



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MÉCANICA
ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROTOTIPO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE DE
MOTOCICLETA CON FINES DE PRODUCCIÓN
NACIONAL.”**

**CABALLERO ORDOÑEZ DIEGO ALEJANDRO
ALDAS TORRES HENRY ALFREDO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2015-01-07

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

ALDAS TORRES HENRY ALFREDO
CABALLERO ORDOÑEZ DIEGO ALEJANDRO

Titulado:

“DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TANQUE
DE COMBUSTIBLE DE MOTOCICLETA CON FINES DE PRODUCCIÓN
NACIONAL”

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Cesar Sinchiguano Conde
DIRECTOR

Ing. Miguel Ángel Escobar Guachambala
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALDAS TORRES HENRY ALFREDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE DE MOTOCICLETA CON FINES DE PRODUCCIÓN NACIONAL”

Fecha de Examinación: 2017-02-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Cesar Sinchiguano Conde DIRECTOR			
Ing. Miguel Ángel Escobar Guachambala 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 Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CABALLERO ORDOÑEZ DIEGO ALEJANDRO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE DE MOTOCICLETA CON FINES DE PRODUCCIÓN NACIONAL”

Fecha de Examinación: 2017-02-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Cesar Sinchiguano Conde DIRECTOR			
Ing. Miguel Ángel Escobar Guachambala 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 Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecida en la Facultad de Mecánicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Aldas Torres Henry Alfredo

Caballero Ordoñez Diego Alejandro

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Henry Alfredo Aldas Torres y Diego Alejandro Caballero Ordoñez, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra 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 autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Aldas Torres Henry Alfredo
Cedula de Identidad 180476248-0

Caballero Ordoñez Diego Alejandro
Cedula de Identidad 060438378-6

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres, principalmente a mi madre quien fue el pilar principal de mi vida y mientras estuvo con vida supo cuidar de mí, aconsejándome y reprendiéndome para ser una persona de bien. A mi padre que de una u otra forma estuvo conmigo en los momentos difíciles. A mi esposa que es mi compañera de vida junto a mi pequeño hijo que ahora los dos son la fuerza para seguir adelante. A toda mi familia, maestros y amigos que con su apoyo incondicional este proyecto fue posible.

Henry Alfredo Aldas Torres

Va dedicado este proyecto a mi familia por ser el apoyo fundamental en la construcción de mi persona y como profesional, a mis maestros por guiar el cumplimiento de este proyecto y a las demás personas que hicieron posible la culminación del presente proyecto

Diego Alejandro Caballero Ordoñez

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la salud para cumplir con mis metas y por todas las bendiciones recibidas. A mi madre que me apoyo y aconsejo para tomar las mejores decisiones en mi vida y a mi amada esposa que no solo estuvo en los peores momentos siendo un apoyo además me dio el mejor regalo un hermoso hijo.

Un enorme agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Automotriz por la oportunidad de adquirir en sus aulas los conocimientos que servirán en mi vida profesional y a los docentes, amigos que compartimos las mejores experiencias.

Henry Alfredo Aldas Torres

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Mecánica por permitirme la utilización de equipos de última tecnología sin los cuales no hubiera sido posible hacer un estudio de calidad de este proyecto.

Agradezco a mis padres por permitirme cursar los estudios universitarios, brindarme todo su apoyo en cada momento de este camino, a mis hermanos por estar conmigo en los momentos difíciles y a mis amigos con los que cursamos la etapa universitaria.

Diego Alejandro Caballero Ordoñez

TABLA DE CONTENIDO**Pág.**

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes.	1
1.2	Justificación.	1
1.3	Objetivos.	2
2	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Caracterización de motocicletas en función a su utilización.	3
2.2	Partes principales de una motocicleta.....	3
2.2.1	El motor.....	3
2.2.2	Transmisión.....	4
2.2.3	Chasis.....	4
2.2.4	Tanque de combustible.....	5
2.2.5	Basculante.....	5
2.2.6	Frenos.....	5
2.2.7	Carenados.....	6
2.3	Tanque de combustible.....	6
2.3.1	Tanque de combustible de motocicleta utilitaria.....	6
2.3.2	Tanque de combustible de motocicleta doble propósito.....	7
2.3.3	Tanque de combustible de motocicleta scooter.....	7
2.3.4	Tanque de combustible de motocicleta deportiva.....	8
2.3.5	Tanque de combustible de motocicleta turismo.....	9
2.3.6	Tanque de combustible de motocicleta naked.....	9
2.3.7	Tanque de combustible de motocicleta custom.....	10
2.3.8	Tanque de combustible de motocicleta cross.....	10
2.4	Materiales para la fabricación del tanque de combustible de la motocicleta.....	11
2.4.1	Metálicos.....	11
2.4.1.1	El acero.....	11
2.4.1.2	Aluminio.....	14
2.4.2	Polímeros.....	14
2.4.2.1	Polietileno de alta densidad.....	14
2.5	Soldadura.....	16
2.5.1	El proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding).....	17
2.5.2	Clasificación de electrodos.....	19
2.5.2.1	Diámetros de electrodos.....	20
2.5.3	Soldadura por costura.....	22
2.5.4	Pruebas de soldadura.....	23
2.6	Tratamientos anticorrosivos.....	23
2.7	Pintura aplicada al tanque de combustible.....	24
2.7.1	Tipos de pintura electrostática.....	24
2.8	Troqueles.....	25
2.8.1	Partes de un troquel.....	26
2.8.2	Tipos de troqueles.....	26
2.9	Ingeniería Inversa.....	26
2.9.1	Digitalización.....	26
2.9.2	Procesado de la nube.....	27
2.9.3	Obtención de los prototipos rápidos.....	27
2.9.4	Obtención de un modelo sólido.....	27
2.9.5	Exportación del modelo.....	27
2.10	Prototipos y proceso de prototipado.....	27
2.10.1	Tipos de prototipado.....	28
2.10.1.1	Prototipado de Alta Fidelidad (High-Fidelity Prototyping).....	28
2.10.1.2	Prototipado de Baja Fidelidad (Low-Fidelity Prototyping).....	28
3	DISEÑO, MODELACIÓN Y ESFUERZOS PRESENTES	29
3.1	Diseño.....	29
3.1.1	Caracterización del material.....	29
3.1.1.1	Espectrometría Óptica.....	29
3.1.1.2	Ensayo de tracción.....	31

3.1.1.3	Estudio metalográfico.....	34
3.1.1.4	Aceros de producción nacional.....	36
3.1.1.5	Comparación de materiales	36
3.1.2	Métodos de diseño.....	38
3.1.2.1	Instrumentación y procedimiento.	38
3.1.3	Normas aplicables al proceso de diseño.	40
3.2	Modelado de las partes del tanque de combustible mediante software CAD-CAM-CAE.	40
3.2.1	Datos escaneados.....	42
3.2.2	Preparación de malla.	43
3.2.3	Extracción de superficies y análisis de precisión.	44
3.2.4	Rediseño del tanque de combustible.	46
3.2.5	Exportar archivo CAD.	48
3.2.6	Modelación de partes complementarias.	48
3.2.7	Ensamblaje del prototipo computarizado final.	49
3.3	Esfuerzos presentes en el tanque de combustible de motocicleta.	49
3.3.1	Presión por carga estática.	50
3.3.2	Presión de vapor.....	50
3.3.3	Presión externa de soporte.....	51
3.3.4	Reacciones en los soportes del tanque de combustible	51
3.3.5	Fuerzas aplicadas.....	52
3.3.6	Fuerza de aceleración.	54
3.3.7	Fuerza de frenado o desaceleración.....	55
3.3.8	Fuerza de giro en paso por curva.....	57
3.4	Modelado y diseño de la cavidad y núcleo de los troqueles.	57
3.4.1	Modelado del troquel de la parte A.	59
3.4.2	Modelado del troquel de la parte B.	59
3.4.3	Fuerzas para el troquelado de las partes A y B.....	60
3.4.4	Modelación del troquel de la parte C.	62
3.4.5	Fuerzas para el troquelado de la parte C.	62
3.4.6	Modelación del troquel de la parte D.	63
3.4.7	Fuerzas para el troquelado de la parte D.	63
3.4.8	Modelación del troquel de la parte E.....	64
3.4.9	Fuerzas para el troquelado de la parte E.....	65
3.4.10	Ensamblaje de los troqueles modelados.	65
4	ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE ESFUERZOS PRESENTES EN EL TANQUE DE COMBUSTIBLE DE MOTOCICLETA	67
4.1	Introducción al método de elementos finitos (MEF)	67
4.2	Calidad de malla.	68
4.3	Análisis y simulación mediante ANSYS.....	69
4.3.1	Preproceso (Preparación del problema).....	69
4.3.2	Proceso (Solución del problema)	69
4.3.3	Pos proceso (Análisis y evaluación de los resultados)	69
4.4	Simulación y ensayo de esfuerzos.	69
4.4.1	Ensayo estático con presión de vapor y presión hidrostática a 90% de combustible.	70
4.4.2	Ensayo estático con presión de vapor y presión hidrostática a 50% de combustible.	74
4.4.3	Ensayo estático con presión de vapor y presión hidrostática a 20% de combustible.	76
4.4.4	Análisis con presión externa.....	78
4.4.5	Análisis estático en aceleración.....	80
4.4.6	Ensayo de frenado.	81
4.4.7	Simulación de paso por curva.	83
4.4.8	Simulación de impacto (caída libre).....	84
4.4.9	Simulación de impacto lateral.	85
5	PROCESOS DE FABRICACIÓN.....	88
5.1	Prototipado del tanque.	89
5.1.1	Alternativas de obtención del prototipo.	90
5.1.2	Selección de materiales alternativos.....	91
5.1.3	Tanque de combustible elaborado en fibra de vidrio.....	92
5.2	Proceso de fabricación mediante la embutición.....	93

