



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE LA FÓRMULA SAE EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

YUPANQUI TAIPE DAVID EDUARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-05-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

YUPANQUI TAIPE DAVID EDUARDO

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA
UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE LA FÓRMULA SAE EN LA CARRERA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino Arroba
DIRECTOR

Ing. Celin Padilla Padilla
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: YUPANQUI TAPE DAVID EDUARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE LA FÓRMULA SAE EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2016 – 12 – 07

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino Arroba DIRECTOR			
Ing. Celin Padilla Padilla ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Pérez Fiallos
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Yupanqui Taipe David Eduardo

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, David Eduardo Yupanqui Taipe, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Yupanqui Taipe David Eduardo
Cedula de Identidad: 050254398-6

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi padre Eduardo Yupanqui y a mi madre María Taipe por nunca dejar que decaiga y supieron apoyarme cuando ya sentía desfallecer en muchos tramos de mi vida y me brindaron la oportunidad de materializar este sueño tan anhelado. Gracias queridos padres por su paciencia que supieron tener durante todos estos años muy duros pero de gran enseñanza. Honradez, respeto, humildad son cualidades que me caracterizan y todo esto gracias al ejemplo de mis padres durante todos estos años y hoy tengo la misión de recompensarlos. A mi hermano Omar por estar siempre apoyándome en todo momento. A Verónica y a mi hijo Mateo que son pilares fundamentales para alcanzar este logro tan anhelado. En fin a toda mi familia y amigos por ese apoyo que me supieron brindar. Esto es por ustedes.

David Yupanqui Taipe

AGRADECIMIENTO

A Dios padre por haberme guiado durante todo este trayecto de mi vida a mis queridos padres Eduardo y María que día a día nunca han decaído en su misión de forjarme a ser una mejora persona pese a muchos impases hemos logrado mantenernos siempre unidos como familia además por sus sabios consejos me permitieron seguir adelante ya que su ejemplo es la base de mi vida. A cada miembro de mi familia por haberme brindado palabras de aliento para no decaer. Gracias hermano Omar por siempre estar apoyándome de alguna manera para no decaer y a Verónica y a mi hijo Mateo gracias por formar parte de mi vida y ser mis grandes anhelos para ser cada día mejor y cumplir muchos objetivos trazados en mi vida. A mis amigos que de alguna manera hemos compartido gratos momentos y a todos quienes me han apoyado para culminar esta etapa de mi vida. Dar gracias también a mi tutor del proyecto de titulación el Ing. Miguel Aquino como también al asesor del mismo Ing. Celin Padilla por su apoyo y colaboración para culminar con este proyecto. De la misma manera a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y a la Escuela de Ingeniería Automotriz por permitirme ser parte de esta gran familia. Gracias a todos por formar parte de mi vida.

David Yupanqui Taipe

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Circuito de combustible del prototipo	4
2.1.1 <i>Reseña histórica de los tanques de combustibles en la F1...</i>	4
2.1.2 <i>Tipos y materiales para tanques de combustibles.</i>	6
2.1.2.1 <i>Tanque de combustible de metal (acero o aluminio)...</i>	6
2.1.2.2 <i>Plástico polietileno de alta densidad de plástico (HDPE).</i>	6
2.1.2.3 <i>Integral del tanque de combustible.</i>	7
2.1.2.4 <i>Vejiga Tank.</i>	7
2.1.2.5 <i>Tanques de combustible en la Fórmula 1.</i>	7
2.1.3 <i>Sistema de alimentación de combustible.</i>	8
2.1.3.1 <i>Circuito de baja de presión.</i>	9
2.1.4 <i>Sistema de alimentación en vehículos de competencia.</i>	10
2.1.5 <i>Principales partes del sistema de alimentación.</i>	10
2.1.5.1 <i>Tanque de Combustible.</i>	10
2.1.5.2 <i>Bomba de combustible.</i>	11
2.1.5.3 <i>Filtro de combustible.</i>	11
2.1.5.4 <i>Regulador de presión.</i>	12
2.1.6 <i>Normativa de la Fórmula SAE referente al sistema de baja presión.</i>	12
2.1.6.1 <i>Líneas de combustible (IC1.8).</i>	12
2.1.6.2 <i>Requerimientos de los sistemas de inyección de combustible (IC1.9).</i>	13
2.1.6.3 <i>Sistema de combustible y el combustible (IC2.1).</i>	13
2.1.6.4 <i>Tanque de combustible (IC2.4).</i>	14
2.1.6.5 <i>Sistema de combustible requisitos de ubicación (IC2.5).</i>	15
2.1.6.6 <i>Cuello de llenado del tanque de combustible – visor de nivel (IC2.6).</i>	15
2.1.6.7 <i>Línea de nivel de combustible.</i>	16
2.1.6.8 <i>Requerimientos de llenado del tanque (IC2.7).</i>	17
3. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO	
3.1 Establecer las especificaciones para el tanque de combustible.....	18
3.1.1 <i>La matriz QFD o casa de la calidad.</i>	18
3.1.1.1 <i>Voz del usuario (VOC).</i>	18
3.1.1.2 <i>Voz del ingeniero.</i>	18
3.1.1.3 <i>Resultados de la matriz QFD.</i>	19
3.1.1.4 <i>Conclusiones de la matriz.</i>	20

3.1.2	<i>Especificaciones técnicas</i>	20
3.2	Diseño modular	21
3.2.1	<i>Determinación de módulos</i>	22
3.2.2	<i>Opciones de solución para el módulo</i>	23
3.2.2.1	<i>Solución 1</i>	23
3.2.2.2	<i>Solución 2</i>	24
3.2.2.3	<i>Solución 3</i>	24
3.2.3	<i>Alternativas de módulos</i>	25
3.2.4	<i>Evaluación de soluciones</i>	25
3.2.4.1	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	26
3.2.4.2	<i>Criterios de valoración del módulo</i>	26
3.2.5	<i>Características del tanque de combustible seleccionado</i>	30
3.2.6	<i>Elementos del sistema de combustible</i>	32
3.2.7	<i>Diseño para el montaje (DFA)</i>	32
3.2.7.1	<i>Operaciones de montaje</i>	32
4.	DISEÑO, ANÁLISIS, PROCESO DE CONFORMADO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	
4.1	Evolución del pre diseño	35
4.1.1	<i>Diseño final</i>	36
4.2	Diseño de elementos necesarios para el tanque de combustible	36
4.2.1	<i>Modelado del tanque de combustible</i>	36
4.2.1.1	<i>Volumen del tanque de combustible</i>	36
4.2.2	<i>Diseño del rompeolas</i>	37
4.2.2.1	<i>Ubicación de los rompeolas</i>	37
4.2.2.2	<i>Ubicación del rompeolas y la bomba de combustible</i>	38
4.2.3	<i>Diseño de la toma de llenado del tanque de combustible</i>	38
4.3	Análisis por elementos finitos.....	39
4.3.1	<i>Descripción del CFX</i>	40
4.3.2	<i>Descripción general del MEF</i>	40
4.3.3	<i>Preproceso</i>	40
4.3.3.1	<i>Definir el dominio geométrico del problema</i>	40
4.3.3.2	<i>Definir el tipo de elemento que será utilizado en la discretización</i>	41
4.3.3.3	<i>Definir las restricciones físicas del problema</i>	44
4.3.4	<i>Proceso (Solución del problema)</i>	45
4.3.5	<i>Postproceso (Análisis y evaluación de los resultados)</i>	46
4.3.6	<i>Análisis estructural</i>	48
4.3.6.1	<i>Preproceso</i>	48
4.3.6.2	<i>Definir el tipo de elemento que sera utilizado en la discretización</i>	48
4.3.6.3	<i>Definir las restricciones físicas del problema</i>	50
4.3.6.4	<i>Proceso</i>	50
4.3.6.5	<i>Postproceso</i>	51
4.4	Conformado de Láminas Metálicas.....	54
4.5	El acero inoxidable en la industria automotriz.....	54
4.6	Aceros inoxidables	55
4.6.1	<i>Clasificación de los aceros inoxidables</i>	56

4.6.1.1	<i>Aceros inoxidables martensíticos</i>	56
4.6.1.2	<i>Aceros inoxidables ferríticos</i>	56
4.6.1.3	<i>Aceros inoxidables Austeníticos</i>	56
4.6.1.4	<i>Aceros inoxidables austenoferríticos (Dúplex)</i>	56
4.7	<i>Soldaduras en los aceros inoxidables</i>	56
4.7.1	<i>Procedimiento para soldar aceros inoxidables</i>	57
4.7.2	<i>Procesos de soldadura</i>	57
4.7.2.2	<i>Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW)</i>	58
4.7.3	<i>Electrodos para soldadura de aceros inoxidables</i>	59
4.8	<i>Proceso en chapa (láminas metálicas)</i>	59
4.8.1	<i>Doblado</i>	60
4.8.2	<i>Corte</i>	61
4.8.3	<i>Embutido (estirado)</i>	61
4.8.4	<i>Defectos de piezas embutidas</i>	62
4.8.4.1	<i>Formación de pliegues en la brida o pestaña</i>	62
4.8.4.2	<i>Formación de arrugas en la pared</i>	63
4.8.4.3	<i>Fracturas de desgarre</i>	63
4.8.4.4	<i>Formación de orejas</i>	63
4.8.4.5	<i>Rayado superficial</i>	64
4.8.5	<i>Selección del material</i>	64
4.8.5.1	<i>Acero inoxidable AISI 304</i>	64
4.8.6	<i>Forma y dimensionamiento de la pieza a obtener</i>	65
4.8.7	<i>Embutido de partes rectangulares</i>	68
4.8.8	<i>Concepto de diámetro equivalente</i>	69
4.8.9	<i>Parámetros geométricos de una parte rectangular</i>	71
4.8.10	<i>Capacidad de embutición</i>	71
4.8.11	<i>Altura permisible circular</i>	72
4.8.12	<i>Altura permisible rectangular</i>	72
4.8.13	<i>La relación de embutido</i>	73
4.8.14	<i>Reducción</i>	73
4.8.15	<i>Relación de espesor al diámetro equivalente</i>	74
4.8.16	<i>Esfuerzo de embutido</i>	74
4.8.17	<i>Velocidad de embutición</i>	75
4.8.18	<i>Lubricación</i>	75
4.9	<i>Selección de los elementos del circuito de baja presión</i>	77
4.9.1	<i>Bomba de combustible</i>	77
4.9.2	<i>Tapa de combustible</i>	78
4.9.3	<i>Filtro de combustible y regulador de presión</i>	78
4.9.4	<i>Mangueras o líneas de combustible</i>	79
4.9.5	<i>Abrazaderas para las líneas de combustible</i>	79
4.9.6	<i>Tapa del llenado para el tanque de combustible</i>	80
4.9.7	<i>Elemento para el llenado del tanque de combustible</i>	80
4.9.8	<i>Válvula de alivio de presión</i>	81
4.10	<i>Mecanismo para la sujeción del tanque de combustible al chasis</i>	81
4.11	<i>Consideraciones para la ubicación del tanque de combustible en el prototipo</i>	82
4.11.1	<i>Dimensiones del prototipo</i>	82

4.12	<i>Ubicación del tanque de combustible</i>	83
5.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN	
5.1	Parámetros para la construcción.....	83
5.1.1	<i>Disponibilidad del material.</i>	83
5.1.2	<i>Costo de fabricación.</i>	83
5.1.3	<i>Tiempo de fabricación.</i>	83
5.1.4	<i>Resistencia a la corrosión.</i>	83
5.1.5	<i>Facilidad de mantenimiento.</i>	84
5.1.6	<i>Rentabilidad a largo plazo.</i>	84
5.2	Equipos y herramientas	84
5.3	Proceso de embutido para el tanque de combustible.....	85
5.3.1	<i>Hoja de procesos para el conformado del tanque de combustible.</i>	85
5.3.2	<i>Corte.</i>	87
5.3.3	<i>Embutido.</i>	88
5.3.4	<i>Matriz de empuje y de absorción.</i>	88
5.3.5	<i>Ubicación y lubricación.</i>	89
5.3.6	<i>Embutido de la pieza con la prensa hidráulica.</i>	89
5.3.7	<i>Defecto de la pieza embutida.</i>	90
5.3.8	<i>Pulido.</i>	90
5.4	Construcción e implementación de los rompeolas en el tanque de combustible.	91
5.4.1	<i>Rompeolas y compartimientos.</i>	91
5.4.2	<i>Soldadura del rompeolas.</i>	92
5.4.3	<i>Compuertas de la cámara de succión.</i>	92
5.4.4	<i>Soldadura de los moldes del tanque de combustible.</i>	92
5.5	Construcción e implementación de la toma de llenado con el tanque de combustible.	93
5.5.1	<i>Corte del tubo.</i>	93
5.5.2	<i>Soldadura de la toma de llenado y visor de combustible.</i>	93
5.5.3	<i>Tapa de la boca de llenado y válvula de seguridad.</i>	93
5.5.4	<i>Forrado del tanque de combustible.</i>	94
5.6	Implementación del tanque de combustible y del sistema de baja presión al prototipo.	94
5.6.1	<i>Ubicación de los elementos del sistema de baja presión.</i>	94
5.6.2	<i>Conexiones del sistema de baja presión del prototipo.</i>	95
5.7	Construcción del anclaje del tanque de combustible al chasis del prototipo.	95
5.8	Pruebas	97
5.8.1	<i>Presión de funcionamiento del sistema de alimentación.</i>	97
5.8.2	<i>Prueba de caudal de la bomba de combustible.</i>	98
5.8.3	<i>Inspección visual norma AWS D1.3 soldadura espesor delgado.</i>	98
5.8.3.1	<i>Ausencia de fisuras o grietas.</i>	98
5.8.3.2	<i>Reforzamiento mínimo.</i>	98
5.8.3.3	<i>Mordeduras de borde (socabado).</i>	98
5.8.3.4	<i>Cara de la soldadura de filete.</i>	99
5.8.3.5	<i>Informe de ensayo por inspección visual.</i>	99
5.8.4	<i>Ensayo de líquidos penetrantes en la soldadura.</i>	100

5.8.4.1	<i>Defecto.</i>	100
5.8.4.2	<i>Discontinuidad</i>	101
5.8.4.3	<i>Fisura.</i>	
5.8.5	<i>Equipos, materiales usados y aplicados en el ensayo.</i>	101
5.8.6	<i>Informe de ensayo por tintas penetrantes en la soldadura.</i>	101
5.9	Porcentaje de cumplimiento de los parámetros técnicos de la matriz QFD.	102
5.10	Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos del cliente de acuerdo a la matriz QFD.	103
5.11	Manual de mantenimiento	104
6.	COSTOS EMPLEADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO	
6.1	Costos directos	104
6.2	Costos indirectos	105
6.3	Costo Total	105
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones	106
7.2	Recomendaciones	107
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	
	PLANOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Interpretación de la matriz QFD 20
2	Características técnicas del tanque de combustible 21
3	Evaluación de cada criterio..... 27
4	Evaluación de las soluciones con respecto al volumen. 28
5	Evaluación de las soluciones con respecto al material. 28
6	Evaluación de las soluciones con respecto a la resistencia del material..... 28
7	Evaluación de las soluciones con respecto al periodo de mantenimiento. 28
8	Evaluación de las soluciones con respecto a las dimensiones..... 29
9	Evaluación de las soluciones con respecto a la hermeticidad..... 29
10	Evaluación de las soluciones con respecto a la facilidad de llenado..... 29
11	Evaluación de las soluciones con respecto a la facilidad de construcción. 29
12	Conclusiones..... 29
13	Pre diseño de la alternativa seleccionada. 30
14	Diseño para el montaje del tanque de combustible. 34
15	Diseño del tanque de combustible seleccionado 35
16	Datos de entrada para la simulación 45
17	Propiedades físicas y químicas de la gasolina 45
18	Condiciones de entrada..... 49
19	Propiedades del AISI 304 50
20	Datos de entrada para la simulación estáticamente 50
21	Designación para identificar los aceros inoxidable..... 55
22	Tipos de aceros inoxidable y características de soldadura..... 57
23	Clasificación AWS de los procesos de soldadura y otros procesos relacionados 57
24	Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable..... 59
25	Propiedades del acero inoxidable 304 64
26	Velocidades de embutición..... 75
27	Lubricantes a usar en la embutición, en relación al material a deformar 76
28	Siglas de referencia correspondientes a los principales lubricantes usados 76
29	Datos del vehículo tipo Fórmula SAE..... 82
30	Equipos y Herramientas..... 84
31	Hoja de procesos..... 85
32	Ensayo por inspección visual 99
33	Equipo y herramientas 101
34	Informe de ensayo por tintas penetrantes 101
35	Porcentaje de cumplimiento de los parámetros técnicos 103
36	Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos del cliente 103
37	Mantenimiento para el sistema de alimentación de combustible 104
38	Costos directos..... 104
39	Costos indirectos..... 105
40	Costo Total 105

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Chasis en el año de 1970 4
2	Monocasco de un Lotus 79..... 5
3	Lotus 78 de Peterson..... 5
4	Tanques de combustible en la F1. 8
5	Sistema de alimentación por carburador. 8
6	Circuito de alimentación de combustible por inyección electrónica. 9
7	Sistema de alimentación en vehículos de competencia 10
8	Tanque de combustible 11
9	Bomba de combustible 11
10	Filtro de combustible. 11
11	Regulador de presión. 12
12	Medidas para la boca de llenado del tanque de combustible..... 15
13	Elemento para el llenado del tanque de combustible. 17
14	Función primaria del tanque de combustible..... 22
15	Esquema de características secundarias del tanque de combustible..... 22
16	Tanque de combustible de un F1. 23
17	Tanque de combustible FSAE. 24
18	Tanque de combustible SAE. 25
19	Dimensiones generales del tanque de combustible. 36
20	Volumen del tanque de combustible 37
21	Esquematación del arreglo de rompeolas dentro del tanque de combustible 37
22	Ubicación de rompeolas dentro del tanque de combustible 38
23	Medidas para la boca de llenado del tanque de combustible..... 39
24	Toma de llenado diseñada acorde la reglamento de la Fórmula SAE 39
25	Geometría del tanque de combustible. 40
26	Encapsulado del tanque de combustible 40
27	Detalle del mallado 41
28	Número de nodos y elemento de mallado 42
29	Mallado de la geometría del elemento..... 42
30	Calidad de mallado 43
31	Criterios de evaluación según la escala de valores 44
32	Evaluación del criterio de malla 44
33	Condiciones de contorno 45
34	Comportamiento de las variables 45
35	Contorno de velocidad 47
36	Contorno de presión..... 47
37	Secuencia de análisis 48
38	Mallado por elementos triangulares 48
39	Criterios de evaluación según la escala de colores 49
40	Evaluación del criterio de malla 49
41	Asignación del material en el programa 50
42	Solución del problema 51

43	Deformación en el tanque de combustible	51
44	Esfuerzo equivalente de Von Mises del tanque de combustible	52
45	Factor de seguridad del tanque de combustible.....	53
46	Análisis con presión hidrostática.....	53
47	Aplicaciones del acero inoxidable en la industria	54
48	Esquema del proceso de soldadura GTAW	58
49	Esquema representativo de los componentes básicos de la soldadura SMAW	59
50	Diseño utilizado por BMW en su serie 5.....	60
51	Operación de doblado	61
52	Operación de corte.....	61
53	Operación de embutido.....	62
54	Arrugamiento en la brida o pestaña	62
55	Arrugamiento en la pared	63
56	Desgarrado en una pieza embutida.....	63
57	Formación de irregularidades en el borde superior	63
58	Ralladuras en las superficies embutidas.	64
59	Perfil de recorte teórico	65
60	Recorte teórico.....	68
61	Tipos de esfuerzos presentes en la esquina de una parte rectangular embutida.	69
62	Silueta o blanco a embutir circular y rectangular.	70
63	Parámetros geométricos de una parte rectangular	71
64	Bomba de combustible	77
65	Tapa de combustible.....	78
66	Filtro de combustible y regulador de presión.	78
67	Mangueras de goma reforzada.....	79
68	Abrazaderas diseñadas para canalizaciones de las líneas de combustible.....	79
69	Tapa para la boca de llenado del tanque de combustible	80
70	Garrafón para el llenado del tanque de combustible	80
71	Válvula de alivio de presión	81
72	Correas de sujeción del tanque de combustible.....	81
73	Vista frontal de la carrocería Fórmula “SAE”	82
74	Vista lateral de la carrocería Fórmula “SAE”	82
75	Vista superior de la carrocería Fórmula “SAE”	83
76	Vista posterior del tanque de combustible en la carrocería Fórmula “SAE” ...	83
77	Vista superior del tanque de combustible en la carrocería Fórmula “SAE”	83
78	Vista isométrica del tanque de combustible en la carrocería Fórmula “SAE” .	84
79	Ubicación del tanque de combustible.....	84
80	Diagrama para el proceso de embutición	87
81	Plancha de acero inoxidable	87
82	Prensa hidráulica.....	88
83	Matriz de empuje en la prensa hidráulica.....	88
84	Ubicar la matriz de absorción en la prensa hidráulica.....	89
85	Lubricación de la lámina de acero inoxidable	89
86	Embutido de la pieza con la prensa hidráulica	90
87	Arrugamiento en la pestaña del molde	90
88	Pulido del molde después del proceso de embutición	91

89	Moldes del tanque de combustible	91
90	Corte del compartimiento y los rompeolas	91
91	Soldadura TIG	92
92	Compuertas	92
93	Soldadura del tanque de combustible	92
94	Corte del tubo de llenado	93
95	Soldadura del tubo de llenado y visor de combustible	93
96	Tapa y la válvula de seguridad	94
97	Forrado del tanque de combustible con tela térmica	94
98	Ubicación de la bomba de combustible	94
99	Conexiones del sistema de baja presión del prototipo	95
100	Soldadura de las bases para el tanque de combustible	95
101	Soldadura de las bases en el chasis del prototipo	96
102	Anclajes del tanque de combustible	96
103	Colocación de las correas de sujeción del tanque de combustible	96
104	Lectura de presión	97
105	Lectura de Caudal	98

SIMBOLOGÍA

Pa	Pascal	Pa
V	Volumen	cm ³
R	Radio	Mm
rf	Radio de fondo de embutición	Mm
r	Radio de redondeado de las paredes	Mm
h	Altura de embutición	Mm
De	Diámetro equivalente	Mm
de	Capacidad de embutición	Mm
F	Esfuerzo de embutido	T
Ve	Velocidad de embutición	mm/s

LISTA DE ABREVIACIONES

SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
FIA	Federación Internacional de Automovilismo
QFD	Quality Funtion Deployment
F1	Fórmula 1
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas de Materiales
AWS	Sociedad Americana de la Soldadura
GMAW	Soldadura por Arco Metálico por Gas
GTAW	Soldadura con Electrodo de Tungsteno
TIG	Soldadura por Gas Inerte
CAD	Diseño Asistido por Computadora
DFA	Diseño para el Montaje de Piezas
AISI	Instituto Americano del Hierro y el Acero

LISTA DE ANEXOS

- A** Tabla de aplicaciones de kit de bombas de gasolina
- B** Acero Inoxidable 304 (UNS S30400)
- C** Tabla de densidades
- D** Eslingas de sujeción

LISTA DE PLANOS

- A** Ensamble del sistema de alimentación de combustible
- B** Tanque de combustible FSAE
- C** Rompeolas o bufless
- D** Molde superior del tanque de combustible
- E** Molde inferior y rompeolas del tanque de combustible
- F** Tubo de llenado con el visor de nivel de combustible
- G** Perfil de recorte para la embutición

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar y construir un tanque de combustible para un vehículo monoplaza de la fórmula SAE en la carrera de Ingeniería Automotriz. Se realizó el diseño, análisis, y construcción de un tanque de combustible además la elección de los elementos que componen el sistema de alimentación de baja presión para el prototipo. Aplicando el diseño concurrente y el despliegue de la función calidad o QFD, por medio de las cuales se seleccionó una alternativa óptima de acuerdo a los requerimientos del motor Yamaha 400cc. Consecuentemente se diseñó mediante el software Solidworks el tanque de combustible y para el análisis se usó el software ANSYS con el cual se analizó el esfuerzo máximo y el factor de seguridad para asegurar el diseño del tanque de combustible. El material utilizado fue el AISI 304 y la construcción se realizó mediante el proceso de conformado como es el embutido en láminas metálicas. Construido el tanque de combustible se obtuvo una capacidad de almacenamiento de 12 litros y la selección de los elementos que conforman el sistema de alimentación es el adecuado durante el funcionamiento del prototipo. Se concluye que el tanque de combustible es totalmente hermético y los elementos que componen el sistema de alimentación funcionan adecuadamente además se realizó un ensayo de tintas penetrantes para comprobar la calidad de la soldadura. De manera que se cumple con la normativa de la fórmula SAE, adicionalmente los parámetros de mayor incidencia de la QFD, se cumplieron. Se recomienda aplicar el plan de mantenimiento para evitar cualquier daño en los elementos que componen el sistema.

PALABRAS CLAVES: <SOCIEDAD DE INGENIEROS AUTOMOTRICES (SAE)>, <SISTEMA DE ALIMENTACIÓN>, <DISEÑO CONCURRENTE>, < ANSYS (SOFTWARE)>, < SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD)>, <EMBUTICIÓN>, <INSTITUO AMERICANO DEL HIERRO Y EL ACERO (AISI)>.

ABSTRACT

In the present work of degree has as objective design and build a tank of fuel tank for a vehicle single-seater of the formula SAE in the career of engineering automotive. It was performed the design, analysis and construction of a fuel tank also the choice of the elements that compose the power supply of low pressure for the prototype. Applying the design concurrent and the deployment of the function quality or QFD, by means of which is selected an alternative optimal according to the requirements of the engine Yamaha 400cc. As a result fuel tank was designed using Solidworks software and for the analysis was used the software ANSYS with which maximum effort and the safety factor was analyzed to ensure the design of the fuel tank. The material used was the AISI 304 and the construction was carried out by means of the process formed as is the sausage on metal plates. Built the fuel tank was obtained a storage capacity of 12 liters and the selection of the elements that conform the power supply is adequate during operation of the prototype .It is concluded that the fuel tank is completely tight and the elements compose the power supply work properly, also an inks penetration test was realized to verify the quality of the Weld. In a way that complies with the formula SAE, additionally the parameters of greater incidence of the QDF, fulfilled. It is recommended to apply the maintenance plan to avoid any damage to the elements that compose the system.

KEY WORDS: SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE), POWER SUPPLY, CONCURRENT DESIGN, ANSYS (SOFTWARE), SOLIDWORKS (SOFTWARE), DEPLOYMENT OF THE FUNCTION QUALITY (QFD), EMBOSSING, THE AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE (AISI).

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente la tecnología ha sido uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de la población humana. Ha permitido solucionar problemas en diferentes campos y facilitar las actividades diarias; más aun tratándose de vehículos de competencia como lo es la Fórmula SAE (Society of Automotive Engineers), nace en 1982 en Michigan EE.UU.

Es una competición automovilística, que cumple con estándares muy similar a lo que es la fórmula 1, lo que se premia es el trabajo de ingeniería que hay detrás de todo proceso de diseño, creación, puesta a punto y evolución de un automóvil de competencia, es construido en su totalidad por estudiantes por lo cual en el evento anual participan universidades de todo el mundo y cuenta con el apoyo de las grandes marcas automovilísticas como Ford, Daimler Chrysler, Porsche, BMW.

Dentro del objetivo planteado por la ESPOCH junto con la Carrera de Ingeniería Automotriz de construir un prototipo de Fórmula SAE y al no contar con la construcción de tanques de combustible en el país para estos tipos de vehículos surge la necesidad de construir un tanque de combustible para un motor Yamaha FZR 400 centímetros cúbicos elemento indispensable en el sistema de alimentación lo cual se verá reflejado por su diseño externo e interno además de la selección de los diferentes elementos que componen principalmente en el circuito de baja presión como son: bomba de combustible, filtro de combustible, cañerías, abrazaderas.

Con una investigación adecuada, en base a los sustentos técnicos, teóricos recibidos en estos años de estudio y aplicando el reglamento de la Fórmula SAE 2015, será factible modelar, diseñar y construir un tanque de combustible como elemento primordial del motor principalmente en el sistema de alimentación en el circuito de baja presión del prototipo.

1.2 Justificación

En el país no se construyen tanques de combustible específicamente para estos tipos de vehículos solo se realizan reparaciones de existir fallas o a su vez se cambian por otro tanque de combustible de características similares para vehículos de tipo convencional (automóviles, camionetas).

Este trabajo de titulación es la continuación de la construcción del vehículo tipo Fórmula SAE el cual partirá del tema de titulación en desarrollo denominado “Preparación de un motor Yamaha 400cc y Adaptación” principalmente en el sistema de alimentación en el circuito de baja presión que será utilizado por el prototipo además su acoplamiento al chasis del monoplace en la parte inferior mediante un empotramiento adecuado el cual se elegirá en función del diseño.

