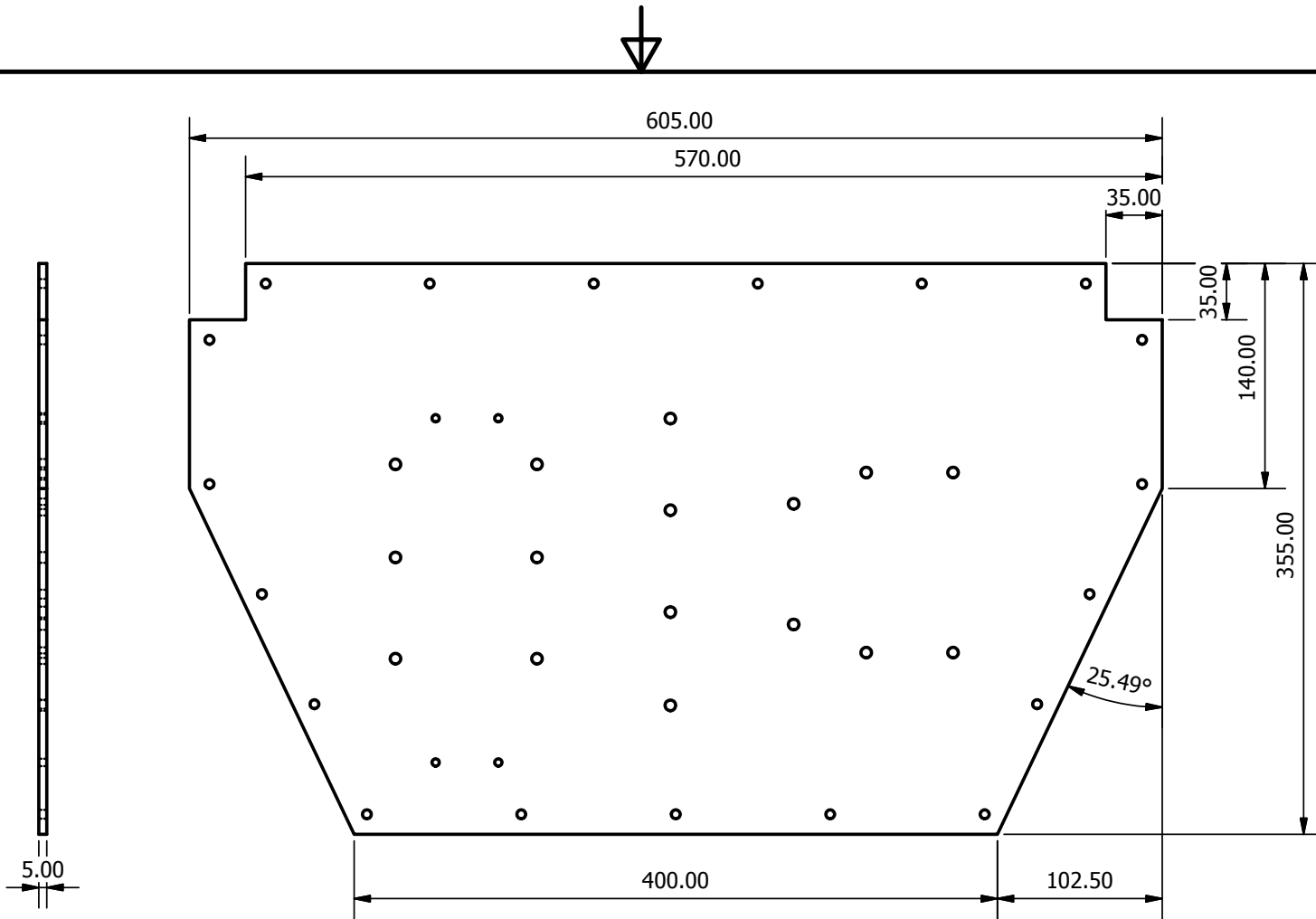


Verificar posicionamiento de agujeros con el sprocket proporcionado.

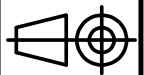


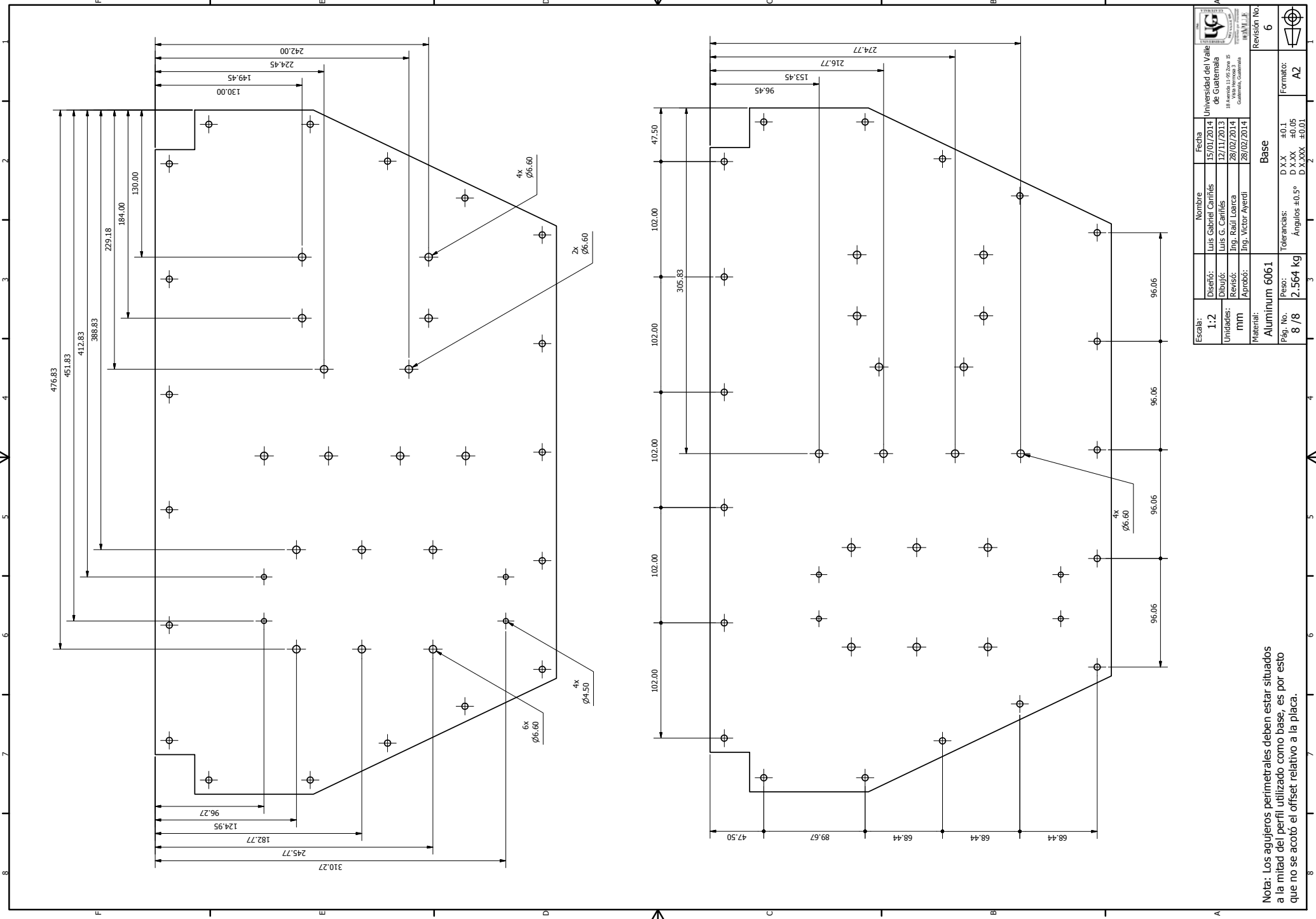
Escala:	1:2	Nombre	Luis Gabriel Cariñés	Fecha	15/01/2014	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala	
Unidades:	mm	Diseñó:	Luis G. Cariñés	Fecha	12/11/2013		
		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	Fecha	28/02/2014		
		Aprobó:	Ing. Víctor Ayerdi	Fecha	28/02/2014		
Material:	Steel AISI 4130		Eje complementario de salida			Revisión No.	6
Pág. No.	6 / 8	Peso:	0.229 kg	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:	A3





Escala:	Nombre		Fecha	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 Zona 15 Vista Hermosa 3 Guatemala, Guatemala  Experiencia que trasciende DEL VALLE GUATEMALA
1:4	Diseño:	Luis Gabriel Cariñes	15/01/2014	
Unidades: mm	Dibujó:	Luis G. Cariñes	12/11/2013	
	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	28/02/2014	
	Aprobó:	Ing. Victor Ayerdi	28/02/2014	
Material:	Base			Revisión No.
Aluminum 6061				6
Pág. No.	Peso:	Tolerancias:	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Formato:
7 / 8	2.564 kg	Ángulos ±0.5°		A4





Nota: Los agujeros perimetrales deben estar situados a la mitad del perfil utilizado como base, es por esto que no se acotó el offset relativo a la placa.

		Fecha: 15/01/2014 Nombre: Luis Gabriel Carriles Diseñó: Luis G. Carriles Dibujó: Luis G. Carriles Revisó: Ing. Raul Loarca Aprobó: Ing. Victor Ayardi Material: Aluminum 6061 Pág. No. 8 / 8	Universidad del Valle de Guatemala 15 de Agosto de 2014 15 de Agosto de 2014 28/02/2014 28/02/2014 Base Tolerancias: D X.X ±0.1 X X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01 Angulos ±0.5°	Revisión No. 6 Formato: A2
--	--	---	---	-------------------------------

Anexo 22: Protocolo de pruebas

### Objetivos:

- Verificar la velocidad máxima del vehículo de 35 km/h.
- Medir la eficiencia total del sistema de transmisión.

### Metodología:

Después de realizar las pruebas de la dirección y frenos, y habiendo asegurado su buen funcionamiento, se proseguirá con las pruebas de la transmisión. Se realizarán 10 corridas en las cuales se buscará llegar a 35 km/h, estas corridas se llevaran a cabo el parqueo 1 de la UVG en contra de la pendiente.

1. Medir la inclinación de la pista.
2. Revisar y registrar las condiciones de la superficie.
3. Trazar línea de partida.
4. Trazar punto en donde el vehículo debe empezar a frenar, considerando 25 metros de espacio libre.
5. Medir y anotar la distancia desde la línea de partida hasta la de frenado.
6. Montar al chasis del vehículo un GPS con el cual se registrará cada corrida.
7. Montar una videocámara en el compartimiento del motor la cual utilizaremos posteriormente para estudiar el comportamiento de los componentes de la transmisión.
8. Posicionar el vehículo en la línea de partida y verificar que el piloto este bien asegurado.
9. Iniciar la prueba. El piloto deberá acelerar buscando llegar hasta 35 km/h, en el momento que llegue a la línea de frenado deberá frenar independientemente de la velocidad alcanzada. Si alcanza los 35 km/h mantendrá la velocidad y frenara al llegar a la línea.
10. Al finalizar la prueba se anotará en la tabla la velocidad máxima y la aceleración registrada por el GPS y el tiempo que le tomó al carro recorrer la pista medido con el cronómetro.
11. Se verificará el estado del carro y se determinará si es seguro continuar trabajando. Se comprobará el estado de los siguientes componentes:
  - Acoples: que no presenten daños y que los elementos de hule no estén rotos.
  - Aceite de la caja: que este en el nivel indicado.
  - Alineación de llantas: que las llantas delanteras y traseras mantengan una alineación aceptable.
  - Firmeza de los componentes: que no haya ninguna pieza suelta y que todo esté en su posición.
12. Se anotará en la tabla si el carro aprobó las pruebas.
13. Regresar el carro al punto de salida y continuar en caso que el carro esté en buenas condiciones.

### Instrumentos utilizados:

- GPS Garmin
- Cronómetro con milisegundos
- Cinta métrica de 5 metros
- GoPro Hero 3+ Black Edition con acople Jaws.
- Videocámara

Anexo 23: Procedimientos detallados, eficiencia energética

## Prueba consumo de combustible

**OBJETIVO:** Obtener el consumo de combustible del vehículo, utilizando inyector, para poder obtener el rendimiento del mismo.

**ALCANCE:** Este procedimiento aplica para ambos combustibles (Etanol y gasolina).

**PROCESOS Y REQUISITOS:** Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. Llenar por completo la línea de combustible, hasta la llave del tanque de combustible.
2. Agregar 250ml de combustible en el tanque.
3. Se pueden ir agregando cada 10 ml, para poder ir marcando la altura del tanque.
4. Arrancar el motor y realizar el recorrido por la pista
5. Se debe tener el dato de la distancia total que se va a recorrer en la pista
6. Al detener el carro y apagar el motor, se debe cerrar la válvula de paso del tanque de combustible y con el mayor cuidado posible, retirar la manguera que conecta el tanque con el motor.
7. Con las marcas realizadas en el paso 2, se puede tener un aproximado del combustible que queda dentro del tanque para restarlo con el inicial y poder saber el consumo.
8. Una vez retirada la manguera, se debe proceder a recolectar el combustible que queda en el tanque en una probeta de 100 ml. (Esto con el fin de tener una medida más exacta del combustible que ha quedado dentro del tanque)
9. A los 250ml iniciales se le resta el contenido de combustible que haya quedado, obteniendo de esta manera el consumo.

### MATERIALES Y EQUIPO

- Probeta de 10 ml
- Probeta de 100 ml
- Beaker de 100 ml
- Desarmador plano
- Etanol / gasolina
- Embudo plástico

### RESULTADOS

Volumen inicial de combustible	Volumen final de combustible	Consumo de combustible	Distancia recorrida	Rendimiento (m/ml)

## Prueba gases de combustión

**OBJETIVO:** Conocer la composición de los gases de combustión, con el propósito de saber si se está dando una combustión completa o no.

**ALCANCE:** Este procedimiento aplica para ambos combustibles (Etanol y gasolina).

### PROCESOS Y REQUISITOS:

Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. Colocar el vehículo sobre una soporte a manera, que queden las llantas en el aire, y que el vehículo se sostenga establemente.
2. Llenar por completo la línea de combustible, hasta la llave del tanque de combustible.
3. Llenar el tanque de combustible
4. Arrancar el motor y soltar el clutch poco a poco, de tal manera que el motor se quede funcionando de manera estable.
5. Colocar el extremo del orsat en la salida del escape, para tomar la medición
6. Realizar mediciones manteniendo un poco acelerado el motor y acelerando por completo.

### MATERIALES Y EQUIPO

- Probeta de 10 ml
- Probeta de 100 ml
- Beaker de 100 ml
- Desarmador plano
- Etanol / gasolina
- Embudo plástico

### RESULTADOS

Volumen inicial de combustible	Volumen final de combustible	Consumo de combustible	Distancia recorrida	Rendimiento (m/ml)

## Calibración sensor de presión

**OBJETIVO:** Calibrar el sensor de presión de acuerdo a las condiciones ambientales (altitud) del lugar.

**ALCANCE:** Este procedimiento aplica para la calibración del sensor en diferentes lugares con distinta altitud.

### PROCESOS Y REQUISITOS:

Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. Conectar el sensor de presión a una fuente de vacío.
2. Regular una presión de vacío de 50 KPa.
3. En la interfaz del programa, se debe colocar el botón de inicio de toma de medición para iniciar la medición.
4. Dar click en el botón de grabación del programa.
5. Dejar por 1 minuto aproximadamente
6. Parar la grabación y la toma de medición del programa
7. Abrir el play Back de la medición, con lo que se grabo con anterioridad y leer el voltaje que tuvo el sensor (en promedio)
8. Realizar lo mismo con dejando el sensor a la atmósfera
9. Con ayuda de un barómetro, tomar la medición de la presión atmosférica.

### MATERIALES Y EQUIPO

- Sistema de vacío
- Sensor de presión
- Computadora con programa instalado (ProCAL)
- Barómetro

### RESULTADOS

Presión de vacío (Kpa)	Presión atmosférica(KPa)	Voltaje generado con presión de vacío (U1)	Voltaje generado con presión atmosférica (U2)	VAL_Grd (hPa)	VAL_Ofs (hPa/V)

## Curvas de calibración para masa inyectada

**OBJETIVO:** Obtener una curva de calibración para relacionar la masa de combustible agregada, dependiendo del valor que se introduzca en el parámetro VAL\_Qstat (g/min) del inyector

**ALCANCE:** Este procedimiento aplica para la calibración de ambas presiones (1.5 y 2 bar)

### PROCESOS Y REQUISITOS:

Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. Armar el banco de pruebas en el cuarto de balanzas de operaciones unitarias.
2. Presurizar el sistema a una presión de 4 bar.
3. Tarar un erlenmeyer de 125 ml
4. Desconectar el inyector del motor y colocarlo sobre un erlenmeyer de 125ml.
5. Regular la presión de inyección a la presión que se quiere analizar
6. Dejar pasar corriente al sistema (encender el switch de la batería)
7. Abrir el programa del inyector (ProCAL) y conectar el cable para transmitir datos a la computadora.
8. Colocar como valor inicial 2.006 g/min y dar click en la pestaña "run" y luego en "burn to ECU"
9. Esperar a que se guarden los datos en la computadora del sistema de inyección y jalar la correa del motor a manera de inyectar 40 veces dentro del erlenmeyer
10. Pesar el erlenmeyer con combustible
11. De ser posible, medir el volumen de combustible con una probeta
12. Repetir el procedimiento colocando diferentes valores de inyección en el programa. (paso 8)

Nota: se debe verificar constantemente que se tenga la presión regulada al inicio de la prueba.