5.2.1	Conformado de las partes del tanque de motocicleta por proceso de embutición.	93
5.2.2	Preparación del material para el estampado de las láminas metálicas.	93
5.2.3	Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte A y B del tanque de combustible.	94
5.2.4	Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte C del tanque.	94
5.2.5	Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte D del tanque.	94
5.2.6	Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte E del tanque.	94
5.3	Proceso de soldadura.	95
5.3.1	Proceso de soldadura por costura.	96
5.4	Revestimiento FTC.	97
5.5	Proceso de aplicación de pintura electrostática.	97
6	ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROCESO DE EMBUTICIÓN.	99
6.1	Costos directos	99
6.1.1	Costo del conformado de las piezas del tanque de combustible.	99
6.1.2	Costo de los troqueles de embutición.	99
6.1.3	Costo de troqueles de corte	100
6.1.4	Costo de conformado de las partes del tanque de combustible	100
6.1.5	Costo de Soldadura.	101
6.1.6	Costo de soldadura por costura o rodillos.	102
6.1.7	Costo del proceso de pintura.	103
6.1.8	Costo del recubrimiento anticorrosivo	103
6.1.9	Costo directo total.	103
6.2	Costos indirectos.	103
6.3	Costo total.	103
6.3.1	Proyecciones financieras.	104
6.3.2	Punto de equilibrio por unidades.	104
6.3.3	Valor actual neto (VAN).	105
6.3.4	Tasa interna de retorno (TIR).	105
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
7.1	Conclusiones	106
7.2	Recomendaciones.	107
8	BIBLIOGRAFÍA	108
9	PLANOS	111

Tabla 2-1	Designaciones, composiciones y aplicaciones de seis aceros de herramientas.	13
Tabla 2-2	Propiedades mecánicas del HDPE.	15
Tabla 2-3	Grosor del material a soldar.	16
Tabla 2-4	Especificaciones metal base y tipo de soldadura aplicable.	17
Tabla 2-5	Composición química de los electrodos sólidos.	19
Tabla 2-6	Propiedades mecánicas del electrodo (Pruebas de tensión).	20
Tabla 2-7	Propiedades mecánicas del electrodo (Pruebas de impacto).	20
Tabla 2-8	Diámetros de electrodos según su tipo de envasado.	21
Tabla 2-9	Ventajas y desventajas de la pintura electrostática.	24
Tabla 3-1	Resultados de espectrometría de la motocicleta Suzuki Ax 100.	29
Tabla 3-2	Resultados de espectrometría de la motocicleta Honda biz 100.	30
Tabla 3-3	Composición química del acero al carbono (ASTM A29/A 29M-05).	30
Tabla 3-4	Especificaciones generales (Calidades de aceros).	36
Tabla 3-5	Propiedades mecánicas (Calidades de aceros).	36
Tabla 3-6	Comparación química.	36
Tabla 3-7	Comparación Propiedades mecánicas.	37
Tabla 3-8	Materiales para construir tanques de combustibles.	48
Tabla 3-9	Fuerzas en los tres tipos de manejo.	53
Tabla 3-10	Partes contractivas del tanque de combustible.	58
Tabla 3-11	Composición química del acero M238.	59
Tabla 4-1	Resultados obtenidos del análisis y simulación de esfuerzos.	86
Tabla 4-2	Resultados de la simulación de impactos.	87
Tabla 5-1	Procesos de fabricación.	93
Tabla 5-2	Material requerido para la embutición.	93
Tabla 5-3	Fuerza de los troqueles A y B.	94
Tabla 5-4	Fuerza del troquel C.	94
Tabla 5-5	Fuerza del troquel D.	94
Tabla 5-6	Fuerza del troquel E.	95
Tabla 5-7	Comparación de metales base.	95
Tabla 5-8	Procedimiento de aplicación.	97
Tabla 6-1	Costo de material en bruto para embutición.	99
Tabla 6-2	Costo de troqueles de embutición.	99
Tabla 6-3	Costo de troqueles de cizallamiento.	100
Tabla 6-4	Costo de embutición.	100
Tabla 6-5	Costo de la soldadura (partes A y B).	101
Tabla 6-6	Costo del recubrimiento anticorrosivo.	103
Tabla 6-7	Costo directo total.	103
Tabla 6-8	Costo total de fabricación.	104
Tabla 6-9	Datos financieros.	104
Tabla 6-10	Resultados financieros.	105

Figura 2-1	Motor Honda Tornado 250	4
Figura 2-2	Caja de transmisión de una motocicleta	4
Figura 2-3	Chasis de motocicleta con su basculante (Suzuki GN 125cc)	5
Figura 2-4	Carenados	6
Figura 2-5	Moto utilitaria (Suzuki GN125)	7
Figura 2-6	Motocicleta doble propósito WN 200GY-8	7
Figura 2-7	Motocicleta Scooter WX 150T-7	8
Figura 2-8	Motocicleta deportiva WX 200-18	8
Figura 2-9	Motocicleta turismo (Kawasaki Voyager VN 1700)	9
Figura 2-10	Motocicleta naked (Kawasaki W800)	9
Figura 2-11	Motocicleta custom (Kawasaki Classic VN900)	10
Figura 2-12	Motocicleta cros (Suzuki RM)	11
Figura 2-13	Estructura típica de 6 capas coextruidas	15
Figura 2-14	Soldadura MIG	18
Figura 2-15	Soldadura por rodillos	22
Figura 2-16	Máquina de soldadura por rodillos	22
Figura 2-17	Elementos de conformado	25
Figura 2-18	Faces del prototipado en software	28
Figura 3-1	Dimensiones de la probeta	31
Figura 3-2	Microestructura del acero con 0,05 %	34
Figura 3-3	Microestructura del acero con incrustaciones de aluminio	34
Figura 3-4	Microestructura del tanque de la motocicleta Honda biz 100	35
Figura 3-5	Microestructura de un acero (0,08 %C)	35
Figura 3-6	Escáner GO SCAN 3D 50 y Placa de calibración	39
Figura 3-7	Puntos de referencia en el tanque	39
Figura 3-8	Interfaz del escáner 3D	40
Figura 3-9	Procedimiento para modelado de tanque de combustible	41
Figura 3-10	Escaneo del tanque	42
Figura 3-11	Corrección de la superficie del tanque	42
Figura 3-12	Componentes del tanque de combustible escaneados.	42
Figura 3-13	Tanque de combustible alineado y ensamblado.	43
Figura 3-14	Malla inicial de la parte superior del tanque de combustible.	43
Figura 3-15	Malla final de la parte superior del tanque	44
Figura 3-16	Malla final de la parte inferior del tanque	44
Figura 3-17	Superficie de la parte superior de tanque	44
Figura 3-18	Secciones generadas por Geomagic Design X de la parte inferior	45
Figura 3-19	Superficie parte inferior del tanque.	45
Figura 3-20	Análisis de precisión de la parte superior del tanque	46
Figura 3-21	Análisis de precisión de la parte inferior del tanque	46
Figura 3-22	Cara superior e inferior del tanque	48
Figura 3-23	Elementos complementarios	49
Figura 3-24	Prototipo de tanque de combustible	49
Figura 3-25	Puntos de anclaje del tanque de combustible	52
Figura 3-26	Tanque modificado en su geometría	53
Figura 3-27	Diagrama de cuerpo libre	54
Figura 3-28	Diagrama del cuerpo libre en desaceleración	56
Figura 3-29	Tanque inclinado en paso por curva	57
Figura 3-30	Punzón y matriz parte A	59
Figura 3-31	Matriz Parte B	59
Figura 3-32	Área del material en bruto para la embutición	60
Figura 3-33	Valor de la relación entre la resistencia a la tracción y a la deformación	61
Figura 3-34	Punzón y matriz parte C	62