En vista de los parámetros mencionados se procederá a diseñar y construir un tanque de combustible bajo el reglamento de la Fórmula SAE 2015, además se tomará las medidas de seguridad adecuadas para el conductor durante el desarrollo de la competencia lo cual se realizará la verificación del modelado y del diseño mediante software SOLIDWORKS y ANSYS respectivamente.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.*

Diseñar y construir un tanque de combustible para un vehículo monoplace de la fórmula SAE en la carrera de Ingeniería Automotriz

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Modelar geoméricamente el tanque de combustible mediante software CAD-Solidworks para verificar su estructura externa como interna.
- Analizar por medio software ANSYS la estructura del tanque de combustible.

- Determinar el material y tipo de soldadura para la construcción del tanque de combustible.
- Seleccionar la bomba de combustible, cañerías y abrazaderas de acuerdo al requerimiento del motor y el reglamento de la Fórmula SAE 2015.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Circuito de combustible del prototipo

El equipo de combustible es usado para suministrar gasolina al motor consiste en un tanque de combustible, la bomba de combustible (que aspira la gasolina desde el tanque de combustible y la envía al motor), el filtro de combustible (que retiene la suciedad del combustible), el carburador (que mezcla el combustible con el aire para hacer la mezcla aire-combustible) y las líneas de combustible que enlazan estos componentes. (Arias-Paz, 2001)

2.1.1 *Reseña histórica de los tanques de combustibles en la F1.* Históricamente los tanques de combustible eran nada más que tanques de metal conformados para caber en cualquier lugar donde podía ser instalado. (Fórmula 1, 2012)

Un ejemplo en un chasis típico de los setenta como se indica en la figura 1 el en el cual el piloto se sentaba en una "bañera" de aluminio rodeado de 200 litros de inflamable gasolina. (Fórmula 1, 2012)

Figura 1. Chasis en el año de 1970



Fuente: (Fórmula 1, 2012)

Con el progresivo desarrollo de la fórmula uno hizo que se adaptaran nuevos parámetros de seguridad como el uso de monocascos con el tanque de combustible único a espaldas del piloto. (Fórmula 1, 2012)

Figura 2. Monocasco de un Lotus 79.



Fuente: (Fórmula 1, 2012)

Los materiales usados para la construcción de los tanques de combustible eran de baja resistencia por lo cual al sufrir accidentes este tipo de elemento era poco fiable pese a usar fundas internas de goma deformables y auto obtúrales que contenían el combustible no podían impedir incendios muy peligrosos como lo fue en la destrucción del Lotus 78 de Peterson en Monza del '78 que muere por otras causas pero el fuego fue terrible. (Fórmula 1, 2012)

Figura 3. Lotus 78 de Peterson



Fuente: (Fórmula 1, 2012)

La historia de la Fórmula 1 está marcada por lamentables y terribles accidentes que provocaron varias muertes de valientes pilotos como Lorenzo Bandini Jo Schleser, Piers Courage, Roger Williamson, entre otros, que murieron por la inexistencia de tanques a pruebas de accidentes y obligaron a los ingenieros y a la FIA a investigar para producir mejoras. (Fórmula 1, 2012)

El proceso fue lento y la seguridad contra el fuego en caso de choques se tuvo a partir de la invención del chasis monocasco de fibra de carbono que dio origen a un nuevo paradigma en cuanto a la posibilidad de sobrevivir el piloto en caso de chocar y la posterior destrucción del monocasco. (Fórmula 1, 2012)

Estas pilas o celdas son bolsas flexibles para albergar el combustible y son el fruto de las adaptaciones de reglamentos durante décadas en la constante búsqueda de la mayor seguridad y no ha habido ningún incendio del tanque de combustible en una carrera de Fórmula 1. (Fórmula 1, 2012)

Sus decesos se debieron a politraumatismos severos y no al fuego en sí pero se destaca que en ambos accidentes el fuego se hace presente y dificultó las tareas de rescate con lo que ello acarrea. También existió otro hecho lamentable en el que Osella FA1C del infortunado Palletti en 1982, estaba hecho en aluminio que en el choque frontal el chasis sufrió la destrucción del habitáculo y roturas en el tanque con el posterior derrame del combustible. (Fórmula 1, 2012)

2.1.2 *Tipos y materiales para tanques de combustibles.* El depósito se diseña en función del vehículo una vez que el diseño es determinado, dado que han de optimizar el espacio libre disponible. (Arias-Paz, 2001)

De hecho, a menudo se crean diferentes arquitecturas para el sistema del depósito de combustible dependiendo del tipo de vehículo, el tipo de combustible (gasolina o diésel) y el tipo de dispensador de gasolina. (Arias-Paz, 2001)

2.1.2.1 *Tanque de combustible de metal (acero o aluminio).* Es un recipiente de combustible soldado a partir de láminas estampadas de acero o de aluminio. Estos tanques están incrustadas en muchos automóviles. (Automotriz-Biz, 2014)

Su propósito principal es mantener y transportar el combustible al motor, que a continuación, utiliza el combustible para propulsar el vehículo. Las trampas de materiales de acero o aluminio, una cantidad considerable de sustancias químicas nocivas como el monóxido de carbono y dióxido de azufre en el tanque. (Automotriz-Biz, 2014)

2.1.2.2 *Plástico polietileno de alta densidad de plástico (HDPE).* Se utilizan en la mayoría de los automóviles modernos por su bajo peso, coste y fácil producción. Los tanques de gas de plástico son más seguros y ofrecen capacidades de combustible más grandes que los tanques de metal. Tanques de combustible de polietileno de alta

densidad son altamente flexibles y pueden tomar una variedad de formas. (Automotriz-Biz, 2014)

La flexibilidad del tanque de combustible y la acumulación sin fisuras aumenta la resistencia a la rotura o explosión en caso de accidente, lo que aumenta la seguridad de los conductores y pasajeros. El depósito de combustible puede ser montado directamente sobre el eje trasero del coche, lo que le permite operar con seguridad lejos de la amenaza de un choque de alto impacto. (Automotriz-Biz, 2014)

El depósito de combustible puede soportar temperaturas superiores a 230 grados °F, que mantiene el coche de la explosión plenamente en el caso de un incendio. Debido a su flexibilidad, los tanques de combustible pueden ser fabricados por medio de moldeo por soplado con un tamaño mucho más grande que los tanques de combustible de metal. Los tanques de combustible de HDPE promedio una capacidad de combustible de entre 15 y 28 galones. (Automotriz-Biz, 2014)

2.1.2.3 *Integral del tanque de combustible.* Un tanque de combustible integral se utiliza en muchas estructuras de aviones. (Automotriz-Biz, 2014)

Las alas del avión son el lugar más común para los tanques de combustible integrales a aparecer. Conocida como alas mojadas, permiten que el avión sea mucho más ágil que otros. Aviones comerciales grandes que transportan personas y mercancías utilizan los tanques de combustible integrales principalmente. (Automotriz-Biz, 2014)

2.1.2.4 *Vejiga Tank.* Un tanque de vejiga es un contenedor de combustible en la forma de una goma reforzada grande bolsa. Instalado principalmente en los aviones, el tanque de la vejiga se coloca en las zonas que pueden soportar el peso total del combustible. (Automotriz-Biz, 2014)

2.1.2.5 *Tanques de combustible en la Fórmula 1.* En la elite de competencias automovilísticas, es el caso de la Fórmula 1, el depósito de combustible es construido de kevlar la cual es una goma irrompible que protege debidamente el combustible en el caso de accidente impidiendo su salida.

Estos depósitos suelen tener capacidad para 200 litros de combustible, los suficientes para una carrera y suelen estar fabricados con las mismas medidas de la carrocería por su mejor y más perfecta adaptación, mayor aprovechamiento del espacio disponible.

Figura 4. Tanques de combustible en la F1.



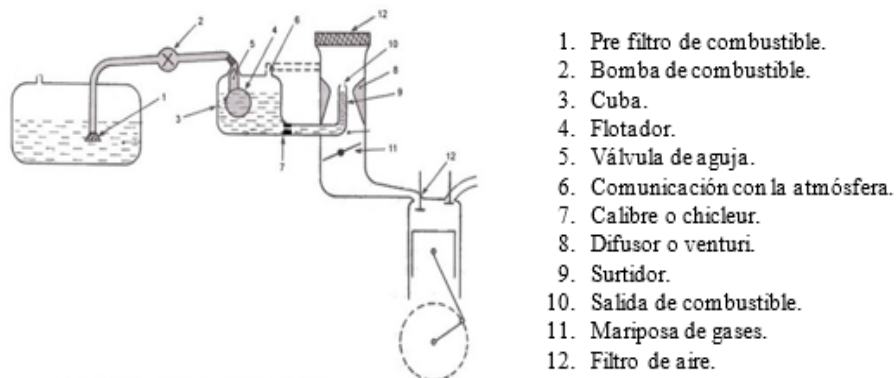
Fuente: (Carbonare, 2013)

Una célula de combustible para competición es un contenedor de combustible que se diferencia del depósito ordinario en los siguientes aspectos:

Tiene un compuesto interior flexible para minimizar el riesgo de orificios en caso de colisión. Esta relleno con un núcleo de espuma de célula abierta (foambaffling) para evitar la explosión del vapor en la parte vacía del depósito y para minimizar el sloshing del combustible durante la competición que pudiera desequilibrar el vehículo o provocar una alimentación de combustible inadecuada del motor. (Fernández., 2012) (CULTURAL, 1994)

2.1.3 Sistema de alimentación de combustible. El sistema de alimentación suministra combustible en volumen necesario para las diferentes condiciones de carga y revolución del motor. (Mecánica, 2014)

Figura 5. Sistema de alimentación por carburador.



Fuente: (Mecánica, 2014).

El sistema de alimentación electrónico, la bomba aspira el combustible del tanque y lo envía a través del filtro hasta los inyectores o al carburador según sea el caso. El regulador de presión controla la presión para la perfecta pulverización del combustible de los inyectores. (Arias-Paz, 2001)

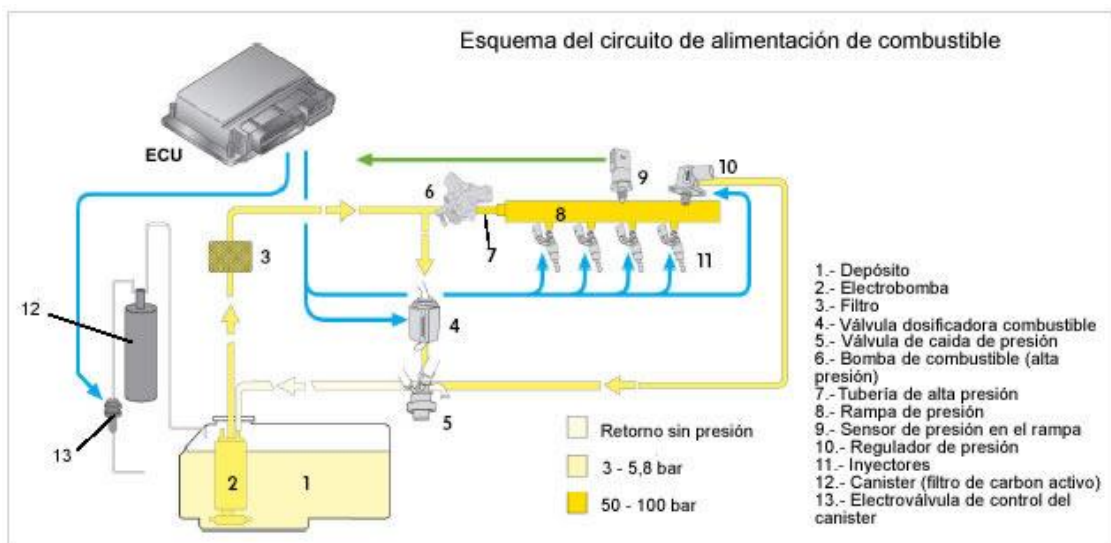
A través de un diafragma y un resorte calibrado, el regulador controla la presión producida por la bomba que es de 1 hasta 5 bares, dependiendo del sistema de inyección. (Arias-Paz, 2001)

La bomba tiene la posibilidad de producir más caudal del que utiliza el motor. Lo excedente retorna al tanque sin desperdicio, ayudando a enfriar la bomba, evitando la producción de vapores contaminantes. (Arias-Paz, 2001)

2.1.3.1 Circuito de baja de presión. Está formado por un depósito generalmente de chapa metálica (1), en su interior y sumergida una bomba eléctrica que proporciona una presión entre 2,5 y 5,8 bares (2) eleva el combustible hacia un filtro (3) que se encarga de limpiarlo de impurezas, una vez filtrado el combustible se dirige a la bomba de alta presión (6). (Mecánica, 2014)

La presión del combustible en funcionamiento normal de un motor de combustión interna es de 3 bares y durante el arranque en caliente es de 5,8 bares como máximo. (Mecánica, 2014)

Figura 6. Circuito de alimentación de combustible por inyección electrónica.



Fuente: (Mecánica, 2014).

2.1.4 *Sistema de alimentación en vehículos de competencia.* La FIA regula todos los aspectos de seguridad dentro del mundo automovilístico, uno de los más importantes es el sistema de alimentación de combustible, considerándose como un riesgo potencial. (Garage, 2008)

Las exigencias obligan a que cada competencia cumpla con un mínimo de requerimientos en función de las velocidades alcanzadas dentro de la misma y otros factores propios del certamen. (Garage, 2008)

Figura 7. Sistema de alimentación en vehículos de competencia



Fuente: (Carbonare, 2013)

Los sistemas son más complejos cada año, perfeccionando la aportación de combustible al motor sin descuidar los aspectos en materia de seguridad. (Carbonare, 2013)

2.1.5 *Principales partes del sistema de alimentación.* De acuerdo a los sistemas de alimentación se describen los siguientes elementos.

2.1.5.1 *Tanque de Combustible.* Es un reservorio donde se almacena combustible está formado por un recipiente de chapa con una capacidad suficiente para proporcionar una autonomía de marcha al vehículo, está constituido en dos mitades, por embutición que se sueldan posteriormente, las superficies exteriores van protegidas por un baño de estaño y después pintadas. (Gil, 2003)

Se debe destacar que una vez que ha contenido gasolina, para hacer reparaciones en él no debe emplearse ningún tipo de soplete por haber riesgo de explosión. Las soldaduras deben hacerlas especialistas tomando las oportunas precauciones. (Gil, 2003)

Figura 8. Tanque de combustible



Fuente: (Ion, 2013)

2.1.5.2 Bomba de combustible. El combustible almacenado en el depósito es llevado al sistema de inyección por medio de una bomba, que suele ser de tipo eléctrico, aunque en algunas aplicaciones se emplea la de tipo mecánico, como en los sistemas de carburador. (Alonso, 2009)

Actualmente todos los motores con sistemas de inyección utilizan bombas eléctricas, ambas tienen la función de succionar gasolina del tanque y enviarla a presión al carburador o regulador de presión de los inyectores. (Alonso, 2009).

Figura 9. Bomba de combustible



Fuente: (Aimg, 1990)

2.1.5.3 Filtro de combustible. Aunque la gasolina se vende ya filtrada, conviene que una vez se suministre está en el vehículo, vuelva a filtrarse nuevamente para separarles las impurezas y el agua con que pueda haberse mezclado. Los filtros propiamente dichos son también a base de tela metálica o de gamuza. (Arias-Paz, 2001)

Figura 10. Filtro de combustible.



Fuente: (AcDelco, 2015)

2.1.5.4 *Regulador de presión.* Garantiza presión uniforme y constante en el circuito de combustible, lo que permite que el motor tenga un funcionamiento perfecto en todos los regímenes de revolución. Cuando se sobrepasa la presión, ocurre una liberación en el circuito de retorno. El combustible retorna al tanque sin presión. (Alonso, 2009)

Figura 11. Regulador de presión.



Fuente: Autor

2.1.6 *Normativa de la Fórmula SAE referente al sistema de baja presión.*

2.1.6.1 *Líneas de combustible (IC1.8).* Las líneas de combustible de plástico entre el tanque de combustible y el motor (impulsión y retorno) están prohibidas (IC1.8.1).

Si las líneas de combustible de goma o las mangueras usadas, los componentes sobre los cuales la manguera es sujeta con abrazaderas, deben tener un bulbo anular o accesorio de púas para conservar la manguera. También deben ser usadas, las abrazaderas expresamente diseñadas para canalizaciones. (Fórmula SAE)

Estas abrazaderas tienen tres (3) rasgos importantes, (i) una envoltura de (360°), (ii) una tuerca y un sistema de pernos para apretar, y (iii) bordes redondeados para prevenir la abrazadera corte dentro de la manguera. (Fórmula SAE)

Las abrazaderas del tipo engranaje – gusano no están permitidas para su uso en todas las líneas de combustible (IC 1.8.2). (Fórmula SAE)

Las líneas de combustible deben estar bien sujetos al vehículo y / o el motor. Todas las líneas de combustible deben estar protegidas frente a posibles fallas en los equipos rotativos o de daños por colisión. (IC1.8.4). (Fórmula SAE)

2.1.6.2 *Requerimientos de los sistemas de inyección de combustible (IC1.9).* Las exigencias siguientes se aplican a sistemas de inyección de combustible. (Fórmula SAE)

- Baja presión de combustible (IC1.9.1)

Sistemas de inyección de combustible de baja presión son los que funcionan a una presión por debajo de 10 bares (145psi). (Fórmula SAE)

Líneas de combustible en los sistemas de inyección de combustible de baja presión, cualquier línea de combustible flexible debe ser ya sea manguera trenzada de metal, ya sea con accesorios de sobre – rizado o reutilizables, conexiones roscadas, o manguera de goma reforzada con algún tipo de protección resistente a la abrasión con las abrazaderas de la línea de combustible. (Fórmula SAE)

2.1.6.3 *Sistema de combustible y el combustible (IC2.1).* El combustible básico disponible en las competiciones en la serie de la Fórmula SAE es gasolina sin plomo. Para las competencias de América del Norte FSAE el combustible mencionado no deberá tener un octanaje de $91 (R+M)/2$ (aproximadamente de 95 RON) mínimo y de otras competiciones, la gasolina sin plomo, que estará disponible, será publicado por el comité pertinente de la organización. (Fórmula SAE)

Sin embargo, el combustible base puede ser cambiado de acuerdo a la medida de la entidad organizadora. Otros combustibles pueden estar disponibles a discreción de la entidad organizadora. (Fórmula SAE)

A menos que se anuncie lo contrario por la entidad organizadora, el combustible en las competiciones de la serie Fórmula SAE será proporcionado por el organizador. (IC2.1.1).

Durante todos los eventos de rendimiento de los vehículos deben ser operados con el combustible proporcionado por el organizador de la competición. (IC2.1.2).

Nada puede ser añadido a los combustibles proporcionados. Esta prohibición incluye óxido nitroso o cualquier otro agente oxidante. (IC2.1.3). (Fórmula SAE)

Nota: se aconseja a los equipos que el combustible suministrado en los Estados Unidos está sujeta a varias regulaciones federales y estatales y puede contener hasta un diez por ciento (10%) de etanol. La composición y características físico químicas exactas del combustible disponible pueden no ser conocidas antes de la competición. (Fórmula SAE)

2.1.6.4 *Tanque de combustible (IC2.4)*. El depósito de combustible se define como la parte del dispositivo de contención de combustible que está en contacto con el combustible. Puede estar hecho de un material rígido o de un material flexible. (IC2.4.1).

Los depósitos de combustible hechos de un material rígido no se pueden utilizar para soportar cargas estructurales, por ejemplo, arcos antivuelco, suspensión, motor o caja de cambios de soportes, y debe estar firmemente sujeto a la estructura del vehículo con soportes que permiten cierta flexibilidad, de tal manera que al flexionar el chasis no pueden generar cargas al depósito de combustible. (IC2.4.2). (Fórmula SAE)

Cualquier depósito de combustible que está hecho de un material flexible, por ejemplo un depósito de combustible de vejiga o un tanque de bolsa, debe ser encerrado dentro de un recipiente de depósito de combustible rígido que debe estar fijada firmemente a la estructura del vehículo. Contenedores de combustible (que contiene un depósito de combustible de vejiga o tanque de bolsa) pueden llevar una carga (IC2.4.3). (Fórmula SAE)

Cualquier tamaño de depósito de combustible puede ser utilizado (IC2.4.4). El sistema de combustible debe tener una disposición para el vaciado del combustible, si es necesario (IC2.4.5). (Fórmula SAE)

El depósito de combustible del prototipo, por diseño, no debe tener una capacidad variable (IC2.4.6). (Fórmula SAE)

2.1.6.5 *Sistema de combustible requisitos de ubicación (IC2.5).* Todas las partes del almacenamiento de combustible y sistema de suministro deben estar dentro de la superficie definida por la parte superior del arco principal “Main Hoop” y el borde exterior de los cuatro neumáticos (IC2.5.1). (Fórmula SAE)

Todos los tanques de combustible deben estar protegidos lateralmente o de impactos de vehículos traseros. Cualquier depósito de combustible que se encuentra fuera de la estructura de impacto lateral debe ser protegido por la estructura construida. (Fórmula SAE)

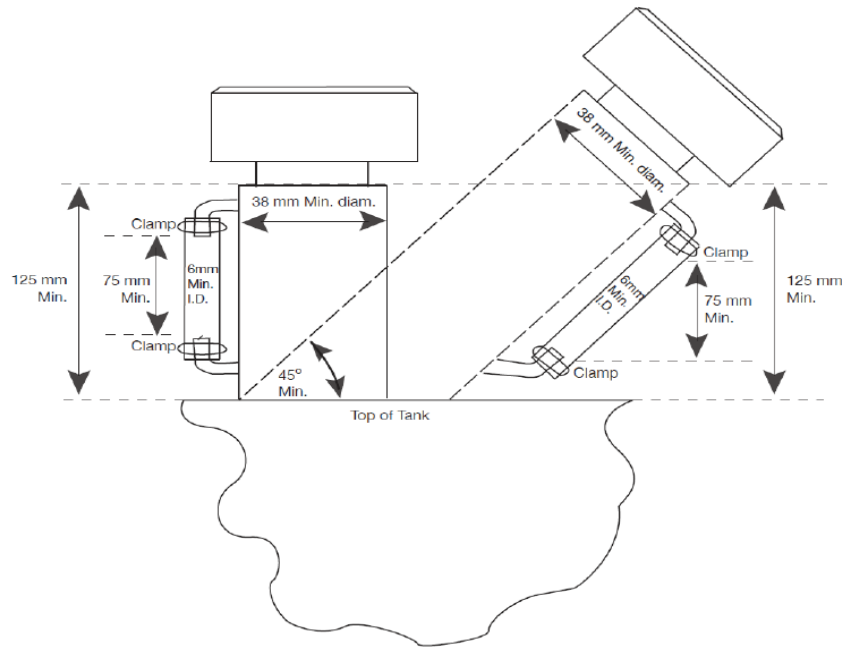
Cualquier parte del sistema de combustible que es menor que 350 mm. (13,8 pulgadas) por encima del suelo debe estar dentro de la estructura construida (IC2.5.2). Un protector “firewall” debe ser incorporado para separar el depósito de combustible del conductor, por regla T4.5 (IC2.5.3). (Fórmula SAE)

2.1.6.6 *Cuello de llenado del tanque de combustible – visor de nivel (IC2.6).* Todos los tanques de combustible deben tener una boca de llenado (IC2.6.1):

- Diámetro de al menos 38 mm. (1,5 pulgadas).
- Al menos 125 mm. (4,9 pulgadas) de altura vertical.
- Un ángulo de no más de cuarenta cinco grados (45°) de la vertical.

Los 125 mm. de altura vertical debe estar por encima del nivel superior del tanque, y debe ser acompañado de un tubo de observación de combustible clara para la lectura del nivel de combustible (IC2.6.2). (Fórmula SAE)

Figura 12. Medidas para la boca de llenado del tanque de combustible.



Fuente: (Fórmula SAE)

El tubo de observación debe tener por lo menos 75 mm. (3 pulgadas) de altura vertical y un diámetro interior mínimo de 6 mm. (0,25 pulgadas) (IC2.6.3). (Fórmula SAE)

El tubo de observación no debe funcionar por debajo de la superficie superior del tanque de combustible (IC2.6.4). (Fórmula SAE)

Un tubo de llenado transparente puede ser utilizado como un tubo de observación, sujeto a la aprobación por el comité de reglas o inspectores técnicos en el evento (IC2.6.5). (Fórmula SAE)

2.1.6.7 Línea de nivel de combustible. Una línea de nivel de combustible permanente, no móvil debe encontrarse entre 12,7 mm. y 25,4 mm. (0,5 pulgadas y 1 pulgada) por debajo de la parte superior del tubo de observación. Esta línea se utilizará como la línea de llenado para la prueba de inclinación, y antes y después de la prueba de resistencia para medir la cantidad de combustible utilizado durante la prueba de resistencia (IC2.6.6). (Fórmula SAE)

La línea de tubo de observación y el nivel de combustible debe ser claramente visible para dos personas (uno para llenar el tanque, el otro para ver la indicación de llenado)

sin la necesidad de la asistencia (por ejemplo, la iluminación artificial, lupas) o la necesidad de eliminar las partes (por ejemplo, el pontón lateral). (Fórmula SAE)

El individuo que llena el tanque debe ser capaz de tener acceso directo a la completa apertura de la boca de llenado con un envase de 2 galones como se muestra en la figura 13 (IC2.6.8). (Fórmula SAE)

Figura 13. Elemento para el llenado del tanque de combustible.



Fuente: (Fórmula SAE)

El cuello de llenado debe tener una tapa de combustible que puede soportar fuertes vibraciones o presiones elevadas, como podría ocurrir durante un evento de vuelco del vehículo (IC2.6.9). (Fórmula SAE)

2.1.6.8 *Requerimientos de llenado del tanque (IC2.7).* El depósito de combustible debe ser capaz de ser llenado a la capacidad sin necesidad de manipular el tanque o el vehículo de cualquier manera. Durante la carga o recarga de combustible del vehículo solo puede ser tocado por el equipo de combustible y funcionarios. (Fórmula SAE)

El depósito se llena hasta la línea de llenado, o si se utiliza un sistema de llenado diferente, hasta el punto de parada automática. Si, por cualquier razón, los cambios de nivel de combustible después de que el equipo se ha trasladado con el vehículo, entonces no se añadirán ningún combustible adicional (IC2.7.1). (Fórmula SAE)

El sistema de combustible se debe diseñar de tal manera que el derrame durante el reabastecimiento de combustible no se pueda poner en contacto con la posición del conductor, sistema de escape, partes calientes del motor, o el sistema de encendido (IC2.7.2).