### MATERIALES Y EQUIPO

- Compresor
- Balanza analítica
- 2 erlenmeyer de 125 ml
- Computadora con programa instalado (ProCAL)
- Probeta de 10 ml

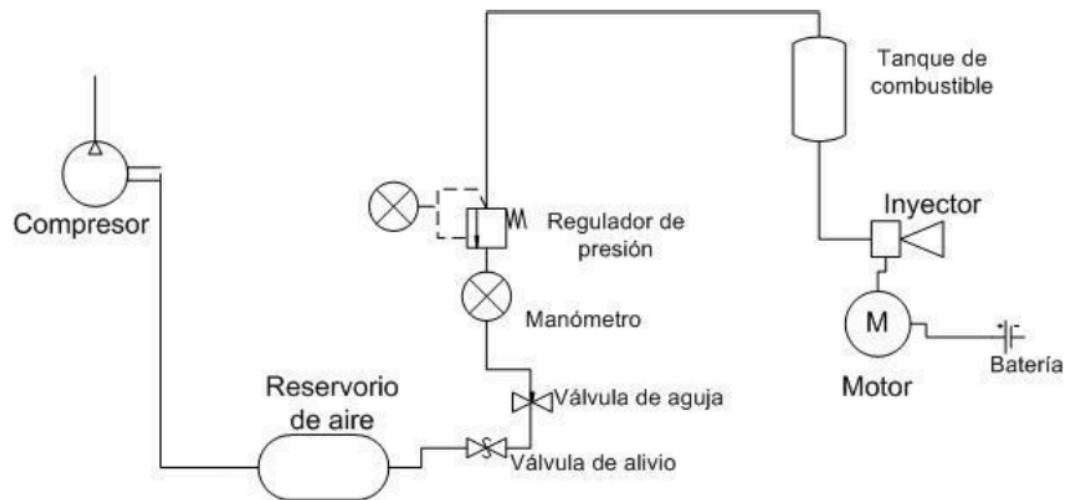
### RESULTADOS

VAL_Qstat (g/min)	Masa de combustible (g)	Volumen combustible (ml)	Presión de inyección (bar)

Cosas a revisar en caso no está encendiendo el motor

1. Revisar que la batería tenga carga (12V)
  - a. Apoyarse de un amperímetro
2. Revisar que el sistema se encuentre presurizado
  - a. Revisar el manómetro que este por arriba de 3 bar
  - b. Revisar válvula de regulación que este abierta
    - i. Ver que el manómetro de la válvula se encuentre en 2 bar
3. Revisar que no hayan burbujas de aire en la línea de combustible
4. Revisar que la candela no esté mojada
  - a. Si esta mojada, secar y probar que haya chispa
  - b. Si está seca, probar que haya chispa.
5. Si no hubiera chispa
  - a. Verificar que está llegando voltaje a la chispa
    - i. Verificar puntos anteriores, asegurando que no se perdió el contacto de ninguno de los cables.
6. Revisar que no esté ahogado el motor

### Diagramas de Flujo



Anexo 24: Banco de pruebas, eficiencia energética

Ilustración 1: banco de pruebas con etanol



Ilustración 2: banco de pruebas calibración de masa de combustible inyectado



Anexo 25: Datos de placa, eficiencia energética

Tabla 1: Datos de placa del motor

Marca	Honda
Modelo	GXH50
Desplazamiento	49.4 cc
Combustible	Gasolina / etanol
Relación de compresión	8:1
Capacidad del tanque	0.77 L
Rendimiento	0.91 L/h

Tabla 2: Datos de placa del Bacharach

Marca	United Technologies Bacharach
Modelo	Fyrite Test Bacharach
Incertidumbre	$\pm 0.25\%$

Tabla 3: Datos del termómetro infrarrojo

Marca	DiversiTech
Serie	IRT-1
Rango	-76 – 932 °F; -60 – 500 °C
Incertidumbre	$\pm 0.1$ °F; $\pm 0.1$ °C

Tabla 4: Datos de placa balanza analítica

Marca	BOECO Germany
capacidad	220 g
Incertidumbre	$\pm 0.0001$ g

Anexo 26: Datos originales, eficiencia energética

Tabla 1: Datos recopilados en prueba de rendimiento

Combustible	tiempo (min)	volumen utilizado (ml)
Gasolina	10	87.0000
Etanol	10	23.0000

Tabla 2: Datos recopilados en calibración del sensor de presión, en condiciones de Houston

MAP Sensor	
P1 (Kpa)	50
p2 (Kpa)	101.55
U1	1.214
U2	3.928

Tabla 3: Datos recopilados en calibración del sensor de presión, en condiciones de Guatemala

MAP Sensor	
P1 (Kpa)	50
p2 (Kpa)	99.2
U1	1.214
U2	3.928

Tabla 4: Resultados calibración de masa de combustible inyectado, a 1.5 bar

Fuel injector characteristics		
VAL_Qstat (g/min)	Volumen combustible (ml)	Masa de combustible (g)
3.003	1	0.0195
4.997	0.6	0.0181
7.003	0.5	0.0161
10.005	0.4	0.0154
11.999	0.2	0.0145
15.002		0.016
16.996		0.017
19.999		0.0174
24.996	0.1	0.0135

Tabla 5: Resultados calibración de masa de combustible inyectado, a 1.5 bar con diferentes valores de inyección

<b>Fuel injector characteristics</b>		
<b>VAL_Qstat (g/min)</b>	<b>Volumen combustible (ml)</b>	<b>Masa de combustible (g)</b>
4.997	1.7	1.3413
10.005	1	0.789
15.002	0.6	0.4734
19.999	0.5	0.3945
24.996	0.4	0.3156
30.005	0.2	0.1578

Tabla 6: Resultados calibración de masa de combustible inyectado, a 2 bar en triplicado

<b>Fuel injector characteristics</b>				
<b>VAL_Qstat (g/min)</b>	<b>Volumen combustible (ml)</b>	<b>Masa de combustible (g)</b>	<b>Masa de combustible (g)</b>	<b>Masa de combustible (g)</b>
3.003	1	0.019	0.0542	0.0745
4.997	0.6	0.0199	0.0204	0.0541
7.003	0.5	0.0267	0.0327	0.0207
10.005	0.4	0.0431	0.0267	0.0542
11.999	0.2	0.0523	0.0521	0.0525
15.002	0.2	0.0425	0.0464	0.0497
16.996	0.2	0.0254	0.0431	0.0255
19.999	0.2	0.0203	0.0321	0.0293
24.996	0.1	0.0251	0.0359	0.0354
30.005	1.7	0.0331	0.0335	0.0358

Tabla 7: Análisis orsat de los gases de combustión del motor, usando como combustible etanol

Condición	Aire (calibración)	Sin acelerar	1/2 acelerado	Totalmente acelerado (6000rpm)
O2 (%)	20.90%	17.50 %	13.50 %	10.50 %
CO (ppm)	2	994	1982	xxx
Eficiencia (%)	---	---	67.7	67.4
CO2 (%)	---	---	5.3	7.5
T gases de chimenea (°C)	25	160	298	396
T ambiente (°C)	22.3	22.7	22.9	22.9
NO (ppm)	---	0	2	10
NO2 (ppm)	---	4	5	6
Nox (ppm)	---	4	7	17
SO2 (ppm)	---	18	21	56

Nota: debido a que el Bacharach no tiene en su base de datos el etanol, el análisis se realizó utilizando la base de datos del keroseno.

Tabla 8: Datos recopilados ECU, mediciones del motor en funcionamiento

Velocidad (rpm)	Presión entrada MAP (hPa)	Tiempo de inyección (ms)	Temperatura del aire de entrada (°C)	Temperatura del motor (°C)	Presión ambiental (hPa)
1335	1091	13.4	32	55	1065
4837	1080	7.387	34	55	1055
1876	1073	6.482	35	58	1043
1552	1074	4.289	36	65	1028
2498	1075	5.371	36	67	1011
1859	1076	5.358	38	69	1010
2542	1070	4.953	38	70	1010
2261	1066	4.538	39	71	1010
2264	1066	4.947	40	73	1010
2042	1065	5.145	41	74	1010
PROMEDIO	2306.6	6.187	36.9	65.7	1025.2

Tabla 9: Datos de combustible para eficiencia por método indirecto

Datos	
densidad del aire (kg de aire/m <sup>3</sup> de aire)	1.2
Entalpía del vapor (KJ/Kg)	2760
Entalpía del liq (KJ/Kg)	685.4
Poder calorífico del etanol (KJ/Kg)	26790
Porcentaje de humedad en peso del etanol	0%
Porcentaje en peso de hidrógeno en etanol	13%
porcentaje de humedad en aire	63%
Temperatura de la superficie (°C)	74.00

Ilustración 1: Calibración de Bacharach

BACHARACH, INC.  
 ECA 450  
 SN: R01018  
 =====

HORA 04:53:16 pm  
 FECHA 07/21/2014

COMBUSTIBLE  
 Keroseno

O2 20.9 %  
 CO 2 ppm  
 EFF ----- %  
 CO2 ----- %  
 T-CHIM 25 °C  
 T-AMB 22.3 °C (1)  
 EA ----- %  
 NO 0 ppm  
 NO2 0 ppm  
 NOX 0 ppm  
 SO2 0 ppm  
 CO( O) ----- ppm  
 NO( O) ----- ppm  
 NO2( O) ----- ppm  
 NOX( O) ----- ppm  
 SO2( O) ----- ppm

-----

COMENTARIOS:  
 2014

Ilustración 2: Resultado del Bacharach sin acelerar

BACHARACH, INC.  
 ECA 450  
 SN: RQ1018  
 =====

HORA 04:55:05 pm  
 FECHA 07/21/2014

COMBUSTIBLE  
 Keroseno

O2	17.5 %
CO	994 ppm
EFF	----- %
CO2	----- %
T-CHIM	160 °C
T-AMB	22.7 °C (1)
EA	----- %
NO	0 ppm
NO2	4 ppm
NOX	4 ppm
SO2	18 ppm
CO( O)	----- ppm
NO( O)	----- ppm
NO2( O)	----- ppm
NOX( O)	----- ppm
SO2( O)	----- ppm

-----

COMENTARIOS:  
 sin acelerar

Ilustración 1: Resultados del Bacharach con aceleración al 50%

BACHARACH, INC.  
 ECA 450  
 SN: RQ1018  
 =====

HORA 04:56:11 pm  
 FECHA 07/21/2014

COMBUSTIBLE  
 Keroseno

O2	13.5 %
CO	1982 ppm
EFF	87.7 %
CO2	5.3 %
T-CHIM	298 °C
T-AMB	22.9 °C (1)
EA	167 %
NO	2 ppm
NO2	5 ppm
NOX	7 ppm
SO2	21 ppm
CO( O)	5818 ppm
NO( O)	5 ppm
NO2( O)	14 ppm
NOX( O)	19 ppm
SO2( O)	59 ppm

-----

COMENTARIOS:  
 acelerado 1/2

Ilustración 4: Resultados del Bacharach con aceleración total

```

BACHARACH, INC.
ECA 450
SN: R01018
=====

HORA 04:56:37 pm
FECHA 07/21/2014

COMBUSTIBLE
Keroseno

O2 10.5 %
CO xxxxx ppm
EFF 67.4 %
CO2 7.5 %
T-CHIM 396 °C
T-AUB 22.9 °C (1)
EA 92 %
NO 10 ppm
NO2 6 ppm
NOx 17 ppm
SO2 56 ppm
CO( O) xxxxx ppm
NO( O) 21 ppm
NO2( O) 13 ppm
NOx( O) 34 ppm
SO2( O) 112 ppm
=====

COMENTARIOS:
de 1:20 a 6:00 pm

```

Anexo 27: Cálculos de muestra, eficiencia energética

### Calibración del sensor de presión

VAL\_Grd, utilizando como referencia los datos obtenidos para las condiciones de Houston

$$VAL_{Grd} = \left( \frac{P_{atmosférica} - P_{de\ vacío}}{U_2 - U_1} \right) = \frac{101.55 - 50}{3.928 - 1.214} = 18.9941 Kpa$$

VAL\_Ofs, utilizando como referencia los datos obtenidos para las condiciones de Houston

$$VAL_{Grd} = Patmosférica - (U_2 * VAL_{Grd}) = 101.55 - (3.928 * 18.9941) = 26.9415 Kpa/V$$

### Cantidad estequiométrica de Etanol

Según ficha técnica del motor el consumo de este es de 0.91L/h de gasolina y se sabe que el poder calorífico de la gasolina es de 32.47 MJ/L, así que partiendo de esto se obtiene:

$$0.91 \frac{L}{h} * \frac{1 h}{60 min} * \frac{32.47 MJ}{1 L} = 0.4925 \frac{MJ}{min} \text{ con gasolina}$$

Se sabe que el poder calorífico del etanol es de 21.09 MJ/L

$$0.4925 \frac{MJ}{min \text{ con gasolina}} * \frac{1 L}{21.09 MJ} = 0.0238 L/min \text{ de etanol}$$

$$0.0238 \frac{L}{min} \text{ de etano} * \frac{0.001 m^3}{1 L} * \frac{788 Kg}{1 m^3} * \frac{1000 g}{1 Kg} = 18.40 g/min$$

Con los datos del ECU se obtiene que una inyección inicial dura 4.553 ms

$$18.40 \frac{g \text{ etanol}}{min} * \frac{1 min}{60 s} * \frac{1 s}{1000 ms} * \frac{4.553 ms}{1 inyección} = 1.396 \times 10^{-3} g$$

Con ayuda de la Gráfica 4: curvas de calibración de masa de combustible inyectado a 2 psi, promedio (anexo28); conociendo que los valores de la masa de combustible es por 40 inyecciones, se obtiene que:

$0.0014 g \text{ etanol} * 40 \text{ inyecciones} = 0.05 g$ , lo que significa que equivale a un VAL\_Qstat de 13.13 g/min en el inyector.

### Cantidad de aire teórico

$$1.396 \times 10^{-3} \text{ g etanol} * \frac{1 \text{ mol}}{46.06844 \text{ g}} * \frac{3 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol etanol}} * \frac{1 \text{ mol aire}}{0.21 \text{ mol O}_2} * \frac{29 \text{ g aire}}{1 \text{ mol aire}} = 0.0125 \text{ g de aire}$$

### Temperatura de flama

Para ejemplo de cálculo se utilizará la reacción completa, con aire estequiométrico

Reacción	C2H5OH	O2	CO2	H2O
Vi	-1	-3	2	3
$\Delta H(\text{fi})$ (J/mol)	-277690	0	-393509	-241818

Lo que nos lleva a que para un mol de etanol:

$$\Delta H_{rxn} = -1(-277690) - 3(0) + 2(-393509) + 3 * (-241818) = -1234782 \text{ J}$$

Se sabe que  $\Delta E_p + \Delta E_k + \Delta H = Q + W_s$  que simplificado se vuelve

$$\Delta H = 0 = \Delta H_{rxn} + \Delta H_p$$

$$\Delta H_p = R \int \frac{\Delta C_p}{R} dT \quad \text{y} \quad \frac{\Delta C_p}{R} = \Delta A + \Delta B T + \Delta C T^2 + \Delta D T^3$$

Se calcula entonces:

Especie	n(fi)	A	B	C	D
CO2	2	5.457	1.0450	0	-1.157
H2O	3	3.47	1.4500	0	0.121
N2	11.29	3.28	0.5930	0	0.04

	$\Delta A$	$\Delta B$	$\Delta C$	$\Delta D$
REACCIÓN	0	0	0	0
PRODUCTOS	58.3552	0.01313497	0	-149940

$$\Delta H_p = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \int_{298.15}^{T_{flama}} 58.3552 + 0.1313T - 149940T^{-2} dT = -1234782 \text{ J}$$

Que con ayuda de solver en Excel se obtiene que  $T_{flama} = 2277.14 \text{ K}$

### Cálculo de eficiencia de ciclo Otto estándar de aire

Tomando como referencia la figura 11: Ciclo de Otto estándar de aire, en el marco teórico se sabe que:

CD= compresión adiabática

DA= volumen constante y Temperatura aumenta

AB= expansión adiabática

BC= enfriamiento a volumen constante

Teniendo entonces las siguientes temperaturas, de los datos del ECU y la temperatura de flama:

$$T_C = 310.05 \text{ K}$$

$$T_A = 2277.14 \text{ K}$$

$$T_D = 338.85 \text{ K}$$

$$T_B = 620.15 \text{ K}$$

$$\eta = 1 - \frac{620.15 \text{ K} - 310.05 \text{ K}}{2277.19 \text{ K} - 338.85 \text{ K}} = 0.8400 * 100 = 84\%$$

Cálculo de eficiencia de Carnot

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_H} = 1 - \frac{310.05 \text{ K}}{2277.19 \text{ K}} = 0.8638 * 100 = 86.38\%$$

Cálculo de la eficiencia por método indirecto

*Volumen de aire teórico*

$$= 1 \text{ kg etanol} * \frac{1 \text{ kmol}}{46.06844 \text{ kg}} * \frac{3 \text{ kmol } O_2}{1 \text{ kmol etanol}} * \frac{1 \text{ kmol aire}}{0.21 \text{ kmol } O_2} * \frac{29 \text{ kg aire}}{1 \text{ kmol aire}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1.2 \text{ kg}} = 7.494$$

$$\text{Porcentaje de pérdida de gas de escape} = \frac{k(t_c - t_a)}{\%CO_2} \quad (\text{Hogere Zeevaartschool Antwerpe, 2010})$$

Donde k = constante de Seigert = 0.008 x %aire en exceso + 0.48 para combustibles líquidos

$t_c$  = temperatura de los gases de chimenea, °C

$t_a$  = temperatura de los gases de chimenea, °C

%CO<sub>2</sub> = porcentaje de CO<sub>2</sub> en gases de chimenea

$$K = 0.008 * 167 + 0.48 = 0.493$$

$$\text{Porcentaje de pérdida de gas de escape} = \frac{0.493(298 - 22.9)}{5.3} = 25.61\%$$

$$\text{Porcentaje de pérdida por humedad de combustible} = \frac{(9H_2 + h)(H_v - h_a - 578) * 100}{PCI}$$

(Rayapoly, 2009)

Donde H<sub>2</sub> = porcentaje en peso de hidrógeno en el combustible

h = porcentaje de humedad en el combustible por peso

H<sub>v</sub> = entalpía del vapor, kJ/kg

$H_l$  = entalpía del líquido, kJ/kg

PCI = poder calorífico inferior del combustible, kJ/kg

$$\text{Porcentaje de pérdida por humedad de combustible} = \frac{(9(0.13)+0)(2760-685.4-578)*100}{26790} = 6.60\%$$

$$\text{Pérdida por humedad en gases de combustión} = \frac{W_h(H_v-h_a)*100}{PCI} \quad (\text{Rayaproy, 2009})$$

Donde  $W_h$  = peso de la humedad en aire, kg/kg combustible quemado

$H_v$  = entalpía del vapor, kJ/kg

$H_l$  = entalpía del líquido, kJ/kg

PCI = poder calorífico inferior del combustible, kJ/kg

$$\text{Pérdida por humedad en gases de combustión} = \frac{0.63(2760-685.4)*100}{26790} = 4.88\%$$

$$\text{Pérdida por radiación} = 0.548 \left[ \left( \frac{T_s}{55.55} \right)^4 - \left( \frac{T_a}{55.55} \right)^4 \right] (\text{Bureau of Energy Efficiency})$$

Donde  $T_s$  = temperatura de superficie, K

$T_a$  = temperatura ambiente m/s

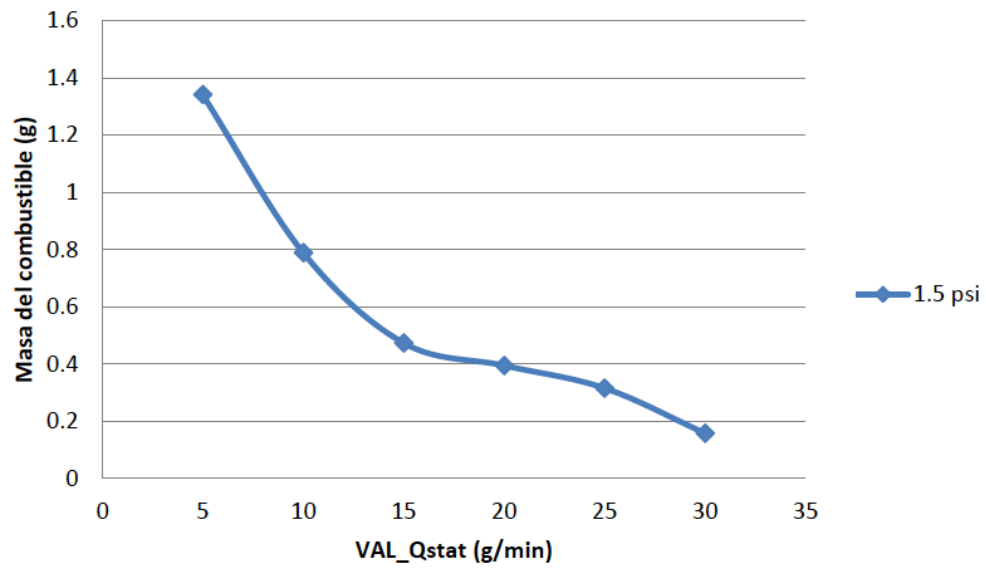
$V_m$  = velocidad linear del viento, m/h

$$\text{Pérdida por radiación} = 0.548 \left[ \left( \frac{74}{55.55} \right)^4 - \left( \frac{22.9}{55.55} \right)^4 \right] = 1.71\%$$