Figura 3-35	Punzón y matriz parte D	63
Figura 3-36	Punzón y matriz parte E	64
Figura 3-37	Troquel de la parte C del tanque.....	66
Figura 3-38	Troquel de la parte A y B del tanque.....	66
Figura 3-39	Troquel parte D y E del tanque.....	66
Figura 4-1	Estructura discreta y estructura continua.....	67
Figura 4-2	Variables de un problema en MEF.....	68
Figura 4-3	Calidad de malla Element Quality.....	68
Figura 4-4	Propiedades de JIS G 3141 SPCC SD en Ansys.	70
Figura 4-5	Calidad de malla con Element Quality	71
Figura 4-6	Restricciones físicas y cargas del tanque con 90% de combustible	71
Figura 4-7	Esfuerzo máximo-Presión de vapor con 90% de combustible	72
Figura 4-8	Deformación total-Presión de vapor con 90% de combustible	72
Figura 4-9	Factor de seguridad-Presión de vapor con 90% de combustible	72
Figura 4-10	Presión hidrostática con 90% de combustible	73
Figura 4-11	Esfuerzo máximo-Presión hidrostática con 90% de combustible.....	73
Figura 4-12	Deformación total-Presión hidrostática con 90% de combustible.....	73
Figura 4-13	Factor de seguridad-Presión hidrostática con 90% de combustible	74
Figura 4-14	Restricciones físicas y cargas del tanque con 50% de combustible	74
Figura 4-15	Esfuerzo máximo-Presión de vapor con 50% de combustible	74
Figura 4-16	Deformación Total-Presión de vapor con 50% de combustible	75
Figura 4-17	Factor de seguridad-Presión de vapor con 50% de combustible	75
Figura 4-18	Presión hidrostática con el 50% de combustible	75
Figura 4-19	Esfuerzo máximo-Presión hidrostática con el 50% de combustible.....	76
Figura 4-20	Deformación total-Presión hidrostática con el 50% de combustible.....	76
Figura 4-21	Factor de seguridad-Presión hidrostática con 50% de combustible	76
Figura 4-22	Restricciones físicas y cargas del tanque con 20% de combustible	77
Figura 4-23	Esfuerzo máximo-Presión de vapor con 20% de combustible	77
Figura 4-24	Deformación total-Presión de vapor con 20% de combustible	77
Figura 4-25	Factor de seguridad-Presión de vapor con 20% de combustible	77
Figura 4-26	Restricciones físicas y cargas – Presión externa.....	78
Figura 4-27	Esfuerzo máximo – Presión externa	79
Figura 4-28	Deformación Total– Presión externa.....	79
Figura 4-29	Factor de seguridad – Presión externa.....	79
Figura 4-30	Restricciones físicas y fuerzas en el análisis de aceleración	80
Figura 4-31	Esfuerzo máximo - Análisis de aceleración	80
Figura 4-32	Deformación total-Análisis de aceleración.....	80
Figura 4-33	Factor de seguridad-Análisis de aceleración	81
Figura 4-34	Restricciones físicas y fuerzas en el análisis de frenado	81
Figura 4-35	Esfuerzo máximo-Análisis de frenado	82
Figura 4-36	Deformación total-Análisis de frenado.....	82
Figura 4-37	Factor de seguridad-Análisis de frenado	82
Figura 4-38	Restricciones físicas y cargas-Paso por curva	83
Figura 4-39	Esfuerzo máximo - Paso por curva.....	83
Figura 4-40	Deformación total - Paso por curva.....	83
Figura 4-41	Factor de seguridad -Paso por curva.....	83
Figura 4-42	Restricciones físicas –Impacto (Caída libre)	84
Figura 4-43	Esfuerzo máximo –Impacto.....	84
Figura 4-44	Deformación – Impacto.....	85
Figura 4-45	Restricciones físicas – Impacto lateral	85
Figura 4-46	Esfuerzo máximo –Impacto lateral.....	86
Figura 4-47	Deformación total–Impacto lateral.....	86
Figura 5-1	Prototipo del tanque mecanizado en madera	91
Figura 5-2	Prototipo en fibra de vidrio.....	92
Figura 5-3	Tipos de soldaduras por rodillos.....	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Grafico 3-1	Esfuerzo-Deformación tanque Suzuki AX 100	31
Grafico 3-2	Esfuerzo-Deformación unitaria (Tanque de Honda Biz 100)	33
Grafico 3-3	Composición química	37
Grafico 3-4	Comparación Propiedades mecánicas.....	37
Grafico 5-1	Flujo-grama del proceso de fabricación.....	88
Grafico 5-2	Flujo grama de la fabricación del prototipo de tanque de combustible	89
Grafico 5-3	Diagrama morfológico de la construcción del prototipo.	90
Grafico 5-4	Diagrama morfológico del prototipo de fibra de vidrio.....	92

SIMBOLOGÍA

MPa	Mega pascales
co₂	Anhídrido carbónico
P_h	Presión hidrostática
h	Altura del fluido.
P_{ex}	Presión externa de soporte
F_{ex}	Fuerza de Apoyo
A	Área de Contacto que será la palma de la mano de la persona promedio.
ρ	Densidad del fluido (gasolina)
F_g	Fuerza de gravedad (gasolina)
γ	Peso específico de la gasolina
a	Aceleración.
WG	Peso de la gasolina.
V	Volumen que ocupa la gasolina en el tanque.
ΣFX	Sumatoria en X.
F_a	Fuerza de aceleración.
F_d	Fuerza de desaceleración.
ΣM	Sumatoria de momentos.
F_g	Fuerza de giro.
l_o	Longitud inicial.
l	Longitud final.
P_{max}	Carga máxima.
P_{flue}	Carga de Fluencia:
S_{ut}	Resistencia ultima a la tensión.
K_{gf}	Kilogramo fuerza.
S_y	Resistencia a la fluencia.
E	Módulo de Young.
ε (%)	Porcentaje a la deformación.
σ_{ut}	Resistencia a la tracción del material.
d	Diámetro del punzón.
s	Espesor de chapa.
πd	Perímetro del punzón.
n	Relación entre la renitencia a tracción y la deformación.
P_s	Presión del sujetador.
D	Diámetro del disco en chapa.
p	Presión especifica según el material.
P	Perímetro de la figura.
S	Espesor de la lámina.
σ_T	Esfuerzo de ruptura del material de corte.
FA	Fuerza de estampado. Troquel A y B.
QA	Fuerza de corte. Troquel A y B.
QrA	Rozamiento de corte. Troquel A y B.
FC	Fuerza de estampado. Troquel C.
QC	Fuerza de corte. Troquel C.
QrC	Rozamiento de corte. Troquel C.
FD	Fuerza de estampado. Troquel D.

QD	Fuerza de corte. Troquel D.
QrD	Rozamiento de corte. Troquel D.
FE	Fuerza de estampado. Troquel E.
QE	Fuerza de corte. Troquel E.
QrE	Rozamiento de corte. Troquel E.
a	Costo del gas protector.
b	Costo de la energía por Kilogramo de metal depositado.
c	Costo del material de aporte por Kilogramo de metal depositado.
χ	Costo de mano de obra directa por Kilogramo de metal depositado.
e	Costos indirectos por Kilogramo de metal depositado.
f	Costo total por Kilogramo de metal depositado.
g	Costo total por metro de junta.
h	Costo total del trabajo.
PEu	Punto de Equilibrio por Unidades.
ni	Número de años para los que se realiza la inversión.
i	Tasa mínima de rentabilidad.

LISTA DE ABREVIATURAS

CAD:	Diseño asistido por computadora
CAM:	Manufactura asistida por computadora
CAE:	Ingeniería asistida por computadora
MEF:	Método de elementos finitos
JIS:	Japanese Industrial Standards (Normas industriales de Japón)
SPCC:	Commercial Cold Rolled Steels (Acero laminado en frío)
HSLA:	High-strength low-alloy (Acero de alta resistencia y baja aleación)
HDPE:	High Density Polyethylene (Polietileno de alta densidad)
EVOH:	Etilen-vinil-alcohol
EPA:	Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos de América
JASO:	Japanese Automotive Standards Organization
INEN:	Instituto ecuatoriano de normalización
NTE:	Norma técnica ecuatoriana
AEADE:	Asociación de empresas automotrices del Ecuador
AISI:	Instituto americano del hierro y el acero
SAE:	Sociedad de ingenieros automotrices
ASTM:	Asociación americana de ensayos de materiales
CFD:	Dinámica computacional de fluidos
FEA:	Análisis de elementos finitos
JSAE:	Asociación japonesa de ingenieros automotrices
GMAW:	Gas metal arc welding (Soldadura por arco de metal y gas)
PAW:	Plasma Arc Welding (Soldadura por arco de plasma)
AWS:	Sociedad americana de soldadura
FCAW:	Flux Cored Arc Welding (Soldadura por arco de flujo)
GTAW:	Gas tungsten arc welding (Soldadura por arco con gas tungsteno)
SI:	Sistema internacional
ANSI:	Instituto nacional estadounidense de estándares
FTC:	Fuel tank coating (Revestimiento del tanque de combustible)
UV:	Rayos ultravioletas
VAN:	Valor actual neto
TIR:	Tasa interna de retorno

RESUMEN

Se realizó el diseño, análisis y construcción de un prototipo de tanque de combustible de motocicleta, que servirá como base para futuros estudios de diseño o manufactura y de esta manera contribuir con la pertinencia de la escuela de Ingeniería Automotriz en el estudio y generación de tecnologías para la obtención de moto partes, integrándonos al cambio de la matriz productiva. Para ejecutar el trabajo examinamos como diseño inicial al tanque de la motocicleta Suzuki GN 125 al cual se le aplicó ingeniería inversa utilizando el escáner 3D determinando las características geométricas, además de caracterizar el material para comparar las propiedades mecánicas con materiales de producción nacional. Al modelo inicial se lo rediseño poniendo énfasis en la ergonomía del conductor, además del estudio descriptivo; obteniendo los esfuerzos y presiones que afectan el diseño del tanque, aplicamos el análisis de Elementos Finitos para simular las condiciones que se describe en la normativa internacional JASO publicación N° T906-2 de JSAE JASO STANDARS. Como investigación exploratoria se logró la modelación de los troqueles para una hipotética producción en serie, mientras que para la construcción del prototipo se utilizaron diferentes materiales como la madera y fibra de vidrio, teniendo en cuenta que el acero ASTM 1006 es el material de construcción de tanques más utilizado. Cumpliendo con los objetivos el acero de producción nacional más parecido es el JIS G 3141 SPCC que sus propiedades mecánicas satisfacen a todas las pruebas experimentales de impacto, presiones y caída libre que se simularon en el tanque llegando a pequeñas deformaciones que nunca sobrepasaban el límite de fluencia mucho menos el límite de ruptura del material quedando así el diseño seguro. Con las pruebas experimentales se obtuvo un coeficiente de seguridad mínimo de 2, llegando a un costo de fabricación del tanque adecuado.