(Fórmula SAE)

CAPÍTULO III

3. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Para definir el producto se realiza un estudio de alternativas para conocer el diseño y definir características de fiabilidad del tanque de combustible para lo cual se deberán seguir lineamientos que determinen las especificaciones y características a evaluar para definir el producto. (RIBA, 2002)

3.1 Establecer las especificaciones para el tanque de combustible

El tanque de combustible deberá cumplir con características necesarias para consolidar los requerimientos del cliente. (RIBA, 2002)

3.1.1 *La matriz QFD o casa de la calidad.* Determina cuales son los requerimientos técnicos del tanque de combustible lo cual permite establecer las características del tanque de combustible lo cual sirve como objetivo principal unir las características y necesidades del cliente para poder planificar el éxito del producto durante su uso. (RIBA, 2002)

3.1.1.1 *Voz del usuario (VOC).* A continuación se determinan las necesidades del cliente sobre el tanque de combustible. (RIBA, 2002)

- Cantidad de combustible
- Ligero
- Que no se fisure fácilmente
- Resistente a factores ambientales
- Nivel de combustible
- Facilidad de llenado
- Facilidad de mantenimiento
- Contener la presión generada
- Tamaño adecuado
- Forma de construcción

3.1.1.2 *Voz del ingeniero.* Determinados los requerimientos del cliente se analiza de manera técnica todos los requerimientos y se propone como resultados las siguientes características que sirven para determinar el tanque de combustible. (RIBA, 2002)

- Volumen requerido
- Material
- Resistencia del material
- Resistencia a la corrosión
- Medidor visual para el nivel de combustible
- Formas de la toma de llenado
- Periodo de mantenimiento
- Presión generada en el tanque de combustible
- Hermeticidad
- Forma del rompeolas
- Costo del material y accesorios
- Dimensiones del tanque de combustible
- Facilidad de construcción

3.1.1.3 *Resultados de la matriz QFD.* Una vez analizada la matriz QFD como se muestra en la Tabla 1 se modificó con respecto de un vehículo convencional con el fin de cumplir con el reglamento de la Fórmula SAE vigente para este tipo de vehículos de competición. (RIBA, 2002)

En la columna A se toma en cuenta el desarrollo del producto y se califica con un valor de 1 en los requerimientos ya que previamente no se cuenta con otro producto de similares características. En la columna B se ha calificado el producto en otras fábricas o empresas que fabriquen tanques de combustibles para vehículos de tipo convencional mas no para vehículos de competencia. (RIBA, 2002)

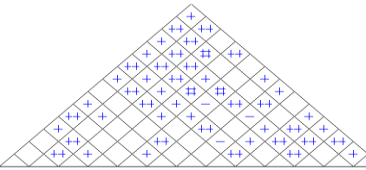
Para determinar los parámetros de la matriz QFD se usa el índice de mejora la cual se calcula se la siguiente manera con su respectiva ecuación y los resultados se observan en la Tabla 1.

$$\text{Índice de mejora} = \frac{\text{Objetivos}}{\text{Propia empresa}} \quad (1)$$

Otro parámetro es la ponderación la cual se calcula de la siguiente manera con su respectiva ecuación y los resultados se observan en la Tabla 1.

$$\text{Ponderación} = \text{Índice de mejora} * \text{Factor de venta} * \text{Importancia} \quad (2)$$

Tabla 1. Interpretación de la matriz QFD



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA UN PROTOTIPO DE LA FSAE DAVID YUPANQUI INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		Características													Calidad Planeada																	
		Técnicas													Evaluación					Análisis Comparativo												
		Volumen adecuado (12-14 litros)	Material (AISI 304)	Resistencia del material	Resistente a la corrosión	Modular de nivel (Visual)	Forma de la toma de llenado (Circular)	Periodo de mantenimiento (5000 km)	Presión generada en el tanque (5 bar)	Hernicidad (100%)	Forma del rompe olas (Rectangular)	Costo del material y accesorios	Dimensiones ancho largo alto	Facilidad de construcción	Propia empresa (A)	Competidor 1 (B)	Objetivo	Índice de mejora	Factor de venta	ponderación	ponderación en (%)	Propia empresa (A)	Competidor 1 (B)	Priorización	Ranking							
DEMANDAS		↑	↑	↑	↑	+	↓	↓	↓	↑	↑	+	+	↑						5	4	3	2	1								
Requisitos	Voz del Usuario	Cantidad de combustible	4	●			●		○	○	△		○	○	○	○	○	○	○	1	5	5	5,0	1,5	30,0	15%	□	●	■	1		
		Ligero	3	○	●	●								○	△	○	△	○	○	1	4	4	4,0	1,5	18,0	9%	□	●	■	6		
		Que no se fissure facilmente	5		●	●	△			○	△	○				○	○	○	○	1	2	3	3,0	1,5	22,5	11%	□	●	■	3		
		Resistente a factores ambientales	4		●	●			○							○	○	○	○	1	3	4	4,0	1,2	19,2	10%	□	●	■	4		
		Nivel de combustible	3	●				●						○	△					1	3	4	4,0	1,2	14,4	7%	□	●	■	8		
		Facilidad de llenado	3					●	●	●										1	3	4	4,0	1,5	18,0	9%	□	●	■	5		
		Facilidad de mantenimiento	4					●						○						1	2	3	3,0	1,2	14,4	7%	□	●	■	7		
		Contener la presión generada	3	●	●	●			●											1	3	3	3,0	1,0	9,0	5%	□	●	■	11		
		Evitar la salida de vapores	5	○					○	○	○									1	3	4	4,0	1,2	24,0	12%	□	●	■	2		
		Evitar turbulencia	2	●	○	○	△		△			●	△	○						1	3	3	3,0	1,5	9,0	5%	□	●	■	10		
		Económico	4	○	○	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1	3	3	3,0	1,0	12,0	6%	□	●	■	9		
Tamaño adecuado	1	●	○			●				○	○	○	○	○	○	○	○	1	3	5	5,0	1,5	7,5	4%	□	●	■	12				
Cómo se construirá	1	●	●	●	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	1	1	1	1,0	1,0	1,0	1%	□	●	■	13				
Calidad Planeada	Evaluación	Propia Empresa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Competidor 1	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	2	1																
		Objetivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Dificultad Técnica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Incidencia	402	383	346	233	272	99	330	133	281	72	222	288	309																	
	Incidencia (%)	12%	11%	10%	7%	8%	3%	10%	4%	8%	2%	7%	9%	9%																		
	Análisis Comparativo	Propia Empresa	●																													
		Competidor 1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Priorización	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Ranking	1	2	3	9	8	12	4	11	7	13	10	6	5																	

Fuente: Autor

3.1.1.4 Conclusiones de la matriz. Una vez determinada la matriz se obtiene los resultados con las características técnicas según el orden indicado y los de mayor incidencia se indica a continuación. (RIBA, 2002)

- Volumen requerido
- Material
- Resistencia del material
- Periodo del mantenimiento
- Facilidad de construcción
- Dimensiones del tanque de combustible

3.1.2 Especificaciones técnicas. Mediante la matriz se obtiene las características técnicas del tanque de combustible como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Características técnicas del tanque de combustible

Cliente: Prototipo FSAE		Pieza o producto: Tanque de combustible		Fecha: 2016-05-05
Encargado: Yupanqui David			Revisó: Ing. Miguel Aquino	
Parámetros	Fecha	Sugerir	C/T	Comentario
Capacidad	10/05/16	D	R	12 litros de combustible
Material	10/05/16	C	R	Acero inoxidable 304
Funciones a cumplir	10/05/16	D	R	Almacenar combustible
		D	R	Albergar la bomba de combustible
		D	R	Fácil anclaje al chasis del prototipo
Confiabilidad y mantenimiento	10/05/16	D	R	El tanque de combustible debe tener una confiabilidad del 100%.
		D	R	Fácil mantenimiento, intervalos de 50000 km de recorrido
Fuente de energía	10/05/16	C	R	12 voltios
Dimensiones		C	R	Altura: 150mm Ancho: 250mm Largo: 420mm
Seguridad	10/05/16	C	R	Contención del combustible
		C	D	Ubicación de los componentes internos.
Sugerir: C= Cliente, D = Diseño, F = Fabricación. Característica técnica (C/T): R = Requerimiento; D = Deseo				

Fuente: Autor

3.2 Diseño modular

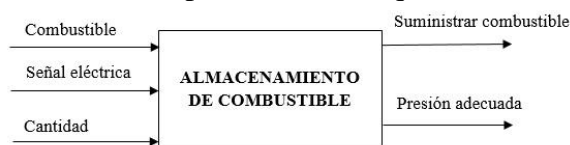
Los modelos para depósitos de combustible para estos tipos de vehículos deben cumplir con ciertas características como contener de manera segura el combustible además deberá contar con un volumen adecuado para la autonomía del vehículo por lo cual este elemento se diseñara para adaptarse a la forma interior del monocasco del vehículo Fórmula SAE.

Una vez determinado la función que va a cumplir el tanque de combustible, con sus funciones tanto primarias como secundarias, se desarrolla el diagrama de funciones asignando a los niveles 0 para función primaria y 1 para las funciones secundarias. Es necesario desarrollar el diagrama funcional hasta un nivel 2 ya que en este caso un

despliegue mayor conduciría a establecer determinadas soluciones requeridas. (RIBA, 2002)

En cada recuadro del diagrama funcional se tendrá tres tipos de entradas y salidas: combustible, gravedad y un sistema de nivel para el combustible. Estas entradas están presentes en relación con la función que requiere el tanque de combustible. En el caso del taque de combustible el diagrama funcional de nivel 1 es el que se muestra en la Figura 14. (RIBA, 2002)

Figura 14. Función primaria del tanque de combustible.

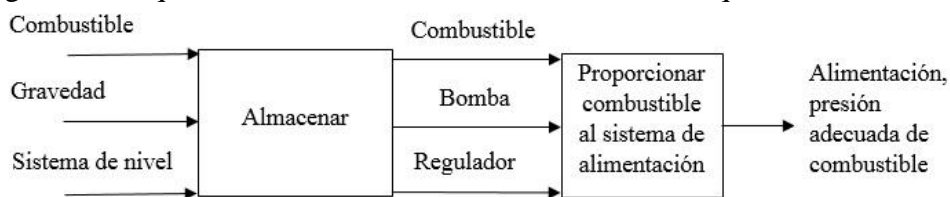


Fuente: Autor

Para un primer nivel del análisis funcional las señales que ingresan son: fluido que corresponde a combustible, la señal de energía que es eléctrica y la señal de cantidad corresponde al nivel del combustible en el tanque de combustible.

Según el criterio de análisis en el nivel 2 se representan las características para obtener un nivel 1 para el almacenamiento de combustible.

Figura 15. Esquema de características secundarias del tanque de combustible.



Fuente: Autor

3.2.1 Determinación de módulos. En la determinación de módulos se divide al producto o al tanque de combustible en diferentes bloques. En un diseño se toma en cuenta la asignación de módulos, contribuye a la reducción de costos, facilidad de mantenimiento y se facilitará el almacenamiento de combustible para su uso.

En el diseño del tanque de combustible las funciones que permite un funcionamiento adecuado desde el almacenamiento del combustible hasta proporcionar el combustible,

se obtiene el resultado esperado es enviar al sistema de alimentación de baja presión el combustible necesario para un correcto funcionamiento del motor como se indica en la Figura 15.

3.2.2 *Opciones de solución para el módulo.* El modulo cumple con las siguientes funciones:

- Almacenar
- Proporcionar combustible al sistema de alimentación

Almacenar la cantidad de combustible. Esta función en la cual el tanque de combustible contiene el combustible evitando derramamiento y fugas.

3.2.2.1 *Solución 1.* El tanque de combustible descrito es utilizado en la Fórmula 1 y a continuación proporcionamos sus ventajas y desventajas.

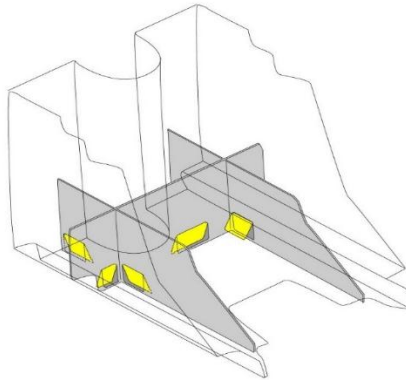
Ventajas:

- Facilidad de llenado del tanque de combustible
- Seguridad de contención de combustible
- Cámaras internas de succión de combustible

Desventajas:

- Material utilizado para su fabricación
- Geometría del elemento compleja
- Fabricación del elemento de alto costo
- Precio de sus elementos elevado

Figura 16. Tanque de combustible de un F1.



Fuente: (Fórmula 1, 2012)

3.2.2.2 Solución 2. De acuerdo a la Fórmula SAE y las dimensiones del chasis del prototipo se describe sus ventajas y desventajas.

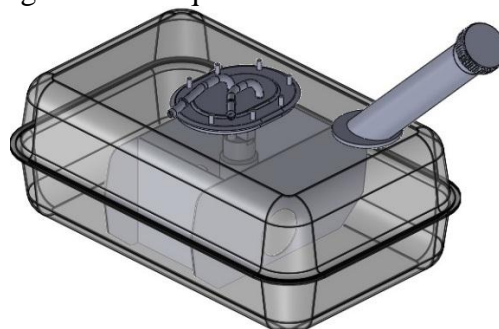
Ventajas:

- Facilidad de llenado
- Geometría adecuada para el prototipo del chasis de la Fórmula SAE
- Material para la fabricación se encuentra en el medio local
- Proceso de fabricación se encuentra en el medio local
- Ubicación del visor de nivel de combustible adecuado
- Colocación de los elementos del sistema de baja presión adecuado

Desventajas:

- Ubicación de los rompeolas compleja.

Figura 17. Tanque de combustible FSAE.



Fuente: Autor

3.2.2.3 Solución 3. El tanque de combustible típico de un prototipo de la Fórmula SAE.

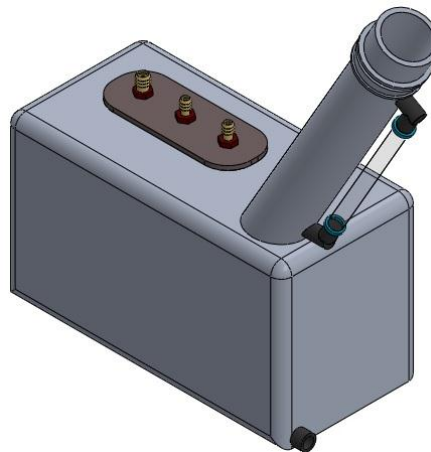
Ventajas:

- Facilidad de llenado
- Ubicación de los elementos del sistema de baja presión adecuado
- Geometría del visor de nivel de combustible

Desventajas:

- Geometría del tanque de combustible inadecuada para nuestro prototipo
- Contención del combustible poco fiable
- Costo de los elementos que conforman el sistema elevado
- Volumen inadecuado para nuestro prototipo

Figura 18. Tanque de combustible SAE.



Fuente: Autor

3.2.3 *Alternativas de módulos.* Para determinar las diferentes alternativas de módulos se combinan entre sí las soluciones para cada función, tomando en cuenta los componentes que sean compatibles. (RIBA, 2002)

3.2.4 *Evaluación de soluciones.* En el proceso de diseño es conveniente hacer una evaluación de las alternativas que sirva para la toma de decisiones, que sean más convenientes en el diseño. Las evaluaciones no deben concentrarse en evaluar un aspecto sino de todo lo relacionado al diseño. (RIBA, 2002)

Para seleccionar la mejor opción deben estar presentes las siguientes características:

- Las alternativas como mínimo debe disponerse de dos alternativas cuyas características deben ser diferentes.

- Los criterios se establecen en base a las alternativas que deberán ser evaluadas.

3.2.4.1 *Método ordinal corregido de criterios ponderados.* La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones basta conocer el orden de preferencia de su evaluación. (RIBA, 2002)

Es por ello que se sugiere el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio permite obtener resultados globales suficientemente significativos. (RIBA, 2002)

Se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- Se proporciona 1, si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas. (RIBA, 2002)
- Se proporciona 0,5, si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas. (RIBA, 2002)
- Se proporciona 0, si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas. (RIBA, 2002)

3.2.4.2 *Criterios de valoración del módulo.* Con el fin de determinar aquel módulo que resulte más conveniente, se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados. (RIBA, 2002)

El discernimiento de valoración más influyente en el tanque de combustible se describe a continuación:

- Volumen adecuado. Se considera este criterio porque la cantidad de fluido que contenga nuestro tanque de combustible es imprescindible.
- Material. Es de importancia por su fácil adquisición y propiedades mecánicas adecuadas para el propósito.

- Resistencia del material. Las características del material son de suma importancia para obtener un tanque de combustible confiable y ligero evitando así el aumento de peso del prototipo.
- Periodo de mantenimiento. Tiempo en el cual se deberá realizar una revisión exhaustiva del tanque de combustible y sus elementos.
- Dimensiones (ancho por largo). De acuerdo a las dimensiones del chasis se deberá considerar las dimensiones del tanque de combustible.
- Hermeticidad. El tanque de combustible deberá ser sumamente fiable para ello se realizara pruebas de soldadura por medio de líquidos penetrantes y seguro para un buen funcionamiento del sistema de alimentación de baja presión en el prototipo Fórmula SAE.
- Facilidad de llenado. La toma de llenado deberá ser de fácil acceso para proveer de combustible al tanque de combustible.
- Facilidad de construcción. Este parámetro será de suma importancia para menorar tiempos de construcción.

Tabla 3. Evaluación de cada criterio

Volumen > Material > Resistencia > Mantenimiento > Dimensión = Hermeticidad > Facilidad de llenado > Facilidad de construcción										
Criterio	Volumen	Material	Resistencia	Mantenimiento del tanque	Dimensión	Hermeticidad	Facilidad de llenado	Facilidad de construcción	Σ	
Volumen		1	0,5	1	0,5	0,5	0	0,5	5	0,139
Material	0		1	1	0,5	0,5	0	1	5	0,139
Resistencia	0,5	0		1	0	0,5	1	1	5	0,139
Mantenimiento del tanque	0	0	0		0,5	0,5	0	0	2	0,056
Dimensión	0,5	0,5	1	0,5		1	0,5	0,5	5,5	0,152
Hermeticidad	0,5	0,5	0,5	0,5	0		1	1	5	0,139
Facilidad de llenado	1	1	0	1	0,5	0		0	4,5	0,125
Facilidad de construcción	0,5	0	0	1	0,5	0	1		4	0,111

Suma	36	1
-------------	----	---

Fuente: Autor

Seguidamente se califica cada una de las soluciones con respecto a las características o criterios.

- La solución 1 representa al tanque de combustible tipo Fórmula 1.
- La solución 2 representa un tanque de combustible de acuerdo a las dimensiones del chasis.
- La solución 3 representa un tanque de combustible tipo Fórmula SAE el cual es usado generalmente.

Tabla 4. Evaluación de las soluciones con respecto al volumen.

Solución 1 < Solución 2 = Solución 3					
Volumen	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,333
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 5. Evaluación de las soluciones con respecto al material.

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3					
Material	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,333
Solución 3	0	0		1	0,166
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 6. Evaluación de las soluciones con respecto a la resistencia del material.

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3					
Resistencia del material	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,333
Solución 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 7. Evaluación de las soluciones con respecto al periodo de mantenimiento.

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					
Periodo de mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,333

Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 8. Evaluación de las soluciones con respecto a las dimensiones.

Solución 1 < Solución 2 = Solución 3					
Dimensiones (ancho x largo)	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,333
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 9. Evaluación de las soluciones con respecto a la hermeticidad.

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3					
Hermeticidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,333
Solución 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 10. Evaluación de las soluciones con respecto a la facilidad de llenado.

Solución 1 < Solución 2 < Solución 3					
Facilidad de llenado	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,167
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	1	0		2	0,333
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 11. Evaluación de las soluciones con respecto a la facilidad de construcción.

Solución 1 < Solución 2 < Solución 3					
Facilidad de construcción	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,167
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	1	0		2	0,333
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Tabla 12. Conclusiones.

Conclusión	Volumen	Material	Resistencia	Mantenimiento	Dimensión	Hermeticidad	Facilidad de llenado	Facilidad de construcción.	Σ	Prioridad
Sol. 1	0,139 x 0,333	0,139 x 0,5	0,139 x 0,5	0,056 x 0,333	0,152 x 0,333	0,139 x 0,5	0,125 x 0,167	0,111 x 0,167	0,3 6	2
Sol. 2	0,139 x 0,5	0,139 x 0,333	0,139 x 0,333	0,056 x 0,5	0,152 x 0,5	0,139 x 0,333	0,125 x 0,5	0,111 x 0,5	0,4 3	1
Sol. 3	0,139 x 0,167	0,139 x 0,167	0,139 x 0,167	0,056 x 0,167	0,152 x 0,167	0,139 x 0,167	0,125 x 0,333	0,111 x 0,333	0,2 0	3

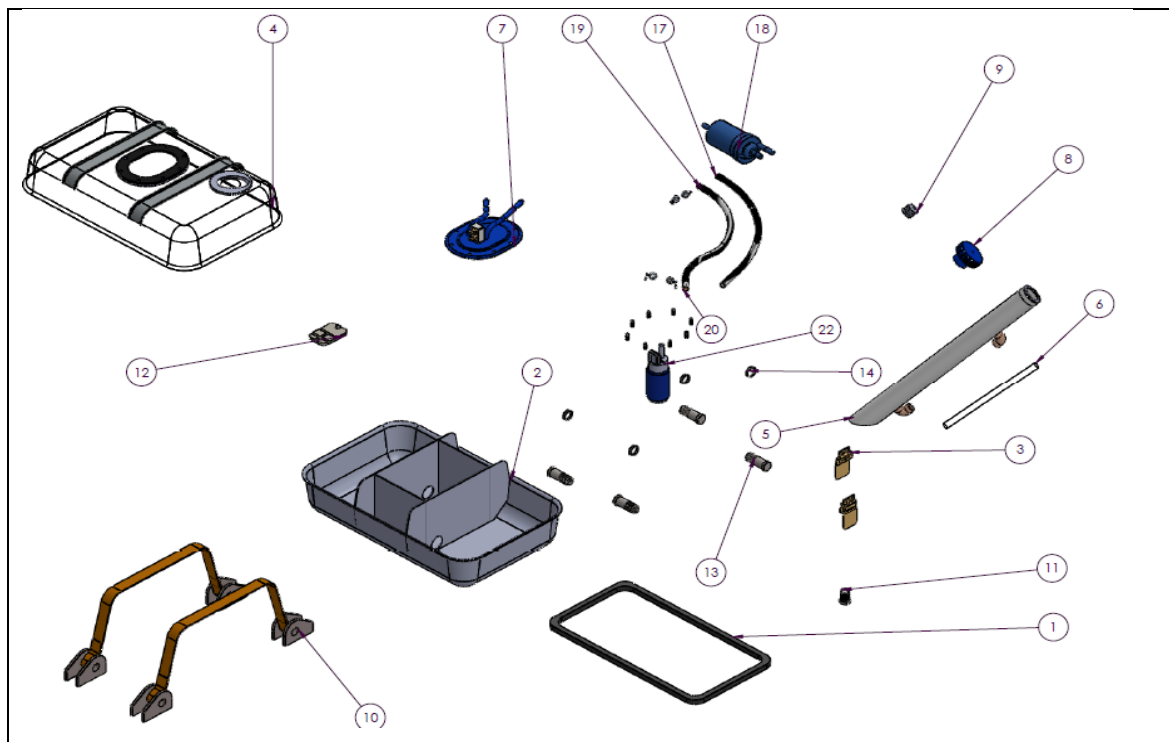
Fuente: Autor

La solución que más se ajusta a los criterios de evaluación es la **solución 2**, representa al modelo de tanque de combustible de acuerdo a las dimensiones del chasis.

3.2.5 *Características del tanque de combustible seleccionado.* Una vez determinado las alternativas como solución para el usuario o cliente las características fueron evaluadas para escoger la solución adecuada y que cumpla con las dimensiones del chasis

Las características han sido comparadas con los criterios técnicos enunciados por la voz del ingeniero y los resultados se ven reflejados en un pre diseño como se indica en la Tabla 13.

Tabla 13. Pre diseño de la alternativa seleccionada.



Partes	Descripción
1	Base de caucho
2	Molde inferior, rompeolas y cámara de succión
3	Compuertas
4	Molde superior del tanque de combustible
5	Tubo de llenado
6	Tubo del visor de nivel de combustible
7	Tapa del tanque de combsutible
8	Tapa del tubo de llenado
9	Valvula de seguridad
10	Correas de sujeción
11	Tapón
12	Prefiltro de combustible
13	Pernos de la base del tanque de combustible
14	Tuercas de la base
15	Pernos de la tapa del tanque de combustible
16	Tuercas de las tapa del tanque de combsutible
17	Manguera de salida de combsutible
18	Filtro de combustible con regulador de presión incorporado
19	Manguera de retorno de combustible
20	Acoples
21	Abrazaderas
22	Bomba de combustible

Fuente: Autor

El diseño preliminar toma en cuenta la ubicación y fácil montaje de sus elementos ya que todos sus elementos son desmontables.

3.2.6 *Elementos del sistema de combustible.* De acuerdo a nuestra selección de elementos para el sistema de alimentación se describe a continuación:

- Visor de nivel del combustible. Elemento que sirve para medir la cantidad de combustible dentro del tanque.
- Tanque de Combustible. Es un reservorio donde se almacena combustible, está formado por un recipiente de chapa con una capacidad suficiente para proporcionar una autonomía de marcha al vehículo.
- Bomba de combustible. El combustible almacenado en el depósito es llevado al sistema de inyección por medio de una bomba eléctrica.
- Cañerías de combustible. Las líneas de combustible de goma o mangueras son usadas para transportar el combustible a través del sistema de combustible.
- Filtro de combustible con regulador de presión incorporado. Este elemento cumple con dos funciones filtrar el combustible para separar las impurezas y el agua que puede haberse mezclado y garantizar la presión uniforme y constante en el circuito de combustible lo que permite que el motor funcione perfectamente además de cuando sobrepase la presión ocurre la liberación de combustible en la cañería o línea de retorno hacia el tanque de combustible.
- Toma de llenado. La toma de llenado se encuentra unida directamente al tanque de combustible y sirve para llenar el tanque de combustible.
- Pre filtro de combustible. Retener impurezas presentes del fluido como fase previa en el tanque de combustible y dando mayor vida útil a la bomba de combustible.

3.2.7 *Diseño para el montaje (DFA).* Mediante la DFA podemos visualizar que nuestro diseño sea de fácil operación y posterior mantenimiento. (RIBA, 2002)

3.2.7.1 *Operaciones de montaje.* El montaje de un producto consiste en la manipulación y composición de diversas piezas, la unión entre ellas, su ajuste, la puesta a punto y la verificación de un conjunto para que el mismo adquiera funcionalidad para

la cual ha sido concebido. En el montaje confluyen un conjunto complejo de operaciones que hay que distinguir cuidadosamente en el momento de su análisis. (RIBA, 2002)

Manipulación de piezas y componentes:

- Reconocimiento de una pieza o componente
- Determinación de la zona de presión
- Realización de la operación de presión
- Movimientos de posicionamiento y de orientación (RIBA, 2002)

Composición de piezas y de componentes:

- Yuxtaposición de piezas
- Inserción (eje en un alojamiento, corredera en una guía)
- Colocación de cables y conducciones
- Llenado de recipientes y depósitos (engrase, líquidos, gases) (RIBA, 2002)

Unión de piezas y de componentes

- Uniones desmontables (roscadas, pasadores, chavetas)
- Encaje por fuerza (calado de piezas, unión elástica)
- Uniones por deformación (remaches, rebordonado)
- Uniones permanentes (soldadura, encolado) (RIBA, 2002)

Operaciones de ajuste

- Retoque de piezas (rebabas, lima, ajuste por deformación)
- Operaciones de ajuste mecánico (conos, micro ruptores)
- Operaciones de ajuste eléctrico (potenciómetros, condensadores) (RIBA, 2002)

Operaciones de verificación

- Puesta a punto (regulaciones, inicialización informática)
- Verificación de la funcionalidad del producto (RIBA, 2002)

A pesar de que se podría argumentar que las operaciones de puesta a punto y verificación no corresponden propiamente al montaje, lo cierto es que están

íntimamente ligadas (aseguran la funcionalidad del conjunto), por lo que es conveniente incluirlas en la Tabla 14. (RIBA, 2002)

Tabla 14. Diseño para el montaje del tanque de combustible.

Diseño para el montaje			Tanque de combustible				
ENSAMBLAJE GENERAL						Comentario	
Conteo general de las partes	Pobre	Justa	Bueno	Muy bueno	Excepcional	Se puede contar las partes	
Numero general de piezas minimizadas	Pobre	Justa	Bueno	Muy bueno	Excepcional	Minimizar el número de piezas	
Uso mínimo de elementos de fijación separados	Pobre	Justa	Bueno	Muy bueno	Excepcional	Tipo de anclaje	
Parte de la base con sus características (superficies de posicionamiento y agujeros)	Dos o más reposiciones		Reposición una vez		No reposicionamiento	Cambio de partes del sistema	
Eficiencia para la secuencia de montaje	Pobre	Justa	Bueno	Muy bueno	Excepcional	Fácil montaje de las piezas	
RECUPERACIÓN DE LA PARTE							
Características que complican la manipulación (enredo, anidación, flexibilidad).	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Espacio disponible para la manipulación	
Las piezas han sido diseñadas para un enfoque específico para su utilización	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Funcionabilidad de las partes diseñadas	
LA MANIPULACIÓN DE PIEZAS							
Piezas con simetría de un extremo a otro	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Piezas fabricadas	
Piezas con simetría alrededor de un eje de inserción	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Ninguna	
Donde la simetría no es posible. Partes son claramente asimétrica.	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Ninguna	
PARTE DE ACOPLAMIENTO							
Movimientos en línea recta de ensamblaje	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Durante el acoplamiento del sistema	
Chaflanes y características que facilitan la alineación de inserción	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Ninguna	
La pieza más accesible	No hay partes	Pocas partes	Algunas partes	Mas partes	Todas las partes	Dificultad de acoplamiento del sistema	
Nota: Calificación de la evaluación que se utilizará sólo para comparar un conjunto de diseños alternativos del mismo conjunto	Total: 3	Total: 2	Total: 3	Total: 1	Total: 4		
					4 x 8		32
					1 x 6		6
					3 x 4		12
					2 x 2		4
3 x 0		0					
PUNTAJE TOTAL						54	

Fuente: Autor

De acuerdo a la Tabla 14 del montaje DFA ayuda a simplificar el diseño conceptual del producto y podemos concluir que el montaje de nuestro tanque de combustible y sus elementos es adecuado por lo cual verificamos la dificultad que puede ocurrir durante el proceso de obtención del tanque de combustible conjuntamente con los elementos seleccionados prioriza la secuencia con la cual se deba ir haciendo el montaje.