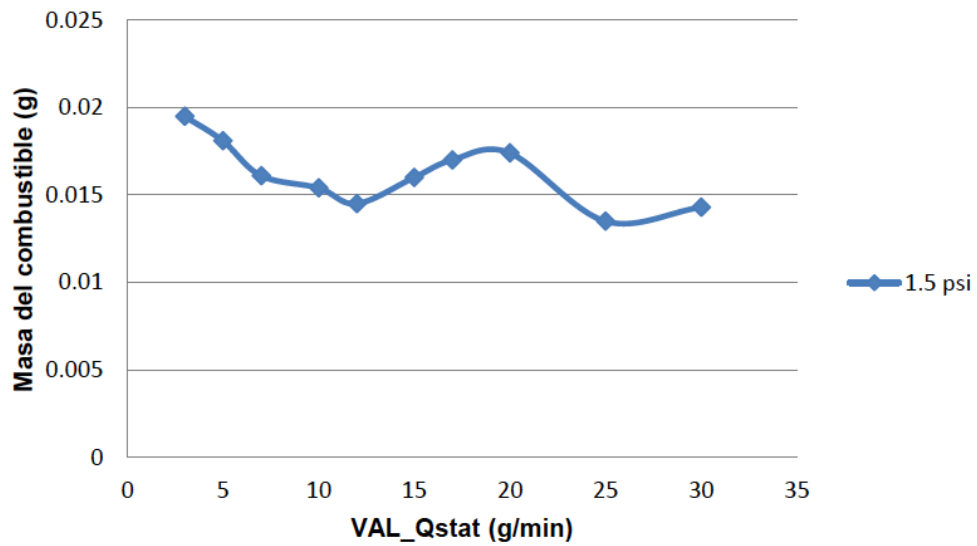
$$\eta = 1 - 0.2561 - 0.0660 - 0.0488 - 0.0171 - 0.25 = 0.6095 = 60.95\%$$

Anexo 28: Datos calculados, eficiencia energética

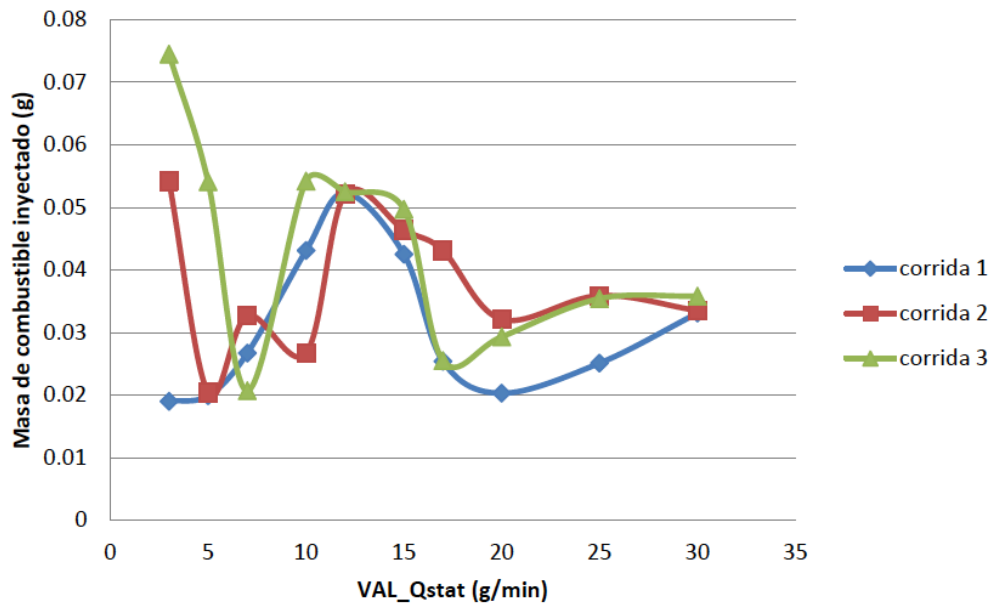
Gráfica 1: Curva de calibración para masa de combustible inyectada a 1.5 psi (la masa de combustible equivale a 40 inyecciones)



Gráfica 2: Curva de calibración para masa de combustible inyectado, segunda corrida (la masa de combustible equivale a 40 inyecciones)



Gráfica 3: Curvas de calibración de masa de combustible inyectado a 2 psi, en triplicado (la masa de combustible equivale a 40 inyecciones)



Gráfica 4: Curvas de calibración de masa de combustible inyectado a 2 psi, promedio (la masa de combustible equivale a 40 inyecciones)

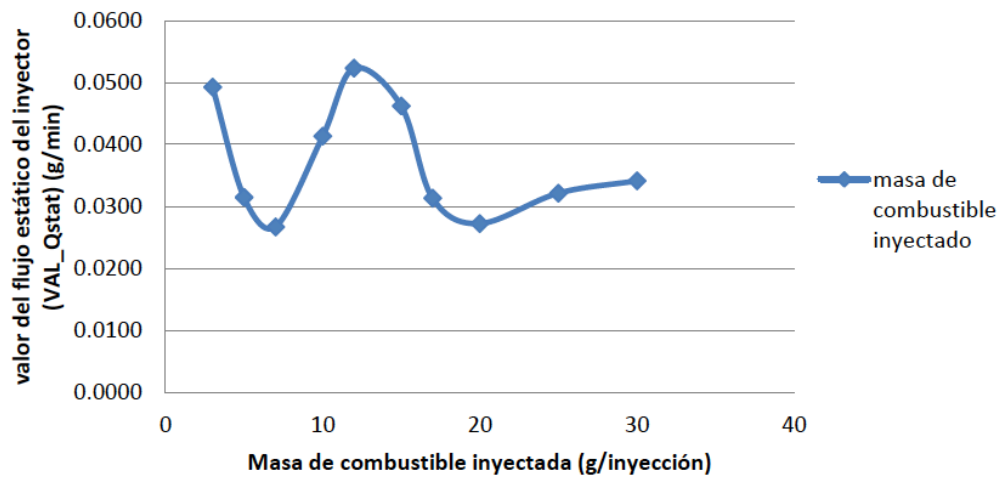


Tabla 1: Temperaturas de flama para aire teórico y aire en exceso

	aire teórico	aire en exceso
Tflama (K)	2277.14	1760.28

Tabla 2: Constante de Seiger para las dos corridas de análisis de gases de combustión

	1	2
% aire en exceso	167%	92%
Aire teórico (m3 aire/kg de etanol)	7.494	7.494
Cantidad teórica de aire (kg de aire/kg de etanol)	8.993	8.993
Suministro actual de aire (kg aire/kg de etanol)	24.011	17.266
K (constante de Seiger)	0.493	0.487

Tabla 3: Eficiencia energética, método indirecto

	1	2
Porcentaje de pérdida de gas de escape seco	25.61%	24.24%
Porcentaje de pérdida por humedad en combustible	6.60%	6.60%
Porcentaje de pérdida por humedad en gases de combustión	4.88%	4.88%
Porcentaje de pérdida por radiación	1.71%	1.71%
Porcentaje de pérdidas de calor inexplicable	0.25%	0.25%
<b>Eficiencia</b>	<b>60.95%</b>	<b>62.31%</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>61.63%</b>

Anexo 29: Impacto ambiental

<b>Aspecto ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Actividades críticas</b>	<b>Objetivos y metas</b>	<b>Control y verificación de aspectos ambientales</b>
Emisión de CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> y SO <sub>x</sub> por la operación del motor	Contaminación del aire, lluvia ácida y efecto invernadero.	Tiempo de operación del motor, no solo al realizar las pruebas, sino también al realizar las corridas del carro	Modificar parámetros de inyector a manera de realizar una combustión más eficiente.	Utilización de un analizador de gases de combustión para la identificación y cuantificación de los gases producidos.  Implementación de sensor de oxígeno al sistema de inyección para monitorear los gases de combustión
Uso de energía renovables.	Gases de combustión menos contaminantes al ambiente	Sustitución de combustible fósil en motores de combustión interna	Fomentar la utilización de biocombustibles.	Medición de la eficiencia del motor utilizando biocombustibles como fuente de energía.

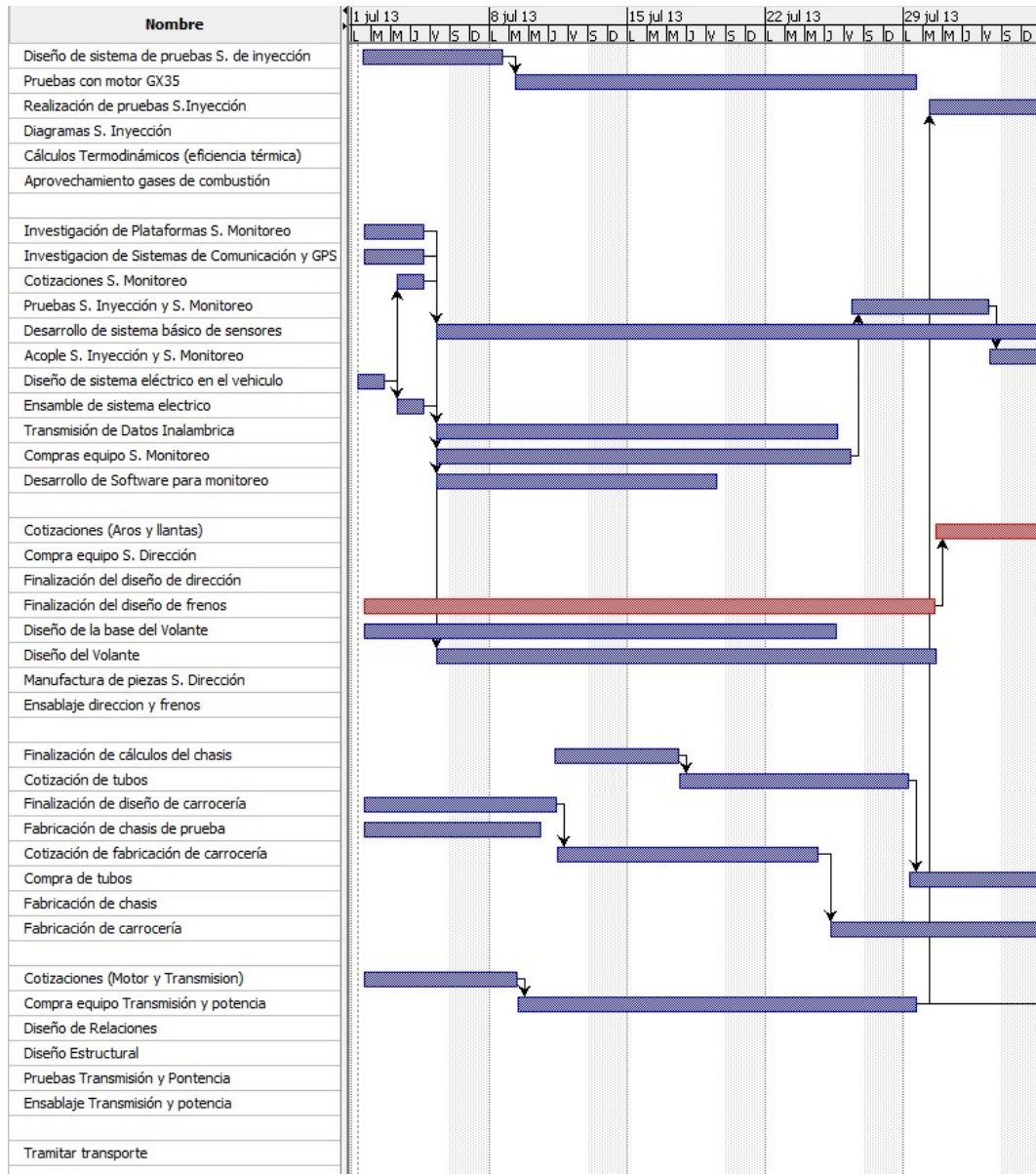
Anexo 30: Problemas de combustión

Ilustración 1: Problemas de combustión, según la apariencia de las bujías

Apariencia	Descripción	Causas
Uso Normal	En el electrodo de la bujía se encuentran residuos de coloración marrón claro.	Es la indicación de que la bujía ha estado operando correctamente. Aunque aplique las bujías correctamente, poco a poco se forman estos sedimentos que reducen el rendimiento de la bujía. Estos sedimentos pueden ser limpiados.
Carbonizado	Se acumula carbón (color negro) en la punta del electrodo, por lo que en el aislador ocurrirán fugas de voltaje lo que origina problemas en el tiempo y la marcha. Cuando se presenta este caso el motor ha estado operando por debajo de los 450°C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;Mezcla aire/combustible muy rica debido a un ajuste incorrecto de la alimentación en el carburador o sistema de inyección.</li> <li>&gt;Sistema de inyección defectuoso.</li> <li>&gt;Se da una marcha en vacío prolongada.</li> <li>&gt;La bujía se mantiene demasiado fría.</li> </ul>
Sobre calentamiento	La superficie del aislador en la punta del electrodo tiene una coloración blanca con sedimentos moteados. Cuando la temperatura de la bujía excede los 870°C, la punta actúa como fuente de calor, encendiendo la mezcla antes de la chispa, se ocasiona así una combustión anormal y se daña el motor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;El tiempo de encendido está muy adelantado.</li> <li>&gt;La mezcla aire/combustible es demasiado pobre.</li> <li>&gt;El sistema de inyección de combustible está defectuoso.</li> <li>&gt;Insuficiencia de agua de enfriamiento y/o lubricantes.</li> <li>&gt;Insuficiente apriete en las bujías.</li> <li>&gt;Sedimentos acumulados en la cámara de combustión.</li> <li>&gt;Bujías demasiado calientes.</li> </ul>
Depósitos	Si se acumulan depósitos de coloración distinta en la punta del electrodo de encendido, la temperatura de ignición se elevará demasiado, iniciando prematuramente el encendido y dañando el pistón.	>Mal ajuste de la mezcla combustible.
Vida Normal	Tiene una apariencia desgastada, con una moderada sedimentación en la punta del electrodo. Las bujías tienen dificultad de producir la chispa, con lo que no se mantendrá la potencia desarrollada por el motor, incrementando el gasto de combustible.	>Las bujías tienen un tiempo normal de vida de aproximadamente 10,000 Kms. Después de este tiempo es necesario reemplazarlas.

(Gutiérrez Ramírez, 2003)

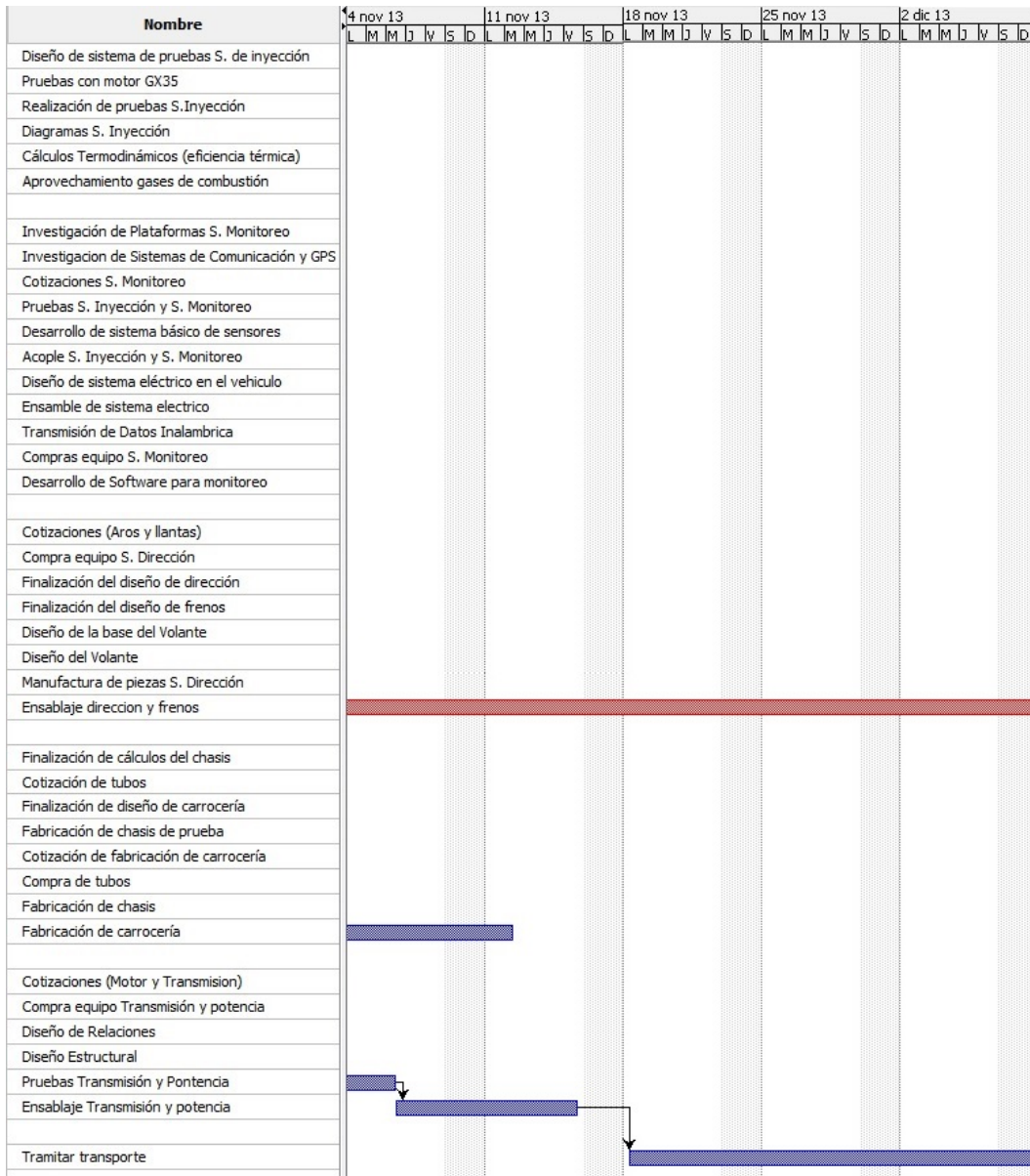
Anexo 31: Diagramas de Gantt de tiempos iniciales