PALABRAS CLAVE: <TANQUE DE COMBUSTIBLE> < DISEÑO> <ASOCIACIÓN JAPONESA DE INGENIEROS AUTOMOTRICES DE JAPÓN (JSAE)> <INSTITUTO JAPONÉS DE ESTANDARIZACIÓN (JIS)> <PROTOTIPO> <PRODUCCIÓN> <ESCÁNER 3D> <MOTOPARTES>

ABSTRACT

The design, analysis and construction of a motorcycle fuel tank prototype was made, it will be used for future design and manufacture studies in order to contribute with the pertinence to Automotive Engineering School in the study and generation of technologies for the obtaining of motor vehicle parts and to be integrated with the change of the production matrix. To execute the work, the tank of Suzuki GN 125 motorcycle was examined as an initial design, it was applied the reverse engineering by using the 3D scanner determine geometric characteristics, and to characterize the material in order to compare the mechanical properties with materials of national production. The initial model was redesigned emphasizing in the driver's ergonomics and in the descriptive study; once the efforts and pressure that affect the tank design were obtained, it was applied and analysis of Infinite Elements to simulate the conditions described in JASO publication N° T906-2 international regulation of the JSAE JASO STANDARS. By being an exploratory investigation, eved the modeling of the dies for a hypothetic production in series was achieved, meanwhile for the construction of a prototype there were used materials as wood and fiberglass, considering that the ASTM 1006 steel is the most used tank construction material. Reaching the goals, the JIS G 3141 SPCC national production steel has mechanical properties satisfy all the experimental proofs of impact, pressure and free fall that were simulated in the tank causing little deformations which never exceeded fluence limits nor the rupture limit of the material resulting in a secure design. With the experimental proofs, it was possible to obtain a minimum security coefficient of 2, reaching an adequate manufacturing cost.

KEY WORDS: <FUEL TANK>, <DESING>, <JAPANESE SOCIETY OF AUTOOTIVE ENGINEER (JSAE)>, <JAPANENE INSTITUTE OF STANDARDIZATION (JIS)>, <PROTOTYPE>, <MANUFACTURING>, <3D SCANNER>, <MOTOR VEHICLE PARTS>.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

Las políticas del gobierno nacional están enfocadas en el cambio de la matriz productiva, dentro de este contexto el Ecuador está empeñado en aumentar los componentes de fabricación nacional de varios productos. En el país se encuentra vigente el acuerdo ministerial 12 392, publicado en el registro oficial No. 777 de 29 de agosto de 2012, que establece como mínimo un 5% de agregado nacional en las motocicletas que son ensambladas en nuestro país. Según cifras de la Asociación de Empresas Ensambladoras de Motocicletas y Afines (AEMA), en Ecuador se vende un promedio de 100 mil unidades al año, dentro de estas 100.000 motos que se vende anualmente entre motos ensambladas por empresas nacionales y las que vienen armadas de otros países, el 55% de motocicletas vendidas se ensambla en Ecuador y un 45% es importado es decir que vienen completamente armadas desde el exterior.

Con el porcentaje de motos que se ensamblan en el país se genera entre 6 mil y 8 mil empleos a nivel nacional, entre mano de obra directa e indirecta, esto abarca talleres, almacenes que venden motocicletas, ensambladoras y fabricantes de moto partes.

Los fabricantes de partes de motocicletas aseguran que las partes que constituyen el componente nacional de las motos consiste en: los manubrios de la moto, basculantes, parrillas, la estructura de apoyo de la moto, defensas y deflectores de calor.

Debido al impulso del cambio de la matriz productiva del país, existe la necesidad de las empresas que fabrican moto-partes en desarrollar nuevos productos, los cuales ayuden a integrar el mayor número de porcentaje de partes nacionales en motocicletas nuevas que se importen en el país.

1.2 Justificación.

El presente proyecto de tesis tiene como finalidad el diseño, análisis y construcción de un prototipo de tanque de combustible de motocicleta para lo cual se utilizará un software que nos ayudará simular las condiciones de trabajo, así como las condiciones extremas a las cuales está expuesto.

En Ecuador la elaboración de partes de motocicletas es reducida y está empezando en el desarrollo de elementos de motocicletas, por lo que los estudiantes de la ESPOCH han visto una oportunidad para contribuir en este campo, además de que de las partes que fabrican las empresas nacionales no incluyen el tanque de combustible, es decir que este componente no se construye en el país

Como sector estudiantil pretendemos contribuir y proponer el aumento de la producción de partes de motocicletas, la escuela de Ingeniería Automotriz tiene pertenencia en este tema, y ante la necesidad de generar este proyecto como base para futuros estudios de diseño y manufactura como en este caso del tanque de combustible de motocicleta con fines de producción nacional. La integración de la universidad con el sector productivo nos llevará a contribuir con el desarrollo de la industria aplicando métodos y principios de ingeniería inversa necesarios en el presente estudio.

En tal virtud es necesario la aplicación de los conocimientos que se adquirieron durante la vida estudiantil en este proyecto de tesis, generando un modelo del tanque de combustible que sea competitivo y que cumpla con las características especificadas para este tipo de partes de la motocicleta.

1.3 Objetivos.

Objetivo general.

- Diseñar, analizar y construir un prototipo de tanque de combustible de motocicleta con fines de producción nacional.

Objetivos específicos:

- Realizar un estudio sobre el diseño del tanque de combustible de la motocicleta importada para efectuar ingeniería inversa.
- Aplicar las normas de estandarización para el diseño y análisis del tanque de combustible de la motocicleta.
- Realizar la validación del diseño mediante la utilización de software simuladores de CAD/CAM-CAE.
- Realizar un estudio para la fabricación del prototipo del tanque de combustible de la motocicleta detallando los procesos que se llevarían a cabo.
- Construir un prototipo de tanque de combustible de la motocicleta de producción nacional.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 Caracterización de motocicletas en función a su utilización.

La definición de motocicleta es, según la Real Academia Española, “un vehículo automóvil de dos ruedas, con uno o dos sillines y, a veces, con sidecar”. El cuadro y las ruedas constituyen la estructura fundamental de la motocicleta, la rueda directriz es la delantera y la rueda motriz es la trasera, siendo la transmisión por cadena o cardan. Todas las motocicletas están compuestas por los mismos elementos, aunque con diversas variaciones en la configuración y disposición de motor, chasis, frenos, cadenados etc.

La motocicleta es un vehículo de transporte ligero, entre sus ventajas está el bajo consumo de combustible por ende su baja emisión de gases contaminantes, es mucho más asequible que un automóvil debido al bajo costo de algunos modelos, además su mantenimiento y repuestos son más económicos que cualquier otro automotor.

La motocicleta brinda una opción de movilidad en diferentes terrenos debido a la variedad de tipos existentes en el mercado, siendo el desplazamiento de personas en la zona urbana más rápido y sin percances considerando siempre el respeto hacia los peatones y a las leyes de tránsito.

2.2 Partes principales de una motocicleta

2.2.1 *El motor.*

Es el que genera a partir de la transformación de energía química proveniente del combustible en energía mecánica y proporcionar el par necesario para acelerar la motocicleta, se utilizan motores de combustión interna de dos o cuatro tiempos, el motor de cuatro tiempos puede considerarse como el más versátil, la cilindrada depende del modelo de motocicleta.

El motor, en muchos casos tiene también una función estructural ayudando así al chasis a soportar los diferentes esfuerzos presentes en su conducción; puede ser refrigerado por tan solo aire o en motores de mayor cilindrada por agua.

Figura 2-1 Motor Honda Tornado 250.



Fuente: Autores.

2.2.2 Transmisión.

“La transmisión está formada por todo el conjunto de piezas (ejes, piñones) que se utilizan para transmitir el movimiento del motor a la rueda trasera. Para que esa transmisión sea efectiva necesitaremos de varios sistemas que la conviertan en posible, se podría conectar la salida del cigüeñal directamente a la cadena secundaria pero eso no daría unos resultados nada efectivos. Para mejorar el sistema se incluye el embrague, elemento clave en la transmisión de movimiento y en el desarrollo de la moto”. (SOMOANO, 2003)

Figura 2-2 Caja de transmisión de una motocicleta.



Fuente: Autores.

2.2.3 Chasis.

Es la estructura que sostiene, aporta rigidez y forma a la motocicleta, sujeta tanto los componentes mecánicos, como el motor, la suspensión de las ruedas, incluyendo el carenado. Hay muchas variedades tanto en estructura como en materiales, siempre persiguiendo conseguir rigidez y bajo peso.

Figura 2-3 Chasis de motocicleta con su basculante (Suzuki GN 125cc).