CAPITULO IV

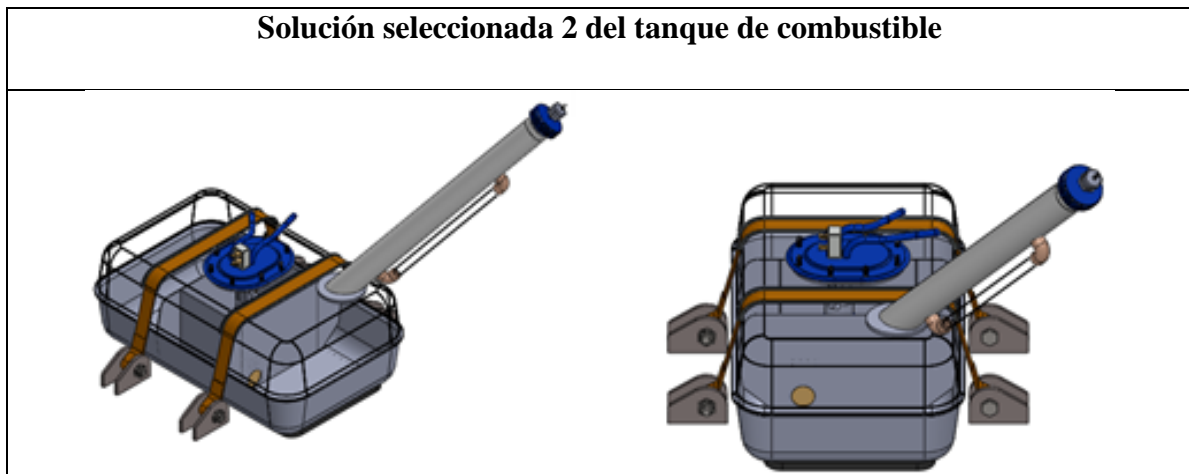
4. DISEÑO, ANÁLISIS, PROCESO DE CONFORMADO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN.

4.1 Evolución del pre diseño

El pre diseño toma en cuenta los requerimientos y necesidades del auspiciante, las mismas que las traducen la voz del ingeniero en criterios técnicos, durante esta etapa se realizó algunas correcciones y mejoras. (RIBA, 2002)

En la Tabla 15, se presentan los cambios efectuados luego del proceso de selección de la alternativa.

Tabla 15. Diseño del tanque de combustible seleccionado



Fuente: Autor

En la Tabla 15 se define el tanque de combustible y la mejora en la ubicación de los rompeolas.

Las consideraciones para el diseño final fueron las siguientes:

- Bajo peso.
- Diseño adecuado del rompeolas.
- Diseño del tanque de combustible acorde a las medidas requeridas para el chasis del prototipo.

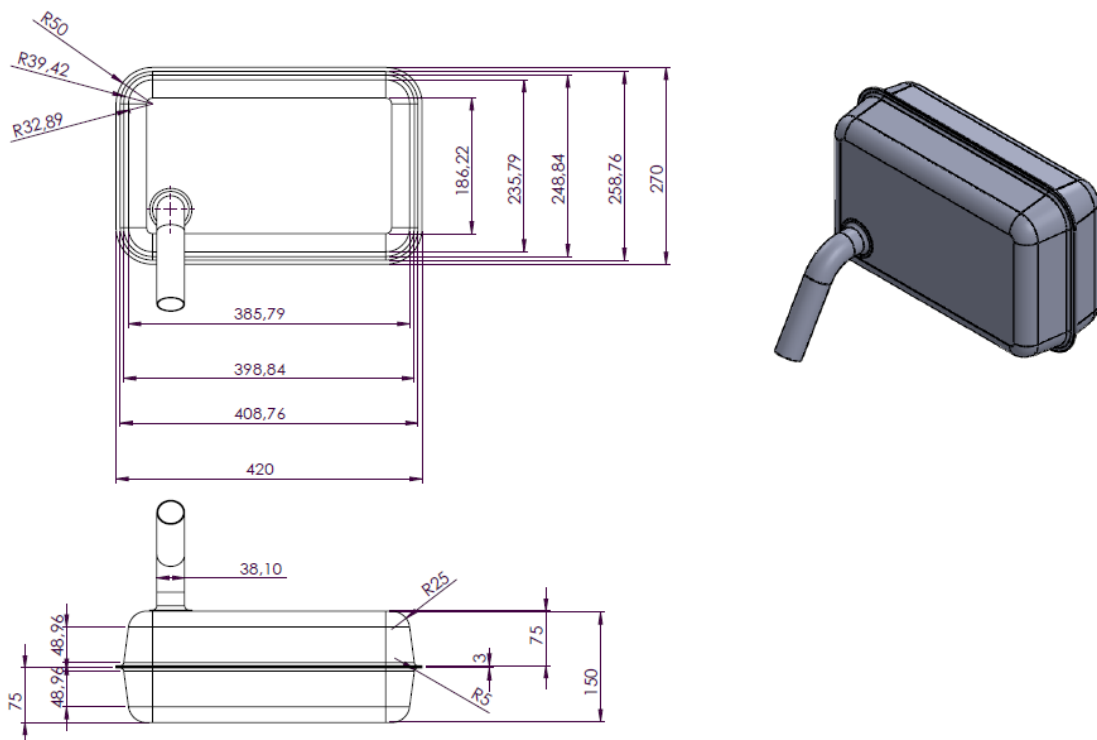
4.1.1 *Diseño final.* Se representa todas las características requeridas se optó por mejorar la forma del rompeolas para una óptima alimentación y refrigeración de la bomba de combustible.

4.2 Diseño de elementos necesarios para el tanque de combustible

Una vez definido el diseño se procede al dimensionamiento de los elementos que conforman el tanque de combustible.

4.2.1 *Modelado del tanque de combustible.* El tanque de combustible se modela geoméricamente dependiendo del volumen que requiere el sistema de alimentación de baja presión, en la Figura 19 se muestra las dimensiones generales del tanque de combustible.

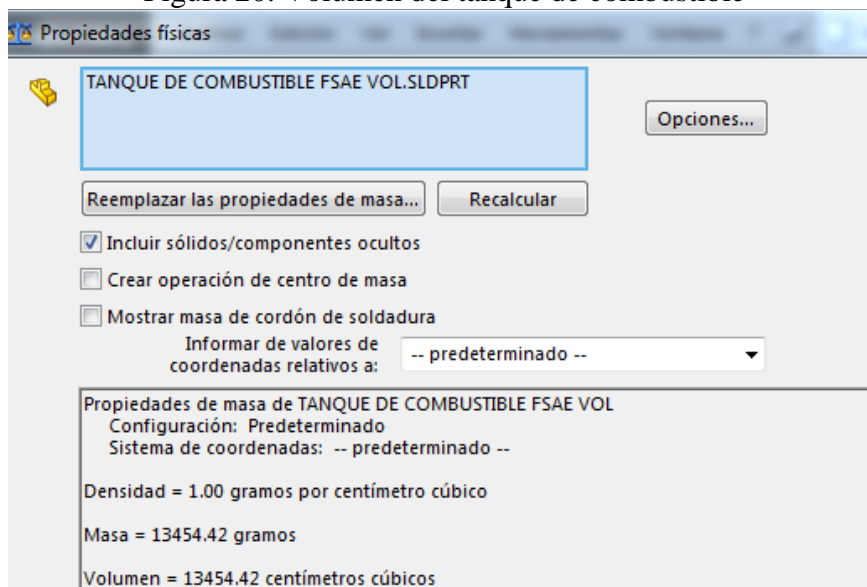
Figura 19. Dimensiones generales del tanque de combustible.



Fuente: Autor

4.2.1.1 *Volumen del tanque de combustible.* Para conocer el volumen del tanque de combustible se realiza mediante el software Solidworks con la opción de propiedades físicas.

Figura 20. Volumen del tanque de combustible



Fuente: Autor

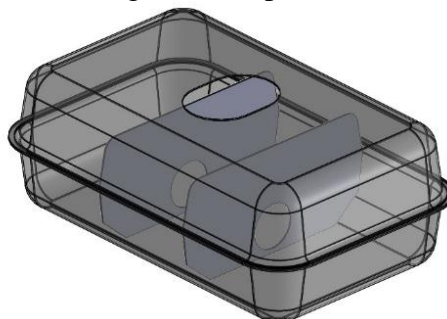
El volumen para el tanque de combustible da como resultado un valor de:

$$V_{\text{tanque de combustible}} = 13454.42 \text{ cm}^3$$

4.2.2 *Diseño del rompeolas.* Para el diseño del rompeolas se toma en cuenta las dimensiones del tanque de combustible como el volumen para el cual está diseñado.

4.2.2.1 *Ubicación de los rompeolas.* Para el diseño del rompeolas se toma en cuenta la ubicación de los elementos internos como la bomba de combustible, cañería de retorno.

Figura 21. Esquemmatización del arreglo de rompeolas dentro del tanque de combustible

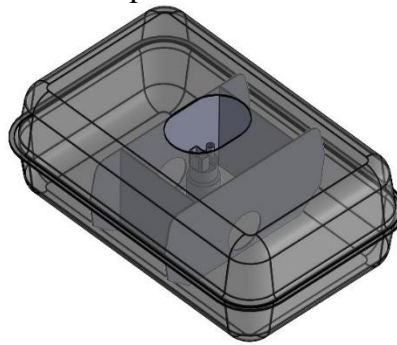


Fuente: Autor

Se diseñó el rompeolas para atenuar el oleaje en la dirección longitudinal se emplean rompeolas, placas colocadas transversalmente a lo largo del tanque que se ajustan a su sección transversal.

4.2.2.2 *Ubicación del rompeolas y la bomba de combustible.* La ubicación estratégica de las compuertas son elementos indispensables para mantener a la bomba de combustible alimentada y refrigerada en el interior del mismo como se muestra en la Figura 22.

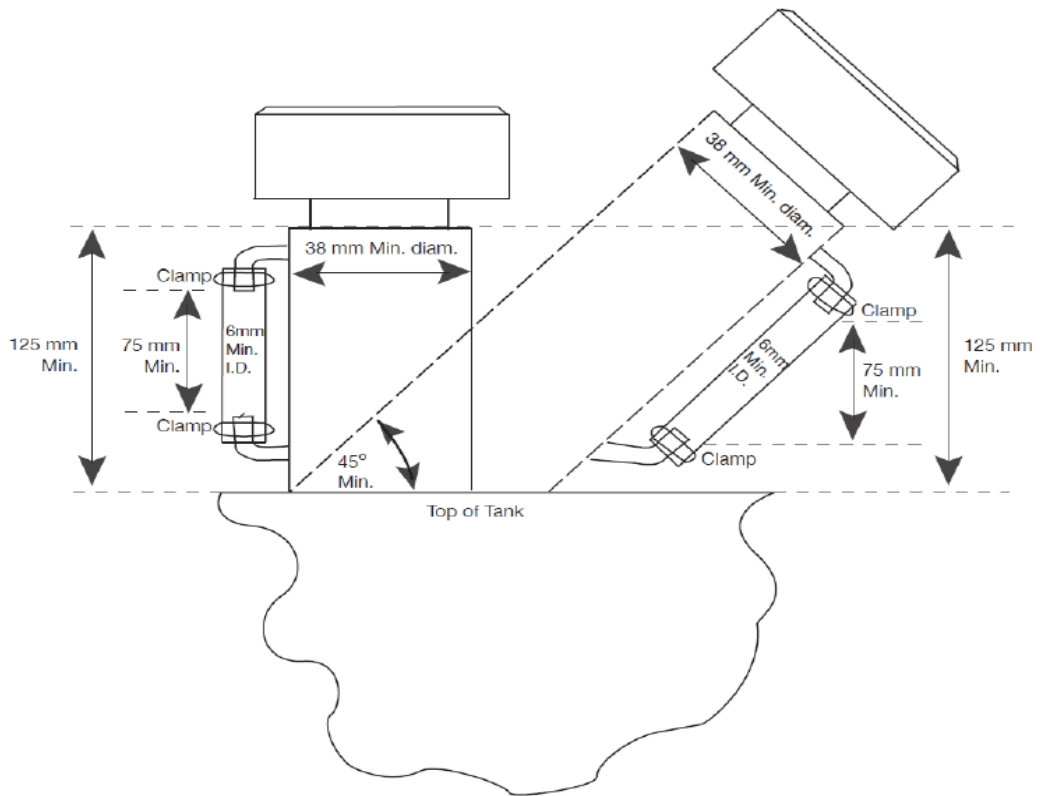
Figura 22. Ubicación de rompeolas dentro del tanque de combustible



Fuente: Autor

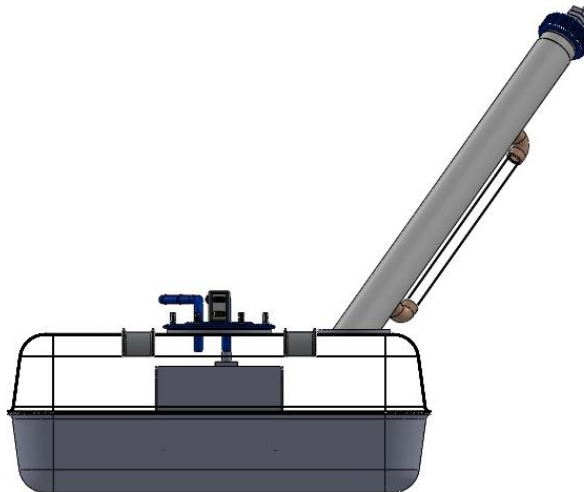
4.2.3 *Diseño de la toma de llenado del tanque de combustible.* De acuerdo al reglamento de la FSAE se diseñó la toma de llenado acatando las dimensiones requeridas por el reglamento las cuales se deben considerar para diseñar la boca de llenado como lo muestra la Figura 23.

Figura 23. Medidas para la boca de llenado del tanque de combustible



Fuente: Fórmula SAE

Figura 24. Toma de llenado diseñada acorde la reglamento de la Fórmula SAE



Fuente: Autor

4.3 Análisis por elementos finitos.

El Método de los Elementos Finitos (MEF) es una herramienta numérica-computacional destinada a obtener soluciones aproximadas de problemas de la física y de la ingeniería

que pueden ser expresados con ecuaciones diferenciales y condiciones de contorno, los que se denominan comúnmente como problemas de valores de contorno. Algunos ejemplos de ellos son los problemas de transferencia de calor, los de tensiones y deformaciones en un medio elástico, los de electromagnetismo, los de flujos de fluidos.

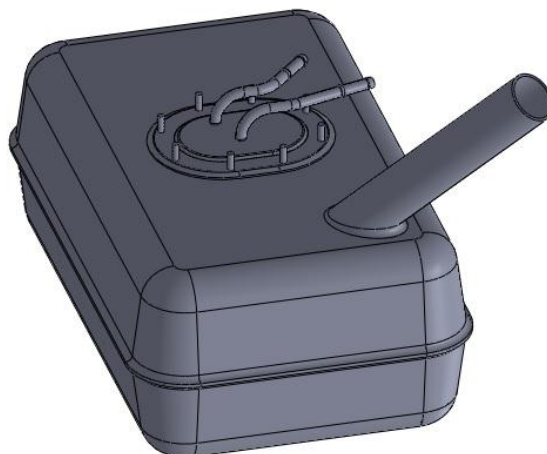
4.3.1 Descripción del CFX. A menudo, el comportamiento de los fluidos es poco intuitivo, por lo que es difícil, si no imposible, predecir el impacto de los flujos de fluidos en su producto. ANSYS CFX le da las herramientas para simular con éxito el comportamiento del flujo de fluidos – incluso las complejas interacciones entre características físicas y analizar con confianza los resultados a lo largo de todo el proceso de diseño y fabricación, así como durante el uso final.

4.3.2 Descripción general del MEF. El procedimiento fundamental del Método de los Elementos Finitos puede ser sintetizado en los siguientes pasos:

4.3.3 Pre proceso. Durante la preparación del problema principalmente debemos definir el dominio geométrico del problema y el tipo de elemento para la discretización.

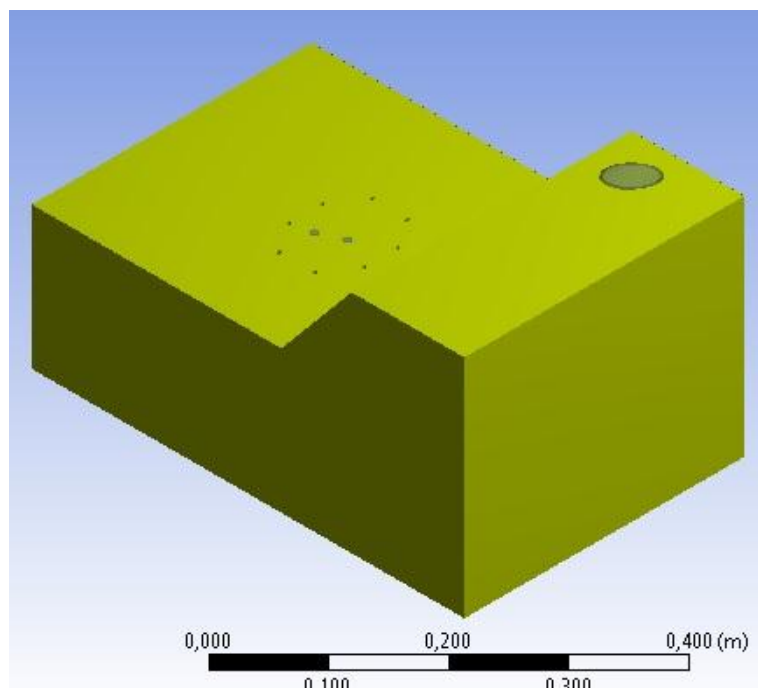
4.3.3.1 Definir el dominio geométrico del problema. Para obtener la geometría del elemento se utilizó el software Solidworks la cual posteriormente será importada a Ansys.

Figura 25. Geometría del tanque de combustible.



Fuente: Autor

Figura 26. Encapsulado del tanque de combustible



Fuente: Autor

4.3.3.2 *Definir el tipo de elemento que será utilizado en la discretización.* Para definir el tipo de mallado de la geometría del tanque de combustible es necesario definir el tipo y el método de mallado. El Cfx mesh posee algunos métodos para el mallado y son los que se describen a continuación.

- Automatic (automático)
- Tetrahedrons (tetraédrico)
- Hex dominat (hexaedros dominantes)
- Sweep (barrido)
- Multizone (multizona)
- Cfx-Mesh (mallado Cfx)

Cada método es aplicado para diferentes necesidades y es necesario analizar el método más adecuado para nuestra geometría del tanque de combustible.

En nuestra situación el método seleccionado es el método automático Cfx el cual genera una malla no estructurada con una influencia de elementos tetraédricos por la geometría del elemento además fue modificada con la opción de detalles de mallado para refinar el mallado de la geometría del tanque de combustible.

Figura 27. Detalle del mallado

Details of "Mesh"	
Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	CFX
<input type="checkbox"/> Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	On: Curvature
Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
<input type="checkbox"/> Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
<input type="checkbox"/> Min Size	Default (0,287770 mm)
<input type="checkbox"/> Max Face Size	Default (28,7770 mm)
<input type="checkbox"/> Max Size	Default (57,5540 mm)
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1,20)
Minimum Edge Length	0,11760 mm
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
<input type="checkbox"/> Transition Ratio	0,77
<input type="checkbox"/> Maximum Layers	5
<input type="checkbox"/> Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No

Fuente: Autor

- Mallado de la geometría

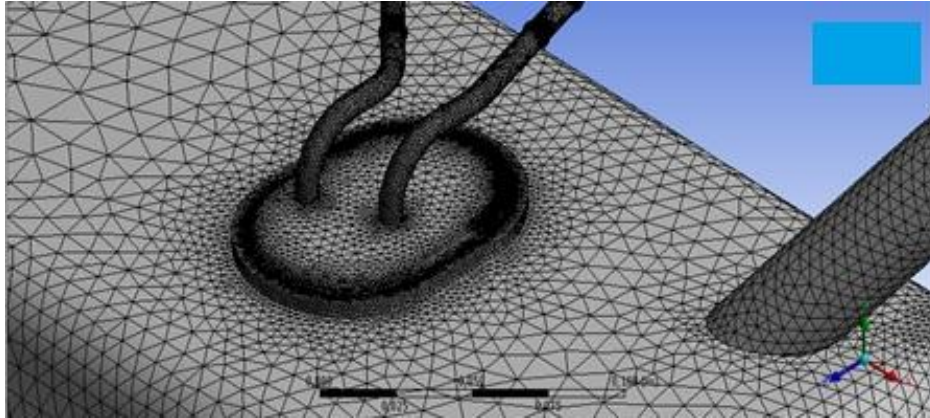
Después de haber modificado el mallado el software Ansys realizado el mallado no estructurado con un total de elementos de 628359 como se muestra en la Figura 28.

Figura 28. Número de nodos y elemento de mallado

Details of "Mesh"	
<input type="checkbox"/> Defaults	
<input type="checkbox"/> Sizing	
<input type="checkbox"/> Inflation	
<input type="checkbox"/> Patch Conforming Options	
<input type="checkbox"/> Patch Independent Options	
<input type="checkbox"/> Advanced	
<input type="checkbox"/> Defeaturing	
<input checked="" type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	120412
<input type="checkbox"/> Elements	628359
Mesh Metric	None

Fuente: Autor

Figura 29. Mallado de la geometría del elemento



Fuente: Autor

- Análisis de la calidad de malla

El Ansys meshing podemos verificar la calidad de malla y utilizando la opción “Mesh Metric” y el método de skewness (oblicuidad) como se indica en la figura 30.

Figura 30. Calidad de mallado

Details of "Mesh"	
<input type="checkbox"/> Patch Independent Options	
<input type="checkbox"/> Advanced	
<input type="checkbox"/> Defeaturing	
<input checked="" type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	120412
<input type="checkbox"/> Elements	628359
Mesh Metric	Skewness
<input type="checkbox"/> Min	1,2869e-005
<input type="checkbox"/> Max	0,98798
<input type="checkbox"/> Average	0,23456
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,1263

Fuente: Autor

De acuerdo al método de skewness como se muestra en la figura el mallado promedio es de 0,23, el valor mínimo es de 1,2869e-005 y un máximo de 0,98798.

Para un óptimo resultado del análisis depende de la calidad de malla y es de gran importancia para una simulación satisfactoria.

“Skewness”. Es uno de los criterios con el cual se evalúa la calidad de mallado para fluidos. En la siguiente figura se muestra los distintos rangos de mallado en un escala de valores con la cual se valora la calidad de malla.

Figura 31. Criterios de evaluación según la escala de valores

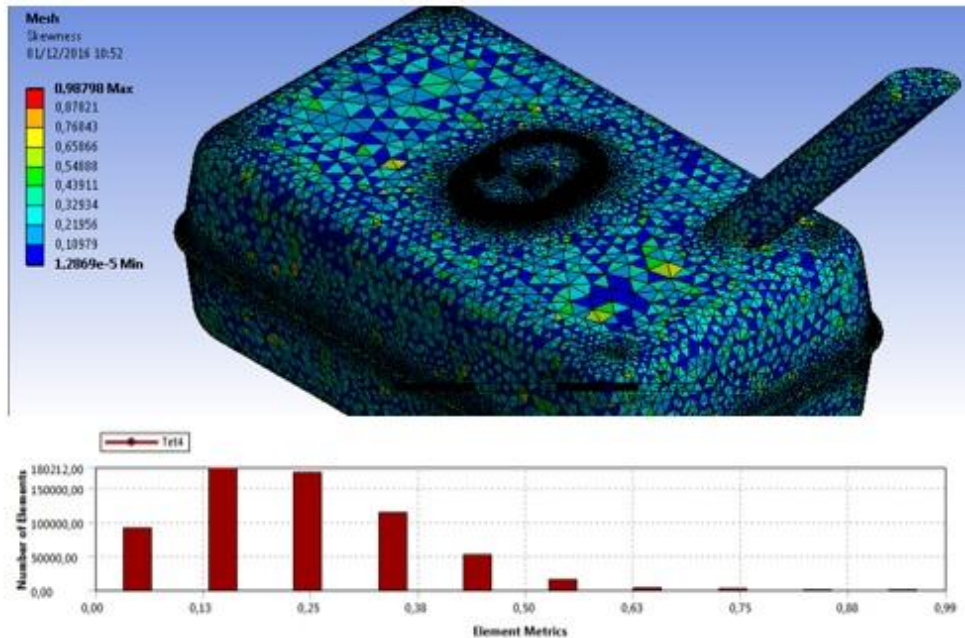
Value of Skewness	0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.95	0.95-0.99	0.99-1.00
Cell Quality	excellent	good	acceptable	poor	sliver	degenerate

Fuente: (Bakker, 2012)

La variación de valores va desde 1 hasta 0 donde 1 nos indica que es una malla no aceptable mientras más cercano sea a 0 el mallado será excelente.

A continuación se observa que la geometría del tanque de combustible diseñado para el prototipo de la formula SAE, la cual se ajusta a los criterios de aceptación de la malla.

Figura 32. Evaluación del criterio de malla



Fuente: Autor

De acuerdo al mallado de la geometría del tanque de combustible se tiene un valor promedio de 0,23 el cual al comparar con el criterio de evaluación para skewness tenemos que nuestra malla es buena.

No se puede llegar al promedio excelente debido al gasto computacional por la razón que se requeriría una máquina computacional de altas prestaciones para obtener una calidad de malla excelente.

4.3.3.3 Definir las restricciones físicas del problema. Para definir las condiciones de

contorno se toma en cuenta cómo va a ser el ingreso del fluido al tanque de combustible mediante el gasto másico.

Tabla 16. Datos de entrada para la simulación

Gasto másico	0,08 kg/s
Iteraciones	150

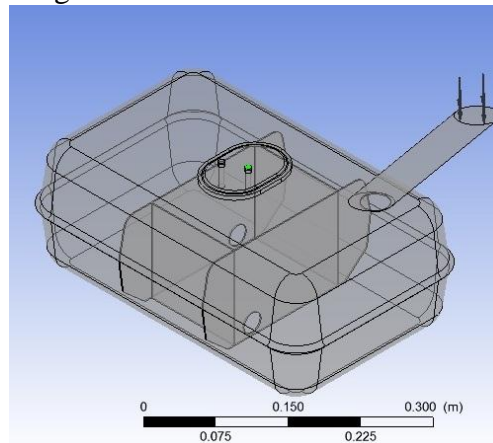
Fuente: Autor

Tabla 17. Propiedades físicas y químicas de la gasolina

Densidad	0,68 g/cm ³
Presión de vapor	0,7 atm
Auto inflamabilidad	>200°C

Fuente:

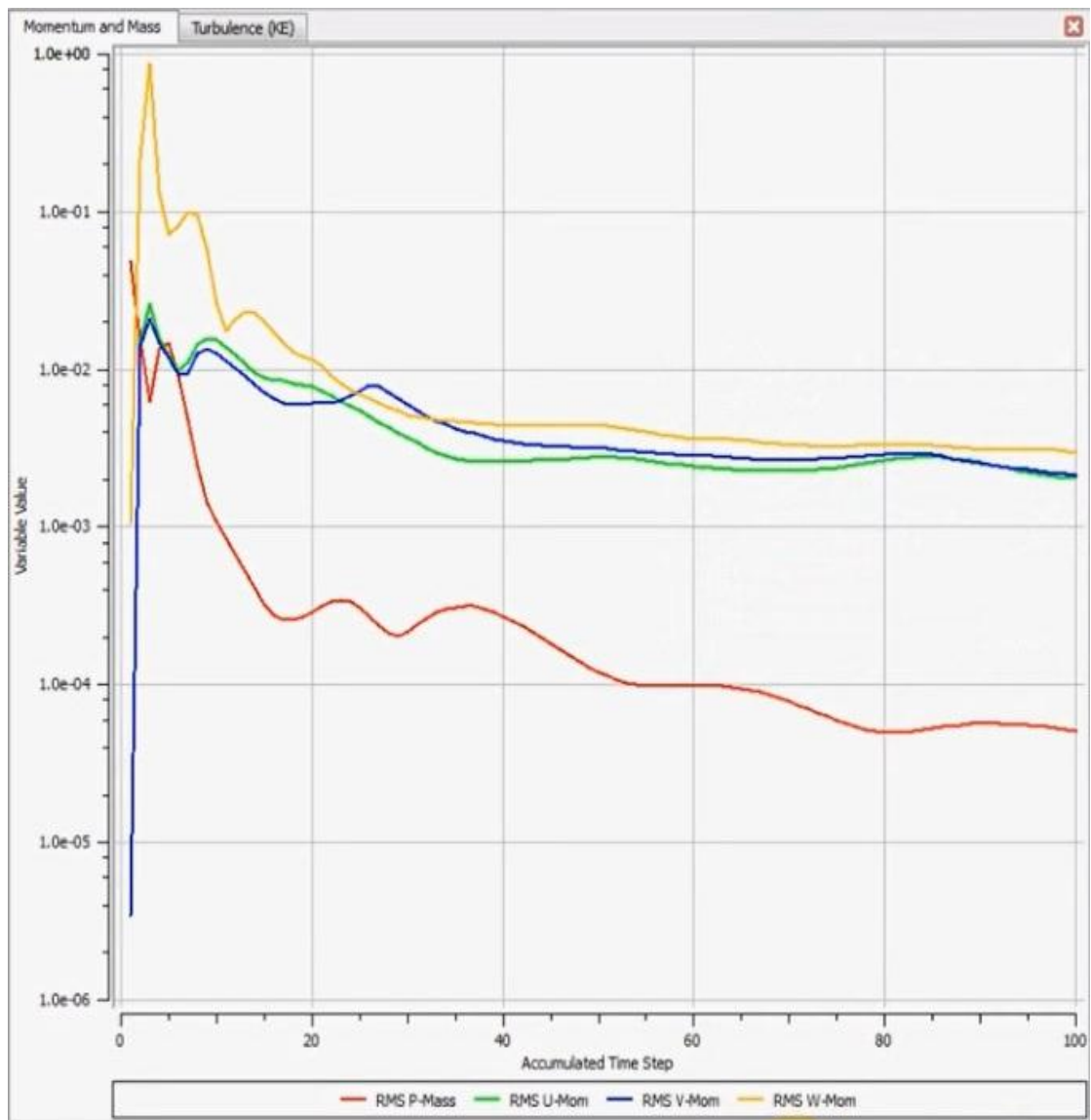
Figura 33. Condiciones de contorno



Fuente: Autor

4.3.4 Proceso (Solución del problema). En esta etapa el programa realiza todo el cálculo a través de un conjunto de ecuaciones matemáticas, esto se lo realiza mediante iteraciones las cuales generan las soluciones del problema propuesto.