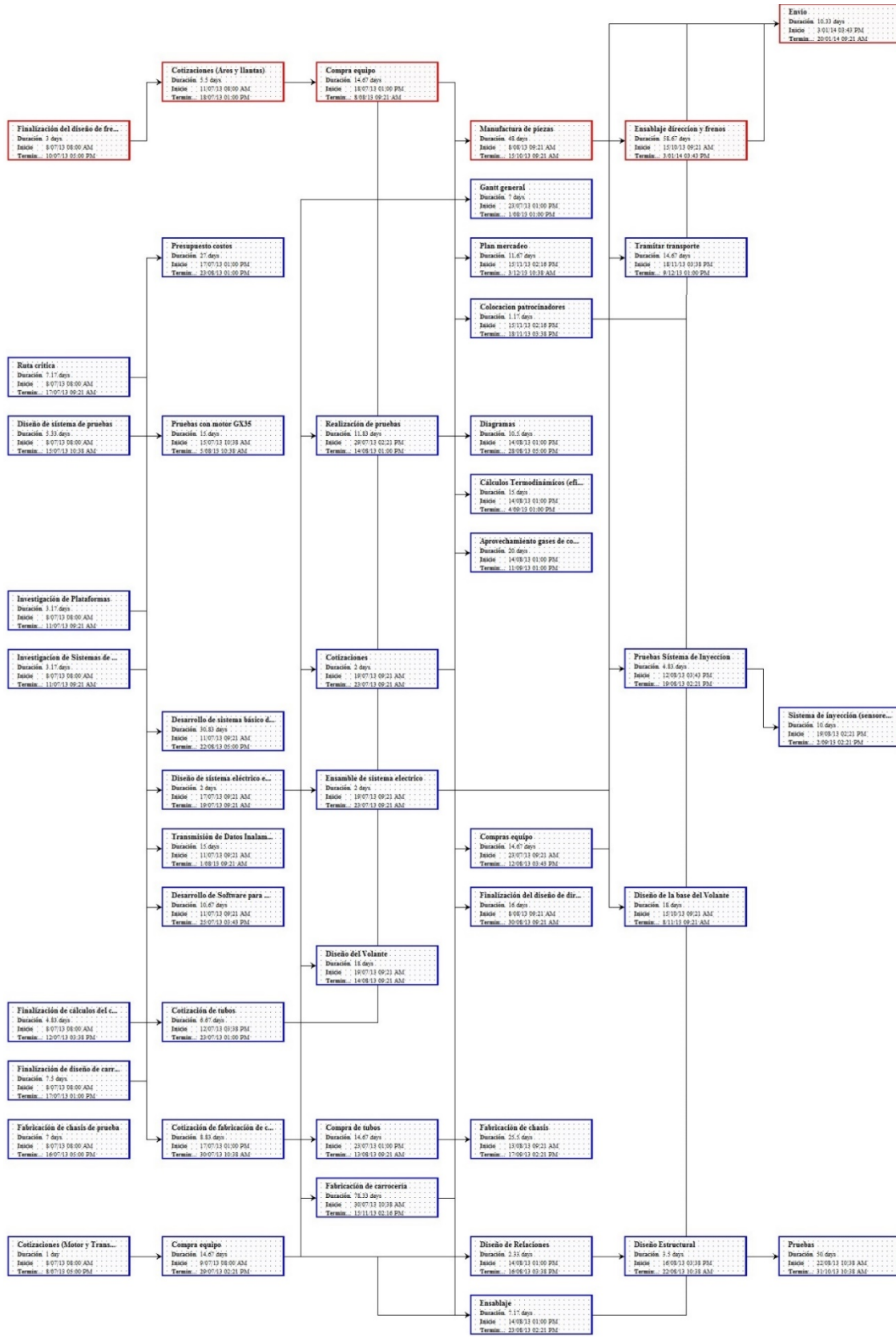




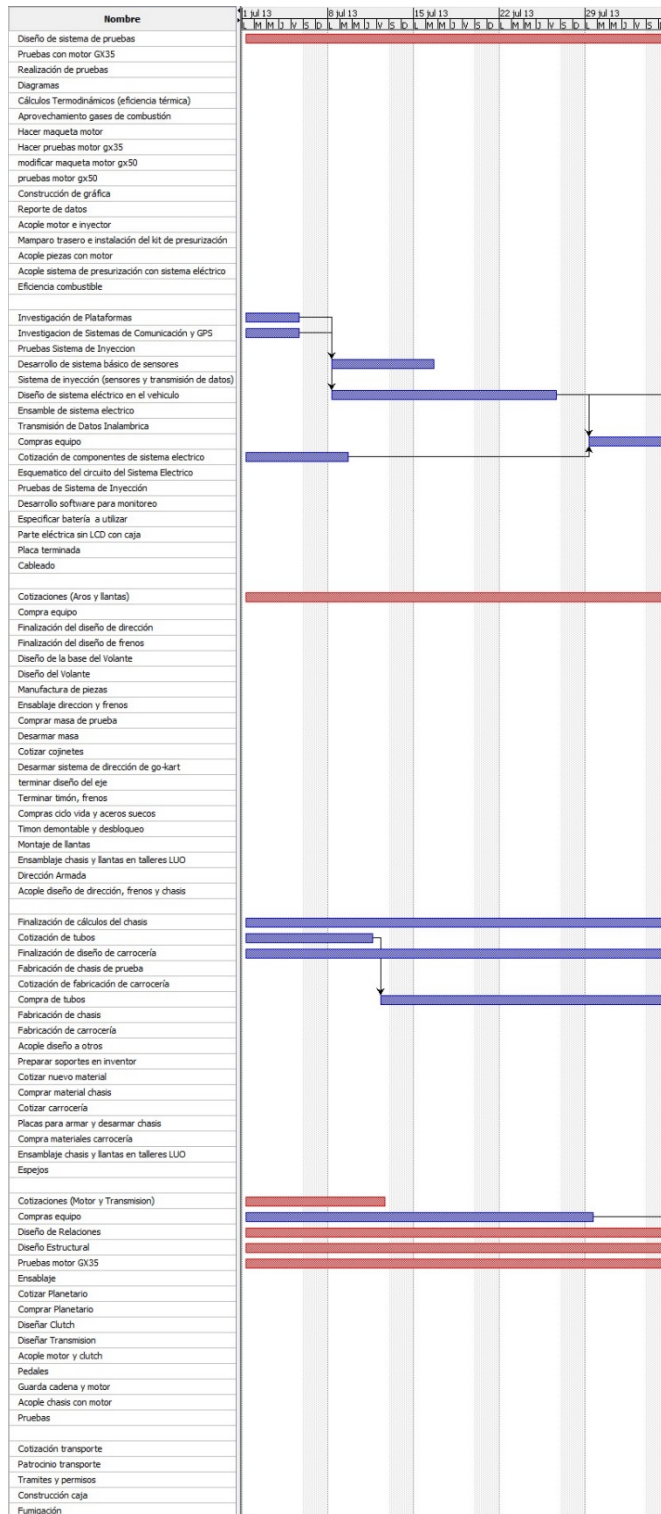




Anexo 32: Red de ruta crítica inicial

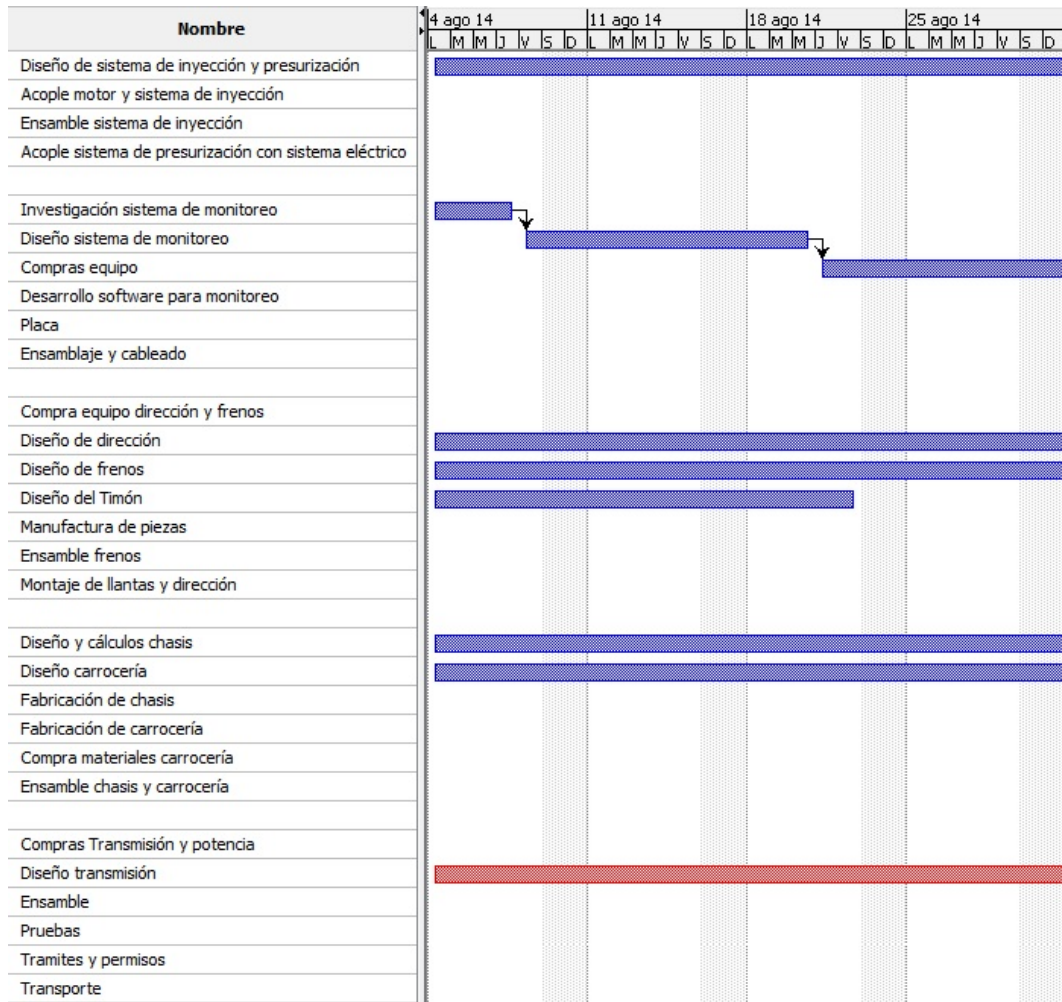


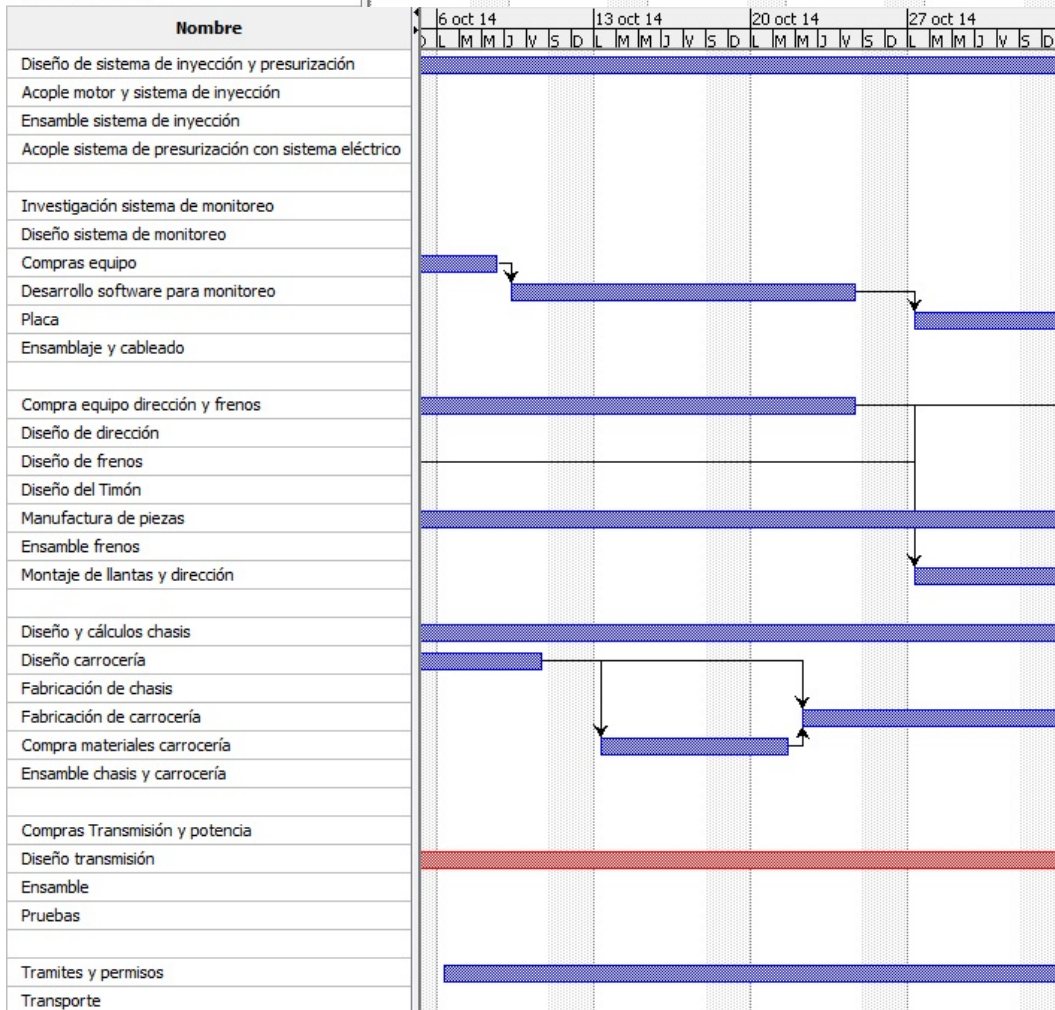
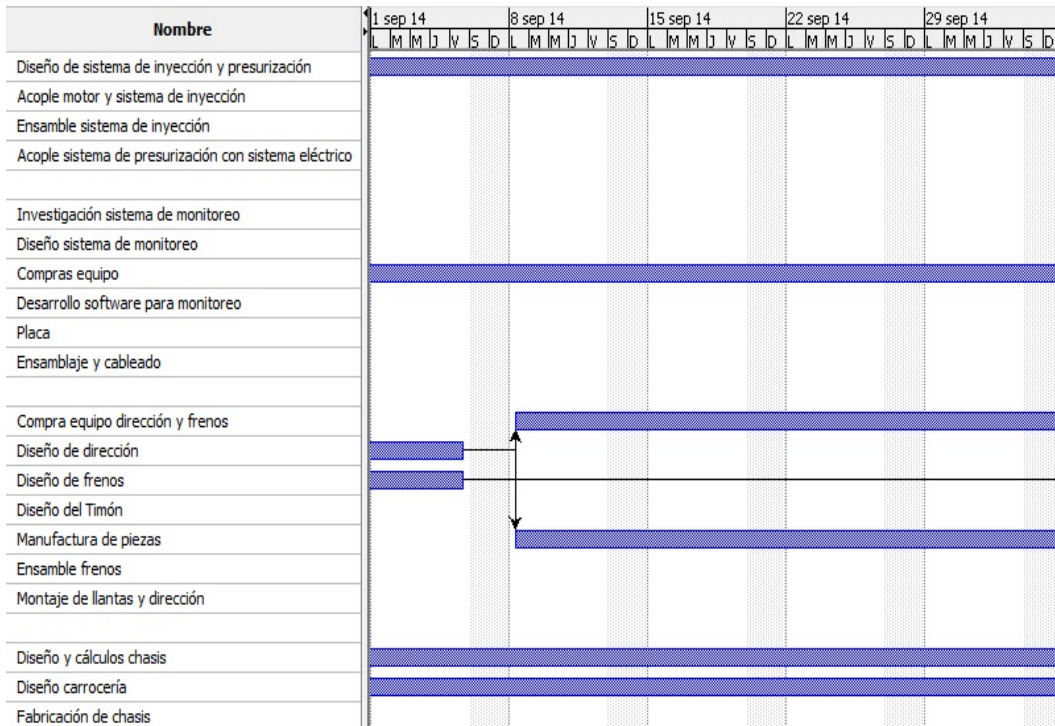
Anexo 33: Diagramas de Gantt de tiempos reales

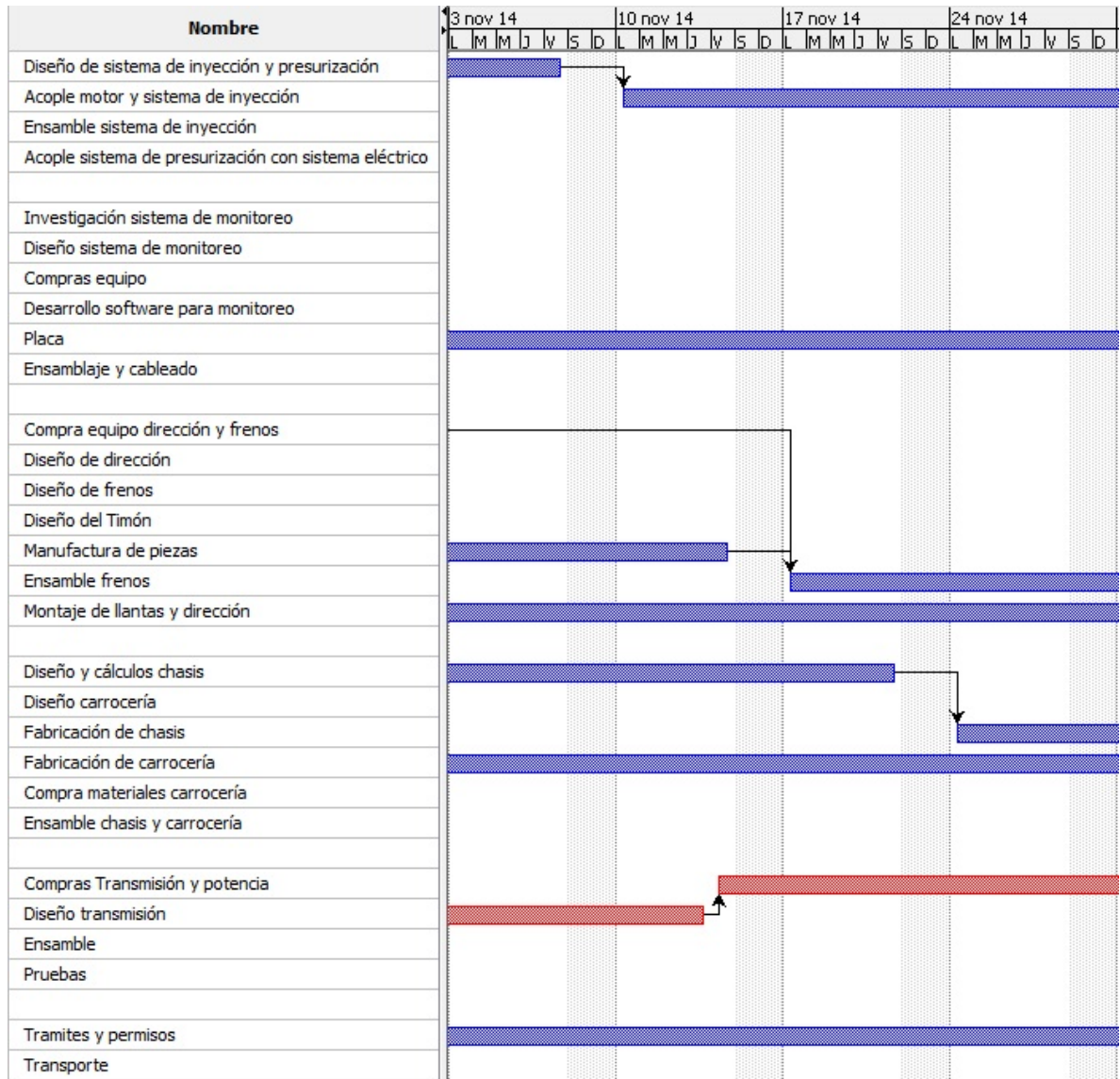


Nombre	15 ago 13							12 ago 13							19 ago 13							26 ago 13						
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Diseño de sistema de pruebas	[Barra azul]																											
Pruebas con motor GX35	[Barra azul]																											
Realización de pruebas	[Barra azul]																											
Diagramas	[Barra azul]																											
Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)	[Barra azul]																											
Aprovechamiento gases de combustión	[Barra azul]																											
Hacer maqueta motor	[Barra azul]																											
Hacer pruebas motor gx35	[Barra azul]																											
modificar maqueta motor gx50	[Barra azul]																											
pruebas motor gx50	[Barra azul]																											
Construcción de gráfica	[Barra azul]																											
Reporte de datos	[Barra azul]																											
Acople motor e inyector	[Barra azul]																											
Mamparo trasero e instalación del kit de presurización	[Barra azul]																											
Acople piezas con motor	[Barra azul]																											
Acople sistema de presurización con sistema eléctrico	[Barra azul]																											
Eficiencia combustible	[Barra azul]																											
Investigación de Plataformas	[Barra azul]																											
Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS	[Barra azul]																											
Pruebas Sistema de Inyección	[Barra azul]																											
Desarrollo de sistema básico de sensores	[Barra azul]																											
Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)	[Barra azul]																											
Diseño de sistema eléctrico en el vehículo	[Barra azul]																											
Ensamble de sistema electrico	[Barra azul]																											
Transmisión de Datos Inalambrica	[Barra azul]																											
Compras equipo	[Barra azul]																											
Cotización de componentes de sistema electrico	[Barra azul]																											
Esquemático del circuito del Sistema Electrico	[Barra azul]																											
Pruebas de Sistema de Inyección	[Barra azul]																											
Desarrollo software para monitoreo	[Barra azul]																											
Especificar batería a utilizar	[Barra azul]																											
Parte eléctrica sin LCD con caja	[Barra azul]																											
Placa terminada	[Barra azul]																											
Cableado	[Barra azul]																											
Cotizaciones (Aros y llantas)	[Barra roja]																											
Compra equipo	[Barra roja]																											
Finalización del diseño de dirección	[Barra roja]																											
Finalización del diseño de frenos	[Barra roja]																											
Diseño de la base del Volante	[Barra roja]																											
Diseño del Volante	[Barra roja]																											
Manufactura de piezas	[Barra roja]																											
Ensamblaje direccion y frenos	[Barra roja]																											
Comprar masa de prueba	[Barra roja]																											
Desarmar masa	[Barra roja]																											
Cotizar cojinetes	[Barra roja]																											
Desarmar sistema de dirección de go-kart	[Barra roja]																											
terminar diseño del eje	[Barra roja]																											
Terminar timón, frenos	[Barra roja]																											
Compras ciclo vida y aceros suecos	[Barra roja]																											
Timon demontable y desbloqueo	[Barra roja]																											
Montaje de llantas	[Barra roja]																											
Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO	[Barra roja]																											
Dirección Armada	[Barra roja]																											
Acople diseño de dirección, frenos y chasis	[Barra roja]																											
Finalización de cálculos del chasis	[Barra azul]																											
Cotización de tubos	[Barra azul]																											
Finalización de diseño de carrocería	[Barra azul]																											
Fabricación de chasis de prueba	[Barra azul]																											
Cotización de fabricación de carrocería	[Barra azul]																											
Compra de tubos	[Barra azul]																											
Fabricación de chasis	[Barra azul]																											
Fabricación de carrocería	[Barra azul]																											
Acople diseño a otros	[Barra azul]																											
Preparar soportes en inventor	[Barra azul]																											
Cotizar nuevo material	[Barra azul]																											
Comprar material chasis	[Barra azul]																											
Cotizar carrocería	[Barra azul]																											
Placas para armar y desarmar chasis	[Barra azul]																											
Compra materiales carrocería	[Barra azul]																											
Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO	[Barra azul]																											
Espejos	[Barra azul]																											
Cotizaciones (Motor y Transmision)	[Barra roja]																											
Compras equipo	[Barra roja]																											
Diseño de Relaciones	[Barra roja]																											
Diseño Estructural	[Barra roja]																											
Pruebas motor GX35	[Barra roja]																											
Ensamblaje	[Barra roja]																											
Cotizar Planetario	[Barra roja]																											
Comprar Planetario	[Barra roja]																											
Diseñar Clutch	[Barra roja]																											
Diseñar Transmision	[Barra roja]																											
Acople motor y clutch	[Barra roja]																											
Pedales	[Barra roja]																											
Guarda cadena y motor	[Barra roja]																											
Acople chasis con motor	[Barra roja]																											
Pruebas	[Barra roja]																											
Cotización transporte	[Barra azul]																											
Patrocinio transporte	[Barra azul]																											
Tramites y permisos	[Barra azul]																											
Construcción caja	[Barra azul]																											
Fumigación	[Barra azul]																											