Fuente: <http://vendebien.cl/p/chasis-moto-gn-125-9715035>

2.2.4 *Tanque de combustible.*

Es el elemento en el cual se almacena el combustible de manera segura, para ser suministrado al sistema de alimentación de la motocicleta. Este debe contar con ciertas características que en el caso de la motocicleta son:

- Aerodinámicas, ya que la motocicleta en movimiento el tanque tiene contacto directo con el aire que se desplaza y sus formas deben ser lo más estilizadas posibles para evitar el rozamiento con el aire.
- Seguridad, porque el tanque al estar expuesto al ambiente es vulnerable y en caso de colisión puede ocasionar explosiones o incendios.
- Soporte, pues en ciertos tipos de motocicletas tiene que soportar parte del peso corporal del conductor por ejemplo se suele apoyar el abdomen y los muslos de las piernas.
- La capacidad de almacenamiento del tanque de combustible viene dado por el tipo de motocicleta y también se toma en cuenta la cilindrada del motor.

2.2.5 *Basculante.*

El basculante es el elemento que conecta la rueda trasera al chasis podemos considerar que tiene tres puntos clave de unión, uno es la unión con la rueda los otros dos relacionan el basculante con el chasis uno de ellos se encuentra en el extremo del basculante, donde pivota sobre el chasis permitiendo así el recorrido de la suspensión trasera (segundo punto de relación con el chasis, que se produce mediante el amortiguador trasero).

2.2.6 *Frenos.*

El sistema de frenos de una motocicleta es uno de los más importantes de la misma La capacidad de detención del vehículo es imprescindible, hasta el punto de que una motocicleta jamás debe alcanzar una velocidad superior a la que le permitan sus frenos. “La energía cinética que posee el

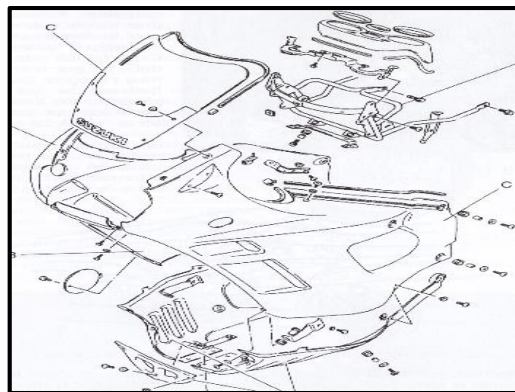
vehículo, debido a su masa y a su velocidad, se transforma en energía calorífica, surgida del rozamiento de los elementos de fricción (que no giran) con las correspondientes superficies móviles, solidarias a las ruedas”. (ARIAS, 2003 pp. 690-691)

Es importante conocer este principio, ya que la eficacia de frenado se mantiene, sólo si existe una eficaz disipación del calor generado.

2.2.7 Carenados.

Es la carrocería de la motocicleta su principal objetivo es la protección del piloto y la disminución de la resistencia al aire mediante las formas aerodinámicas con las que los fabricantes los construyen, que pueden ser de plástico la mayoría.

Figura 2-4 Carenados.



Fuente: (ARIAS, 2003 p. 654)

2.3 Tanque de combustible.

Debido a que no existe una clasificación de tanques de combustible para motos, se los puede clasificar según la utilidad de las motocicletas y con ello los diferentes tipos de tanques de combustible se describen a continuación:

2.3.1 Tanque de combustible de motocicleta utilitaria.

La motocicleta utilitaria se caracteriza por su baja cilindrada, hasta los 250 cm^3 , estas cuentan con el menor número de accesorios siendo las más básicas del mercado. Por esta razón el precio de adquisición de estas motocicletas es bajo, es la respuesta económica a la movilidad en las ciudades con gran número de habitantes.

En el Ecuador es el tipo de motocicleta más vendida con 66.181 unidades según el anuario 2013 de AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador), Suzuki es la marca que domina el mercado con el 18,89% de ventas.

El tanque de combustible de esta motocicleta está en el promedio de tres galones de capacidad, el material utilizado en este tanque de combustible es acero, las formas de diseño no son muy complejas.

Figura 2-5 Moto utilitaria (Suzuki GN125).



Fuente: <https://suzukign125.files.wordpress.com>

2.3.2 *Tanque de combustible de motocicleta doble propósito.*

“En principio surgieron como modelos de campo, adaptados al uso en carretera, si bien en la actualidad la situación es opuesta, siendo modelos de carretera con ciertas aptitudes para circular por caminos y sendas forestales de escasa dificultad”. (ARIAS, 2003 p. 26)

En este tipo de motocicleta el depósito de combustible tiene una capacidad de hasta 6 galones, las formas aerodinámicas de este tanque tiene mucha importancia debido a que es utilizada en viajes de carretera por ende a altas velocidades y el material para su construcción es acero.

Figura 2-6 Motocicleta doble propósito WN 200GY-8.



Fuente: www.motoswanxin.com.pe/catalogo-motos-wanxin+.pdf

2.3.3 *Tanque de combustible de motocicleta scooter.*

“Es un vehículo ante todo práctico, dotado generalmente de cambio automático, el cual ofrece una gran protección y limpieza, permitiendo su utilización con ropa de calle, sin riesgo de ensuciarse, al estar ocultos sus órganos metálicos”. (ARIAS, 2003 p. 25)

Debido a que es un vehículo destinado para movilizarse en la ciudad posee diámetros de rueda pequeños y está pensado para que tenga en promedio un bajo consumo de combustible, por lo que su tanque tiene una capacidad moderada, al estar el depósito de combustible totalmente cubierto por el carenado el material de construcción es acero y no sigue ninguna forma específica ni aerodinámica.

Figura 2-7 Motocicleta Scooter WX 150T-7.



Fuente: www.motoswanxin.com.pe/c.atálogo-motos-wanxin+.pdf

2.3.4 *Tanque de combustible de motocicleta deportiva.*

Las motocicletas deportivas son muy potentes, en las que sus motores se diseñan para obtener de ellos las máximas prestaciones posibles a bajo y medios regímenes, tecnológicamente están siempre a la vanguardia.

Otra característica que las define es la eficacia de su comportamiento debido a su ligereza y a la calidad de su bastidor, suspensiones y frenos, así como a la postura en conducción en la que se suele sacrificar la comodidad del acompañante en beneficio del piloto y del comportamiento en general.

Debido a sus altas prestaciones, y para adquirir la mayor velocidad de punta el material del tanque de combustible es aluminio y plástico para así aligerar el peso de la motocicleta, sus diseños son lo más aerodinámicos posibles.

Figura 2-8 Motocicleta deportiva WX 200-18.



Fuente: www.motoswanxin.com.pe/catalogo-motos-wanxin+.pdf

2.3.5 *Tanque de combustible de motocicleta turismo.*

Son motocicletas dotadas de amplios cadenados, con los que se ofrece una gran protección a los ocupantes, dado que están pensadas para circular con pasajeros. Debido a su peso dispone de motores de alta cilindrada con gran cantidad de par, abajo y a medio régimen, por lo que su nivel de prestaciones es inferior a lo que se podría deducir de su cilindrada.

“Dicho peso, junto con su envergadura no las hacen aptas para la conducción deportiva, por lo que suelen disponer de un generoso equipamiento en el que se suele incluir equipo de audio, control de velocidad y ordenador multifunción”. (ARIAS, 2003 pp. 22-23)

En este tipo de motocicletas el tanque de combustible es de gran capacidad de almacenamiento debido a la alta cilindrada del motor, están diseñados en acero y al contar con carenados frontales de gran tamaño que cubren al tanque del contacto directo del aire la aerodinámica no influye en su diseño.

Figura 2-9 Motocicleta turismo (Kawasaki Voyager VN 1700).



Fuente: ebrochure.kawasaki.eu/.../cruiser___classics_brochure_2014_es_web.pdf

2.3.6 *Tanque de combustible de motocicleta naked.*

La motocicleta naked es llamada así debido a que no posee carenados, esta es la forma original de la motocicleta, por lo que van desde pequeñas cilindradas hasta grandes motores tetra cilíndricos.

Figura 2-10 Motocicleta naked (Kawasaki W800).



Fuente: ebrochure.kawasaki.eu/.../cruiser___classics_brochure_2014_es_web.pdf

La utilización de esta motocicleta no está completamente definida, ya que se la utiliza para largos viajes en carretera así como en la ciudad. Por su versatilidad el material elegido por los fabricantes varía entre acero y plástico según la gama de motocicleta que se refiera, además de que la aerodinámica no es un factor importante en el diseño del tanque de combustible, la forma de este va estipulado por el carácter de la motocicleta.

2.3.7 *Tanque de combustible de motocicleta custom.*

“Hace años conocidas como chopper, deben su imagen al mercado norteamericano, en el que, dadas las estrictas restricciones de velocidad, las motos no se diseñan pensando en sus prestaciones y comportamiento dinámico, si no en su imagen y estética”. (ARIAS, 2003 p. 24) . Por lo general son motos incomodas en contra de lo que su imagen pudiera dar a entender a primera vista, ofreciendo una postura de conducción anti aerodinámica.

Estas han sido las motos más personalizadas del mercado, siguiendo con la tendencia de construir partes a medida para modificarla, por lo que su tanque de combustible está diseñado en función de la estética dirigida por el requerimiento del dueño, por esta razón los materiales utilizados en la construcción del tanque de combustible pueden ser acero, aluminio o plástico etc.

Figura 2-11 Motocicleta custom (Kawasaki Classic VN900).