Figura 34. Comportamiento de las variables



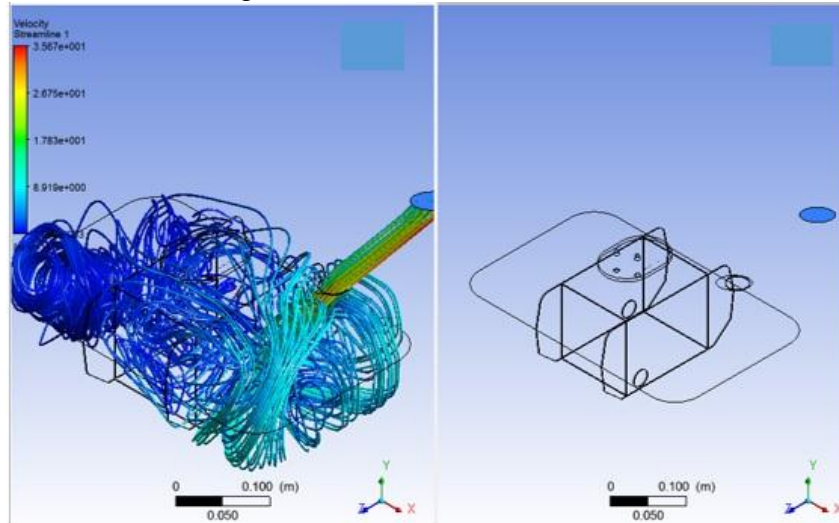
Fuente: Autor

Al finalizar el proceso se puede observar los resultados obtenidos cumplen con todos los requerimientos necesarios para resolver el problema propuesto para la geometría del tanque de combustible.

De acuerdo a las curvas de la figura 34 se observa que es bueno el proceso no existe picos ni deformidad de la curva.

4.3.5 Postproceso (Análisis y evaluación de los resultados). De acuerdo al comportamiento del fluido a la entrada del tanque de combustible se puede observar cómo se comporta el fluido dentro del tanque de combustible el cual es favorable para que el tanque de combustible soporte la turbulencia generada por el fluido.

Figura 35. Contorno de velocidad



Fuente: Autor

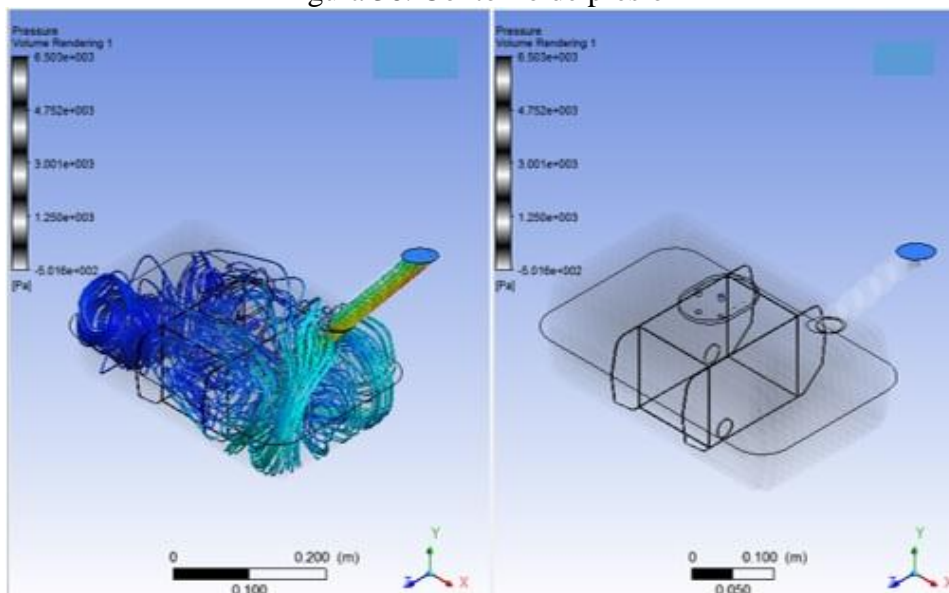
De la figura 35:

Velocidad máxima = $3,567e+001$ m/s

Velocidad mínima = $2,995e-003$ m/s

Contorno de presión

Figura 36. Contorno de presión



Fuente: Autor

De la figura 36:

Presión máxima = $6,503e+003$ Pa

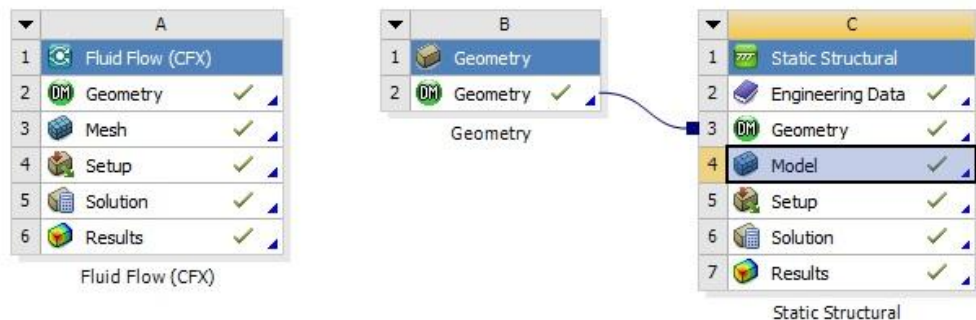
Presión mínima = $-5,016e+002$ Pa

4.3.6 *Análisis estructural.*

4.3.6.1 *Preproceso. (Preparación del problema).* La geometría utilizada es la misma que se usó para el análisis en CFX como se indica en la figura 37.

Secuencia de análisis.

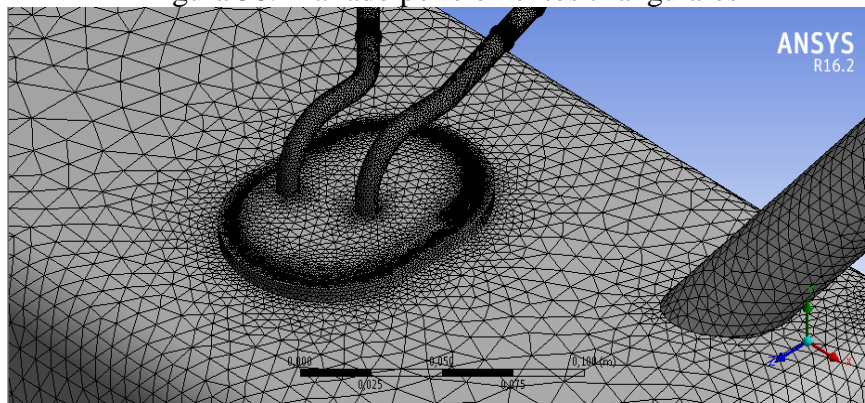
Figura 37. Secuencia de análisis



Fuente: Autor

4.3.6.2 *Definir el tipo de elemento que será utilizado en la discretización.* Generada la geometría del tanque de combustible en SolidWorks se importó dicha geometría en el programa ANSYS la cual se encarga de generar la malla.

Figura 38. Mallado por elementos triangulares



Fuente: Autor

Para un óptimo resultado del análisis depende de la calidad de malla para lo cual se utilizó el comando “Elemnt Quality” que proporciona el programa ANSYS.

Element Quality. Es uno de los criterios con el cual se evalúa la calidad de mallado. En la Figura 39 se muestra los distintos rangos de mallado en una escala de colores.

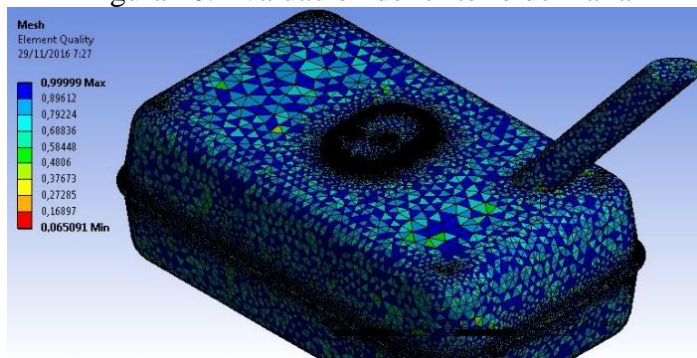
Figura 39. Criterios de evaluación según la escala de colores



Fuente: Lecture 07 mesh quality introduction to Ansys professional

La variación de los colores va desde rojo hasta azul donde el rojo nos indica que es una malla no aceptable mientras que el azul es un mallado excelente. A continuación se observa que la geometría del tanque de combustible fue de tipo fina triangular la cual se ajustan a los criterios de aceptación de la malla.

Figura 40. Evaluación del criterio de malla



Fuente: Autor

Tabla 18. Condiciones de entrada

Tipo de malla	Fina
Nodos	828041
Elementos	417657
Tipo de elemento	Triángulo
Malla máxima	0,999
Malla promedio	0,69
Malla mínima	2,013e-002

Fuente: Autor

Dada la calidad de malla obtenida de nuestra geometría y comparando con la barra de calidad de malla se encuentra en el rango de buena y por lo cual es aceptable para nuestra geometría.

4.3.6.3 Definir las restricciones físicas del problema. Una de las condiciones del tanque de combustible es la asignación de material, para lo cual en la ventana Engineering data se colocó las especificaciones y características de dicho material. Datos de entrada:

Tabla 19. Propiedades del AISI 304

Resistencia a la fluencia	310 MPa
Resistencia máxima	620 MPa
Módulo de Young	200000 MPa
Radio de Poison	0,28

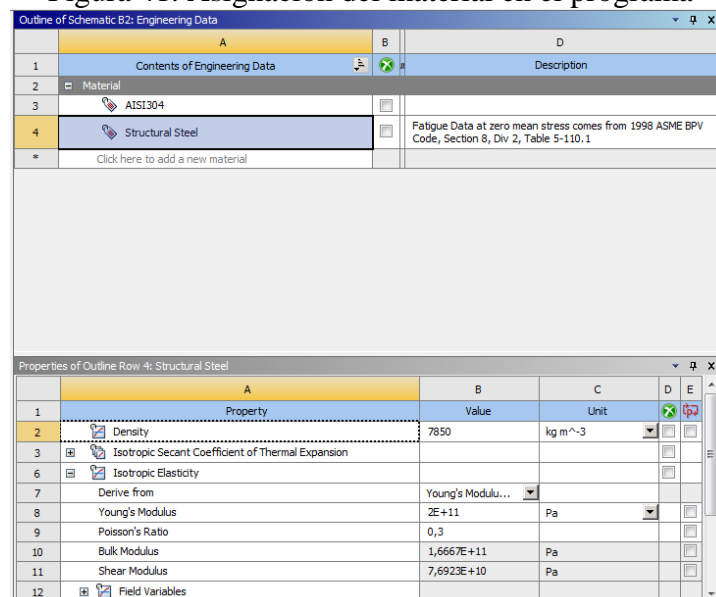
Fuente: (SUMITEC, 2010)

Tabla 20. Datos de entrada para la simulación estáticamente

Densidad de la gasolina	0,68 g/cm ³
Altura del tanque de combustible	150 mm
Gravedad	9,8 m/s ²

Fuente: (Vaxa)

Figura 41. Asignación del material en el programa

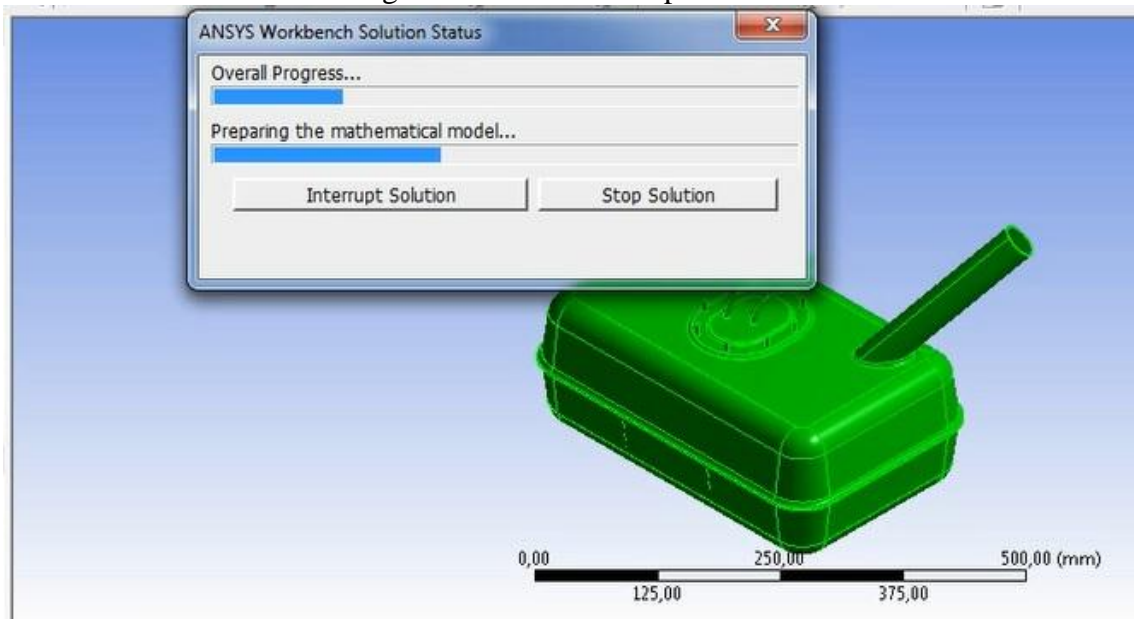


Fuente: Autor

4.3.6.4 Proceso. En esta etapa el programa realiza todo el calculo a través de un

conjunto de ecuaciones matemáticas como se indica en la Figura 42.

Figura 42. Solución del problema

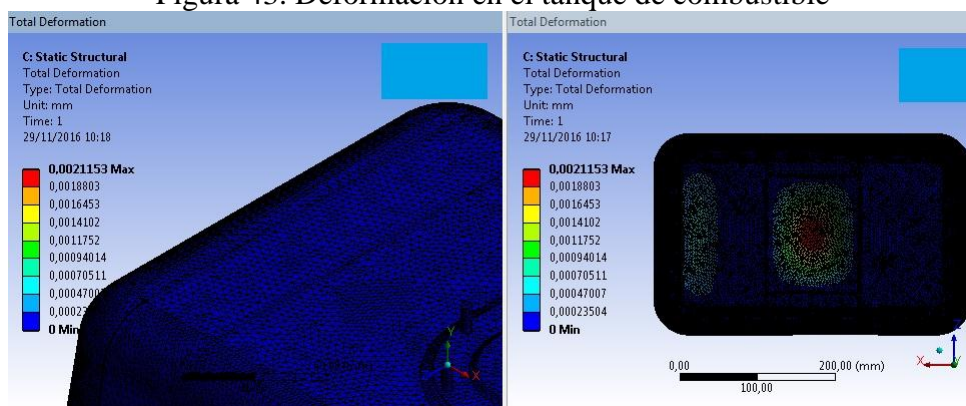


Fuente: Autor

4.3.6.5 Postproceso (Análisis de los bufls o rompeolas del tanque de combustible).
Todo los bufls se encuentran en contacto directo con el fluido y toda la presión que se genera dentro del tanque de combustible.

- Deformación máxima

Figura 43. Deformación en el tanque de combustible



Fuente: Autor

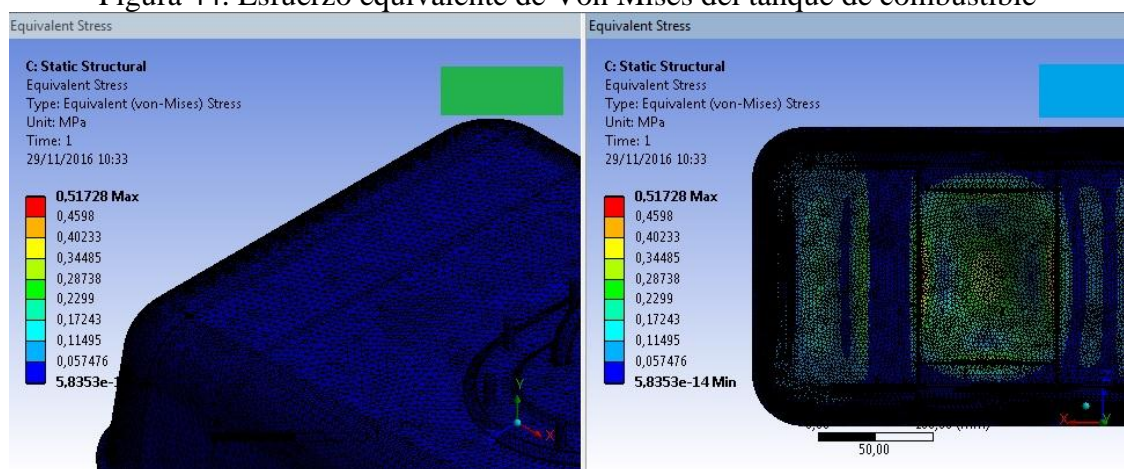
En la Figura 43, se puede observar la deformación máxima que es de 0,00211 mm y una deformación mínima de 0,00023 mm.

La deformación mostrada es 0,000023 mm. Dado que la presión no afecta al tanque de combustible y es totalmente fiable.

- Esfuerzo equivalente de Von mises.

La teoría de falla de Von-Mises es un modelo principal para un análisis de fallas. Se conoce como falla la pérdida de utilidad es decir ha cumplido su vida útil, el modelo de Von-Mises permite corroborar el comportamiento del material frente a la acción de una carga.

Figura 44. Esfuerzo equivalente de Von Mises del tanque de combustible



Fuente: Autor

Del mismo modo al realizar el análisis con el modelo de Von-Mises se puede observar que el tanque de combustible está sometido a esfuerzos donde el máximo de Von-Mises es de 0,51 MPa y un esfuerzo mínimo de 5,83e-14 MPa.

Factor de seguridad. El termino de factor de seguridad es utilizado para evaluar la condición segura del elemento, también se puede decir que es la relación entre la carga última con la carga admisible. (MORAN, 2013)

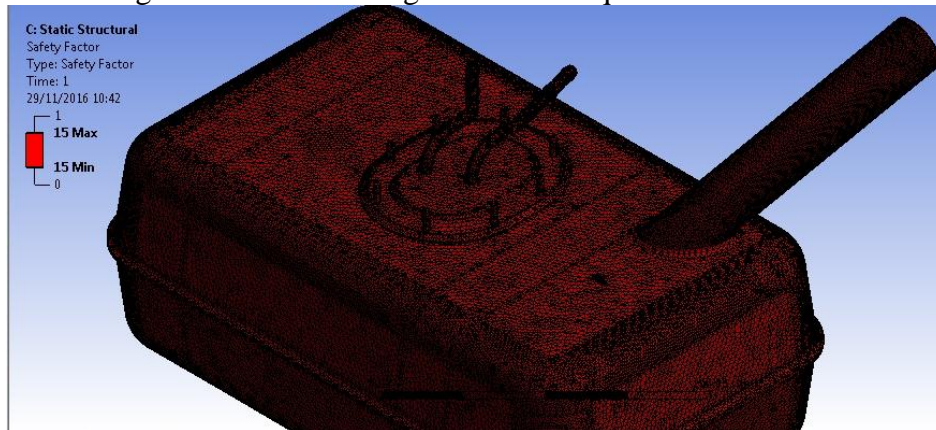
Factor de seguridad (n):

$$n = \frac{\sigma_{Permissible}}{\sigma_{diseño}} \quad (3)$$

Los parámetros para verificar si un factor de seguridad se encuentra en condiciones que garanticen su diseño viene determinado por:

Si $n > 1$ el diseño es adecuado, entre mayor sea, más seguro será el diseño. Si $n < 1$ el diseño es inadecuado y necesitara un rediseño del modelo. (MORAN, 2013)

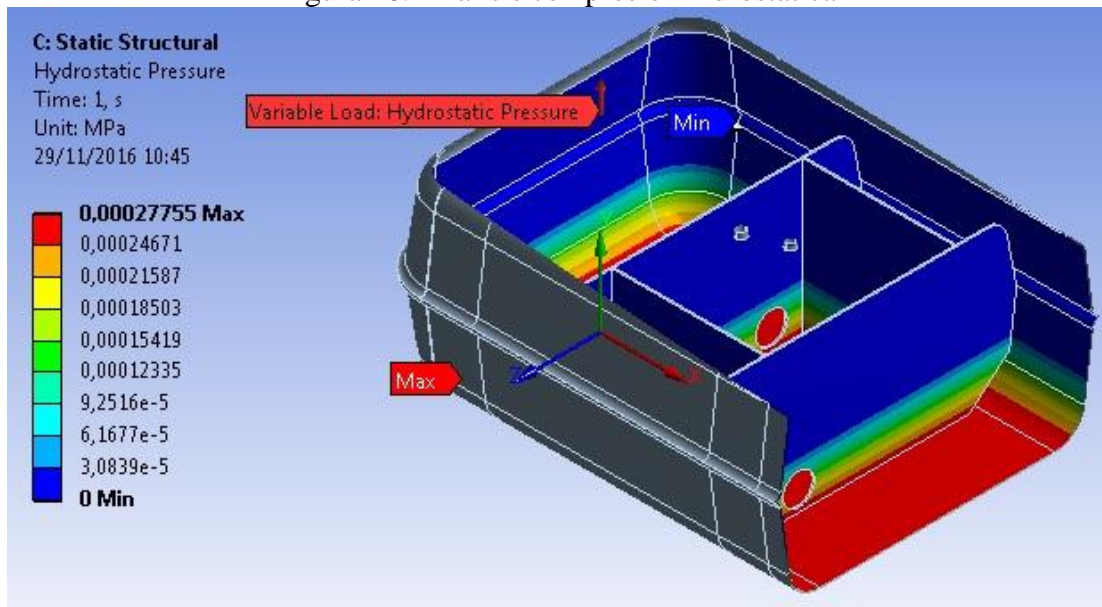
Figura 45. Factor de seguridad del tanque de combustible



Fuente: Autor

Como se puede observar en la Figura 45 el factor de seguridad del tanque de combustible es de 15 con lo que se deduce que el material indica un factor confiable el cual garantiza el diseño.

Figura 46. Análisis con presión hidrostática



Fuente: Autor

De acuerdo al llenado del tanque de combustible en el fondo del mismo se va generando una presión hidrostática con un valor máximo de 0,00027 Mpa mientras se va llenando el tanque la presión hidrostática disminuye llegando a un valor mínimo de 3,0839e-5 Mpa.

4.4 Conformado de Láminas Metálicas

Es uno de los procesos de manufactura más utilizados por las siguientes características:

- Bajo costo de la chapa
- Alta relación «Resistencia / peso»
- Facilidad de conformación
- Automatización de procesos de producción
- Buena Precisión dimensional
- Buen acabado superficial
- Principalmente trabajo en frío

4.5 El acero inoxidable en la industria automotriz.

El descubrimiento del acero inoxidable a principios del siglo XX fue un gran acontecimiento para la industria de alimentos y bebidas. (IMINOX, 2011)

Actualmente, más del 30% de todo el acero inoxidable producido se destina al sector de alimentos y bebidas. Las propiedades únicas del inoxidable lo convierten en la mejor elección para los componentes que no se ven, pero que son de vital importancia para los automóviles. (IMINOX, 2011)

La resistencia a la corrosión que proporciona es una solución al viejo problema de la descomposición de los silenciadores de escape y convertidores catalíticos. El problema se debe, por un lado, a que los gases de escape calientes atacan las superficies internas y por otra parte, el agua, la sal y la suciedad general de la carretera atacan al exterior. (IMINOX, 2011)

Figura 47. Aplicaciones del acero inoxidable en la industria



Fuente: (IMINOX, 2011)

Los aceros inoxidable se utilizan en aplicaciones tales como limpiaparabrisas, soportes, tubos, resortes, abrazaderas, sujetadores, sensores, juntas, ensambles de bolsas de aire, bridas, rines, tanques de combustible, soportes y parte de catalizadores, resortes de cinturón de seguridad y sistemas de escape. Las piezas se fabrican con aceros inoxidable austeníticos, que contienen níquel o con aceros inoxidable ferríticos. (IMINOX, 2011)

Ventajas:

- Elevada resistencia a la corrosión
- Seguridad
- Material ligero
- Resistencia a la oxidación
- Atractivo visual
- Aplicaciones estructurales
- Tanques de gasolina

4.6 Aceros inoxidable

Estos aceros son resistentes a la corrosión y al calor. Un sistema de numeración de tres números se usa para identificarlos. El primer número indica el grupo, los dos últimos no tienen significado específico. Esto se muestra en la Tabla 21. (AVNER, 1988)

Tabla 21. Designación para identificar los aceros inoxidable

Designación de la serie	Grupos
2XX	Cromo-níquel-manganeso; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
3XX	Cromo-níquel; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
4XX	Cromo-carbono; endurecibles, martensíticos, magnéticos.
4XX	Cromo; no endurecibles, ferríticos, magnéticos.
5XX	Cromo; bajo cromo, resistentes al calor.

Fuente: (AVNER, 1988)

La propiedad de resistencia a la corrosión se debe a una película delgada, adherente, estable de óxido de cromo o de níquel que protege al acero contra medios corrosivos para una adecuada selección se realiza con el criterio de sus características. (AVNER, 1988)

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas
- Propiedades mecánicas del acero
- Características de los procesos de transformación a que será sometido
- Costo total (reposición y mantenimiento)
- Disponibilidad del acero

4.6.1 *Clasificación de los aceros inoxidable.* Según norma AISI los aceros inoxidables según su estructura cristalina se clasifican en: Aceros martensíticos, aceros ferríticos, aceros austeníticos y aceros austenoferríticos. (AVNER, 1988)

4.6.1.1 *Aceros inoxidables martensíticos.* Son principalmente aceros con 11.5 y 18% de cromo. Estos aceros son magnéticos, pueden trabajarse en frío sin problemas, pueden maquinarse satisfactoriamente, tienen buena tenacidad, gran resistencia a la corrosión atmosférica y a algunos agentes químicos y se trabajan fácilmente en caliente. (AVNER, 1988)

De este grupo son los tipos 403, 410, 414, 416, 420, 440A, 501, los tipos 410 y 416 son las más utilizadas. (AVNER, 1988)

4.6.1.2 *Aceros inoxidables ferríticos.* Contienen sólo cromo de 14 a 17% aproximado. Incluye los tipos 405, 430 y 446. Como estos aceros contienen poco carbono pero más cromo no se puede endurecer por tratamiento térmico, sino sólo mediante trabajado en frío. Son magnéticos, tienen resistencia a la corrosión en la condición de recocido. (AVNER, 1988)

4.6.1.3 *Aceros inoxidables Austeníticos.* Son aceros al cromo-níquel (tipo 3xx) y al cromo-níquel-manganeso (tipo 2xx) que resultan austeníticos; son no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. Su resistencia a la corrosión es mejor que la de los martensíticos y ferríticos. (AVNER, 1988)

4.6.1.4 *Aceros inoxidables austenoferríticos (Dúplex).* Llamados también bifásicos, permite obtener una estructura mixta de austenita y ferrita con características únicas de resistencia a la corrosión, son magnéticos, son generalmente soldables. (RODACCIAL, 2012)

4.7 Soldaduras en los aceros inoxidables

Los aceros inoxidable reaccionan de manera diferente a la temperatura y si se les aplica demasiado calor, se pueden deformar o sufrir distorsión a medida que se enfrían. (Metal Actual , 2010)

4.7.1 Procedimiento para soldar aceros inoxidable. Para obtener buenos resultados en la soldadura, es necesario seleccionar el método de soldadura adecuado, metales de aporte y consumibles correctos, siempre teniendo en cuenta el material a soldar. (Metal Actual , 2010)

Tabla 22. Tipos de aceros inoxidable y características de soldadura

Aceros al cromo níquel-no templables		
AISI	Estructura	Propiedades de la soldadura
201	Austenítica	Muy buenas. Soldaduras tenaces
304	Austenítica	Buenas. Soldaduras tenaces
316	Austenítica	Muy buenas. Soldaduras tenaces
Aceros al cromo-no templables		
430	Ferrítica	Regulares. Soldaduras no dúctiles
Aceros al cromo-templables		
410	Martensítica	Regulares. Precaentar a 200-260. Recocido posterior a 675.