Anexo 34: Diagramas de Gantt de tiempos propuestos

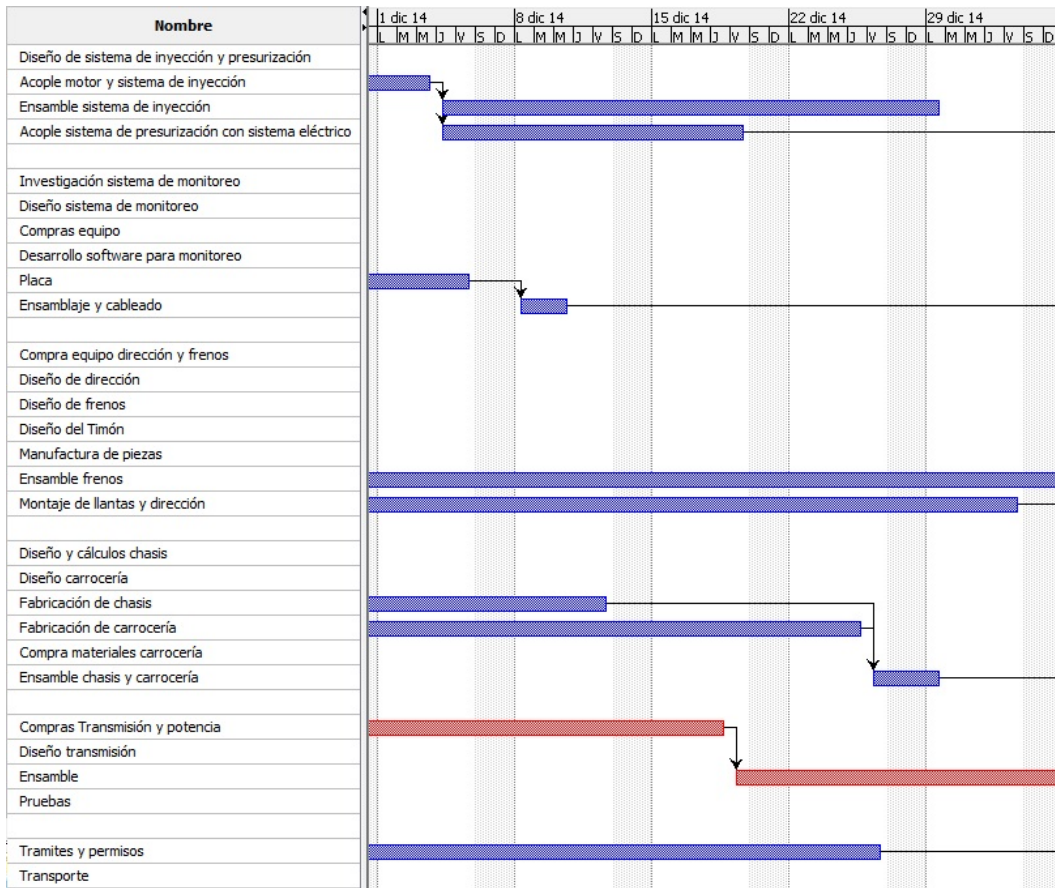






Nombre	2 feb 15					9 feb 15					16 feb 15					23 feb 15				
	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S
Diseño de sistema de inyección y presurización																				
Acople motor y sistema de inyección																				
Ensamble sistema de inyección																				
Acople sistema de presurización con sistema eléctrico																				
Investigación sistema de monitoreo																				
Diseño sistema de monitoreo																				
Compras equipo																				
Desarrollo software para monitoreo																				
Placa																				
Ensamblaje y cableado																				
Compra equipo dirección y frenos																				
Diseño de dirección																				
Diseño de frenos																				
Diseño del Timón																				
Manufactura de piezas																				
Ensamble frenos																				
Montaje de llantas y dirección																				
Diseño y cálculos chasis																				
Diseño carrocería																				
Fabricación de chasis																				
Fabricación de carrocería																				
Compra materiales carrocería																				
Ensamble chasis y carrocería																				
Compras Transmisión y potencia																				
Diseño transmisión																				
Ensamble																				
Pruebas																				
Tramites y permisos																				
Transporte																				







Anexo 35: Cotizaciones

Luis Subuyuj  
Asistente de importaciones  
Universidad del Valle de Guatemala  
Pte.

Estimado Sr. Subuyuj:

Agradecemos la oportunidad de presentar nuestra propuesta MA-1192 para el abastecimiento del equipo de desarrollo electrónico que se detalla a continuación:


#				
1	<p><b>Módulo GPS Click</b> La tarjeta GPS Click es una solución en formato mikroBUS para agregar funcionalidad GPS a tu dispositivo. Tiene un motor de posicionamiento LEA-6S accesible desde el microcontrolador vía UART o I2C o bien conectándolo a una computadora vía USB. Es compatible con antenas pasivas y activas y funciona con 3.3VDC</p>	1	Q540.00	Q540.00
2	<p><b>Antena GPS 3V con montaje magnético</b> Antena GPS para módulos operando en 3VDC con base magnética. Cable de 5 metros con conector SMA como terminal.</p>	1	Q150.00	Q150.00
3	<p><b>Header tipo stack de 6 pines para Arduino</b> Header hembra de 6 pines con patas extra largas para la conexión en stack con Arduino.</p>	10	Q5.50	Q55.00
4	<p><b>Header tipo stack de 10 pines para Arduino</b> Header hembra de 10 pines con patas extra largas para la conexión en stack con Arduino.</p>	10	Q5.50	Q55.00
5	<p><b>XBee Explorer USB</b> Esta tarjeta base permite trabajar con</p>			

	módulos XBee de la Serie 1 y 2.5, versión standard o Pro y conectarlos a una computadora vía USB (conector mini B)	1	Q290.00	Q290.00
6	<b>XBee Pro 60mW con antena alámbrica – Serie 1 (802.15.4)</b> Módulo para comunicación inalámbrica en 2.4GHz, protocolo 802.15.4, en formato punto a punto o punto a multi-punto. Extraordinaria potencia de 60mW.	2	Q470.00	Q940.00
7	<b>Shield para XBee</b> Tarjeta para adicionar funcionalidad XBee al proyecto con Arduino. Es funcional con módulos XBee de la serie 1 y 2, versiones standard y PRO.	1	Q275.00	Q275.00
El aspecto del producto final puede diferir de las imágenes.			<b>GRAN TOTAL</b> IVA incluido	<b>Q2,305.00</b>

El despacho de las posiciones de esta cotización se completa en un plazo de 10 días después de recibida su orden de compra. El pago puede operarse en efectivo o con cheque a nombre de BURGATH Guatemala, S.A. (NIT 6218058-4), o bien, por trámite de contraseña. La validez de esta oferta es de 15 días a partir de la presente fecha y mientras duren existencias.

Estamos a sus órdenes ante cualquier consulta. En espera de poderles servir, me despido.

Atentamente,

 Juancarlos Burmester  
BURGATH Guatemala, S.A.

4.32 cbm/152.56 cft / 612.88 lbs.

**NB LCL - GUATEMALA - MIAMI**

CONCEPT	RATE	MIN.
Ocean Freight, Bunker, Sec.	\$2.55/cft or \$9.00/100 Lbs min \$140	\$ 389.03
Doc fee per B/L	Flat per BL	\$ 50.00
Destination Handling	Flat per Shipment	\$ 95.00
In and Out Destino	\$0.25/cft or \$0.02/Lbs / \$20/plt Min \$25.00	\$ 38.14
USA delivery	Texas	\$ 675.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$ 1247.17</b>

**Origin Charges:**

Custom entry at Sto. Tomas de Castilla port: \$80.00

Custom Inspection Red Selective \$.125.00

Local GT cargo pick up does not included - upon request

**Destination charges:**

In and out destination: As detailed on chart

Us brokerage \$.125.00

Isf 10+2 Transmission \$.35.00

**NOTES:**

All palletized cargo should be in certified pallets, cargo will not be load at container if pallets do not have the certification seal. Additional cost will apply.

Rates subject to change if the volume and weight change.

Rates subject to Customs cargo inspections at origin/destination.

Rates based on general cargo, no hazamat material or reefer cargo.

El cargo por entrega terrestre de Miami, FI (Bodega Crowley) a MI48226 es \$675

# DESERT DESIGN & FABRICATION

[← Continue Shopping](#)

[Home](#)

[✓ Checkout](#)


Order ID: 1F597F7C-B133

## Shopping Basket Contents

QTY	Item Name	Price	Subtotal	Delete
<input type="text" value="2"/>	8" Kart Rack	\$98.00	\$196.00	<input type="checkbox"/>

Basket Subtotal: \$196.00

*ceramicspeed* (/sport/)

	<b>61800 (6800)</b>	<b>2x</b>	<b>73,00 \$</b>
	INNER: 10   OUTER: 19   WIDTH: 5		

ENTER PROMOCODE

SUBTOTAL **146,00 \$**

DELIVERY COST **15,00 \$**

TOTAL **161,00 \$**

**BACK TO SHOP**

**(/SPORT/PRODUCTS/BOTTOM%20BRACKETS)**

**CONTINUE  
CHECKOUT**

**(./ADDRESS)**

Anexo 36: Reglamento SEM 2014

## TABLE OF CONTENTS

<b>1. ORGANISATION.....</b>	<b>5</b>
ABOUT THE RULES.....	5
ARTICLE 1: ACCEPTANCE.....	6
ARTICLE 2: ENTRIES.....	6
ARTICLE 3: TRACK ACCESS CONDITIONS.....	6
ARTICLE 4: IDENTIFICATION.....	7
ARTICLE 5: COMPLIANCE.....	7
ARTICLE 6: PROTESTS.....	7
ARTICLE 7: DISPUTES.....	8
ARTICLE 8: PENALTIES.....	8
<b>2. SAFETY.....</b>	<b>9</b>
ARTICLE 9: SAFETY RULES.....	9
<b>DRIVING RULES.....</b>	<b>9</b>
ARTICLE 10: DRIVING KNOWLEDGE AND TEST.....	9
ARTICLE 11: DRIVING UNDER THE INFLUENCE OF ALCOHOL/ILLEGAL SUBSTANCES.....	9
ARTICLE 12: BRIEFING.....	10
ARTICLE 13: ACCESS TO THE TRACK AND TEST LAP.....	10
ARTICLE 14: PUSHING THE VEHICLE.....	10
ARTICLE 15: RACE DIRECTION.....	10
ARTICLE 16: RADIO COMMUNICATION.....	10
ARTICLE 17: OVERTAKING.....	10
ARTICLE 18: BREAKDOWNS AND OTHER INCIDENTS.....	10
ARTICLE 19: OFF-TRACK VEHICLE MOVEMENTS.....	11
<b>DRIVER &amp; EQUIPMENT.....</b>	<b>11</b>
ARTICLE 20: DRIVER WEIGHT.....	11
ARTICLE 21: HELMETS.....	11
ARTICLE 22: DRIVER CLOTHING.....	12
ARTICLE 23: DRIVER COMFORT.....	12
<b>TEAM SAFETY EQUIPMENT.....</b>	<b>12</b>
ARTICLE 24: EQUIPMENT AND MATERIALS.....	12

**SHELL ECO-MARATHON**  
OFFICIAL RULES 2014  
CHAPTER I

<b>3. VEHICLE DESIGN.....</b>	<b>13</b>
<b>3A – GENERAL.....</b>	<b>13</b>
ARTICLE 25: VEHICLE DESIGN .....	13
ARTICLE 26: CHASSIS/MONOCOQUE SOLIDITY .....	14
ARTICLE 27: PROPULSION AND ENERGY STORAGE SYSTEM ISOLATION.....	14
ARTICLE 28: VISIBILITY.....	15
ARTICLE 29: SAFETY BELTS .....	15
ARTICLE 30: VEHICLE ACCESS.....	16
ARTICLE 31: HORN.....	16
ARTICLE 32: ON-BOARD FIRE EXTINGUISHER.....	16
ARTICLE 33: DRIVER POSITION .....	16
ARTICLE 34: CLUTCH AND TRANSMISSION.....	17
ARTICLE 35: EXHAUST SYSTEM.....	17
ARTICLE 36: SOUND LEVEL .....	17
ARTICLE 37: EMERGENCY SHUT-DOWN.....	17
ARTICLE 38: ADDITIONAL INSPECTIONS .....	18
<b>3B – PROTOTYPE GROUP .....</b>	<b>19</b>
ARTICLE 39: DIMENSIONS .....	19
ARTICLE 40: NOT USED .....	19
ARTICLE 41: TIRES, WHEELS, AXLES AND WHEEL HUBS .....	19
ARTICLE 42: TURNING RADIUS AND STEERING .....	19
ARTICLE 43: BRAKING.....	20
<b>3C – URBANCONCEPT GROUP .....</b>	<b>21</b>
ARTICLE 44: DEFINITION .....	21
ARTICLE 45: DIMENSIONS .....	21
ARTICLE 46: VEHICLE BODY.....	21
ARTICLE 47: TURNING RADIUS AND STEERING .....	22
ARTICLE 48: WHEELS.....	22
ARTICLE 49: TYRES.....	22
ARTICLE 50: LIGHTING.....	23
ARTICLE 51: BRAKING.....	23
ARTICLE 52: WET WEATHER RUNNING .....	23

**SHELL ECO-MARATHON**  
OFFICIAL RULES 2014  
CHAPTER I

<b>4. ENERGY SOURCES .....</b>	<b>25</b>
<b>4A – GENERAL .....</b>	<b>25</b>
ARTICLE 53: ENERGY TYPES .....	25
ARTICLE 54: RESULTS CALCULATIONS .....	25
ARTICLE 55: FUELS SUPPLY & HANDLING .....	26
ARTICLE 56: ENGINE LUBRICANTS .....	27
ARTICLE 57: VEHICLE ELECTRICAL SYSTEMS .....	27
ARTICLE 58: TECHNICAL DOCUMENTATION .....	28
<b>4B – INTERNAL COMBUSTION ENGINES .....</b>	<b>31</b>
ARTICLE 59: PROPULSION .....	31
ARTICLE 60: OTHER ON-BOARD ENERGY SOURCES .....	31
ARTICLE 61: FUEL TANKS (WITH THE EXCEPTION OF HYDROGEN) .....	31
ARTICLE 62: FUEL SYSTEM .....	32
ARTICLE 63: VEHICLES USING HYBRID TECHNOLOGY .....	33
ARTICLE 64: STARTER .....	33
<b>4C – ELECTRIC PROPULSION .....</b>	<b>35</b>
ARTICLE 65: FUEL CELL POWERED VEHICLES .....	35
ARTICLE 66: NOT USED .....	38
ARTICLE 67: BATTERY ELECTRIC VEHICLES .....	38
ARTICLE 68: NOT USED .....	40
ARTICLE 69: NOT USED .....	40
<b>5. AWARDS AND PRIZES .....</b>	<b>41</b>
<b>5A – ON TRACK AWARDS .....</b>	<b>41</b>
ARTICLE 70: AWARD OVERVIEW AND PRIZES .....	41
<b>5B – OFF TRACK AWARDS .....</b>	<b>42</b>
ARTICLE 71: AWARD OVERVIEW AND PRIZES .....	42
ARTICLE 72: COMMUNICATIONS AWARD .....	42
ARTICLE 73: SHELL HELIX TRIBOLOGY AWARD .....	43
ARTICLE 74: VEHICLE DESIGN AWARD .....	44
ARTICLE 75: TECHNICAL INNOVATION AWARD .....	44
ARTICLE 76: SAFETY AWARD .....	45
ARTICLE 77: PERSEVERANCE IN THE FACE OF ADVERSITY AWARD .....	45

<http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon/for-participants/regional-information/americas/important-information.html>

Anexo 37: Formularios exportación temporal vía marítima



## IMPORTER PROFILE

Company Name:

\_\_\_\_\_

Physical Address:

\_\_\_\_\_

Telephone: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Website: \_\_\_\_\_

Contact Name(s) with E-mail Addresses:

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

IRS # \_\_\_\_\_ PACA License: Yes \_\_\_ No \_\_\_

Bond: Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

\*If no, would you be interested in a continuous Bond? Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Is your company related to any of your shippers? Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

\*\*\*Use attachments if necessary\*\*\*

Does your company file reconciliation entries? Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Are you C-TPAT certified? Yes \_ No \_ \*If yes please provide SVI number: \_\_\_\_\_

Are you participating in any other supply chain security program? Yes\_\_ No\_\_

If yes, please name\_\_\_\_\_

\*\*include certifications and attachments as necessary

Business References:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Professional Associations:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Do you require cargo insurance? Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Please list any special requirements:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Completed by:

\_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

\*\*Please provide your photo identification\*\*

Importer Security Filing (10+2)  
 Memorandum of Understanding

Company Information

Company Name:	Universidad del Valle de Guatemala	IRS#
Individual Name:	Lic. Roberto Moreno Godoy	Date:
Designated ISF filer:	I hereby elect <input checked="" type="checkbox"/> Crowley	I am self filing or have chosen a 3 <sup>rd</sup> party ISF filer <input type="checkbox"/> 3 <sup>rd</sup> party
	ISF	ISF filing

Responsibilities

1. **Effective Date:** The importer Security Filing is to commence effective **January 26, 2009** for all inbound cargo arriving via ocean transportation into the United States.
2. **ISF importer:** The ISF Importer is defined as "the party causing goods to arrive within the port limits of the United States" and **ultimately the responsible party for filing the ISF filing.**
3. **ISF information:** requires all information to be true & accurate at the time of filing; if there are any changes, the ISF importer agrees to provide updated information - 24 hours prior to arrival.
4. **Bill of Lading:** The bill of lading number is required for the ISF for each shipment at the lowest bill of lading level down to the house bill of lading - when applicable.
5. **Single ISF:** A single ISF per shipment as it may cover multiple bills of lading as long as they are all going to the same importer as part of the same shipment on the same vessel voyage.
6. **24 hour rule:** requires importers on entry for consumption, to provide the ten data elements - no later than (24) hours before the cargo is laden aboard a vessel destined to the United States.
7. **In-transit / FROB:** requires importers for in-transit shipments, to provide the five data elements no later than (24) hours before the cargo is laden aboard a vessel destined to the United States.
8. **Flexibility period:** during this 12-month period, CBP will show restraint in enforcing the rule as long as importers are making a good faith effort and satisfactory progress toward compliance.