Fuente: ebrochure.kawasaki.eu/.../cruiser___classics_brochure_2014_es_web.pdf

2.3.8 *Tanque de combustible de motocicleta cross.*

Es una motocicleta pensada para competir en circuitos de tierra con saltos elevados y estrechas curvas, por este motivo las características principales de este tipo de motocicleta es el bajo peso, gran maniobrabilidad y una tracción adecuada para el tipo de terreno. Estas motos cuentan con suspensión regulable arranque manual y el número de accesorios reducidos al mínimo.

El tanque de combustible es construido de plástico para disminuir el peso de la motocicleta, la capacidad de almacenamiento reducido al mínimo, teniendo que abastecerse para cada carrera.

La aerodinámica no influye mayormente en su diseño debido a que las velocidades alcanzadas en el circuito son bajas.

Figura 2-12 Motocicleta cros (Suzuki RM).



Fuente: M. Arias-Paz Motocicletas pág. 28

2.4 Materiales para la fabricación del tanque de combustible de la motocicleta.

Dentro de los materiales es necesario mencionar una breve clasificación de los materiales sólidos que pueden ser metálicos, cerámicos, polímeros, semiconductores y compuestos; esta clasificación se basa en la composición química y en la estructura atómica del material.

2.4.1 Metálicos.

“Los metales y sus aleaciones, incluyendo acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, titanio, cobre y níquel, generalmente tiene como características una buena conductividad eléctrica y térmica, una resistencia relativamente alta, una alta rigidez, ductilidad o confortabilidad y resistencia al impacto. Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga” (ASKELAND, 1998 p. 5)

A los metales los podemos clasificar en ferrosos y no ferrosos; siendo el hierro o acero (combinación de hierro con porcentajes pequeños de carbono) el principal compuesto de los metales ferrosos. Los metales no ferrosos no contienen hierro por lo que son más resistentes a la oxidación cuando están expuestos al medio ambiente y al momento de mecanizarlos son más manipulables; entre ellos tenemos por ejemplo: plomo, magnesio, cromo, níquel, aluminio, titanio, cinc estaño y el cobre con sus aleaciones.

2.4.1.1 El acero

Los aceros son una aleación de hierro con porcentajes de carbono que van desde 0.1% al 2%, también se lo puede combinar con otros metales por ejemplo Cromo (Cr) o el Níquel (Ni). Con la presencia de carbono mejoramos las propiedades del hierro este se vuelve más resistente a la tracción,

disminuyendo su tenacidad y su ductilidad, así también aumenta su fragilidad en frío. Según (ASKELAND, 1998 p. 320) "El punto que divide el acero de los hierros fundidos es 2,11 % C".

"Para la producción de acero primario, el mineral de hierro (óxido de hierro) se calienta en un alto horno en presencia de coque (carbono) y oxígeno. El carbono reduce el oxígeno de hierro a hierro en bruto líquido, produciendo monóxido de carbono y bióxido de carbono como subproductos. La piedra caliza, agregada para ayudar a eliminar impurezas, se funde produciendo escoria líquida. Dado que hierro bruto líquido contiene cantidades muy grandes carbono se sopla oxígeno en el horno de oxigenación o de aceración básico para eliminar carbón excedentes y producir acero líquido" (ASKELAND, 1998 p. 320)

- Aceros bajos en carbono

Es el acero de mayor producción con un 0,25% de Carbono, su microestructura consiste en ferrita y perlita por ello son aceros blandos y poco resistentes, pero tienen extraordinarias características de ductilidad y tenacidad, además son fáciles de mecanizar soldar y baratos. "Se utilizan para fabricar carrocerías de automóviles, vigas (en forma de I, canales y ángulos) y láminas para construir tuberías, edificios, puentes y latas estañadas". (CALLISTER p. 361) Dentro de las propiedades mecánicas estos aceros presentan un límite elástico de 275 MPa, la resistencia a la tracción está entre 415 a 550 MPa.

Dentro de los aceros bajo en carbono se los puede agrupar a los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), contienen elementos de aleación como níquel molibdeno vanadio y cobre en concentraciones combinaciones de aproximadamente el 10% debido a ello poseen mayor resistencia mecánica que los aceros bajos en carbono. "Se aumenta la resistencia por tratamiento térmico y el límite elástico excede de 480 MPa", los aceros HSLA resisten mejor la corrosión, algunas aplicaciones con este aceros podemos encontrar en puentes, torres, columnas de altos edificios y recipientes a presión.

- Aceros medio en carbono.

Tiene un porcentaje de entre 0,25 y 0,6% de carbono, al adicionarle elementos como cromo, níquel y molibdeno mejoramos la capacidad del acero para ser tratado térmicamente, ya sea por temple y revenido; mejorando así las propiedades mecánicas y obteniendo una gran variedad de combinaciones resistencia ductilidad.

"Estos aceros tratados térmicamente son más resistentes que los bajos en carbono, pero menos dúctiles y tenaces. Se utilizan para fabricar ruedas y railes de trenes, engranajes cigüeñales y otros

componentes estructurales que necesitan alta resistencia mecánica, resistencia al desgaste y tenacidad”. (CALLISTER p. 362)

- Aceros altos en carbono

Contiene aproximadamente 0,6 a 1,4% de carbono siendo por ello más resistentes y menos dúctiles que otros aceros. “Casi siempre se utilizan en la condición templada y revenida, en la cual son especialmente resistentes al desgaste y capaces de adquirir la forma de herramienta a de corte. Las herramientas y las matrices se fabrican con aceros aleados altos en carbono que contienen generalmente, cromo, vanadio, tungsteno y molibdeno. Estos elementos de aleación se combinan con el carbono para formas carburos muy duros y resistentes al desgaste por ejemplo $Cr_{23}C_6$, V_4C_3 y WC”. “Estos aceros se utilizan como herramientas de corte y matrices para hechar materiales, así como cuchillos, navajas, hojas de sierra, muelles e hilos de alta resistencia”. (CALLISTER p. 363)

Tabla 2-1 Designaciones, composiciones y aplicaciones de seis aceros de herramientas.

Número AISI	Número UNS	Composición (% en peso)						Aplicaciones típicas
		C	W	Mo	Cr	V	Otros	
W1	T72301	0,6-1,4						Herramientas de herrería y carpintería
S1	T41901	0,5	2,5		1,5			Cortatubos, brocas para cemento
O1	T31501	0,9	0,5		0,5		1 Mn	Hojas de corte, herramientas cortantes
A1	T30102	1						Troqueles, matrices de estampado
D2	T30402	1,5		1	5	1		Cuchillería, matrices de estiramiento
M1	T11301	0,85	1,5	1	12	1		Brocas, sierras, herramientas de torno y de cepillar

Fuente: (CALLISTER p. 363)

- Aceros inoxidables

Son aceros que resisten muy bien a la corrosión o herrumbre, esta resistencia se ve mejorada con adiciones de níquel y molibdeno siendo el cromo en una concentración de 11% el principal elemento de esta aleación.

Gracias a la elevada resistencia a la oxidación, los aceros inoxidables se utilizan en atmosferas de hasta 1000 °C, pudiendo utilizarse en turbinas de gas, generadores de vapor, hornos de tratamientos térmicos, aviones, misiles y generadores de energía nuclear.

El acero es el material más utilizado en la fabricación de tanques de combustible sobre todo en la industria automotriz,

Los fabricantes de tanques de combustible de Estados Unidos y Japón son los que más utilizan este material, siendo el acero con una aleación que se hizo históricamente de plomo y estaño

utilizado para cubrir el acero, en la proporción de 20% de estaño y 80% de plomo. Actualmente el plomo ha sido reemplazado con el metal de zinc y se utiliza en la proporción de 50% de estaño y 50% de zinc.

2.4.1.2 *Aluminio*

Según (CALLISTER p. 378) "el aluminio y sus aleaciones se caracteriza por la relativamente baja densidad ($2,7 \text{ g/cm}^3$ comparada con $7,9 \text{ g/cm}^3$ del acero), elevadas conductividades eléctrica y térmica y resistencia a la corrosión en algunos medios, incluyendo el atmosférico". El aluminio puro presenta una elevada ductilidad que se puede convertir en papel de aluminio, su módulo de elasticidad de 10×10^6 psi; la desventaja del aluminio es su baja temperatura de fusión ($600 \text{ }^\circ\text{C}$) por lo que no trabaja bien a temperaturas elevadas, además de no ser resistente al desgaste por su baja dureza.

La característica más importante es la resistencia específica (es la relación entre resistencia a la tracción y densidad), siendo que la resistencia al tracción es menor que la del acero, pero para un determinado peso puede aguantar una carga mucho mayor. Las aplicaciones más comunes son: latas para bebidas, partes estructurales de aviones, partes de las carrocerías de autobuses y automóviles como los pistones y culatas.

El aluminio es únicamente utilizado en motocicletas deportivas ya que requieren un bajo peso, por lo que no es el material más utilizado para la fabricación de tanques de combustible, más bien tiende a ser el material escogido por las empresas que fabrican partes personalizadas de motocicletas, por lo que su costo es elevado; La única marca de motocicletas que fabrica tanques de combustible en serie es Ducati.

2.4.2 *Polímeros.*

Los plásticos, el caucho o hule y los adhesivos son los materiales que están dentro de los polímeros que tienen las siguientes características: son ligeros, resistentes a la corrosión, de baja resistencia y rigidez, no son adecuados para trabajar a temperaturas altas.