Fuente: (Metal Actual , 2010)

4.7.2 Procesos de soldadura. Los aceros inoxidable se pueden soldar con la mayoría de los procesos tradicionales, principalmente con los de arco eléctrico, que pueden clasificarse como procesos con electrodos consumibles: SMAW, GMAW, FCAW y SAW; y los de electrodo no consumible como GTAW y PAW. (Metal Actual , 2010)

Donde la American Welding Society (AWS) ha designado y caracterizado a cada método de la forma que se indica en la Tabla 23.

Tabla 23. Clasificación AWS de los procesos de soldadura y otros procesos relacionados

SMAW	Shielded Manual Arc Welding; Soldadura Manual de Arco Revestido (electrodos revestidos).
SAW	
FCAW	Sumerged Arc Welding; Soldadura de Arco Sumergido.
GTAW	Flux Cored Arc Welding; Soldadura de Arco Fundente en el Núcleo. Gas Tungsten Arc Welding; Soldadura con Electrodo de Tungsteno Protegida con Gas.

PAW	Plasma Arc Welding; Soldadura por Arco de Plasma.
GMAW	Gas Metal Arc Welding; Soldadura de Arco Metálico Protegido con Gas (Sol. MIG, MAG).

Fuente: (Pastor, 2003)

La soldadura oxiacetilénica no es recomendable para este tipo de material; ya que los óxidos de cromo dan acabados deficientes. (Pastor, 2003)

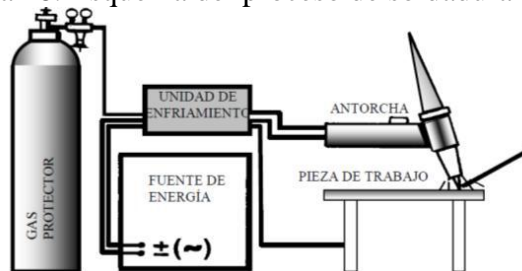
4.7.2.1 *Soldadura de arco con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte, (GTAW).* Antes se llamaba TIG (tungstent inert gas), de tungsteno en gas inerte, el metal de aporte es un alambre de aporte. (Kalpakjian, 2002)

Como no se consume el electrodo de tungsteno en esta operación, se mantiene una abertura de arco constante y estable en un nivel constante de corriente. Los metales de aporte son parecidos a los que se van a soldar y no se usa fundente. (Kalpakjian, 2002)

El gas de protección suele ser argón o helio. La soldadura con arco de tungsteno y gas se puede hacer sin metal de aporte, por ejemplo cuando se sueldan uniones que ajustan bien. Según los metales a soldar la fuente de energía o de poder es de corriente directa con 200 amperios o de corriente alterna con 500 amperios. (Kalpakjian, 2002)

La soldadura TIG permite lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso. (Kalpakjian, 2002)

Figura 48. Esquema del proceso de soldadura GTAW



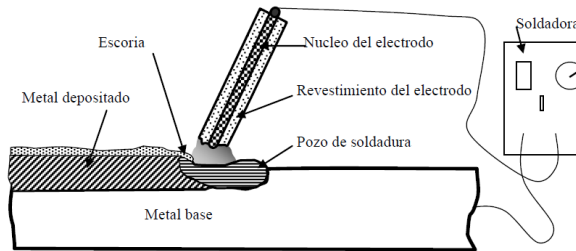
Fuente: (Pastor, 2003)

4.7.2.2 *Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW).* La soldadura es obtenida por el calentamiento producido por un arco eléctrico generado entre un electrodo metálico recubierto y la pieza de trabajo. La protección es obtenida

por la descomposición del revestimiento y el metal de aporte es suministrado por el electrodo. (Pastor, 2003)

El revestimiento contiene compuestos químicos que contribuyen a la formación de una atmosfera protectora. (Pastor, 2003)

Figura 49. Esquema representativo de los componentes básicos de la soldadura SMAW



Fuente: (Pastor, 2003)

4.7.3 Electrodo para soldadura de aceros inoxidables. La industria manufacturera ha desarrollado diversos tipos de electrodos, los mismos que en la mayoría de los casos producen depósitos de soldadura de composición química muy similar a la del metal base. (Metal Actual , 2010)

Tabla 24. Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable.

Metal base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla-AWS o nombre común
AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)
304 (S30400)	E308 (W30810)	ER308 (S30880)
304L (S30400)	E308L (W30813)	ER308L (S30883)
316 (S31600)	E308 (W31610)	ER308 (S31680)
316L (S30400)	E316L (W31613)	ER316L (S31683)

Fuente: (Metal Actual , 2010)

La designación de los electrodos de acero inoxidable es muy similar a la designación del acero inoxidable. Se producen electrodos de las series 300, 400 y 500, con los cuales se pueden soldar casi todos los tipos de acero inoxidable. (Pastor, 2003)

4.8 Proceso en chapa (láminas metálicas)

Se trata generalmente de procesos de acabado. Por las características inherentes al propio material se tiene que la relación entre el área superficial y el volumen del material es alta; por lo que esta relación es un medio útil para diferenciar la deformación volumétrica de los procesos con láminas metálicas. (ORTIZ, 2013)

En este rubro se encuentran las operaciones donde la deformación que se realiza es por corte, flexión y doblez. Es común referir a este tipo de procesos como estampado de chapa metálica (Figura 50). Se pueden referir a operaciones de troquelado, punzonado, embutido, acuñado, rolado, entre otras. (ORTIZ, 2013)

Los diferentes elementos que forman la carrocería de un automóvil se producen a partir de chapa metálica. Diseño híbrido de la carrocería, el frente (azul) corresponde a los componentes producidos en aluminio este diseño es utilizado por BMW en su serie 5. (ORTIZ, 2013)

Figura 50. Diseño utilizado por BMW en su serie 5



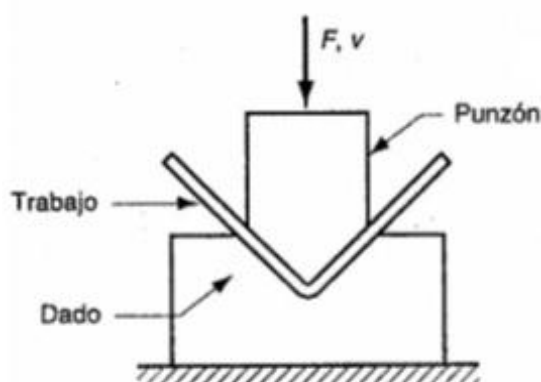
Fuente: (ORTIZ, 2013)

Las operaciones con láminas metálicas se ejecutan siempre en frío y en el caso de operaciones de troquelado se utiliza un juego de herramientas llamadas punzón y matriz. El punzón es la porción positiva y el dado es la porción negativa del juego de herramientas. (ORTIZ, 2013)

Las operaciones básicas con láminas de metal se describen a continuación:

4.8.1 Doblado. El doblado implica la deformación de una lámina metálica o placa para que adopte un ángulo con respecto a un eje recto, en la mayoría de los casos, Figura 51. (ORTIZ, 2013)

Figura 51. Operación de doblado

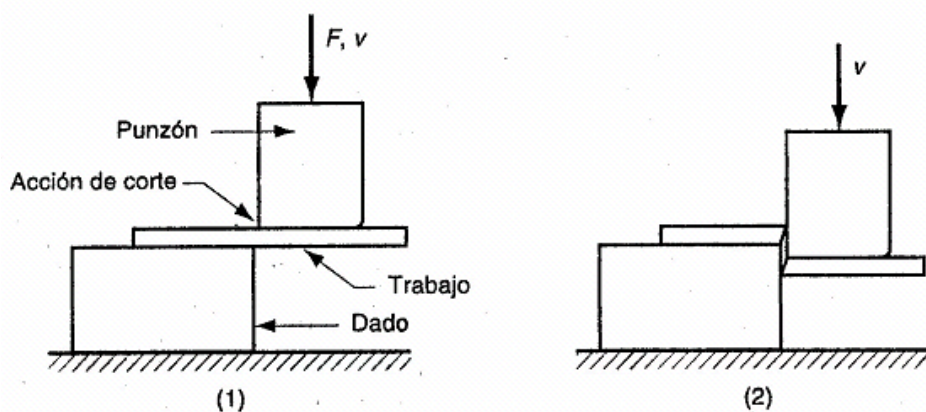


Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.2 Corte. Este proceso se caracteriza por que las cargas aplicadas generan en el material sollicitaciones superiores a su resistencia al corte, lo que produce la separación de la chapa. (ORTIZ, 2013)

Si bien el objeto fundamental del proceso es el corte más que el cambio de forma, se considera dentro de los procesos de conformado por la importancia que tiene en el formado del metal. En esta operación se corta la parte usando un punzón y un dado, como se muestra en la Figura 52. (ORTIZ, 2013)

Figura 52. Operación de corte

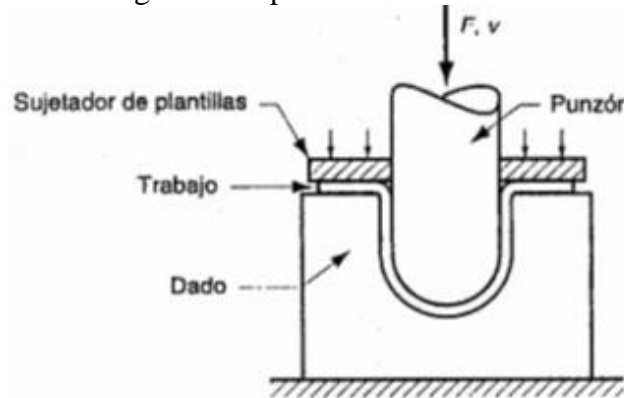


Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.3 Embutido (estirado). En el trabajo de láminas metálicas, el embutido se refiere a la transformación de una lámina de metal en una forma hueca o cóncava. Se usa un sujetador o pisador para mantener fija la plantilla, mientras el punzón empuja la lámina de metal, como se muestra en la Figura 53. (ORTIZ, 2013)

En términos generales se considera que el espesor de la lámina no se modifica durante el proceso de deformación. En este proceso, la deformación se genera por efecto de las cargas de tracción producto de la acción de estirado del punzón con relación a la matriz. Ejemplo: Cacerolas, Fuentes, Piletas de cocina, Carter de motores, etc. (ORTIZ, 2013)

Figura 53. Operación de embutido



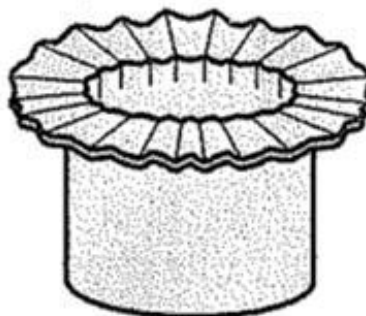
Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.4 Defectos de piezas embutidas

El embutido es una operación más compleja que el corte o el doblado de lámina, por tanto hay más cosas que pueden fallar. Pueden presentarse numerosos defectos en un producto embutido, la siguiente es una lista de los defectos que se muestran. (ORTIZ, 2013)

4.8.4.1 Formación de pliegues en la brida o pestaña. El arrugamiento en una parte embutida consiste en una serie de pliegues que se forman radialmente en la brida no embutida de la parte de trabajo, debido al arrugamiento por compresión. (ORTIZ, 2013)

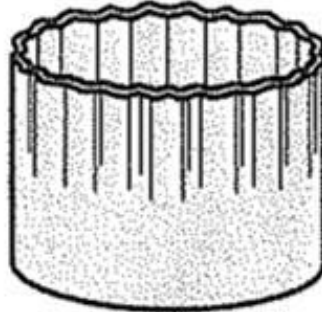
Figura 54. Arrugamiento en la brida o pestaña



Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.4.2 *Formación de arrugas en la pared.* Si la brida arrugada se embute en el cilindro, estos pliegues aparecen en la pared vertical del cilindro. (ORTIZ, 2013)

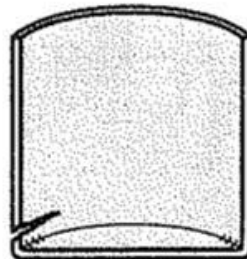
Figura 55. Arrugamiento en la pared



Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.4.3 *Fracturas de desgarre.* Este defecto consiste en una grieta que se abre en la pared vertical, usualmente cerca de la base de la copa embutida, debido a altos esfuerzos a la tensión que causan adelgazamiento y rotura del metal en esta región. Este tipo de falla ocurre cuando el metal se estira sobre una esquina afilada del punzón. (ORTIZ, 2013)

Figura 56. Desgarrado en una pieza embutida



Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.4.4 *Formación de orejas.* Ésta es la formación de irregularidades (llamadas orejas) en el borde superior de la pieza embutida, causada por anisotropía en la lámina de metal. Si el material es perfectamente isotrópico no se forman las orejas. (ORTIZ, 2013)

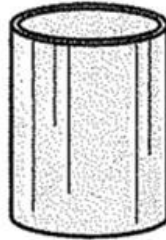
Figura 57. Formación de irregularidades en el borde superior



Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.4.5 *Rayado superficial.* Pueden ocurrir ralladuras en la superficie de la pieza embutida si el punzón y el dado no son lisos o si la lubricación es insuficiente. (ORTIZ, 2013)

Figura 58. Ralladuras en las superficies embutidas.



Fuente: (ORTIZ, 2013)

4.8.5 *Selección del material.* La selección del material debe comprender los factores de diseño y manufactura, siendo una interdependencia compleja entre diseño, material y fabricación, el acero inoxidable es uno de los materiales tecnológicos más importantes por sus excelentes propiedades mecánicas. (SANTOS DE LA CRUZ, 1999)

4.8.5.1 *Acero inoxidable AISI 304.* Éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Tiene buenas características para la soldadura, la resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos. (SUMITEC, 2010)

Tabla 25. Propiedades del acero inoxidable 304

Propiedades Mecánicas	Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Propiedades	Densidad 7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³)

Físicas	
Propiedades Químicas	0.08 % C mín. 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S
Usos	Equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Fuente: (SUMITEC, 2010)

De acuerdo a las propiedades mecánicas presentadas por el acero inoxidable AISI 304, el cual se utiliza en la mayor parte de los procesos de conformado y en el presente proyecto la utilización del mismo.

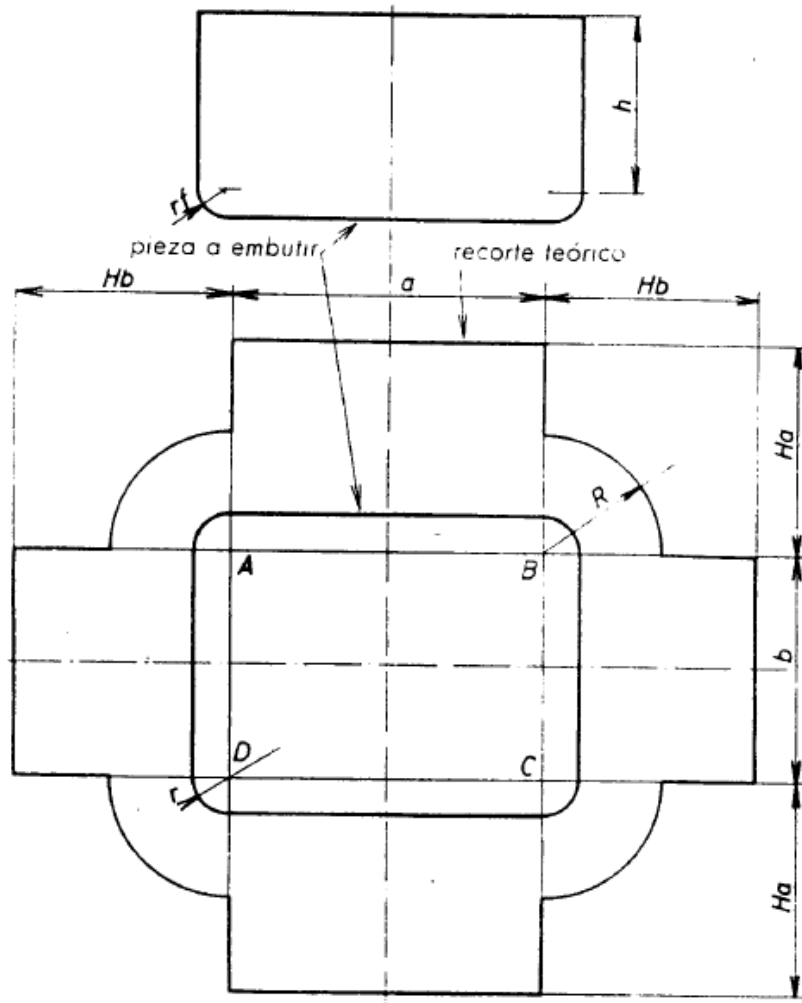
4.8.6 *Forma y dimensionamiento de la pieza a obtener.* Para obtener la forma es necesario calcular las medidas de recorte necesario para embutir una pieza, significa determinar las dimensiones de la chapa que tengan el mismo volumen que el de la embutición considerada. (MALUQUER, 1977)

Pero como este cálculo parte de la hipótesis de que el espesor no varía durante la embutición, será suficiente buscar la igualdad entre la superficie de la embutición y el recorte del material. (MALUQUER, 1977)

El recorte se determina como sigue:

Trazar un rectángulo A, B, C, D, cuyos ángulos están situados en los centros de los radios r de las esquinas de la pieza interior tal como indica la figura 59. (MALUQUER, 1977).

Figura 59. Perfil de recorte teórico



Fuente: (MALUQUER, 1977)

En cada esquina con A, B, C, D, como centro, trazar un cuarto de circunferencia cuyo radio R se determina como sigue:

$$R = xP$$

$$P = \sqrt{r^2 + 2r[h + (0,5r_f)]} \quad (4)$$

Donde:

r = radio del redondeado de las paredes

r_f = radio del fondo de embutición

h= altura de la embutición

$$P = \sqrt{25^2 + 2(25)[75 + (0,5)(31,41)]}$$

$$P = 71,83mm$$

$$x = 0,07 \left(\frac{P}{2r} \right) + 1$$

$$x = 0,07 \left[\frac{71,83mm}{2(25mm)} \right] + 1$$

$$x = 1,14$$

$$R = 1,14 (71,83mm)$$

$$R = 81,88mm$$

Trazar el desarrollo de las partes rectas tomando por longitud de estas:

$$Ha = 0,57r_f + h + r - 0,8(x^2 - 1) \frac{P^2}{a} \quad (5)$$

r= radio del redondeado de las paredes

r_f = radio del fondo de embutición

h= altura de la embutición

a-b= distancias entre los centros de los radios de las esquinas de la embutición rectangular

$$Ha = 0,57(31,41mm) + 75mm + 25mm - 0,8(1,14^2 - 1) \frac{71,83mm^2}{320mm}$$

$$Ha = 114,19mm \approx 114mm$$

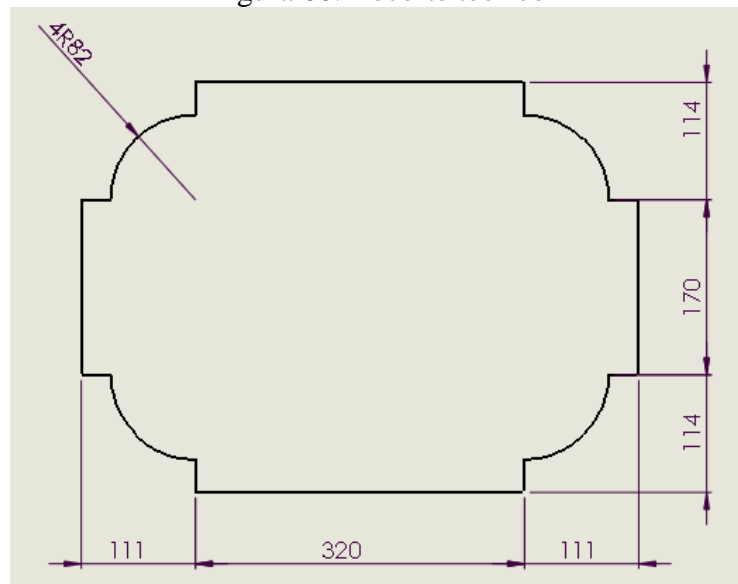
$$Hb = 0,57r_f + h + r - 0,8(x^2 - 1) \frac{p^2}{b}$$

$$Ha = 0,57(31,41\text{mm}) + 75\text{mm} + 25\text{mm} - 0,8(1,14^2 - 1) \frac{71,83\text{mm}^2}{170\text{mm}}$$

$$Hb = 110,91\text{mm} \approx 111\text{mm}$$

De acuerdo a los datos calculados el perfil del recorte de la Figura 60 queda definido de la siguiente manera tal como se indica a continuación.

Figura 60. Recorte teórico



Fuente: Autor

A: Ancho= $Ha + b + Ha = 114 + 170 + 114 = 398\text{mm}$

B: Largo= $Hb + a + Hb = 111 + 320 + 111 = 542\text{mm}$

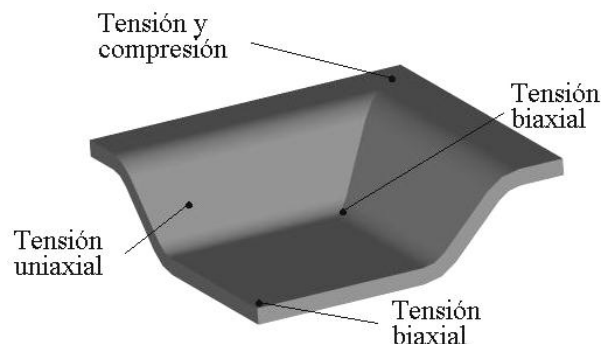
4.8.7 *Embutido de partes rectangulares.* El análisis del proceso de embutido se ha enfocado principalmente al estudio de partes de forma circular las cuales por su simetría facilitaron el desarrollo de formulaciones matemáticas, métodos experimentales y numéricos permitiendo un mayor dominio en la fabricación de partes libres de defectos y en la reducción del desperdicio de material. (GARCÍA, 2008)

Por otra parte, el embutido de partes no circulares, dentro de las cuales se encuentran las de forma rectangular, representa un mayor grado de dificultad para establecer analítica o experimentalmente los parámetros adecuados del proceso. (GARCÍA, 2008)

El embutido de partes rectangulares, involucra un embutido del material en las esquinas como se muestra en la Figura 61 en las paredes laterales el material experimenta más correctamente un doblado. Es decir algunas partes de la lámina requerirán de un trabajo en frío muy severo y otras simplemente de un doblado. (GARCÍA, 2008)

Los esfuerzos en las esquinas de la pieza son de compresión causando un movimiento del metal hacia el radio del dado y son de tensión en el metal que ya ha pasado por este. El metal entre las esquinas se encuentra solamente a tensión en las paredes y los flancos. (GARCÍA, 2008)

Figura 61. Tipos de esfuerzos presentes en la esquina de una parte rectangular embutida.



Fuente: (GARCÍA, 2008)

Con la finalidad de contribuir a ampliar el campo de aplicación de los métodos analíticos, se propone una herramienta auxiliar en el diseño fabricación de partes rectangulares embutidas, a nivel de taller de manufactura. (GARCÍA, 2008)

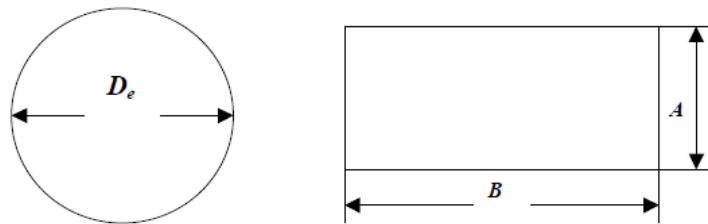
Esta herramienta basada en el concepto de diámetro equivalente incorpora la teoría para el embutido cilíndrico para obtener expresiones matemáticas que se combinan con las desarrolladas para el embutido no cilíndrico. (GARCÍA, 2008)

4.8.8 *Concepto de diámetro equivalente.* Las limitaciones para el cálculo de los parámetros del proceso de embutido de las formas no circulares pueden superarse empleando la teoría clásica desarrollada para las formas circulares utilizando el

concepto de diámetro equivalente. (GARCÍA, 2008)

Con la finalidad de emplear la teoría desarrollada para el embutido de las formas circulares, en el desarrollo de las formas rectangulares se introduce un nuevo concepto llamado “diámetro equivalente”, siendo este el diámetro del blanco circular cuya área es igual al área del blanco o silueta rectangular, es decir, de acuerdo a la Figura 62. (GARCÍA, 2008)

Figura 62. Silueta o blanco a embutir circular y rectangular.



Fuente: (GARCÍA, 2008)

Área del blanco circular:

$$A_c = \frac{\pi D_e^2}{4} \quad (6)$$

Donde:

A_c = área del blanco circular

D_e = diámetro equivalente

Área del blanco rectangular:

$$A_R = AB \quad (7)$$

Donde:

A_R = área del blanco rectangular

A = ancho

B = largo

Igualando ambas áreas $A_C=A_R$ se obtiene el diámetro equivalente “ D_e ”

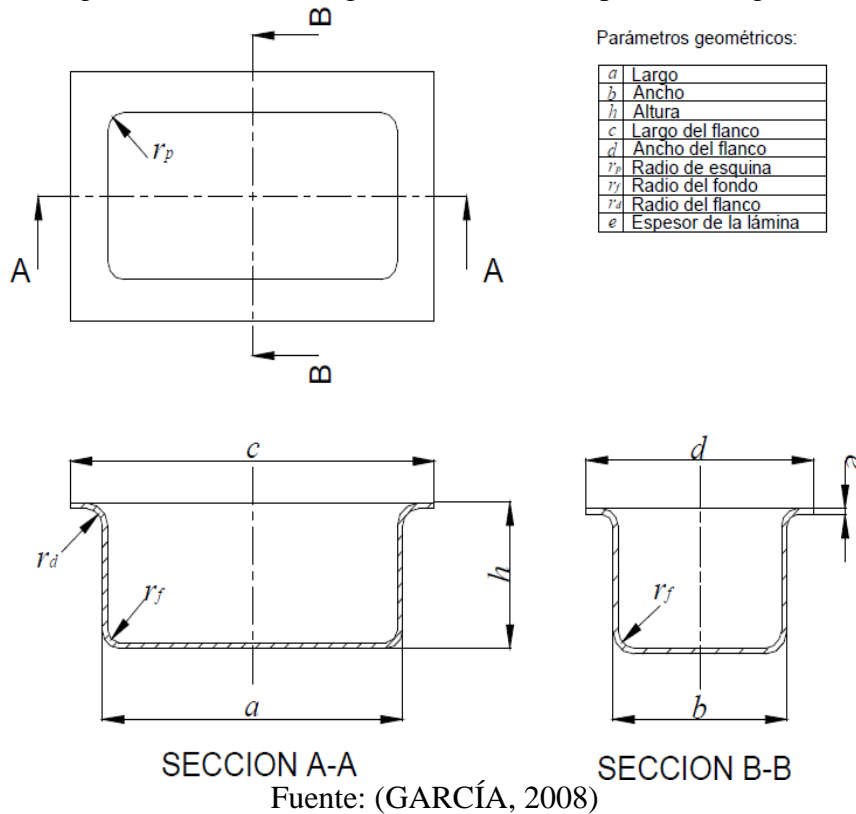
$$D_e = \sqrt{\frac{4AB}{\pi}} [mm] \quad (8)$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4(398,4)(542)}{\pi}}$$

$$D_e = 524,34mm$$

4.8.9 Parámetros geométricos de una parte rectangular.

Figura 63. Parámetros geométricos de una parte rectangular



De acuerdo a la figura tenemos como datos de nuestro modelo a embutir con una sección A-A = 400mm y de la sección B-B = 250mm.