9. **Bond Requirement:** The ISF must be secured by a bond; either the ISF Importer or the ISF agent filer  YES, we have a bond – SURETY CODE \_\_\_\_\_ -  NO, we need a bond
10. **System filing:** The ISF will be transmitted through the Automated Broker Interface (ABI) or Automated Manifest System (AMS)

signatures

**Certification:**

We acknowledge having received all the necessary (10+2) Importer Security Filing program details and fully comprehend the requirements imposed by U.S. Customs & Border Protection. We hereby agree to provide all necessary information for the Importer Security Information, as true and accurate to the best of our knowledge. We understand that failure to provide any or all of the information in a timely can result in disciplinary action directly by US Customs & Border Protection.

The undersigned approves the terms and conditions of this Memorandum of Understanding and represent that they have the requisite authority to enter into it.

Corporate Officer Title: \_\_\_\_\_ Signature:  
\_\_\_\_\_

A. BILL OF LADING  
#'s

MB/L:

**CUSTOMIZED BROKERS**



HB/L:

**IMPORTERS SECURITY FILING -  
CERTIFICATE**

SUBH:

2. MANUFACTURER / SUPPLIER - NAME & ADDRESS		3. IMPORTER OF RECORD - NAME & ADDRESS	
[Name]		[Name]	
[Street Address]		[Street Address]	
[City, ST ZIP Code]		[City, ST ZIP Code]	
4. SELLER - NAME & ADDRESS		5. BUYER - NAME & ADDRESS	
[Name]		[Name]	
[Street Address]		[Street Address]	
[City, ST ZIP Code]		[City, ST ZIP Code]	
6. SHIP TO - NAME & ADDRESS		7. CONSIGNEE NUMBER (IRS / TAX ID)	
[Name]		[Name]	
[Street Address]		[Street Address]	
[City, ST ZIP Code]		[City, ST ZIP Code]	
8. PRODUCT / STYLE / SKU #	9. COUNTRY OF ORIGIN	10. COMMODITY DESCRIPTION	11. HTSUS CLASSIFICATION #S


SHIPMENT INFORMATION	
12. CONTAINER STUFFING (LOADING) LOCATION	13. CONSOLIDATOR – NAME & ADDRESS (IF APPLICABLE)
<p>[Name]</p> <p>[Street Address]</p> <p>[City, ST ZIP Code]</p>	<p>[Name]</p> <p>[Street Address]</p> <p>[City, ST ZIP Code]</p>
<p>I certify that the information provided is correct and accurate to the best of my knowledge and understand the requirements pertaining to <b>the importers security filing</b>. We acknowledge that failure to provide any of the information necessary can result in denied entry of goods and subject to monetary penalties by CBP.</p>	
<p><b>14. Company name:</b> _____ <b>Individual name:</b> _____ <b>Date:</b> _____</p>	

(0) TAX IDENTIFICATION NUMBER

(1) Check appropriate box:

Individua Partnership

**CUSTOMS POWER OF ATTORNEY  
AND  
DESIGNATION OF EXPORT FOWARDING AGENT**

Corporation  
 Sole proprietorship  
 LLC

KNOW ALL MEN BY THESE PRESENTS: THAT, (2) Lic. Roberto Moreno Godoy doing (Full name of persons, partnership, corporation, or sole proprietorship) business as a (3) Universidad del Valle de Guatemala under the laws of the state of (4) Florida, (corporation, individual, sole proprietorship, partnership) insert one residing or having a principal place of business at (5) 11 calle 15-79 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala city, Guatemala 01015 Central America hereby constitutes and appoints Customized Brokers its officers, employees, and/or specifically authorized agents, to act for and on its behalf as a true and lawful agent and attorney of the grantor for and in the name, place and stead of said grantor, from this date, in the United States (the "territory") either in writing, electronically, or by other authorized means to :

make, endorse, sign, declare, or swear to any customs entry, withdrawal, declaration, certificate, bill of lading, carnet or any other documents required by law or regulation in connection with the importation, exportation, transportation, of any merchandise in or through the customs territory, shipped or consigned by or to said grantor.

Perform any act or condition which may be required by law or regulation in connection with such merchandise deliverable to said grantor, to receive any merchandise. Make endorsements on bills of lading conferring authority to transfer title; make entry or collect drawback; and to make, sign, declare, or swear to any statement or certificate required by law or regulation for drawback purposes; regardless of whether such document is intended for filing with customs.

Sign, seal, and deliver for and as the act of the said grantor any bond required by law or regulation in connection with the entry or withdrawal of imported merchandise or merchandise exported with or without benefit of drawback, or in connection with the entry clearance, lading, unlading, or navigation of any vessel or other means of conveyance owned or operated by said grantor, and any and all bonds which may be voluntarily given and accepted under applicable laws and regulations, consignee's and owner's declarations provided for in section 485.Tariff Act 1930, as amended, or affidavits or statements in connection with the entry of merchandise;

Sign and swear to any document and to perform any act that may be necessary or required by law or regulation in connection with the entering, clearing, lading, unlading, or operation of any vessel or other means of conveyance owned or operated by said grantor; Authorize other Customs Brokers duly licensed within the territory to act as grantor's agent; to receive endorse and collect checks issued for customs duty refunds in grantor's name drawn on the Treasurer of the United States, if the grantor is a nonresident of the United States, to accept service of process on behalf of the grantor;

And generally to transact Customs business, including filing of claims or protests under section 514 of the Tariff Act of 1930, or pursuant to other laws of the territories, in which said grantor is or may be concerned or interested and which may properly be transacted or performed by an agent and attorney;

Giving to said agent and attorney full power and authority to do anything whatever requisite necessary to be done in the premises as fully as said grantor could do if present and acting, hereby ratifying and confirming all that the said agent and attorney shall lawfully do by virtue of these presents;

This power of attorney to remain full force and effect until revocation in writing is duly given to and received by grantee (if the donor of this power of attorney is a partnership, the said power shall in no case have any force or effect in the United states after the expiration 2 years from the dates of this execution);

Appointment as forwarding agent: Grantor authorizes the above grantee to act within the territory as lawful agent and sign or endorse export documents (i.e., commercial invoices, bills of lading, insurance certificates, drafts and any other document) necessary for the completion of an export on grantor's behalf as may be required under law and regulation in the territory and to appoint forwarding agent's on grantors behalf;

Grantor hereby acknowledges receipt of the attached terms and conditions.

**IN WITNESS WHEREOF**, the said (6) \_\_\_\_\_ caused these present to be sealed and signed:

**Signature:** (7) \_\_\_\_\_ Capacity (8) \_\_\_\_\_ Date (9) \_\_\_\_\_

Witness: (10) \_\_\_\_\_ Date (9) \_\_\_\_\_

Witness: (10) \_\_\_\_\_ Date (9) \_\_\_\_\_



**ORDEN DE EMBARQUE / INSTRUCCION DE EMBARQUE**

Por favor completar y enviar a: [cliguaexports@crowley.com](mailto:cliguaexports@crowley.com)

AEREO :     MARITIMO:     TERRESTRE:     TRASLADO LOCAL:

<b>Shipper (address, fax, e-mail)</b> Universidad del Valle de Guatemala 11 calle 15-79 zona 15 Vista Hermosa III Ciudad de Guatemala, Guatemala 01015 Centro América. FAX (502) 2364-0212			
Contacto:		BOOKING NO.	BILL OF LADING NO.
<b>CONSIGNATARIO (address, fax, e-mail, zip code, contact)</b> Universidad del Valle de Guatemala / Ultimate consignee Shell International Address: George R. Brown Convention Center		<b>BROKER (address, fax, e-mail, zip code, contact)</b> Crowley Logistics Inc.	
<b>NOTIFY (address, fax, e-mail, zip code, contact)</b> Crowley Logistics Inc.		<b>ALSO NOTIFY (address, fax, e-mail, zip code, contact)</b> Shell International Address: George R. Brown Convention Center, Houston TX 77010	
<b>PUERTO DE ORIGEN:</b>		<b>BARCO:</b>	<b>VIAJE No.</b>
<b>PUERTO DE LLEGADA:</b>		<b>No. CONTENEDOR:</b>	<b>No. MARCHAMO:</b>
<b>PEV</b>	<b>DESTINO FINAL:</b>	<b>LICENCIA No.</b>	<b>FACTURA No.</b>
	<b>HOU</b>	<b>DUA No.</b>	
EQUIPO E INSTRUCCIONES PARA UBICAR Y RECOLECTAR			
CANTIDAD	TAMAÑO EQUIPO	TIPO	UBICAR EN:
		CAJAS	Fecha: _____ Hora: _____
		GOH	RECOLECCION: _____
			Fecha: _____ Hora: _____
MERCADERIA A EMBARCAR			
<b>PIEZAS:</b>	<b>BULTOS:</b>	<b>DIMENSIONES (CAJAS)</b>	<b>DESCRIPCION:</b>
	1	Largo: 3.2 m Ancho: 1.45 m Alto: 0.8 m	Vehiculo experimental color verde con franjas blancas.
	<b>BULTOS</b>		
	1		
			<b>PESO BRUTO KGS.</b> 140 kgs.
SERVICIOS OPCIONALES			
(salvo que se indique expresamente que SI, asumiremos que no desea el servicio, por favor verifique la cotización del ejecutivo de ventas)			
<b>SEGURO</b>		<b>CUSTODIA</b>	
<b>SEGURO PUERTA PUERTA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>CUSTODIO ARMADO:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
<b>MONTO A ASEGURAR:</b>	U\$	<b>AUTO PATRULLA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
<b>CUADRILLA</b>			
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
FACTURACION			
<b>CLIENTE:</b>		<b>RUC:</b>	
<b>DIRECCION FISCAL:</b>			
Direccion para entrega de documentos			
PREPAGADO <input type="checkbox"/>		COLLECT <input type="checkbox"/>	
INSTRUCCIONES ESPECIALES			
<b>LUGAR Y FECHA:</b>			
<b>NOMBRE:</b>			


**United States Environmental Protection Agency**
**Declaration Form**
**Importation of Motor Vehicles and Motor Vehicle Engines Subject to Federal Air Pollution Regulations**

 U.S. EPA, Compliance & Innovative Strategies Division, 2000 Traverwood Drive, Ann Arbor, MI 48105 <http://www.epa.gov/otaq/import>, Phone (734) 214-4100; Fax (734) 214-4676.

This form must be submitted to the U.S. Customs and Border Protection (Customs) (42 USC 7522, 7801; 19 CFR 12.73) for each motor vehicle (including motorcycles, disassembled vehicles, kit cars, light-duty vehicle/motorcycle engines) imported into the U.S., except that this form is not required for motor vehicles that are imported by their original manufacturer and are new and are covered by an EPA certificate of conformity and bear an EPA emission control label. One form per shipment may be used, with attachments including all information required to fully describe each vehicle or engine as below. Check the box below indicating the provisions under which you are importing this vehicle or engine. Offroad vehicles/engines and heavy-duty engines must use form 3520-21. Note: Although only imports using codes G, I, K, L, M-3, and O require specific written authorization from EPA, Customs may request EPA review of importer documentation and eligibility for any import using this form. A nonconforming vehicle that is ineligible for the exemptions or exclusions listed below, must be imported through an independent commercial importer (ICI) under codes A, C, J, or Z. For codes A, C, J, and Z, EPA does not authorize the release to the vehicle owner.

**Penalties:** Any person who knowingly makes any false or fraudulent statement, or omits or conceals a material fact can be fined up to \$250,000 or imprisoned for up to 5 years, or both (18 USC 1001). Any person who improperly imports a motor vehicle (including a motorcycle) or engine may be fined up to \$32,500 per vehicle or engine (42 USC 7524), and may be subject to forfeiture of the entire importation bond, if applicable (40 CFR 85.1513), and the U.S. Customs Service may seize the vehicle or engine (19 CFR 162.21).

**Description and Declaration of Motor Vehicle or Motor Vehicle Engine (Note: Heavy-duty Engines must use form 3520-21)**

1. Port code:	2. Entry date: (mm/dd/yyyy)	3. Customs entry number:	4. Vehicle Identification Number (VIN), or engine serial number:
5. Manufacture date (mm/yyyy):	6. Manufacturer (make):	7. Model:	
8. ICI Imports only, codes A, C, J, Z - EPA certificate no., model year and expiration date of applicable certificate:			

**Names, Addresses, and Telephone Numbers of Relevant Parties**

**Certification:** I certify that I have read and understand the purpose of this form, the penalties for falsely declaring information, or for providing misleading information, or for concealing a material fact. The information I have provided is correct, and all required attachments are appended to this form. I authorize EPA Enforcement Officers to conduct inspections or testing permitted by the Clean Air Act. I am the owner, importer, or agent for the owner or importer.

9. Importer (code B: must be certificate holder or their agent for shipments of new vehicles prior to introduction into commerce; codes A, C, J, Z: must be ICI):	10. Owner:	11. Storage location:	12. Signature:
			13. Date:
			14. Name, company and phone (type or print):

**U.S. conforming and "identical" vehicles**

- code B - U.S. certified** - unmodified vehicle bearing a U.S. EPA emission control label in engine compartment (or on motorcycle frame) in English.
- code F - U.S. certified, catalyst restoration** - U.S. certified vehicle as described above, except that the catalyst, oxygen sensors or fuel filter neck restrictor were removed or damaged. The importer attests that the catalyst and oxygen sensors and fuel filter neck restrictor, as applicable, will be re-installed or replaced after importation. If leaded gasoline was used, the importer attests that after importation (1) the fuel tank will be drained and refilled with unleaded gasoline, (2) the catalyst and oxygen sensors, if they were left on the vehicle during use of the leaded gasoline, will be replaced, and (3) the fuel filter neck restrictor will be checked and replaced as necessary. No bond or EPA approval is required.
- code EE - identical in all material respects to a U.S. certified version** - either 1) Canadian vehicle (proof required e.g. Canadian emission control label, registration or title, or letter from the U.S. or Canadian manufacturer representative on letterhead verifying manufacture for sale in Canada) on EPA list of Canadian "identical" models, or 2) vehicle from any country with letter attached to this form from the manufacturer's U.S. representative on letterhead (not a dealer or mechanic) stating that the vehicle is identical to a U.S. EPA certified version with respect to emissions. The importer attests that vehicle is being imported for purposes other than resale or lease. For import of "identical" Canadian vehicles for resale, use code FF.
- code FF - Canadian "identical" models imported for resale or lease** - Canadian vehicle as described above appearing on EPA list of Canadian "identical" models, imported for resale or lease. The importer attests that the importer will satisfy applicable labeling, warranty and CAFE requirements as specified by EPA.

**EPA exempted vehicles**

- code M - miscellaneous exemption**, either 1) Canadian vehicle as described above (proof required) and the importer is either permanently emigrating to the U.S. or will reside in the U.S. for greater than one year under a worker or student visa, or 2) Canadian vehicle received by U.S. resident through inheritance, or 3) EPA hardship letter based on unforeseen and extraordinary circumstances is attached to this form.
- code E - vehicle at least 21 years old** (calendar year of manufacture subtracted from year of importation) and in original unmodified configuration is either exempted or excluded from EPA emission requirements, depending on age. Vehicles at least 21 years old with replacement engines are not eligible for this exemption unless they contain equivalent or newer EPA certified engines. Customs may require proof of vehicle age.



United States  
Environmental Protection Agency

#### Excluded vehicles

- code L** - racing vehicle as determined by EPA and may not be registered or licensed for use on or operated on public roads or highways (40 CFR 85.1511(e)). EPA letter of approval must be attached to this form.
- code U** -2005 model year (or older) motorcycle, scooter or moped with engine displacement less than 50cc and with rated speed greater than 5000 rpm.
- code W** - non-chassis-mounted engine to be used in a light-duty vehicle or light-duty truck or motorcycle which is currently covered by an EPA certificate or will be covered by an EPA certificate prior to introduction into commerce.
- code Y** - unregulated fuel - a vehicle that: (1) for model years earlier than 1991 operates on fuel other than gasoline or diesel fuel, or (2) for 1991-1996 model years operates on fuel other than gasoline or diesel or methanol fuel, or (3) for 1997 and later model years operates on fuel other than gasoline or diesel or methanol or ethanol or compressed natural gas (CNG) or liquid petroleum gas (LPG), including propane. This exemption does not apply to 2004 and later model year vehicles.

#### Temporary imports

- code G** - imported for repair or alteration in accordance with 40 CFR 85.1511(b)(1). May not be registered or licensed for use on, or operated on public roads or highways, or sold or leased in the U.S. Customs bond required. EPA requests that the vehicle be bonded for at least its full value. EPA letter of approval must be attached to this form.
- code I** - imported for testing purposes in accordance with 40 CFR 85.1511(b)(2). May not be registered or licensed for use on or operated on public roads or highways (except operation that is integral to the purpose of the testing program) or sold or leased in the U.S. Customs bond required. EPA requests that the vehicle be bonded for at least its full value. EPA letter of approval must be attached to this form.
- code K** - imported for display (solely for public or business purposes, and not for private purposes or U.S. market sales promotions) in accordance with 40 CFR 85.1511(b)(4). May not be registered or licensed for use on or operated on public roads or highways (except operation that is integral to the purpose of the display) or sold or leased in the U.S. Customs bond required. EPA requests that the vehicle be bonded for at least its full value. EPA letter of approval must be attached to this form.
- code N** - imported for up to one year by member of the armed forces or personnel of a foreign government on assignment to the U.S., for whom free entry has been authorized in writing by the U.S. Department of State, or a member of the armed forces of a foreign country with official orders for duty in the U.S.
- code O** - imported by nonresident for personal use by an individual for a period up to a year. EPA letter of approval must be attached to this form.

#### Independent commercial importer (ICI) imports

- code A** - imported by an ICI for modifications in accordance with a valid EPA certificate of conformity issued for the specific make, model, and model year in accordance with 40 CFR 85.1505.
- code C** - imported by an ICI for modification and testing in accordance with 40 CFR 85.1506. Vehicle must be at least 6 years old.
- code J** - imported by an ICI for the purpose of pre-certification testing in order to obtain an EPA certificate of conformity. No EPA approval is required. The ICI has 180 days to obtain a certificate or export (40 CFR 85.1511(b)(3)). Customs bond required.
- code Z** - imported by an ICI for the purpose of modifying to be identical to an original equipment manufacturer (OEM) certified version in accordance with written instructions from the OEM that are specific to the vehicle being imported.

#### OEM imports

- code H** - imported, owned, and controlled directly by an original equipment manufacturer (OEM) on EPA list of OEM certificate holders provided to Customs, for research, development or testing purposes in accordance with 40 CFR 85.1706. This is a temporary exemption without time limit. If the vehicle is subsequently covered by an applicable EPA certificate of conformity, it is released from the restrictions of this exemption.
- code Q** - imported, owned, and controlled directly by an original equipment manufacturer (OEM) on EPA list of OEM certificate holders provided to Customs, for storage pending receipt of the applicable EPA certificate of conformity, which is pending and imminent. Use of this code is no longer permitted once EPA has issued the applicable certificate of conformity.

#### U.S. Department of Transportation Requirements

**Note:** Importers of vehicles that are primarily manufactured for use on public roads must also file an HS-7 Declaration form to identify the basis for the vehicle's admission under the laws administered by the U.S. Department of Transportation. For more information, see [www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/import/](http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/import/).