Las aplicaciones con polímeros son abundantes ya que se puede construir casi cualquier cosa con ellos por ejemplo: aparatos domésticos o decorativos, juguetes, recubrimientos, pinturas, adhesivos espumas, llantas de automóviles y motocicletas.

2.4.2.1 *Polietileno de alta densidad.*

De la familia de los polímeros, el polietileno de alta densidad HDPE (por sus siglas en inglés High Density Polyethylene) es el de mayor producción en el mundo, tiene la característica de ser

incolore, inodoro, no ser tóxico, presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) y se obtiene a baja presión.

Para obtener el HDPE se sintetiza por medio de un procedimiento encontrado por el profesor Karl Ziegler, en los años 1949-1955, llamado polimerización de Ziegler-Natta. Se trata de un proceso de polimerización catalítica (catalizador de Ziegler-Natta) a baja presión (la presión de fabricación está por debajo de 14 MPa).

Tabla 2-2 Propiedades mecánicas del HDPE.

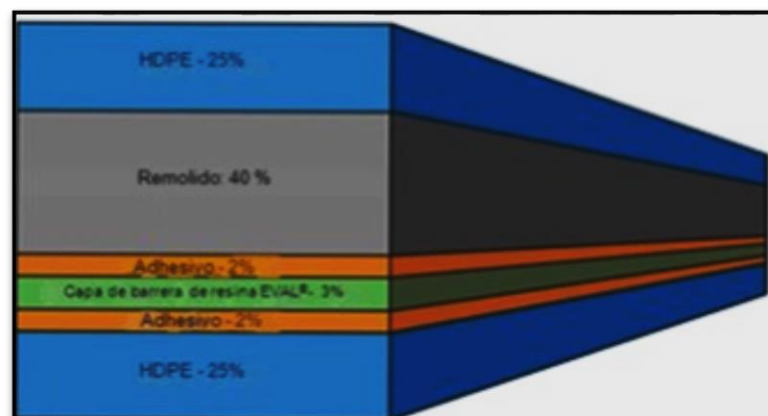
Propiedades mecánicas	
Módulo Limite elástico E (N/mm ²)	1000
Coefficiente de fricción	0,29
Módulo de tracción (GPa)	0,5-1,2
Relación de Poisson	0,46
Resistencia a tracción (MPa)	15-40
Esfuerzo de rotura (N/mm ²)	20-30
Elongación a ruptura (%)	12

Fuente: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pe/polietileno%20de%20alta%20densidad.htm>

Con el desarrollo de nuevos procesos de fabricación el HDPE ha llegado a tener mejores características, esto se debe a la tecnología del tanque multicapa que consiste en una capa de HDPE, una capa de adhesivo de copo limero de poliamida o de etileno-vinil alcohol, una capa de barrera (EVOH), una capa de adhesivo conjuntamente con la capa de remolido y una capa final de HDPE; descrito desde el interior del tanque hacia el exterior.

Las resinas de copo limeros de etileno y alcohol vinílico (EVOH), se utiliza como polímero funcional para reducir las emisiones de combustible a través de la pared del tanque, mientras que el HDPE se usa como polímero estructural.

Figura 2-13 Estructura típica de 6 capas extruidas.



Fuente: <http://www.evalevoh.com/es/applications/automotive/fuel-tanks.aspx>

En un tanque de combustible multicapa crea una reducción considerable en las emisiones contaminantes de hidrocarburos que salen del tanque de combustible. Como resultado, los tanques de combustible de plástico multicapa cumplen con los estrictos requisitos de la EPA (Agencia de Protección Ambiental).

NOTA: EVAL™ es la marca comercial para Latinoamérica registrada de las resinas de copo limeros de etileno y alcohol vinílico (EVOH) y comercializa desde 1972.

2.5 Soldadura.

Dentro del proceso de soldadura tomaremos como referencia la norma (American National Standards Institute, 2007) que es el código de soldadura estructural en chapa metálica especificando los lineamientos del proceso de soldadura. Dicho código cubre los requisitos asociados con la soldadura de chapa de acero con un límite de elasticidad que sea igual o inferior a 80 000 psi (550 MPa), los requisitos del código cubren cualquier soldadura por arco de láminas y perfiles de acero incluyendo miembros deformados en frío cuyo espesor nominal sea menor o igual a 3/16" o (4.8 mm). El código está dividido por secciones donde:

- Sección 1 incluye las disposiciones generales.
- Sección 2 el diseño.
- Sección 3 la precalificación.
- Sección 4 la calificación.
- Sección 5 la fabricación.
- Sección 6 la inspección.
- Sección 7 soldadura de pernos.

El código (American National Standards Institute, 2007 p. 1) nos dice en la sección 1.1 que cubre la soldadura por arco de aceros laminados, incluidos los miembros formados en frío que colectivamente se llaman chapas de acero teniendo espesores de (0,188 pulgadas o 4,8mm), como observamos en la siguiente tabla.

Tabla 2-3 Grosor del material a soldar.

Table 1.1 Code application Matrix of D1.3 and D1.1 Codes Based on Material Thickness Being Joined see 1.1			
Material Thickness	t(1) < 1/8 in (3 mm)	1/8 in ≤ t(1) ≤ 3/16 in (3 mm ≤ t(1) ≤ 5 mm)	t(1) > 3/16 in (5 mm)
t(1) < 1/8 in (3 mm)	D1.3	D1.3 or Annex A	Annex A
1/8 in ≤ t(1) ≤ 3/16 in (3 mm ≤ t(1) ≤ 5 mm)	D1.3 or Annex A	D1.3 or Annex A or D1.1	Annex A or D1.1
t(1) > 3/16 in (5 mm)	Annex A	Annex A or D1.1	D1.1

Fuente: (American National Standards Institute, 2007 p. 4)

En el apartado 1.2 (metal base) de la norma nos da las especificaciones de las hojas de acero o chapa que pueden ser soldados entre sí o con la combinación entre ellos así pues tenemos los siguientes materiales:

Tabla 2-4 Especificaciones metal base y tipo de soldadura aplicable.

Matching Filler Metal Requirements' (see 1.4.1)						
ASTM Steel Specifications		Minimum Yield Point		Minimum Tensile Strength		AWS Filler Metal Specifications
		Ksi	Mpa	ksi	MPa	
A6535 Q	Gr 33	33	230	45	310	SMAW AWS A5.1 E60XX, E70XX
	Gr 37	37	255	52	360	
	Gr 40	40	275	55	380	
A570	Gr 30	30	205	49	340	SMAW A5.5 E70XX-X
	Gr 33	33	230	52	360	
	Gr 36	36	250	53	365	SAW AWS A5.17 F64X-EXXX or F7AX-EXXX
	Gr 40	40	275	55	380	
	Gr 45	45	310	60	415	SAW AWS A 5.23 F6AX-EXXX-XX or F7AX-EXXX-XX
	Gr 50	50	345	65	450	
A606		45	310	65	450	GMAW AWS A5.18 ER70S-X
A607	Gr 45	45	310	60	415	GTAW AWS A5.18 ER70S-X
	Gr 50	50	345	65	450	
A611	Gr A	25	175	42	290	FCAW AWS A5.29 E6XT-X or E7XT-X
	Gr B	30	205	45	310	
	Gr C	33	230	48	335	FCAW AWS A5.29 E7XTX-X or E6XTX-X
	Gr D	40	275	52	360	

Fuente: (American National Standards Institute, 2007 p. 5)

En el apartado 1.3 (proceso de soldadura) de la norma (American National Standards Institute, 2007 p. 1), los tipos de soldadura aprobados por la norma en este tipo de material son:

- Soldadura por arco de metal protegido (SMAW).
- La soldadura por arco de gas metalizado (GMAW).
- La soldadura por arco de núcleo fundido (FCAW).
- Soldadura de arco de gas tungsteno (GTAW).
- Soldadura por arco sumergido (SAW).

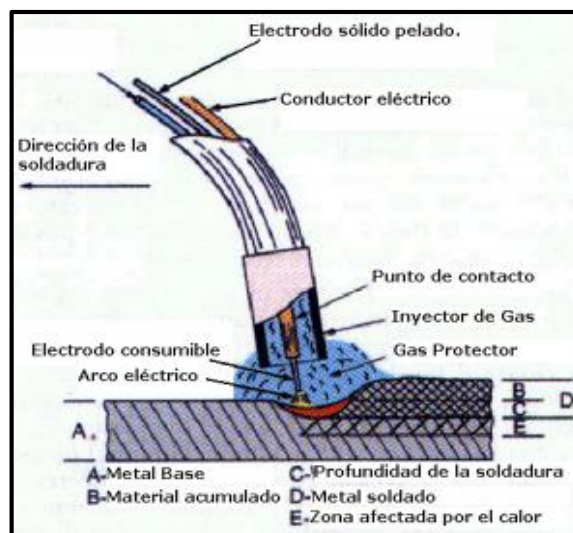
2.5.1 *El proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding).*

Es un proceso de soldadura utilizando un arco eléctrico protegido con gas que produciéndose la coalescencia de los metales por el calentamiento de ellos, entre un electrodo continuo (alambre) que es el metal de aporte.