4.8.10 Capacidad de embutición.

$$d_e = 0,5 D_e [mm] \quad (9)$$

Donde:

de= capacidad de embutición

D_e = diámetro equivalente

$$d_e = 0,5 (524,34)$$

$$d_e = 262,17mm$$

4.8.11 *Altura permisible circular.*

$$(hp)c = \frac{3}{8} D_e [mm] \quad (10)$$

Donde:

(hp)c: altura permisible circular

D_e = diámetro equivalente

$$(hp)c = \frac{3}{8} (524,34)$$

$$(hp)c = 196,62mm$$

4.8.12 *Altura permisible rectangular.*

$$hp_R = \frac{\pi d_e (hp)c + \frac{\pi d_e^2}{4} - ab}{2(a+b)} [mm] \quad (11)$$

Donde:

hp_R = altura permisible rectangular

(hp)c: altura permisible circular

de= capacidad de embutición

a= largo

b= ancho

$$hp_R = \frac{\pi(262,17)(196,62) + \frac{\pi(262,17)^2}{4} - (250)(400)}{2(250 + 400)}$$

$$hp_R = 89,17mm$$

4.8.13 *La relación de embutido.* Proporciona un indicativo, aunque crudo, de la severidad de una determinada operación de embutido. A mayor relación, mayor severidad de la operación. Un límite superior aproximado de la relación de embutido es un valor de 2.0. (ORTIZ, 2013)

$$D_R = \frac{D_b}{D_p} \quad (12)$$

Donde:

D_R = relación de embutido

$D_e = D_b$ = diámetro equivalente

D_p = diámetro del punzón

$$D_R = \frac{524,34}{300}$$

$$D_R = 1,7$$

4.8.14 *Reducción.* El valor de r está vinculado muy estrechamente con la relación de embutido. Consistente con el límite previo de DR, el valor de la reducción r debe ser menor que 0.5. (ORTIZ, 2013)

$$r = \frac{D_b - D_p}{D_b} \quad (13)$$

Donde:

r = reducción

$D_e = D_b$ = diámetro equivalente

D_p = diámetro del punzón

$$r = \frac{524,34 - 300}{524,34} = 0,4$$

4.8.15 *Relación de espesor al diámetro equivalente.* Una tercera medida y de gran relevancia es el embutido profundo la cual es la relación de espesor al diámetro t/D_b , (espesor de la forma inicial t dividido por el diámetro de la forma D_b) cuyo valor es recomendable que sea mayor dado que conforme decrece t/D_b , aumenta la tendencia al arrugado. (ORTIZ, 2013)

$$R_e = \frac{t}{D_b} \quad (14)$$

Donde:

t : espesor

$D_e = D_b$ = diámetro equivalente

$$R_e = \frac{1,5}{524,34}$$

$$R_e = 0,002 \times 100\% = 0,2\%$$

4.8.16 *Esfuerzo de embutido.* La fuerza de embutido requerida para realizar una operación dada se puede estimar aproximadamente mediante la fórmula. (MALUQUER, 1977)

$$E_e = 1,6(a + b + 2r)R_e(t) \quad (15)$$

Donde:

E_e = fuerza de embutido

t = espesor original de la forma

R_e = resistencia a la tracción

$$F = 1,6[398,4 + 542 + 2(25)](31,70)(1,5)$$

$$F = 1,6[990,4](47,55)$$

$$F = 75.349,632 \text{ Kg}$$

$$1t = 1000Kg$$

$$F = 75,34 t$$

4.8.17 Velocidad de embutición. La velocidad del punzón no tiene gran importancia en la embutición de piezas cilíndricas. Bliss, sin embargo aconseja no sobrepasar los siguientes valores tal como indica la Tabla 26. (MALUQUER, 1977)

Tabla 26. Velocidades de embutición

Material	Velocidad (Ve) en [mm/s]
Zinc y acero inoxidable	200
Acero dulce	280
aluminio	500
Latón	750

Fuente: (MALUQUER, 1977)

Para las embuticiones no cilíndricas, son preferibles las velocidades pequeñas razón por la cual se toma una velocidad de 25 mm/s para asegurar que no exista ningún inconveniente durante el proceso de embutición. (MALUQUER, 1977)

4.8.18 Lubricación. Para evitar un estiramiento excesivo o ruptura de las fibras del material, producidas por el deslizamiento opuesto de la chapa durante el proceso de embutición, se debe lubricar abundantemente en el proceso de embutición por medio de sustancias que fluyan por toda las superficies de frotamiento de la estampa con la chapa. (ROSSI, 1979)

La lubricación permite la disminución en el esfuerzo de embutido y obtenemos un menor desgaste de la herramienta. El uso del lubricante está condicionado por los materiales con que se trabaje, y está dado a continuación en la Tabla 27. (ROSSI, 1979)

Tabla 27. Lubricantes a usar en la embutición, en relación al material a deformar

Tipo de trabajo	Tipo de lubricante	Lubricante			
		Aceros al carbono	Aceros inoxidables	Aluminio	Cobre, latón, bronce
Embutición poco profunda	Hidrosoluble	448	-	-	DO-17
					421
					CC-2
Embutición profunda	Oleosoluble	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	DO-6A
	Hidrosoluble	448	-	-	448
		DC-K			
Embutición profunda	Oleosoluble	DO-29 o mezcla	DO-2A	DO-29 o mezcla	CB-66
		Aceite mineral	DO-29	2p. DO-2 ^a +1p	DO_29 o mezcla
					2p. DO-2 ^a +1p

Fuente: (ROSSI, 1979)

Tabla 28. Siglas de referencia correspondientes a los principales lubricantes usados

Sustancia	Sigla de referencia
Pasta de grasa y jabón, no pigmentada, hidrosoluble	421
Pasta de grasa, jabón y polvo lubricante, hidrosoluble	448
Aceite de base clorada, viscoso, soluble en aceite	DO-2A
Aceite de base clorada, poco viscoso transparente	CD-2
Mezcla de aceite DO-2 ^a y otros emulsionantes, soluble en aceite	DO-29
Aceite graso, no soluble en agua pero si en aceite	DO-5A
Aceite graso sulfurado, denso, soluble en aceite	CB-66
Aceite graso sulfurado, soluble en aceite lubricante	DO-6A
Pasta jabonosa, soluble en agua	DC-5
Polvo granulado jabonoso de film seco soluble en agua	DC-K
Jabón líquido soluble en agua	DO-17

Fuente: (ROSSI, 1979)

El lubricante seleccionado para nuestro material es el DO-29.

4.9 Selección de los elementos del circuito de baja presión.

4.9.1 Bomba de combustible. Se selecciona de acuerdo a las características del motor Yamaha 400 cm^3 la cual da como resultado una bomba de combustible de 3 bar de la marca Acdelco con las siguientes características:

- Código del fabricante: BGV00244
- Elaboradas con materiales apropiados para la exposición de la gasolina
- Reducen el consumo de energía promedio
- Brindan un flujo constante de combustible, incluso cuando el vehículo está en condiciones de bajo combustible o de maniobras agresivas.
- Sellan perfectamente.
- Son fáciles de instalar.
- Atienden a una amplia gama de aplicaciones.
- Operan silenciosamente en cualquier condición de trabajo.
- Mantienen el flujo y la presión constantes de gasolina, acorde con los requerimientos del vehículo, esto garantiza una marcha uniforme y potente.

Figura 64. Bomba de combustible

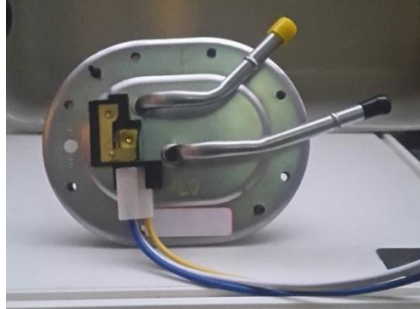


Fuente: Autor

Razón por la cual la bomba de combustible marca Acdelco nos brinda una gran fiabilidad de funcionamiento continuo, manteniendo la presión y caudal requerido por el sistema de alimentación del prototipo.

4.9.2 *Tapa de combustible.* La tapa de combustible se selecciona de acuerdo a las prestaciones que nos brinda la misma lo cual hace que sea totalmente fiable en los conductos de ingreso al sistema de alimentación y al retorno del tanque de combustible.

Figura 65. Tapa de combustible

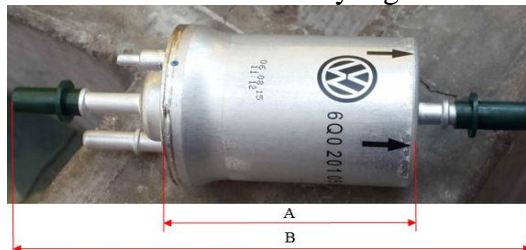


Fuente: Autor

4.9.3 *Filtro de combustible y regulador de presión.* El filtro de combustible se selecciona en función de las prestaciones que requiere el motor y en disminuir los elementos del sistema de alimentación dado que el espacio es muy reducido y se debe optimizar espacio por lo cual se seleccionó este tipo de filtro de combustible, con regulador de presión incorporado de un Volkswagen Golf 1.4 con las siguientes características:

- Código del fabricante VAG: 6Q0201051J
- Diámetro exterior [mm]: 54,6
- Altura A [mm]: 80,3
- Altura B [mm]: 164,3
- Diámetro de entrada [mm]: 8
- Diámetro de salida [mm]: 8
- Con regulador de presión incorporado de 3bar

Figura 66. Filtro de combustible y regulador de presión.



Fuente: Autor

El filtro de combustible se seleccionó en función de su alta fiabilidad con el sistema de alimentación del prototipo.

4.9.4 *Mangueras o líneas de combustible.* Las líneas de combustible en los sistemas de inyección de combustible de baja presión, cualquier línea de combustible flexible debe ser ya sea manguera trenzada de metal con accesorios de sobre – rizado o reutilizables, conexiones roscadas, o manguera de goma reforzada con algún tipo de protección resistente a la abrasión con las abrazaderas de la línea de combustible.

Figura 67. Mangueras de goma reforzada



Fuente: Autor

Las mangueras seleccionadas son de goma reforzada con nitrilo ideal para el sistema de combustible cumpliendo con el reglamento de la Fsa e y que se encuentra en el mercado local.

4.9.5 *Abrazaderas para las líneas de combustible.* Las líneas de combustible de goma o las mangueras usadas, los componentes sobre los cuales la manguera es sujeta con abrazaderas, deben tener un bulbo anular o accesorio de púas para conservar la manguera. También deben ser usadas, las abrazaderas expresamente diseñadas para canalizaciones.

Estas abrazaderas tienen tres (3) rasgos importantes, (i) una envoltura de (360°), (ii) una tuerca y un sistema de pernos para apretar, y (iii) bordes redondeados para prevenir la abrazadera corte dentro de la manguera.

Figura 68. Abrazaderas diseñadas para canalizaciones de las líneas de combustible

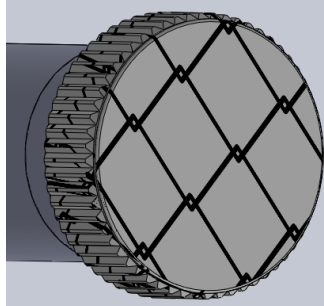


Fuente: Autor

Las abrazaderas seleccionadas son de acuerdo a la normativa de la FSAE y las cuales se pueden encontrar en el mercado local.

4.9.6 *Tapa del llenado para el tanque de combustible.* Se selecciona una tapa de combustible fiable y que permite la hermeticidad del tanque de combustible para evitar cualquier derrame de combustible.

Figura 69. Tapa para la boca de llenado del tanque de combustible



Fuente: Autor

4.9.7 *Elemento para el llenado del tanque de combustible.* De acuerdo al reglamento de la FSAE el individuo que llena el tanque debe ser capaz de tener acceso directo a la completa apertura de la boca de llenado con un envase de 2 galones como se muestra en la Figura 70.

Figura 70. Garrafón para el llenado del tanque de combustible



Fuente: Autor

Se seleccionó este tipo de garrafón para el llenado de combustible de acuerdo al reglamento de la Fórmula SAE el cual lo encontramos en el mercado local.

4.9.8 *Válvula de alivio de presión.* Se usa una válvula de alivio de presión para aliviar la presión de los gases generada por el combustible.

Figura 71. Válvula de alivio de presión



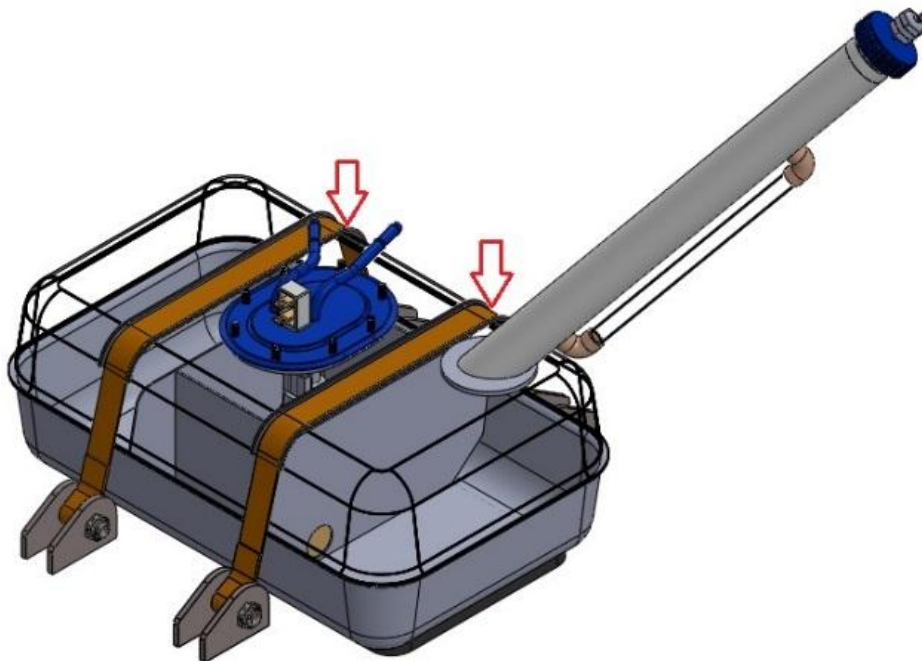
Fuente: Autor

4.10 Mecanismo para el anclaje del tanque de combustible al chasis.

El mecanismo de anclaje sirve para anclar el tanque de combustible al chasis del monoplaza.

El sistema de sujeción se basa en una correa de seguridad con regulación para un óptimo anclaje del tanque de combustible como se muestra en la Figura 72.

Figura 72. Correas de sujeción del tanque de combustible



Fuente: Autor

4.11 Consideraciones para la ubicación del tanque de combustible en el prototipo.

Para ubicar el tanque de combustible en el prototipo debemos tener las dimensiones exactas del mismo ya que de ello dependió la distribución de cargas.

Tabla 29. Datos del vehículo tipo Fórmula SAE

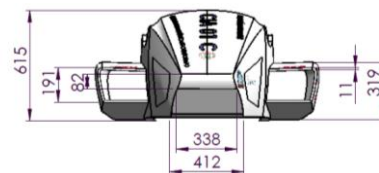
Información general	
Modelo:	Yamaha FZR 400
Año:	1989
Categoría:	Deportivo
Motor y transmisión	
Cilindrada:	399.00 cc (24,35 pulgadas cúbicas)
RPM Máximas:	14000
Compresión:	11,5:1
Diámetro por carrera:	56,0 x 40,5 mm (2,2 x 1,6 pulgadas)

Fuente: (Moto Yamaha FZR 400)

4.11.1 *Dimensiones del prototipo.* Para una correcta ubicación del tanque de combustible en el prototipo se analiza las dimensiones que se presentan a continuación.

Vista frontal:

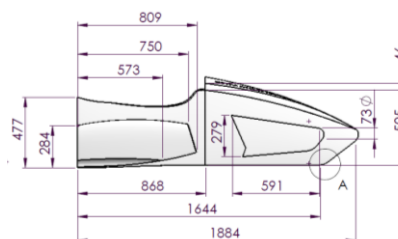
Figura 73. Vista frontal de la carrocería Fórmula “SAE”



Fuente: (Diego Rosero, 2015)

Vista lateral:

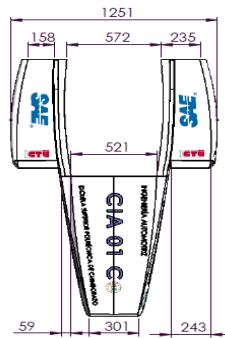
Figura 74. Vista lateral de la carrocería Fórmula “SAE”



Fuente: (Diego Rosero, 2015)

Vista superior:

Figura 75. Vista superior de la carrocería Fórmula “SAE”



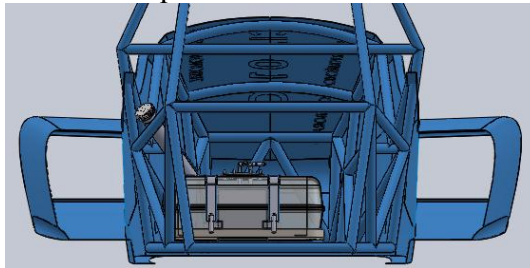
Fuente: (Diego Rosero, 2015)

4.12 Ubicación del tanque de combustible

Según las dimensiones del prototipo mostradas en las Figuras 73, 74 y 75 se pudo ubicar el tanque de combustible con una perfecta distribución de cargas.

Vista posterior:

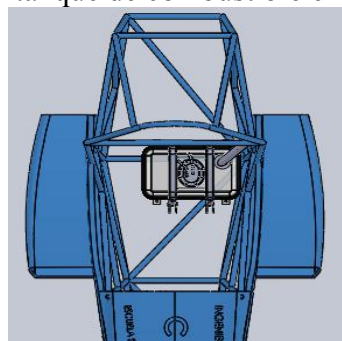
Figura 76. Vista posterior del tanque de combustible en la carrocería Fórmula “SAE”



Fuente: Autor

Vista superior:

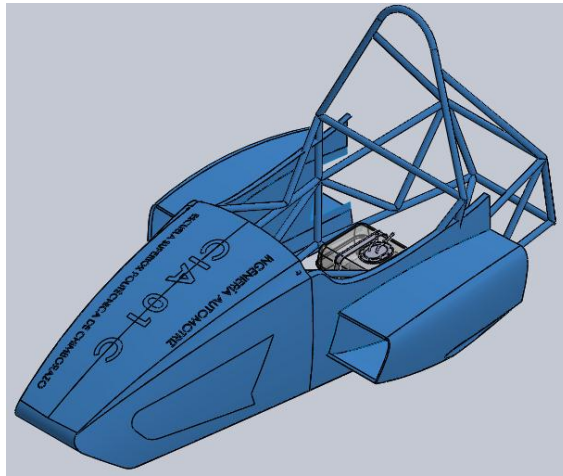
Figura 77. Vista superior del tanque de combustible en la carrocería Fórmula “SAE”



Fuente: Autor

Vista isométrica:

Figura 78. Vista isométrica del tanque de combustible en la carrocería Fórmula "SAE"



Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Para la construcción del tanque de combustible se debe tener varias consideraciones, las cuales son factores que influyen en el proceso de fabricación y son:

5.1 Parámetros para la construcción

- Disponibilidad del material
- El costo
- Tiempo para el proceso de fabricación
- Resistencia a la corrosión
- Facilidad de mantenimiento
- Rentabilidad a largo plazo
- Otros factores a considerar

A continuación se detalla los factores mencionados anteriormente.

5.1.1 *Disponibilidad del material.* En el mercado nacional el material como el acero inoxidable 304 es de fácil adquisición ya que en su gran parte son muy utilizados en la industria en general.

5.1.2 *Costo de fabricación.* Son económicos debido a que se utiliza para la elaboración de autopartes.

5.1.3 *Tiempo de fabricación.* Dado el proceso para la fabricación del tanque de combustible el cual se realizó mediante embutición nos da como resultado usar un material acero inoxidable AISI 304 el cual nos brinda excelentes propiedades mecánicas, buena plasticidad permite hacer trabajos en ella por deformación sin destruirse.

5.1.4 *Resistencia a la corrosión.* El acero inoxidable comparado con un acero dulce o al carbono es muy ventajoso dado que posee muy poco carbono y es aleado con cromo, níquel, molibdeno y otros elementos para mejorar sus propiedades mecánicas y químicas excelentes propiedades para resistir corrosión.

5.1.5 *Facilidad de mantenimiento.* De acuerdo a la ubicación el tanque de combustible en el prototipo es de fácil acceso al mismo ya que nos permite desmontarlo con gran facilidad como se indica en la Figura 79.

Figura 79. Ubicación del tanque de combustible



Fuente: Autor

5.1.6 *Rentabilidad a largo plazo.* De acuerdo a las características que posee el material nos brinda una rentabilidad a largo plazo ya que nos permite someter al tanque de combustible a cualquier ambiente al cual sea expuesto.

5.2 Equipos y herramientas

Tabla 30. Equipos y Herramientas

Materiales a utilizar			Equipo y Herramientas	
Plancha de acero inoxidable 304.	Pasta para pulir	Pernos de acero inoxidable	Prensa hidráulica	Cortadora
Electrodos	Material para las compuertas	Manguera transparente	Brocas.	Juego de llaves mixtas
Tubo de acero inoxidable	Abrazaderas metálicas	Tela aislante	Pulidora mecánica	Juego de destornilladores
Discos abrasivos	Mangueras de caucho reforzado	Correas de sujeción	Flexómetro	Taladro
Platina de ½	Acoples de cobre		Guantes	Gafas

Fuente: Autor

5.3 Proceso de embutido para el tanque de combustible

5.3.1 *Hoja de procesos para el conformado del tanque de combustible.* Se realizó una hoja de procesos de fabricación para cada uno de los componentes en estas hojas se contempla las operaciones realizadas para la construcción del tanque de combustible.

Tabla 31. Hoja de procesos

HOJA DE PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN					
Producto: Tanque de combustible		Proceso: Conformado y soldadura del tanque de combustible			
Elaborado por: David Yupanqui		Revisado: Ing. Miguel Aquino			
		Aprobado: Ing. Celin Padilla			
N° Fase	Operaciones	Máquina	Herramientas	T [min]	Método de inspección
1	Dimensiones del material	Cortadora industrial	Disco de corte, Flexómetro	10	Verificar con calibrador
2	Ubicación del juego de matrices	Prensa hidráulica		5	Inspección visual
3	Lubricación de la plancha Aisi 304		Lubricante	5	Inspección visual
4	Embutición del molde	Prensa hidráulica		25	Inspección visual
5	Pulido	Cortadora industrial	Disco de corte	10	Inspección visual
6	Dimensiones de los rompeolas y compartimientos	Cortadora industrial	Disco de corte, Flexómetro	20	Verificar con calibrador
7	Soldadura de los rompeolas y compartimientos	Equipo de soldadura o fuente de energía	Electrodos de tungsteno E308, cilindro de argón antorcha tig, regulador de	30	Inspección visual

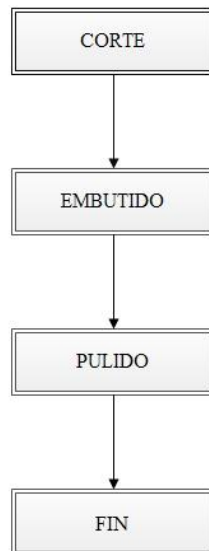
			gases		
8	Ubicación de las compuertas		Remachadora manual	30	Inspección visual
9	Soldadura de los moldes	Equipo de soldadura o fuente de energía	Electrodos de tungsteno E308, cilindro de argón antorcha tig, regulador de gases	30	Inspección visual, Líquidos penetrantes
10	Dimensiones de tubo de llenado	Cortadora industrial	Disco de corte, flexómetro	20	Verificar con calibrador
11	Agujeros para el visor de nivel de combustible	Taladro	Brocas 3/8	10	Verificar con calibrador
12	Soldadura del tubo de llenado	Equipo de soldadura o fuente de energía	Electrodos de tungsteno E308, cilindro de argón antorcha tig, regulador de gases	10	Inspección visual, Líquidos penetrantes
13	Soldadura de los acoples de bronce para el visor de combustible	Equipo de soldadura oxiacetilénica	Soplete, boquillas encendedor o chispero, llave múltiple material de aporte	20	Inspección visual, Líquidos penetrantes
14	Ubicación de un tapón de vaciado	Taladro	Broca 1/2	20	Inspección visual
15	Ubicar los pernos para la tapa del tanque de combustible	Taladro	Broca de 3/8 lima redonda		Inspección visual

16	Ubicar el anillo para la rosca de la tapa de la boca de llenado			10	Inspección visual
Observaciones: Utilizar la indumentaria y equipo de protección personal en cada uno de los procesos descritos					
Notas: T: tiempo					

Fuente: Autor

En el siguiente diagrama se representa un resumen de las operaciones para el proceso de conformado por embutición para el tanque de combustible como se muestra en la Figura 80.

Figura 80. Diagrama para el proceso de embutición



Fuente: Autor

5.3.2 Corte. La plancha de Acero inoxidable 304 se corta a las dimensiones de ancho de 398mm y largo de 542mm para lo cual se utilizó una cizalla manual para adquirir dichas dimensiones.

Figura 81. Plancha de acero inoxidable



Fuente: Autor

5.3.3 *Embutido.* Para el proceso de conformado por embutición es necesario utilizar un juego de matrices es decir una matriz de empuje, de absorción y una prensa hidráulica de doble efecto de 100 toneladas necesarias para alcanzar el objetivo propuesto.

Figura 82. Prensa hidráulica



Fuente: Autor

5.3.4 *Matriz de empuje y de absorción.* El juego de matrices se usa para el proceso de conformado y su funcionamiento es de que la matriz de empuje debe soportar las 100 toneladas con las que desciende la matriz de absorción a una velocidad de 25mm/s y realizando el proceso de embutición a la lámina de acero de inoxidable.

Figura 83. Matriz de empuje en la prensa hidráulica



Fuente: Autor

Figura 84. Ubicar la matriz de absorción en la prensa hidráulica



Fuente: Autor

5.3.5 *Ubicación y lubricación.* Una vez ubicada la matriz de empuje se procede a colocar la lámina de acero inoxidable con un espesor de 1,5 mm y para la refrigeración del material se usó el lubricante DO-29 seleccionado para disminuir los esfuerzos a los que está sometido el material durante el proceso de embutición.

Figura 85. Lubricación de la lámina de acero inoxidable



Fuente: Autor

5.3.6 *Embutido de la pieza con la prensa hidráulica.* Una vez ubicada la lámina de

acero inoxidable y lubricada se procede a encender la prensa hidráulica para obtener los moldes del tanque de combustible el tiempo de embutición de cada molde es alrededor de 1 minuto debido al espesor del material y a la profundidad de embutición.

Figura 86. Embutido de la pieza con la prensa hidráulica



Fuente: Autor

5.3.7 *Defecto de la pieza embutida.* De acuerdo al proceso de embutición se puede observar un defecto por arrugamiento en los bordes pero que no afectan al molde del tanque de combustible además no se observó ningún otro defecto por lo cual el molde es el adecuado para nuestro objetivo.

Figura 87. Arrugamiento en la pestaña del molde



Fuente: Autor

5.3.8 *Pulido.* En esta etapa se procede a dar un mejor acabado a los moldes donde se retira el exceso de material que no fue utilizado durante el proceso de embutición y posteriormente se limpia, abrillanta los moldes del tanque de combustible.

Figura 88. Pulido del molde después del proceso de embutición



Fuente: Autor

Figura 89. Moldes del tanque de combustible



Fuente: Autor

5.4 Construcción e implementación de los rompeolas en el tanque de combustible.

5.4.1 *Rompeolas y compartimientos.* Se dio la forma de los rompeolas de acuerdo a las dimensiones del tanque de combustible y el compartimiento para la bomba de combustible.

Figura 90. Corte del compartimiento y los rompeolas



Fuente: Autor

5.4.2 *Soldadura del rompeolas.* De acuerdo a las características del material es factible soldar con soldadura tipo TIG la cual nos brinda propiedades adecuadas de unión de las partes internas del tanque de combustible.

Figura 91. Soldadura TIG



Fuente: Autor

5.4.3 *Compuertas de la cámara de succión.* Colocación de las compuertas del rompeolas para suministrar combustible a la bomba de combustible cuando el prototipo se encuentre estático o en movimiento.

Figura 92. Compuertas



Fuente: Autor

5.4.4 *Soldadura de los moldes del tanque de combustible.* Para la unión de los moldes se soldó con soldadura tipo TIG.

Figura 93. Soldadura del tanque de combustible



Fuente: Autor

5.5 Construcción e implementación de la toma de llenado con el tanque de combustible.

5.5.1 *Corte del tubo.* Ubicar el tubo de acero inoxidable 304 de 50 mm. diámetro obre la cortadora con un ángulo de inclinación de 40°.

Figura 94. Corte del tubo de llenado



Fuente: Autor

5.5.2 *Soldadura de la toma de llenado y visor de combustible.* De acuerdo a la normativa de la Fórmula SAE se realiza las operaciones tanto para la toma de llenado como para el visor de nivel del combustible.

Figura 95. Soldadura del tubo de llenado y visor de combustible



Fuente: Autor

5.5.3 *Tapa de la boca de llenado y válvula de seguridad.* Ubicación de la tapa para

la boca de llenado del tanque de combustible junto con una válvula de seguridad para un cierre hermético del tanque de combustible y evitar posibles derramamientos de combustible.

Figura 96. Tapa y la válvula de seguridad



Fuente: Autor

5.5.4 *Forrado del tanque de combustible.* Con el uso de tela térmica se procedió a forrar y aislar el tanque de combustible de las altas temperaturas.

Figura 97. Forrado del tanque de combustible con tela térmica



Fuente: Autor

5.6 Implementación del tanque de combustible y del sistema de baja presión al prototipo.

Realizado el proceso de soldadura se procede a la colocación de los diversos elementos constitutivos del sistema de baja presión.