#### Paperwork Reduction Act Notice

This information is collected to ensure that motor vehicles and engines imported into the U.S. conform with applicable emission requirements. Responses to this collection are mandatory (40 CFR 85.1501 et seq., and Clean Air Act Sections 203 and 208). Information submitted to the Agency under a claim of confidentiality will be safeguarded according to policies set forth in Title 40, Chapter 1, Part 2, Subpart B. The public reporting and recordkeeping burden for this collection of information is estimated to average 30 minutes per response. Burden means the total time, effort, or financial resources expended by persons to generate, maintain, retain, or disclose or provide information to or for a Federal agency. This includes the time needed to review instructions; develop, acquire, install, and utilize technology and systems for the purposes of collecting, validating, and verifying information, processing and maintaining information, and disclosing and providing information; adjust the existing ways to comply with any previously applicable instructions and requirements; train personnel to be able to respond to a collection of information; search data sources; complete and review the collection of information; and transmit or otherwise disclose the information. An agency may not conduct or sponsor, and a person is not required to respond to, a collection of information unless it displays a currently valid OMB control number. Send comments on the Agency's need for this information, the accuracy of the provided burden estimates, and any suggested methods for minimizing respondent burden, including through the use of automated collection techniques to the Director, Collection Strategies Division, U.S. Environmental Protection Agency (2822), 1200 Pennsylvania Ave., NW, Washington, D.C. 20460. Include the OMB control number in any correspondence. Do not send the completed form to this address.

Anexo 38: Alcance de comunicación

## PROYECTO INNOVADOR

UN EQUIPO GUATEMALTECO LE APUESTA A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Karen Wantland  
kwantland@consultarse.com



En Guatemala existen emprendedores con una capacidad de innovación excepcional. Es el caso del equipo Taq Balam, integrado por un grupo de jóvenes de la Universidad del Valle de Guatemala. El propósito de Taq Balam es participar en la Eco-Marathon Shell de las Américas de este año, una competencia en la que estudiantes universitarios deben diseñar, construir y manejar vehículos especiales con alta eficiencia energética.

Taq Balam participará en la categoría prototipo etanol. El certamen se efectuará del 24 al 27 de abril en Houston, Texas, para lo que el equipo está construyendo un vehículo eficiente que pueda recorrer la mayor distancia utilizando la menor cantidad de energía posible. Por dar algún ejemplo, el ganador del año pasado recorrió tres mil 567 millas por galón.

Es el primer equipo guatemalteco que participa en esta competencia. El objetivo de los jo-

venes estudiantes de Química y Mecánica de Taq Balam es ganar la Eco-Marathon Shell y trasladar esta tecnología al país.

La eficiencia energética es una necesidad inminente. Consiste en reducir el consumo de energía para disminuir el uso de recursos naturales y promover la sostenibilidad ambiental, social y económica. Es por eso que lo que está haciendo Taq Balam resulta inspirador y retador, no solo para la maratón, sino para el país.

Inicio » Tendencias » Académico » Alumnos inician proyectos fuera de Guatemala

## Alumnos inician proyectos fuera de Guatemala

La oportunidad de medir tus habilidades con los mejores estudiantes del mundo es una experiencia que te servirá en tu carrera profesional.

16 septiembre, 2013 | Escrito por: PubliNews2 | [Share](#) | [Save](#) | [Facebook](#) | [Twitter](#) | [Google+](#) | [LinkedIn](#)

Universitarios incursionan en el extranjero



0:00 / 2:08

La demanda de perfiles profesionales con una formación interdisciplinaria está en auge. Es una realidad a la que tendrás que adaptarte como estudiante y las competencias académicas internacionales así como los intercambios estudiantiles son escenarios perfectos para identificar tu nivel y mejorarlo.

*"Ir a otro país cambia tu mentalidad y la forma de ver las cosas. Conoces la cultura de otra nación y valoras la tuya. También aprendes a ser autocrítico de tus fortalezas y debilidades", cuenta Esteban Vides, quien estudió una maestría en Ingeniería Industrial en Taiwán durante dos años.*

Otra experiencia que marca tu carrera profesional son las competiciones internacionales. Por ejemplo, el equipo Taq' Balam, integrado por estudiantes de ingeniería de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), participó en 2012 por primera vez en la

contienda Shell Eco Marathon, en la que incursionan más de mil estudiantes de secundarias y universidades de América.

Estos consisten en el diseño, la construcción y la prueba de un vehículo ultraeficiente en energía. El ganador del certamen anterior fue el instituto Alden-Conger de Estados Unidos, que logró una eficiencia de 671.5 km/litro de etanol.

Para Diego Figueroa, estudiante de tercer año de Ingeniería Química y miembro del equipo de comunicación y seguridad de Taq' Balam, "uno de los objetivos de participar a nivel internacional es motivar a los guatemaltecos e inspirarlo a llegar lejos".

El grupo que representará a Guatemala en el evento de 2014 está conformado por Margarita Flores, Victoria Alvarado, Ana López, Diego Figueroa y María Soto, de Ingeniería Química; Luis Sigüenza, de Ingeniería Mecatrónica; Gabriel Quiñónez, Johannes Kholer, Pedro Artiga y Luis Carriños, de Ingeniería Mecánica; Mónica Ruiz, de Ingeniería Industrial; José Zambrano, diseñador industrial; y Andrés Hernández, ingeniero químico y líder del equipo.

*"Estas experiencias son relevantes para el futuro profesional de los estudiantes, por lo que le invitamos a buscar este tipo de retos", concluye Gamaliel Zambrano, director del departamento de Ingeniería Química de la UVG.*

José Hernández

## Competencia Shell Eco-Marathon 2014

12/05/2014

El equipo Taq Balam de la Universidad del Valle de Guatemala es el primer equipo guatemalteco en participar en el evento de la Shell.

Imprimir Enviar PDF



Fuente: [Universidad del Valle de Guatemala](#)

La competencia "Shell Eco-marathon 2014" se realizó del 24 al 27 de abril, en la ciudad de Houston, Texas, alrededor del Discovery Green Park. El próximo año se realizará en Detroit.

La competencia Shell Eco-Marathon 2014 consiste en fabricar un vehículo ultra eficiente utilizando combustibles renovables para recorrer la mayor distancia posible. Es la segunda participación y se obtuvo una mejora considerable en el desempeño.

Los integrantes de la competencia fueron:

1. Ing. José Andrés Hernández Gaitán
2. Johannes Köhler Mendizábal
3. Gabriel David Quiñonez Castillo
4. Luis Gabriel Cariñes Medrano
5. Pedro Miguel Artiga Valencia
6. Ana Silvia López Gonzales
7. Margarita María Flores de la Riva
8. María del Pilar Soto Van der Siluys Veer
9. Liza Victoria Alvarado Montúfar
10. Luis Antonio Sigüenza Leiva
11. Mónica Denis Ruiz Herrera

La representación de la **UVG** llegó con un equipo multidisciplinario compuesto por: estudiantes de megaproyecto y estudiantes regulares. Los **estudiantes de megaproyecto** tuvieron a su cargo **diferentes partes técnicas del vehículo las cuales fueron diseñadas, construidas y ensambladas por ellos mismos**, mientras que los **estudiantes regulares** proporcionaron diferentes aportes al mismo tanto en **aspectos técnicos como administrativos, comunicación y seguridad**.

Durante la competencia el vehículo fue sometido a rigurosas inspecciones como: inspección de línea de combustible y presurización de combustible, frenos, cinturón, dimensiones, inspección técnica, visibilidad, slalom. Una vez superadas todas estas pruebas el **vehículo fue aprobado para participar en la competencia**. Se realizaron dos intentos de carrera. En el primer intento el vehículo reaccionó bien, sin embargo el motor se apagó en la segunda vuelta y ya no se pudo encender por lo que no se logró terminar el circuito.

En conclusión, quedaron **satisfechos con el desempeño del equipo**, ya que a pesar de que no se logró terminar, se pudo pasar la rigurosa inspección técnica del vehículo, inspección que más del 30 % de vehículos no logra pasar y también lograron correr, cuando alrededor del 50% de los vehículos no lo logran. También se tuvo una excelente retroalimentación por parte de los jueces y los otros equipos, que reconocieron la calidad del vehículo y los aspectos técnicos del mismo.

Fuente: Universidad del Valle de Guatemala

## Equipo de la UVG participará en Shell Eco-marathon

0

Publicado el 30/08/2013 por Brújula en La Esquina



Gabriel Quiñonez / Colaboración /

La Shell Eco-marathon es una competencia de vehículos ultra eficientes, organizada por Shell Global en América, Europa y Asia. La competencia reta a equipos alrededor del mundo a diseñar, construir y correr sus vehículos con la menor cantidad de combustible posible.

En nuestro continente este evento se lleva a cabo en Houston, Texas durante el mes de abril. La competencia se divide en dos categorías principales: vehículos prototipo y urbano. Los vehículos tipo prototipo son más que pequeños y de influencia futurista, los urbanos son más apegados a la realidad. Estas dos categorías se subdividen según el tipo de energía que usan, como por ejemplo: hidrógeno, gasolina, diésel, etanol, electricidad o híbridos.

**La competencia se realiza en las calles de Houston, donde se realizan 10 vueltas de 0.97 km cada una, a una velocidad promedio de 24 km/h.**

La participación en esta competencia fue promovida por un estudiante de ingeniería química de la Universidad del Valle de Guatemala el año pasado. Este certamen nos interesó por la complejidad y alto nivel del mismo. Más de 100 equipos de Canadá, Estados Unidos, México, y Brasil compiten por el premio de mayor kilometraje, además de otros premios como el de comunicación, seguridad, espíritu de equipo, etcétera. La participación del equipo 2013 nos hizo acreedores al premio "Perseverance in the face of Adversity", perseverancia frente a la adversidad, donde Shell Global premió el esfuerzo del equipo guatemalteco ante tantos problemas que surgieron en su primera competencia.

Este año la participación se presentó como proyecto de graduación (Megaproyecto). Nuestro equipo Taq Balam está conformado por cuatro estudiantes de ingeniería mecánica, un estudiante de ingeniería mecatrónica, cuatro estudiantes de ingeniería química, una estudiante de ingeniería industrial, y por último un catedrático de ingeniería química, que funge como administrador y encargado del proyecto.

---

La meta para la competencia de 2014 es obtener el primer lugar, para esto debemos realizar al menos 2,540 kilómetros por galón de etanol. Además queremos obtener los premios de comunicación, espíritu de equipo y seguridad. El equipo cuenta con diferentes medios de comunicación con la finalidad de que la población Guatemalteca esté al tanto de los avances del vehículo "B'ate' B'alam" y del evento. El equipo cuenta con una página de Facebook y Twitter, también con una cuenta en construcción de Youtube.

## Estudiantes guatemaltecos participarán en competencia internacional con vehículo ecológico

Written by Isabel Coromac/AGN | Published in Reportajes Especiales | Tuesday, 11 March 2014 07:32



Foto Zonia Quintana/AGN

Guatemala, 11 mar (AGN).- Trece estudiantes de Ingeniería de una universidad local, participarán en la Shell Eco-Marathon, competición que premia al vehículo ecológicamente sostenible que recorra más kilómetros con menos combustible.

Se trata del equipo Taq'Balam, integrado por trece jóvenes de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), quienes construyeron su propio automóvil para participar en la categoría de prototipo de etanol.

En la competición estarán presentes equipos de todo el

mundo, quienes pasarán por una ronda de clasificación continental. Los guatemaltecos demostrarán su talento en el segmento americano que se realizará en Houston, Texas (Estados Unidos), el cual tendrá lugar del 24 al 27 de abril.

Desde junio del 2013, Andrés Hernández, ingeniero químico y líder del equipo, junto a los estudiantes Luis Cariñés, Pedro Artiga, Gabriel Quiñónez, Mónica Ruiz, Diego Figueroa, Margarita Flores, Ana López y Luis Sigüenza, empezaron a trabajar en su vehículo, proceso que ha requerido una inversión aproximada de 11.000 dólares (85.600 quetzales).

Ana Silvia López contó a la *Agencia Guatemalteca de Noticias (AGN)*, que su objetivo además de representar al país, es "demostrar que se tiene el desarrollo tecnológico necesario para participar en una competencia de esta magnitud, promoviendo el uso de los biocombustibles".

Según los estudiantes, su idea es demostrar que el etanol cuenta con los mismos beneficios que el biodiésel, a pesar que el segundo tiene mayor demanda.

"La mezcla de diferentes ingenierías que puedan ayudarnos a hacer algo diferente, con el conocimiento de cada uno, el unir todo eso, beneficia el proyecto. Estamos y con bastante responsabilidad por representar a nuestro país", comentó Sigüenza.

No será la primera vez que el equipo participe en el certamen, de hecho, el año pasado fue galardonado con el premio "Perseverance in the Face of Adversity" (La perseverancia en la cara de la adversidad), cuando fueron descalificados por un desperfecto mecánico.

---

#### Sobre la Eco-Marathon

La competición comenzó en Europa en 1985 con el circuito Paul Ricard en Le Castellet Motor, Francia, cuando por una apuesta amistosa quisieron determinar quién podía conducir su propio automóvil más lejos con un galón de combustible.

Durante la competición, los vehículos deben alcanzar una velocidad media de al menos 15 millas por hora (23 kilómetros por hora) a una distancia de diez millas (16 kilómetros). El combustible es estrictamente medido por cada participante.

El evento se realiza en un circuito urbano, con un automóvil prototipo para mostrar cómo la idea puede aplicarse en los automotores existentes.

Al final, se mide la cantidad de combustible utilizado, de esa cifra, se calcula la economía obtenida. AGN

Read 698 times

Last modified on Wednesday, 12 March 2014 15:05

Actividad	Exposición Estimada (personas)
Vuelo	5,000
Competencia	2,000
Presentación de Megaproyecto	360
Promociones dentro de la UVG	3,500
Pruebas y actividades varias del equipo.	5,000
Visita colegio Internacional	200
visita colegio Autriaco	200
Entrevista en La red deportiva	5,000
Entrevista en Atmósfera	100,000
Facebook UVG	8,790
Facebook Taq Balam	1,200
Página web UVG	2,500
Youtube	500
Periódico UVG Hoy	2,500
Reportaje en Brújula	8,000
Reportaje en AGN	1,000
Reportaje en Campus	2,000
Reportaje en Publinews	80,000
Entrevista en Telediario	120,000
Eco-Excercise Challenge (Pasos y Pedales)	15,000
Live Stream	1,200
<b>Exposición total</b>	<b>363,950</b>

Anexo 39: Cuadros de mando integral

Julio 2013

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Número actividades realizadas	Progreso	Restante	
<b>Sistema de Inyección</b>	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		0	0%	100%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
<b>Sistema de Monitoreo</b>	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		3	17%	83%
	7	Ensamble de sistema eléctrico				
	8	Transmisión de Datos Inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
<b>Sistema de Dirección y frenos</b>	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante		0	0%	100%
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas				
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timón (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timón desmontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	20	Dirección Armada				
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
	22	Timón desmontable y desbloqueo				
	<b>Chasis y carrocería</b>	1	Finalización de cálculos del chasis			
2		Cotización de tubos				
3		Finalización de diseño de carrocería				
4		Fabricación de chasis de prueba				
5		Cotización de fabricación de carrocería		0	0%	100%
6		Compra de tubos				
7		Fabricación de chasis				
8		Fabricación de carrocería				
9		Acople diseño a otros				
10		Preparar soportes en inventar				
11		Cotizar nuevo material				
12		Comprar material chasis				
15		Cotizar carrocería				
16		Placas para armar y desarmar chasis				
17		Compra materiales carrocería				
18		Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
19		Espejos				
<b>Transmisión y Potencia</b>		1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
		2	Compras equipo			
	3	Diseño de Relaciones				
	4	Diseño Estructural				
	5	Pruebas motor GX35		1	6%	94%
	6	Ensamblaje				
	7	Cotizar Planetario				
	8	Comprar Planetario				
	9	Diseñar Clutch				
	10	Diseñar Transmisión				
	11	Acople motor y clutch				
	12	Pedales				
	13	Guarda cadena y motor				
	15	Acople chasis con motor				
	16	Pruebas				
	<b>Trasporte</b>	1	Cotización transporte			
2		Patrocinio transporte				
3		Tramites y permisos				
4		Construcción caja				
5		Fumigación		0	0%	100%
6		Transporte				

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

PROGRESO DEL PROYECTO 4%

Agosto 2013

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante	
<b>Sistema de Inyección</b>	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		1	6%	94%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
<b>Sistema de Monitoreo</b>	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		3	17%	83%
	7	Ensamble de sistema eléctrico				
	8	Transmisión de Datos inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
<b>Sistema de Dirección y frenos</b>	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante		0	0%	100%
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas				
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timón (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timón desmontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	20	Dirección Armada				
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
	22	Timón desmontable y desbloqueo				
	<b>Chasis y carrocería</b>	1	Finalización de cálculos del chasis			
2		Cotización de tubos				
3		Finalización de diseño de carrocería				
4		Fabricación de chasis de prueba				
5		Cotización de fabricación de carrocería		2	11%	89%
6		Compra de tubos				
7		Fabricación de chasis				
8		Fabricación de carrocería				
9		Acople diseño a otros				
10		Preparar soportes en inventar				
11		Cotizar nuevo material				
12		Comprar material chasis				
15		Cotizar carrocería				
16		Placas para armar y desarmar chasis				
17		Compra materiales carrocería				
18		Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
19		Espejos				
<b>Transmisión y Potencia</b>		1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
		2	Compras equipo			
	3	Diseño de Relaciones				
	4	Diseño Estructural				
	5	Pruebas motor GX35		2	13%	88%
	6	Ensamblaje				
	7	Cotizar Planetario				
	8	Comprar Planetario				
	9	Diseñar Clutch				
	10	Diseñar Transmisión				
	11	Acople motor y clutch				
	12	Pedales				
	13	Guarda cadena y motor				
	15	Acople chasis con motor				
	16	Pruebas				
	<b>Trasporte</b>	1	Cotización transporte			
2		Patrocinio transporte				
3		Tramites y permisos				
4		Construcción caja				
5		Fumigación		0	0%	100%
6		Transporte				
<b>PROGRESO DEL PROYECTO</b>					<b>8%</b>	

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

Septiembre 2013

Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante
Diseño de sistema de pruebas				
Pruebas con motor GX35				
Realización de pruebas				
Diagramas				
Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		2	12%	88%
Aprovechamiento gases de combustión				
Hacer maqueta motor				
Hacer pruebas motor gx35				
modificar maqueta motor gx50				
pruebas motor gx50				
Construcción de gráfica				
Reporte de datos				
Acople motor e inyector				
Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
Acople piezas con motor				
Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
Eficiencia combustible				
Investigación de Plataformas				
Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
Pruebas Sistema de Inyección				
Desarrollo de sistema básico de sensores				
Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		5	28%	72%
Ensamble de sistema eléctrico				
Transmisión de Datos Inalambrica				
Compras equipo				
Desarrollo de Software para monitoreo				
Cotización de componentes de sistema eléctrico				
Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
Pruebas de Sistema de Inyección				
Desarrollo de Sistema básico de sensores				
Especificar batería a utilizar				
Parte eléctrica sin LCD con caja				
Placa terminada				
Cableado				
Cotizaciones (Aros y llantas)				
Compra equipo				
Finalización del diseño de dirección				
Finalización del diseño de frenos				
Diseño de la base del Volante		2	9%	91%
Diseño del Volante				
Manufactura de piezas				
Ensamblaje dirección y frenos				
Comprar masa de prueba				
Desarmar masa				
Cotizar cojinetes				
Desarmar sistema de dirección de go-kart				
terminar diseño del eje				
Terminar dirección y frenos + timon (frenos, cambios y pantalla)				
Compras ciclo vida y aceros suecos				
Timon demontable y desbloqueo				
Montaje de llantas				
Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
Dirección Armada				
Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
Timón desmontable y desbloqueo				
Finalización de cálculos del chasis				
Cotización de tubos				
Finalización de diseño de carrocería				
Fabricación de chasis de prueba				
Cotización de fabricación de carrocería		2	11%	89%
Compra de tubos				
Fabricación de chasis				
Fabricación de carrocería				
Acople diseño a otros				
Preparar soportes en inventar				
Cotizar nuevo material				
Comprar material chasis				
Cotizar carrocería				
Placas para armar y desarmar chasis				
Compra materiales carrocería				
Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
Espejos				
Cotizaciones (Motor y Transmision)				
Compras equipo				
Diseño de Relaciones				
Diseño Estructural				
Pruebas motor GX35		2	13%	88%
Ensamblaje				
Cotizar Planetario				
Comprar Planetario				
Diseñar Clutch				
Diseñar Transmision				
Acople motor y clutch				
Pedales				
Guarda cadena y motor				
Acople chasis con motor				
Pruebas				
Cotización transporte				
Patrocinio transporte				
Tramites y permisos				
Construcción caja				
Fumigación		0	0%	100%
Transporte				

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

PROGRESO DEL PROYECTO 12%

Octubre 2013

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante	
Sistema de Inyección	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		2	12%	88%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
Sistema de Monito	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		5	28%	72%
	7	Ensamble de sistema eléctrico				
	8	Transmisión de Datos Inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
Sistema de Direcció	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante		4	18%	82%
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas				
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timon (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timon demontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	20	Dirección Armada				
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
	22	Timón desmontable y desbloqueo				
	Chasis y carrocería	1	Finalización de cálculos del chasis			
2		Cotización de tubos				
3		Finalización de diseño de carrocería				
4		Fabricación de chasis de prueba				
5		Cotización de fabricación de carrocería		2	11%	89%
6		Compra de tubos				
7		Fabricación de chasis				
8		Fabricación de carrocería				
9		Acople diseño a otros				
10		Preparar soportes en inventar				
11		Cotizar nuevo material				
12		Comprar material chasis				
15		Cotizar carrocería				
16		Placas para armar y desarmar chasis				
17		Compra materiales carrocería				
18		Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
19		Espejos				
Transmisión y Pote		1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
		2	Compras equipo			
	3	Diseño de Relaciones				
	4	Diseño Estructural				
	5	Pruebas motor GX35		3	19%	81%
	6	Ensamblaje				
	7	Cotizar Planetario				
	8	Comprar Planetario				
	9	Diseñar Clutch				
	10	Diseñar Transmisión				
	11	Acople motor y clutch				
	12	Pedales				
	13	Guarda cadena y motor				
	15	Acople chasis con motor				
	16	Pruebas				
	Trasporte	1	Cotización transporte			
2		Patrocinio transporte				
3		Tramites y permisos				
4		Construcción caja				
5		Fumigación		0	0%	100%
6		Transporte				

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

PROGRESO DEL PROYECTO 15%

Noviembre 2013

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante	
Sistema de inyección	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		5	29%	71%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
Sistema de Monito	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		5	28%	72%
	7	Ensamble de sistema eléctrico				
	8	Transmisión de Datos Inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
Sistema de Dirección	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante		4	18%	82%
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas				
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timon (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timon demontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	20	Dirección Armada				
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
	22	Timón desmontable y desbloqueo				
	Chasis y carrocería	1	Finalización de cálculos del chasis			
2		Cotización de tubos				
3		Finalización de diseño de carrocería				
4		Fabricación de chasis de prueba				
5		Cotización de fabricación de carrocería		2	11%	89%
6		Compra de tubos				
7		Fabricación de chasis				
8		Fabricación de carrocería				
9		Acople diseño a otros				
10		Preparar soportes en inventor				
11		Cotizar nuevo material				
12		Comprar material chasis				
15		Cotizar carrocería				
16		Placas para armar y desarmar chasis				
17		Compra materiales carrocería				
18		Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
19		Espejos				
Transmisión y Pote		1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
		2	Compras equipo			
	3	Diseño de Relaciones				
	4	Diseño Estructural				
	5	Pruebas motor GX35		3	19%	81%
	6	Ensamblaje				
	7	Cotizar Planetario				
	8	Comprar Planetario				
	9	Diseñar Clutch				
	10	Diseñar Transmisión				
	11	Acople motor y clutch				
	12	Pedales				
	13	Guarda cadena y motor				
	15	Acople chasis con motor				
	16	Pruebas				
	Trasporte	1	Cotización transporte			
2		Patrocinio transporte				
3		Tramites y permisos				
4		Construcción caja				
5		Fumigación		0	0%	100%
6		Transporte				

PROGRESO DEL PROYECTO 17%

Diciembre 2013

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante					
<b>Sistema de Inyección</b>	1	Diseño de sistema de pruebas		5	29%	71%				
	2	Pruebas con motor GX35								
	3	Realización de pruebas								
	4	Diagramas								
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)								
	6	Aprovechamiento gases de combustión								
	7	Hacer maqueta motor								
	8	Hacer pruebas motor gx35								
	9	modificar maqueta motor gx50								
	10	pruebas motor gx50								
	11	Construcción de gráfica								
	12	Reporte de datos								
	13	Acople motor e inyector								
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización								
	15	Acople piezas con motor								
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico								
	17	Eficiencia combustible								
<b>Sistema de Monitoreo</b>	1	Investigación de Plataformas		5	28%	72%				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS								
	3	Pruebas Sistema de Inyección								
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores								
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)								
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo								
	7	Ensamble de sistema eléctrico								
	8	Transmisión de Datos inalámbrica								
	9	Compras equipo								
	10	Desarrollo de Software para monitoreo								
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico								
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico								
	13	Pruebas de Sistema de Inyección								
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores								
	15	Especificar batería a utilizar								
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja								
	17	Placa terminada								
	18	Cableado								
<b>Sistema de Dirección y frenos</b>	1	Cotizaciones (Aros y llantas)		6	27%	73%				
	2	Compra equipo								
	3	Finalización del diseño de dirección								
	4	Finalización del diseño de frenos								
	5	Diseño de la base del Volante								
	6	Diseño del Volante								
	7	Manufactura de piezas								
	8	Ensamblaje dirección y frenos								
	9	Comprar masa de prueba								
	10	Desarmar masa								
	11	Cotizar cojinetes								
	12	Desarmar sistema de dirección de gol-kart								
	13	terminar diseño del eje								
	14	Terminar dirección y frenos + timón (frenos, cambios y pantalla)								
	15									
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos								
	17	Timón desmontable y desbloqueo								
	18	Montaje de llantas								
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO								
	20	Dirección Armada								
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis								
	22	Timón desmontable y desbloqueo								
<b>Chasis y carrocería</b>	1	Finalización de cálculos del chasis		3	16%	84%				
	2	Cotización de tubos								
	3	Finalización de diseño de carrocería								
	4	Fabricación de chasis de prueba								
	5	Cotización de fabricación de carrocería								
	6	Compra de tubos								
	7	Fabricación de chasis								
	8	Fabricación de carrocería								
	9	Acople diseño a otros								
	10	Preparar soportes en inventar								
	11	Cotizar nuevo material								
	12	Comprar material chasis								
	15	Cotizar carrocería								
	16	Placas para armar y desarmar chasis								
	17	Compra materiales carrocería								
	18	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO								
	19	Espejos								
	<b>Transmisión y Potencia</b>	1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)					7	44%	56%
		2	Compras equipo							
3		Diseño de Relaciones								
4		Diseño Estructural								
5		Pruebas motor GX35								
6		Ensamblaje								
7		Cotizar Planetario								
8		Comprar Planetario								
9		Diseñar Clutch								
10		Diseñar Transmisión								
11		Acople motor y clutch								
12		Pedales								
13		Guarda cadena y motor								
15		Acople chasis con motor								
16		Pruebas								
<b>Trasporte</b>		1	Cotización transporte		0	0%	100%			
	2	Patrocinio transporte								
	3	Tramites y permisos								
	4	Construcción caja								
	5	Fumigación								
	6	Transporte								

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

PROGRESO DEL PROYECTO 24%

Enero 2014

Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante
Diseño de sistema de pruebas	Realizada			
Pruebas con motor GX35	Realizada			
Realización de pruebas	En progreso			
Diagramas	En progreso			
Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)	En progreso	5	29%	71%
Aprovechamiento gases de combustión	En progreso			
Hacer maqueta motor	En progreso			
Hacer pruebas motor gx35	Realizada			
modificar maqueta motor gx50	En progreso			
pruebas motor gx50	En progreso			
Construcción de gráfica	En progreso			
Reporte de datos	En progreso			
Acople motor e inyector	En progreso			
Mamparo trasero e instalación del kit de presurización	Pendiente			
Acople piezas con motor	En progreso			
Acople sistema de presurización con sistema eléctrico	Pendiente			
Eficiencia combustible	Pendiente			
Investigación de Plataformas	Realizada			
Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS	Realizada			
Pruebas Sistema de Inyección	Pendiente			
Desarrollo de sistema básico de sensores	Realizada			
Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)	Realizada			
Diseño de sistema eléctrico en el vehículo	En progreso	12	67%	33%
Ensamble de sistema electrico	Pendiente			
Transmisión de Datos Inalambrica	Realizada			
Compras equipo	Realizada			
Desarrollo de Software para monitoreo	Realizada			
Cotización de componentes de sistema eléctrico	Realizada			
Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico	Realizada			
Pruebas de Sistema de Inyección	Pendiente			
Desarrollo de sistema básico de sensores	Realizada			
Especificar batería a utilizar	Realizada			
Parte eléctrica sin LCD con caja	Realizada			
Placa terminada	En progreso			
Cableado	Pendiente			
Cotizaciones (Aros y llantas)	Realizada			
Compra equipo	Realizada			
Finalización del diseño de dirección	Realizada			
Finalización del diseño de frenos	Realizada			
Diseño de la base del Volante	Pendiente	13	59%	41%
Diseño del Volante	En progreso			
Manufactura de piezas	En progreso			
Ensamblaje direccion y frenos	Pendiente			
Comprar masa de prueba	Realizada			
Desarmar masa	Realizada			
Cotizar cojinetes	Realizada			
Desarmar sistema de dirección de go-kart	Realizada			
terminar diseño del eje	En progreso			
Terminar dirección y frenos + timon (frenos, cambios y pantalla)	Pendiente			
Compras ciclo vida y aceros suecos	Realizada			
Timon demontable y desbloqueo	Realizada			
Montaje de llantas	Realizada			
Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO	Realizada			
Dirección Armada	Realizada			
Acople diseño de dirección, frenos y chasis	Pendiente			
Timón desmontable y desbloqueo	Pendiente			
Finalización de cálculos del chasis	En progreso			
Cotización de tubos	Realizada			
Finalización de diseño de carrocería	Realizada			
Fabricación de chasis de prueba	Realizada			
Cotización de fabricación de carrocería	En progreso	8	42%	58%
Compra de tubos	Realizada			
Fabricación de chasis	Realizada			
Fabricación de carrocería	Pendiente			
Acople diseño a otros	Realizada			
Preparar soportes en inventor	En progreso			
Cotizar nuevo material	Realizada			
Comprar material chasis	Realizada			
Cotizar carrocería	En progreso			
Placas para armar y desarmar chasis	Realizada			
Compra materiales carrocería	Realizada			
Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO	Realizada			
Espejos	Pendiente			
Cotizaciones (Motor y Transmision)	Realizada			
Compras equipo	Realizada			
Diseño de Relaciones	Realizada			
Diseño Estructural	Realizada			
Pruebas motor GX35	En progreso	7	44%	56%
Ensamblaje	Pendiente			
Cotizar Planetario	Realizada			
Comprar Planetario	Realizada			
Diseñar Clutch	En progreso			
Diseñar Transmision	Realizada			
Acople motor y clutch	En progreso			
Pedales	Pendiente			
Guarda cadena y motor	Pendiente			
Acople chasis con motor	Pendiente			
Pruebas	Pendiente			
Cotización transporte	Realizada			
Patrocinio transporte	Realizada			
Trámites y permisos	En progreso			
Construcción caja	Pendiente	2	33%	67%
Fumigación	Pendiente			
Transporte	Pendiente			

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

PROGRESO DEL PROYECTO 46%

Febrero 2014

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante	
Sistema de Inyección	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		11	65%	35%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
Sistema de Monito	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		13	72%	28%
	7	Ensamble de sistema eléctrico				
	8	Transmisión de Datos Inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
Sistema de Direcció	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante		17	77%	23%
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas				
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timon (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timon demontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	20	Dirección Armada				
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
	22	Timón desmontable y desbloqueo				
	Chasis y carrocería	1	Finalización de cálculos del chasis			
2		Cotización de tubos				
3		Finalización de diseño de carrocería				
4		Fabricación de chasis de prueba				
5		Cotización de fabricación de carrocería		8	42%	58%
6		Compra de tubos				
7		Fabricación de chasis				
8		Fabricación de carrocería				
9		Acople diseño a otros				
10		Preparar soportes en inventar				
11		Cotizar nuevo material				
12		Comprar material chasis				
15		Cotizar carrocería				
16		Placas para armar y desarmar chasis				
17		Compra materiales carrocería				
18		Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
19		Espejos				
Transmisión y Pote		1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
		2	Compras equipo			
	3	Diseño de Relaciones				
	4	Diseño Estructural				
	5	Pruebas motor GX35		10	63%	38%
	6	Ensamblaje				
	7	Cotizar Planetario				
	8	Comprar Planetario				
	9	Diseñar Clutch				
	10	Diseñar Transmisión				
	11	Acople motor y clutch				
	12	Pedales				
	13	Guarda cadena y motor				
	15	Acople chasis con motor				
	16	Pruebas				
	Trasporte	1	Cotización transporte			
2		Patrocinio transporte				
3		Tramites y permisos				
4		Construcción caja				
5		Fumigación		2	33%	67%
6		Transporte				

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

PROGRESO DEL PROYECTO 59%

Abril 2014

Módulo	Actividades	Actividades realizadas	Numero de actividades realizadas	Progreso	Restante	
Sistema de Inyección	1	Diseño de sistema de pruebas				
	2	Pruebas con motor GX35				
	3	Realización de pruebas				
	4	Diagramas				
	5	Cálculos Termodinámicos (eficiencia térmica)		14	82%	18%
	6	Aprovechamiento gases de combustión				
	7	Hacer maqueta motor				
	8	Hacer pruebas motor gx35				
	9	modificar maqueta motor gx50				
	10	pruebas motor gx50				
	11	Construcción de gráfica				
	12	Reporte de datos				
	13	Acople motor e inyector				
	14	Mamparo trasero e instalación del kit de presurización				
	15	Acople piezas con motor				
	16	Acople sistema de presurización con sistema eléctrico				
	17	Eficiencia combustible				
Sistema de Monito	1	Investigación de Plataformas				
	2	Investigación de Sistemas de Comunicación y GPS				
	3	Pruebas Sistema de Inyección				
	4	Desarrollo de sistema básico de sensores				
	5	Sistema de inyección (sensores y transmisión de datos)				
	6	Diseño de sistema eléctrico en el vehículo		18	100%	0%
	7	Ensamble de sistema eléctrico				
	8	Transmisión de Datos Inalámbrica				
	9	Compras equipo				
	10	Desarrollo de Software para monitoreo				
	11	Cotización de componentes de sistema eléctrico				
	12	Esquemático del circuito del Sistema Eléctrico				
	13	Pruebas de Sistema de Inyección				
	14	Desarrollo de Sistema básico de sensores				
	15	Especificar batería a utilizar				
	16	Parte eléctrica sin LCD con caja				
	17	Placa terminada				
	18	Cableado				
Sistema de Direcció	1	Cotizaciones (Aros y llantas)				
	2	Compra equipo				
	3	Finalización del diseño de dirección				
	4	Finalización del diseño de frenos				
	5	Diseño de la base del Volante		22	100%	0%
	6	Diseño del Volante				
	7	Manufactura de piezas				
	8	Ensamblaje dirección y frenos				
	9	Comprar masa de prueba				
	10	Desarmar masa				
	11	Cotizar cojinetes				
	12	Desarmar sistema de dirección de go-kart				
	13	terminar diseño del eje				
	15	Terminar dirección y frenos + timon (frenos, cambios y pantalla)				
	16	Compras ciclo vida y aceros suecos				
	17	Timon demontable y desbloqueo				
	18	Montaje de llantas				
	19	Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
	20	Dirección Armada				
	21	Acople diseño de dirección, frenos y chasis				
	22	Timón desmontable y desbloqueo				
	Chasis y carrocería	1	Finalización de cálculos del chasis			
2		Cotización de tubos				
3		Finalización de diseño de carrocería				
4		Fabricación de chasis de prueba				
5		Cotización de fabricación de carrocería		19	100%	0%
6		Compra de tubos				
7		Fabricación de chasis				
8		Fabricación de carrocería				
9		Acople diseño a otros				
10		Preparar soportes en inventor				
11		Cotizar nuevo material				
12		Comprar material chasis				
15		Cotizar carrocería				
16		Placas para armar y desarmar chasis				
17		Compra materiales carrocería				
18		Ensamblaje chasis y llantas en talleres LUO				
19		Espejos				
Transmisión y Pote		1	Cotizaciones (Motor y Transmisión)			
		2	Compras equipo			
	3	Diseño de Relaciones				
	4	Diseño Estructural				
	5	Pruebas motor GX35		15	94%	6%
	6	Ensamblaje				
	7	Cotizar Planetario				
	8	Comprar Planetario				
	9	Diseñar Clutch				
	10	Diseñar Transmisión				
	11	Acople motor y clutch				
	12	Pedales				
	13	Guarda cadena y motor				
	15	Acople chasis con motor				
	16	Pruebas				
	Trasporte	1	Cotización transporte			
2		Patrocinio transporte				
3		Tramites y permisos				
4		Construcción caja				
5		Fumigación		6	100%	0%
6		Transporte				

■ Pendiente  
■ Realizada  
■ En progreso

Anexo 40: Glosario

- **Antidetonante:** aditivos o combustibles capaces de limitar o de evitar la detonación durante la combustión.
- **Autoignición:** fenómeno mediante el cual ocurre el encendido de la mezcla aire. Combustible debido a la elevación de la temperatura del aire en el interior del cilindro. El incremento de temperatura es ocasionado por el empleo de altas relaciones de compresión.
- **Catalizador:** tiene como misión disminuir los elementos contaminantes contenidos en los gases de escape de un vehículo mediante la técnica de la catálisis.
- **Combustión completa:** proceso de combustión en el que se consigue obtener la máxima liberación de energía como consecuencia de la oxidación de todo el carbono e hidrógeno contenido en el combustible, dando origen a la formación de dióxido de carbono y vapor de agua respectivamente.
- **Eficiencia energética:** cantidad de energía útil que se puede obtener de un sistema o de una tecnología en concreto. Capacidad de alcanzar mayores beneficios finales con menos recursos y con el menor impacto sobre el medio ambiente.
- **Lubricante:** sustancia grasa o aceitosa que se aplica a las piezas de un engranaje para que el rozamiento sea menor o más suave
- **Lubricación por Borboteo:** es una técnica de lubricación especialmente utilizada en motores de explosión viejos, basada en que el propio movimiento del motor era suficiente para llevar el aceite lubricante a las zonas más necesitadas de engrase.
- **PMI:** punto muerto inferior del pistón; posición del pistón correspondiente a un volumen máximo de la cámara de combustión.
- **PMS:** punto muerto superior del pistón; posición del pistón correspondiente a un volumen mínimo de la cámara de combustión
- **Relación aire-combustible estequiométrica:** relación entre las cantidades de combustible y aire consumidas en un proceso de combustión para las cuales la combustión es completa o perfecta
- **Velocidad de Ralentí:** ralentí es el régimen mínimo de revoluciones por minuto (rpm) a las que se ajusta un motor de combustión interna para permanecer en funcionamiento de forma estable sin necesidad de accionar un mecanismo de aceleración o entrada de carburante.