5.6.1 *Ubicación de los elementos del sistema de baja presión.* Se coloca la bomba de combustible junto con la tapa del tanque de combustible.

Figura 98. Ubicación de la bomba de combustible



Fuente: Autor

5.6.2 *Conexiones del sistema de baja presión del prototipo.* Una vez seleccionado el lugar adecuado para el tanque de combustible se lo coloca y se procede a la conexión de las cañerías de baja presión en sus correspondientes acoples de la cañería de alimentación de la tapa del tanque de combustible a la entrada del filtro de combustible.

Figura 99. Conexiones del sistema de baja presión del prototipo



Fuente: Autor

5.7 **Construcción del anclaje del tanque de combustible al chasis del prototipo.**

Figura 100. Soldadura de las bases para el tanque de combustible



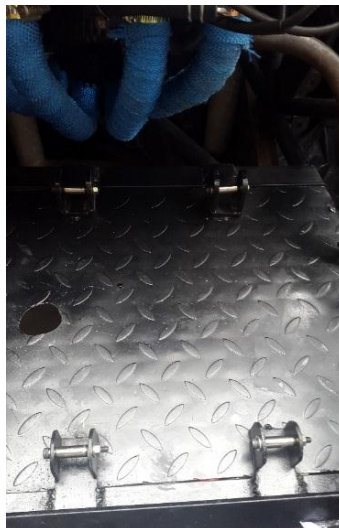
Fuente: Autor

Figura 101. Soldadura de las bases en el chasis del prototipo



Fuente: Autor

Figura 102. Anclajes del tanque de combustible



Fuente: Autor

Figura 103. Colocación de las correas de sujeción del tanque de combustible



Fuente: Autor

5.8 Pruebas

Para demostrar la fiabilidad del sistema de alimentación, se realizan las siguientes pruebas:

5.8.1 *Presión de funcionamiento del sistema de alimentación.* Mediante el siguiente procedimiento se demuestra que la presión del sistema de alimentación es la adecuada para un buen funcionamiento del mismo.

- Liberar la presión del sistema de combustible
- Montaje del manómetro de presión: el sistema alimentación de baja presión del prototipo es sin acople en el riel de inyectores por lo cual se coloca en la línea de combustible. Una vez colocado el manómetro en la línea de combustible se procede al encendido del prototipo observando la lectura.

Figura 104. Lectura de presión



Fuente: Autor

La lectura obtenida es de 36 PSI, confirmando que se encuentra en el rango determinado por el fabricante.

5.8.2 *Prueba de caudal de la bomba de combustible.* Mediante la siguiente prueba se demuestra que el caudal suministrado por la bomba es el adecuado.

- Desconectar la línea de retorno de combustible y dirigirla a un recipiente graduado
- Energizamos la bomba de combustible
- Mantener energizada la bomba por 30 segundos y verificar el caudal suministrado

Figura 105. Lectura de Caudal



Fuente: Autor

El caudal de combustible suministrado es de 600 cm³ en 30 segundos en la línea de retorno al tanque de combustible el cual verifica el buen funcionamiento del sistema de alimentación de combustible.

5.8.3 *Inspección visual norma AWS D1.3 soldadura espesor delgado.* Una soldadura será aceptable por inspección visual siempre que se cumplan los siguientes criterios.

5.8.3.1 *Ausencia de fisuras o grietas.* La soldadura no puede tener agrietamiento.

5.8.3.2 *Reforzamiento mínimo.* La soldadura debe tener un mínimo de 1/32 in (1 mm.) para todos los tipos de junta de ranura cuadrada, puntos y costuras.

5.8.3.3 *Mordeduras de borde (socabado).* La longitud acumulada de mordeduras de borde no puede ser mayor a L/8 en donde L es la longitud de la soldadura o el caso de soldaduras de puntos la longitud de la circunferencia si es que existe fusión entre metal




base y el metal soldado. La profundidad de la mordedura no es sujeto de inspección y no requiere medición.

5.8.3.4 Cara de la soldadura de filete. La superficie de la cara de la soldadura deben ser planas o ligeramente convexas.

5.8.3.5 Informe de ensayo por inspección visual. Mediante este ensayo inspeccionaremos la soldadura del tanque de combustible como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Ensayo por inspección visual

INFORME DE ENSAYO POR INSPECCIÓN VISUAL			
Proyecto: Tanque de combustible			
Empresa: Auspiciante			
Informado: Ing. Miguel Aquino			
Fecha de Ensayo: 10 de Noviembre de 2016			
Cantidad: 1			
Fecha	Área examinada	Interpretación	Comentarios
11/11/16		Mordeduras: L/8 L: longitud de la soldadura 400mm. Mordedura: 50mm	De acuerdo al verificación de las mordeduras no excede el máximo de 50mm por lo cual cumple con este criterio. En cuanto a los demás criterios son aceptables.
11/11/16		Cumple con los criterios de aceptación.	Ninguno

11/11/16		Mordeduras: L/8 L: longitud de la soldadura 250mm. Mordedura máxima: 31.25mm	De acuerdo al verificación de las mordeduras no excede el máximo de 31.25mm por lo cual cumple con este criterio. En cuanto a los demás criterios son aceptables.
11/11/16		Mordeduras: L/8 L: longitud de la soldadura 250mm. Mordedura máxima: 31.25mm	De acuerdo al verificación de las mordeduras no excede el máximo de 31.25mm por lo cual cumple con este criterio. En cuanto a los demás criterios son aceptables.
11/11/16		Mordeduras: L/8 L: longitud de la soldadura 150mm. Mordedura máxima: 18.25mm	De acuerdo al verificación de las mordeduras no excede el máximo de 18.25mm, cumple con este criterio.

Fuente: Autor

5.8.4 *Ensayo de líquidos penetrantes en la soldadura.* Establecer el método y los parámetros para una inspección mediante líquidos penetrantes (PT) en soldaduras.

5.8.4.1 *Defecto.* Una discontinuidad o discontinuidades que por naturaleza o acumulación de efectos un producto sea incapaz de encontrar un mínimo de

aceptabilidad en estándares o códigos aplicables.

5.8.4.2 *Discontinuidad.* Una interrupción en un material o soldadura, tal como una falta de homogeneidad en la mecánica, metalurgia o características físicas, una discontinuidad no es necesariamente un efecto.

5.8.4.3 *Fisura.* Una fractura de tipo discontinuidad caracterizada por un extremo agudo.

5.8.5 *Equipos, materiales usados y aplicados en el ensayo.* Los equipos o herramientas a utilizarse durante el ensayo son las siguientes como se muestra en la Tabla 33.


Tabla 33. Equipo y herramientas






Equipos / Herramientas	Materiales
Regla metálica	SKL-SP
Comparador con un valor de apreciación de $\pm 0,5$ mm	B3-SKC-S
La luz blanca utilizada para la inspección visual debe tener de una intensidad mínima de 1000 lux	SKD-S2

Fuente: Autor

5.8.6 *Informe de ensayo por tintas penetrantes en la soldadura.* Mediante la Tabla 34 que se muestra a continuación se evalúa los parámetros establecidos para la aprobación de la soldadura del tanque de combustible.

Tabla 34. Informe de ensayo por tintas penetrantes

INFORME DE ENSAYO POR TINTAS PENETRANTES EN SOLDADURA	
Proyecto: Tanque de combustible	
Empresa: Auspiciante	
Informado: Ing. Miguel Aquino	
Fecha de Ensayo: 11 de Noviembre de 2016	
Cantidad: 1	

Fecha	Área examinada	Interpretación	Comentarios
11/11/16		Mordeduras	Es aceptable el criterio se encuentra dentro de lo establecido.
11/11/16		Ninguna	No se encuentra ninguna discontinuidad, defecto o fisura.
11/11/16		Mordeduras	Es aceptable el criterio se encuentra dentro de lo establecido.
11/11/16		Mordeduras	Es aceptable el criterio se encuentra dentro de lo establecido.
11/11/16		Ninguna	No se encuentra ninguna discontinuidad, defecto o fisura.

Fuente: Autor

5.9 Porcentaje de cumplimiento de los parámetros técnicos de la matriz QFD.

Los parámetros técnicos con mayor porcentaje de incidencia de la matriz QFD deben ser verificados con el fin de asegurar que el tanque de combustible cumpla con los requerimientos del usuario y con los criterios ingenieriles.

Tal verificación se muestra en la Tabla 35, en la cual se observa que los parámetros técnicos principales se cumplen al 100%.

Tabla 35. Porcentaje de cumplimiento de los parámetros técnicos

% Cumplido de los Parámetros	25	50	75	100
Volumen requerido				<input checked="" type="checkbox"/>
Material			<input checked="" type="checkbox"/>	
Resistencia del material				<input checked="" type="checkbox"/>
Resistencia a la corrosión				<input checked="" type="checkbox"/>
Medidor visual para el nivel de combustible				<input checked="" type="checkbox"/>
Formas de la toma de llenado				<input checked="" type="checkbox"/>
Periodo de mantenimiento			<input checked="" type="checkbox"/>	
Presión generada en el tanque de combustible			<input checked="" type="checkbox"/>	
Hermeticidad				<input checked="" type="checkbox"/>
Forma del rompeolas				<input checked="" type="checkbox"/>
Costo del material y accesorios				<input checked="" type="checkbox"/>
Dimensiones del tanque de combustible				<input checked="" type="checkbox"/>
Facilidad de construcción			<input checked="" type="checkbox"/>	

Fuente: Autor

5.10 Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos del cliente de acuerdo a la matriz QFD

Tabla 36. Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos del cliente

% Cumplido de los parámetros	25	50	75	100
Cantidad de combustible				<input checked="" type="checkbox"/>
Ligero			<input checked="" type="checkbox"/>	
Que no se fisure fácilmente				<input checked="" type="checkbox"/>

Resistente a factores ambientales				<input checked="" type="checkbox"/>
Nivel de combustible				<input checked="" type="checkbox"/>
Facilidad de llenado				<input checked="" type="checkbox"/>
Facilidad de mantenimiento			<input checked="" type="checkbox"/>	
Contener la presión generada por el combustible				<input checked="" type="checkbox"/>
Evitar la salida de vapores				<input checked="" type="checkbox"/>
Evitar chapoteo dentro del tanque de combustible			<input checked="" type="checkbox"/>	
Económico			<input checked="" type="checkbox"/>	
Tamaño adecuado				<input checked="" type="checkbox"/>
Como se construirá			<input checked="" type="checkbox"/>	

Fuente: Autor

5.11 Manual de mantenimiento

El sistema de alimentación de combustible del prototipo al igual que cualquier vehículo tipo convencional tiende a sufrir desgaste de sus elementos con el paso del tiempo y el uso. Si no se realiza un mantenimiento preventivo la funcionalidad del sistema de alimentación descenderán de manera acelerada hasta llegar a un fallo total. El presente manual provee las pautas y procedimientos básicos para mantener el sistema de alimentación del prototipo en óptimas condiciones y de esta manera asegurar el correcto funcionamiento. En la Tabla 37 se enlista los elementos del sistema de alimentación del prototipo y el tipo de revisiones que deben efectuarse.

Tabla 37. Mantenimiento para el sistema de alimentación de combustible

Periodos de trabajo en [km]	Elementos del sistema de combustible							Trabajos a realizar
	Bomba de combustible	Filtro de combustible con regulador	Pre filtro	Mangueras	Abrazaderas	Correas de sujeción	Tanque de combustible	
5000				X	X	X		Revisar y limpiar
10000		X			X	X		Revisar y limpiar
20000				X		X		Revisar y limpiar
30000		X		X	X	X		Revisar y limpiar
40000		X						Cambiar el filtro de combustible con regulador

50000	X		X	X	X	X	X	Cambiar la bomba y el pre filtro de combustible, lavar el tanque de combustible, revisar las mangueras, abrazaderas y correas de sujeción
<p>Nota: Se realizará el mantenimiento preventivo del sistema de alimentación de acuerdo a este plan de mantenimiento y en los intervalos de cada 40000 km cambiar el filtro de combustible y cada 50000 km se cambiara la bomba y el pre filtro de combustible y un lavado del tanque de combustible y los demás parámetros cada 10000 km.</p>								

Fuente: Autor

CAPÍTULO VI

6. COSTOS EMPLEADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Para la realización de este trabajo de titulación se tomó en cuenta dos etapas: la construcción del tanque de combustible y la implementación en el chasis, de modo que se tomaron en cuenta los costos directos y costos indirectos.

6.1 Costos directos

Los costos directos hacen referencia a los gastos que influyen directamente en el trabajo de titulación, principalmente constituyen materia prima y mano de obra.

Tabla 38. Costos directos

Cantidad	Descripción	Precio unitario (usd)	Precio total (usd)
1	Plancha de acero inoxidable 304 dimensiones 1219 de ancho x 2438 de largo (mm)	108	108,00
1	Tubo de acero inoxidable de diámetro de 50 (mm)	20,00	20,00
1	Lubricante (L)	5,00	5,00
1	Bomba de combustible (unidad)	65,00	65,00
1	Filtro con regulador de presión incluido (unidad)	50,00	50,00
400	Mangueras para combustible (mm)	8,00	8,00
10	Pernos (unidad)	1,00	10,00
1	Tapa del tanque de combustible (unidad)	50,00	50,00
1	Tapa para la boca de llenado (unidad)	15,00	15,00
1	Válvula de seguridad (unidad)	10,00	10,00
8	Abrazaderas (unidad)	1,50	12,00
1	Garrafón (unidad)	8,00	8,00
1	Manguera transparente para combustible (mm)	3,00	3,00
3	Acoples de bronce (unidad)	3,00	9,00
2	Compuertas metálicas	3,00	6,00
2	Correas de seguridad	9,00	18,00
1	Tela térmica (mm)	100,00	100,00
1	Platina de acero (mm)	5,00	5,00
TOTAL			503,00

Fuente: Autor

6.2 Costos indirectos

Los costos indirectos no influyen o intervienen directamente en la elaboración del trabajo de titulación, pero también se toma en cuenta en el desarrollo del mismo.

Tabla 39. Costos indirectos

Descripción	Precio total [USD]
Transporte	50,00
Imprevistos	100,00
Documentación e Investigación	400,00
TOTAL	550,00

Fuente: Autor

6.3 Costo Total

Tabla 40. Costo Total

Costos	Precio [USD]
Costos directos	503,00
Total	503,00
Costos indirectos	550,00
Total	550,00
COSTO TOTAL	1053,00

Fuente: Autor

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se adquirió la información necesaria para el tanque de combustible además de las normativas y especificaciones vigentes de la Fórmula SAE 2015 las cuales sirvieron de guía para el desarrollo de este trabajo de titulación.

De acuerdo a un análisis del diseño concurrente se definió el modelo del tanque de combustible en función de la matriz QFD, una vez desarrollada esta matriz compara los criterios del usuario con los criterios técnicos para una adecuada selección del tanque de combustible para el prototipo además cumpliendo con la normativa de la fórmula SAE.

Se obtuvo una alternativa adecuada la cual se modeló, diseño en el software Solidworks dando como resultado un tanque de combustible para un almacenamiento de 13 litros de combustible.

Se dimensionó un sistema de rompeolas para atenuar el oleaje y con una cámara de succión para alimentar y refrigerar la bomba de combustible durante el funcionamiento del motor del prototipo.

Se seleccionó el tipo de material a utilizar para nuestro caso es el AISI 304 con un espesor de 1,5 mm. el cual cumple con los requerimientos para la fabricación, su proceso de obtención es mediante el proceso de embutición para lo cual se calculó las dimensiones de recorte quedando de las siguientes medidas, ancho: 398 mm., largo: 542 mm., para lo cual estas dimensiones sirven para embutir un molde del tanque de combustible de las siguientes dimensiones, ancho: 250 mm., largo: 400 mm. y de profundidad o altura de 75 mm. Adecuado para las dimensiones del chasis y los requerimientos del sistema de alimentación del prototipo.

Los diferentes elementos del sistema de alimentación del prototipo seleccionados trabajaron perfectamente para el buen desempeño del motor que posee el prototipo.

Mediante el ensayo de tintas penetrantes descrito en el código AWS d1.3 steel structural welding code se realizó este ensayo a la soldadura del tanque de combustible dando como resultado que el tanque de combustible no posee ningún tipo de grietas, fisuras y poros en todo el cordón de soldadura, cumpliendo así con todos los requerimientos para obtener un producto 100% seguro y hermético para almacenar combustible.

7.2 Recomendaciones

Durante las diferentes etapas de conformado del tanque de combustible tener en cuenta la seguridad en el lugar de trabajo y de esta manera minimizar los riesgos presentes.

Realizar el mantenimiento del tanque de combustible de acuerdo al plan de mantenimiento del tanque de combustible y utilizando las herramientas adecuadas para evitar posible daños en el desmontaje de los componentes del sistema de alimentación del prototipo.

Verificar el volumen de combustible mediante el visor de nivel el cual siempre deberá estar totalmente lleno para evitar que la bomba de combustible funcione en seco y posteriormente pueda sufrir daños y cumpliendo con la normativa de la fórmula SAE.

Soldar los moldes del tanque de combustible, tubo de llenado, rompeolas mediante soldadura GTAW o TIG recomendada para este tipo de material como es el AISI 304.

Durante el ensayo de tintas penetrantes utilizar las herramientas, equipos y procedimientos adecuados para una correcta realización del ensayo en la soldadura del tanque de combustible.

BIBLIOGRAFÍA

ACDELCO. "Productos y Autopartes". *Bombas de Combustible* [en línea], 2016, (México), pp. 10-13. [Consulta: 10 de junio de 2016.]. Disponible en: <http://www.acdelco.mx/#/productos/filtros>

AIMG. American Imports Group [en línea], 1990, (United State of America), pp.30 [Consulta: 10 de junio de 2016]. Disponible en: <http://http://aimg.com.ar/>

ALONSO. *Técnicas del Automovil.* Madrid-España: Paraninfo, 2009, pp. 295-440

ARIAS-PAZ. *Manual del Automóvil.* Madrid-España: Dossat, 2001, pp.40-60

AUTOMOTRIZ-BIZ. *Coche español* [en línea]. Madrid-España, 2014. [Consulta: 07 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.automotriz.biz/coches/car-maintenance/general-car-maintenance/129169.html>

AVNER, S. H. 1988. *Introducción a la Metalurgia Física.* México : McGraw-Hill, 1988, pp. 360-390

BAKKER, A. *The colorful fluid mixing gallery* [en línea]. 2012. [Consulta: 25 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.bakker.org/>.

BAYAS GUEVARA, Christian Marcelo, & ROSERO SÁNCHEZ, Diego Ricardo. Diseño y Construcción de una Carrocería de un Vehículo de Competencia Fórmula "SAE" en Fibra de Vidrio, para la Escuela de Ingeniería Automotriz. (Tesis), [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba-Ecuador 2015. pp. 27-30 [Consulta: 10 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4421/1/65T00170.pdf>

Bravo, O. *Metal Actual.* 2010, Bogota-Colombia, pp. 90-110. [Consulta: 14 de julio de 2016]. ISSN 2011960-7.

BOHMAN, I. *Aceros Especiales.* Quito-Ecuador, Ibca, 2010, pp. 10-20

CARBONARE, D. *SpeedHunters* [en línea]. 9 de marzo de 2013. [Consulta: 20 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.speedhunters.com/2013/03/nascar-power-the-rs-r-formula-d-asia-86/>.

CULTURAL. *Mecánica de Taller: Prensas*. Madrid-España: A-Asher, 1994, pp. 30-40

FERNANDÉZ, D. *Fórmula F1*. [en línea]. 06 de junio de 2012. [Consulta: 08 de junio de 2016]. Disponible en: <http://http://www.formulaf1.es/22252/depositos-de-gasolina-de-f1/>.

FÓRMULA 1, *Comunidad Fanáticos F1*. [en línea]. Madrid-España, 06 de julio de 2012. [Consulta: 01 de julio de 2016]. Disponible en: <http://http://www.taringa.net/comunidades/f1fans/5463875/Formula-1-El-tanque-de-combustible.html>.

FSAE. *2015 Fórmula Sae, International. ARTICLE 2: FUEL AND FUEL SYSTEM. IC2.4 Fuel Tanks, IC2.6 Fuel Tank Filler Neck & Sight Tube.*

GARCÍA, P. "Cálculo del Embutido Rectangular Empleando El Concepto de Diámetro Equivalente". *Memorias del 14º Congreso Internacional Anual de la SOMIN*. [en línea], 2008, México, pp. 669-674. [Consulta: 10 de julio de 2016]. ISBN 978-968-9773-03-8. Disponible en: http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2008/articulos/A3/A3_284.pdf

Gil, H. *Manual CEAC del Automóvil*. Barcelona-España: Ceac, 2003, pp. 201-260.

IMINOX. *Aplica-Inox*. [en línea]. 2011. [Consulta: 07 de Julio de 2016]. Disponible en: <http://aplicainox.org/sitio/>.

Ion, E. *Mecánica de Tanques*. [En línea]. 07 de mayo de 2013. [Consulta: 10 de junio de 2016]. Disponible en: <http://http://mecanicadetanques2013.blogspot.com>.

Kalpakjian, S. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México : Printed, 2002, pp. 300-360.

MALUQUER, J. *Manual del Técnico Matricero versión española.* [en línea]. Barcelona-España: José Monteso, 1977. [Consulta: 20 de junio de 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/125678247/Manual-Tecnico-Del-Matricero>

MECÁNICA VIRTUAL. *Aficionados a la Mecánica.* [en línea]. 2014. [Consulta: 09 de junio de 2016]. Disponible en: <http://http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>.

ORTIZ, A. *Modelado de Procesos de Manufactura.* [en línea]. Monterrey-México, 2013. [Consulta: 03 de Octubre de 2016]. Disponible en: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6.978-607-02-4692-0>.

PASTOR, M. *Introducción a la Metalurgia de la Soldadura.* Riobamba-Ecuador, 2003, pp. 3.

RIBA ROMEBA, C. *Diseño Concurrente.* Barcelona-España: Etseib-Upc, 2002, pp. 59-100.

RODACCIAL. *Aceros Inoxidables Austeno-Ferríticos (dúplex).* [en línea] 2012. [Consulta: 11 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.rodacciai.es/prodotti.php?pid=31>.

ROSSI, M. *Estampado en Frio de la Chapa.* Madrid-España: Dossat, 1979, pp.47-49.

SANTOS DE LA CRUZ, E. *Proceso de Producción Por Embutición.* [En línea], 1999, [Consulta: 4 de Octubre de 2016]. Disponible en: http://http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol2_n1/pdf/proceso.pdf.

SUMITEC. *Suministros Técnicos Sumitec.* [en línea], 2010, p.2. [Consulta: 10 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>.

Vaxa. *Vaxa software.* [en línea], p. 1. [Consultado: 25 de noviembre de 2016].
Disponible en: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/densidades.pdf.

Yamaha. *Moto Yamaha FZR 400. Especificaciones técnicas.* pp.1

ANEXOS

Anexo A

Tabla de aplicaciones de kit de bombas de gasolina

Modelo	Submodelo	Años de cobertura		Cilindrada de motor	Desplazamiento (litros)	Características	No. ACDelco
		Inicial	Final				
GENERAL MOTORS							
CHEVROLET							
Automóviles							
Chevy		1995	1997	L4	1.4, 1.6	Presión intermedia	BGV00127
		2000	2004	L4	1.6	Alta presión	BGV00244
		2004	2012	L4	1.6		1924349
Monza		1995	1997	L4	1.4, 1.6	Presión intermedia	BGV00137
		2000	2004	L4	1.6	Alta presión	BGV00244
Citation		1985	1986	V6	2.8	Alta presión	BGV00280
Cofear		1985	1992	V6	2.8, 3.1	Alta presión	BGV00240
		1987	1992	V6	2.8, 3.1	Alta presión, soporte sin cilindro de recuperación	BGV0040A
Malibu		1994	1998	L4	2.4	Alta presión, con retorno para sistema con regulador de 40 PSI	BGV00248
		1997	1999	V6	3.1	Alta presión, con retorno para sistema con regulador de 40 PSI	BGV00248
		2000	2004	L4	2.4		BGV00253
		2000	2005	V6	3.1	Alta presión, módulo VDC	BGV00253
		2006	2006	L4, V6	2.2, 3.5, 3.6		1924353
		2010	2012	L4, V6	2.4, 3.6		1924354
		2013	2013	L4	2		1924355
	2014	2015	L4	2.5		1924356	
Malta		2011	2015	L4	1		1924350
Optra		2007	2008	L4	2		1924357
Sonic		2012	2015	L4	1.6		1924352
Tafra		2000	2005	L4	1.8	Alta presión	BGV00218
SPVs							
Blazer		2000	2002	V6	4.3	Alta presión, módulo VDC	BGV00253
		1991	1993	V6	3.8	Presión intermedia	BGV00386
Caprice Sport		2006	2010	L4	2.4		1924340
		2011	2016	L4	3		1924341
Silverado		1991	1994	V6	3.1	Presión intermedia	BGV00386
		1994	1996	V6	3.4, 3.8	Alta presión, soporte sin cilindro de recuperación	BGV0040A
		1997	2001	V6	3.4	Alta presión, sistema Vortec con cilindro de recuperación	BGV00250
Suburban		1987	1991	V8	5.7	Presión intermedia	BGV00386
		2000	2004	V8	5.7	Alta presión	BGV00250
		2000	2000	V8	5.7		BGV00280
		2000	2000	V8	5.7	Alta presión, soporte sin cilindro de recuperación	BGV0040A
Trae		2009	2014	V8	5.3		1924344
Trae		2013	2015	L4	1.8		1924342
Venture		1997	2001	V6	3.4	Alta presión para módulo que requiere bomba con diámetro de 1.5"	BGV00252
Cadillac							
Cervo Van		1987	1991	V8	7.4	Presión intermedia	BGV00386
		1992	1995	V8	5.7	Presión intermedia	BGV00386
Colorado		2006	2008	L4, L5	2.9, 3.7		1924345
		2009	2012	L4, L5	2.9, 3.7		1924346
F-30		1994	1998	V8	5.7		BGV00389
		1996	1997	V6, V8	4.3, 5.7		BGV00381
Pickup	5-10	1996	1999	L4, V6	2.2, 4.3	Alta presión, con retorno para sistema con regulador de 40 PSI	BGV00248
	5-10	2000	2005	L4, V6	2.2, 4.3	Alta presión, módulo VDC	BGV00253
Silverado		1994	1995	V6	4.3	Presión intermedia	BGV00386
	1500	1999	2002	V6	4.3	Alta presión, módulo Delphi	BGV00251
	1500	1999	2002	V8	5.3	Alta presión, módulo Delphi	BGV00251
	1500	2004	2007	V6, V8	4.3, 5.3 y 4.8	Alta presión	BGV00448
	2500	1999	2002	V6, V8	4.3, 5.3	Alta presión, módulo Delphi	BGV00251
	2500	1999	2001	V6	5		BGV00251
	2004	2007	V6, V8	4.3, 5.3 y 4.8	Alta presión	BGV00448	

Anexo B

Acero Inoxidable 304 (UNS S30400)

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C m^áx
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Anexo C

Tabla de densidades

Tabla de densidades

www.vaxasoftware.com

Substancia	Densidad kg/m ³	Substancia	Densidad kg/m ³
Aceite	920	Iridio	22500
Acero	7850	Madera (pino)	700
Agua (4 °C)	1000	Magnesio	1740
Agua de mar	1027	Mercurio	13580
Agujero negro (valor teórico)	4×10^{17}	Nieve compactada	300
Aire (25 °C, 1 atm)	1,184	Níquel	8900
Alcohol etílico	780	Núcleo interno terrestre	13000
Aluminio	2700	Núcleo atómico	$2,3 \times 10^{17}$
Carbono	2260	Núcleo del Sol (aprox.)	150000
Caucho	950	Oro	19300
Cinc	7140	Osmio	22610
Cobalto	8900	Plata	10490
Cobre	8940	Platino	21450
Cuerpo humano	950	Plomo	11340
Diamante	3515	Poliuretano rígido	35
Estaño	7310	Sangre	1500
Estrella de neutrones (máx.)	1×10^{18}	Sol	1411
Gasolina	680	Tántalo	16650
Glicerina (glicerol)	1261	Tierra (planeta)	5515
Helio	0,18	Torio	11724
Hielo	920	Uranio	19100
Hierro	7870	Vanadio	6110
Hormigón	2400	Vidrio	2500
Litio	534	Wolframio	19250
Luna	3340		

Anexo D
Eslingas de sujeción

ESLINGAS DE SUJECIÓN

Ensamblajes de 3" y 4"



553021 - De 3" Con gancho plano 1021.
LCT: 5,400 lbs./2,450 kgs.



503036 - De 4" Con gancho de alambre 1018.
LCT: 6,870 lbs./3,025 kgs.

Sargentos

Los sargentos, son bandas ya sea de 1, 2, 3 o 4 pulgadas que a un extremo tiene una matraca con la que se puede tensar sobre sí misma para formar un ojal sin fin.



PLANOS