El proceso GMAW puede ser MIG cuando se utiliza el gas de protección inerte (helo o argón) o MAG cuando se utiliza un gas activo (anhídrido carbónico CO_2), la soldadura MIG-MAG tiene ventajas respecto al procedimiento de electrodo revestido, entre ellas cabe destacar la mayor productividad que se obtiene debido a que se eliminan los tiempos muertos empleados en reponer los electrodos consumidos. Se estima que para el procedimiento usando electrodo revestido el hecho de desechar la última parte del electrodo antes de reponerlo por otro, más el consiguiente proceso de cebado del arco hace que sólo el 65% del material sea depositado en la soldadura.

Sin embargo, el empleo de hilos continuos en forma de bobinas, tanto del tipo sólidos como tubulares, como material de aportación para el procedimiento MIG-MAG aumenta el porcentaje de eficiencia hasta el 80-90%; además, al disminuir el número de paradas se reduce las veces del corte y posterior cebado del arco, por lo que se generan menores discontinuidades en el cordón como son los famosos cráteres. (RODRIGUEZ)

Figura 2-14 Soldadura MIG.



Fuente: (LABORATORIO DE PRODUCCIÓN, 2008 p. 14)

El alambre se alimenta en forma continua y automática desde una bobina a través de una pistola de soldadura como se ilustra en la figura (2-14), los grosores de alambre van desde 1/32 de pulgada hasta 1/4 de pulgada de diámetro, en la soldadura MIG-MAG depende de las partes a unir y la velocidad con que se realice la soldadura.

La protección se realiza por medio de un gas o la mezcla de gases, entre los cuales encontramos: argón, helio y bióxido de carbono, la combinación de alambre de electrodo desnudo y los gases protectores eliminan el recubrimiento de escoria en la gota de la soldadura y, por tanto, evitan la necesidad del esmerilado y limpieza manual de la escoria.

En la actualidad este proceso es utilizado masivamente en la industria automotriz y las producciones seriadas, lo que requiere que sea un proceso robotizado para ello todos los parámetros y las coordenadas de localización de la unión que se va a soldar se programan mediante una unidad CNC. En las aplicaciones robotizadas, un brazo mecánico puede soldar toda una pieza, transportarla y realizar los acabados automáticamente, sin necesidad de la intervención del operario.

En Ecuador, la industria al utilizar una soldadura con protección de gas, no discrimina si es activo o inerte y les denomina por igual MIG, pero generalmente los soldadores utilizan el proceso MAG, con gas activo CO₂, ya que prolifera el trabajo con aceros; esta confusión quizás se debe a que originalmente el sistema GMAW fue empleado exclusivamente con gases inertes, en aluminios y para espesores delgados, pero debido a la alta demanda y oferta del acero y el elevado precio de los gases inertes en promedio 60 % más que uno activo, la tendencia cambio.

2.5.2 Clasificación de electrodos.

La norma (American Welding Society, 2005) especifica los requisitos para la clasificación de electrodos de acero al carbono (sólidos compuestos y de núcleo metálico compuesto) además de varillas sólidas que se utilizan en soldadura por arco con gas protector (GMAW), soldadura por arco de gas tungsteno (GTAW) y soldadura por arco de plasma (PAW). La clasificación según la composición química véase la tabla 2-5 además de sus propiedades mecánicas como se especifica en la tabla 2-6 y 2-7 además indica el tipo de gas de protección empleado.

Tabla 2-5 Composición química de los electrodos sólidos.

Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes and Rods															
AWS Classification			Weight Percent												
A5.18	A5.18M	UNS Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Ti	Zr	Al
ER70S-2	ER48S-2	k10726	0,07	0,90 to 1,40	0,40 to 0,70	0,025	0,035	0,15	0,15	0,15	0,03	0,5	0,05 to 0,15	0,02 to 0,12	0,05 to 0,15
ER70S-3	ER48S-3	k11022	0,06 to 0,15	0,90 to 1,40	0,45 to 0,75	0,025	0,035	0,15	0,15	0,15	0,03	0,5	-	-	-
ER70S-4	ER48S-4	k11132	0,06 to 0,15	1 to 1,50	0,65 to 0,85	0,025	0,035	0,15	0,15	0,15	0,03	0,5	-	-	-
ER70S-6	ER48S-6	k11140	0,06 to 0,15	1,40 to 1,85	0,80 to 1,15	0,025	0,035	0,15	0,15	0,15	0,03	0,5	-	-	-
ER70S-7	ER48S-7	k11125	0,07 to 0,15	1,50 to 2	0,50 to 0,80	0,025	0,035	0,15	0,15	0,15	0,03	0,5	-	-	-
ER70S-G	ER48S-G	-	No Specified												

Fuente: (American Welding Society, 2005 p. 3)

Tabla 2-6 Propiedades mecánicas del electrodo (Pruebas de tensión) .

Tension Test Requirements (As Welded)							
AWS Classification		Shielding Gas	Tensile Strength (minimun)		Yield Strength (minimun)		Elongation Percent (minimun)
A5.18	A5.18M		psi	Mpa	Psi	Mpa	
ER70S-2	ER48S-2	CO ₂	70 000	480	58 000	400	22
ER70S-3	ER48S-3						
ER70S-4	ER48S-4						
ER70S-6	ER48S-6						
ER70S-7	ER48S-7						
ER70S-G	ER48S-G	d	70 000	480	58 000	400	22
E70C-3X	E48C3-X	75-80% Ar/balance CO ₂ or CO ₂	70 000	480	58 000	400	22
E70C-6X	E48C6-X						
E70C-G(X)	E48C-G(X)	d	70 000	480	58 000	400	22
E70C-GS(X)	E48C-GS(X)	d	70 000	480	Not Specified		Not Specified

Fuente: (American Welding Society, 2005 p. 5)

Tabla 2-7 Propiedades mecánicas del electrodo (Pruebas de impacto).

Impact Test Requirements (As Welded)			
AWS Classification		Average Impact Strength (Minimun)	
A5.18	A5.18M	A5.18	A5.18M
ER70S-2	ER48S-2	20 fr lbf at - 20° F	27 J at - 30° C
ER70S-3	ER48S-3	20 fr lbf at 0° F	27 J at - 20° C
ER70S-4	ER48S-4	Not Tequired	Not Tequired
ER70S-6	ER48S-6	20 fr lbf at - 20° F	27 J at - 30° C
ER70S-7	ER48S-7	20 fr lbf at - 20° F	27 J at - 30° C
ER70S-G	ER48S-G	As Agreed between suppleir and purchaser	
E70C-3X	E48C3-X	As Agreed between suppleir and purchaser	
E70C-6X	E48C6-X	20 fr lbf at 0° F	27 J at - 20° C
E70C-G(X)	E48C-G(X)	20 fr lbf at - 20° F	27 J at - 30° C
E70C-GS(X)	E48C-GS(X)	Not Required	Not Required

Fuente: (American Welding Society, 2005 p. 7)

2.5.2.1 Diámetros de electrodos.

Los tamaños estándar o diámetros para electrodos y varillas en las diferentes formas de envasado (longitudes rectas, bobinas con soporte, bobinas sin soporte, tambores y carretes), están dados por el código (American Welding Society, 2005 p. 17) como se muestra en la tabla (2-8).

Tabla 2-8 Diámetros de electrodos según su tipo de envasado.

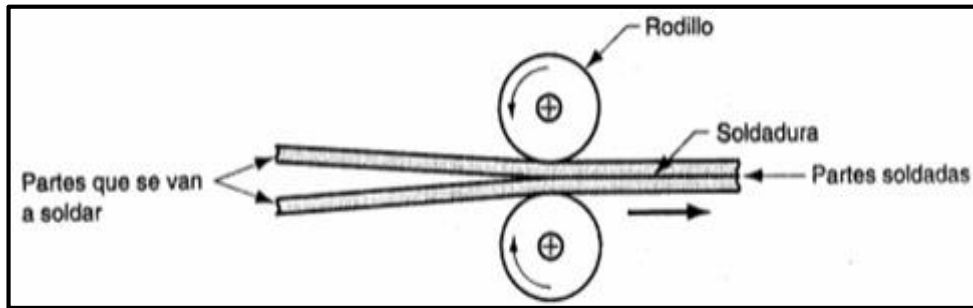
Standard Sizes						
Standard Package Forms	Diameter		Tolerances			
			Solid		Composite	
	In	mm	In	Mm	In	Mm
Straight Lengths	0,045		±0,001	-	±0,002	-
	-	1,2	-	±0,01-0,04	-	±0,02 -0,05
	1/16 0,062	1,6	± 0,002	±0,01-0,04	±0,002	±0,02 -0,06
	5/64 0,078	2	± 0,002	±0,01-0,04	±0,003	±0,02 -0,06
	3/32 0,094	2,4	± 0,002	±0,01-0,04	±0,003	±0,02 -0,06
	1/8 0,125	3,2	± 0,002	±0,01-0,07	±0,003	±0,02 -0,07
	5/32 0,156	4	± 0,002	±0,01-0,07	±0,003	±0,02 -0,07
	3./16 0,188	4,8	± 0,002	±0,01-0,07	±0,003	±0,06 -0,08
Coils With and Without Suport	0,03	0,8	±0,001	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,05
	0,035	0,9	±0,001	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,05
	-	1	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	0,045	-	±0,001	-	±0,002	-
	-	1,2	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	0,052	-	±0,002	-	±0,002	-
	-	1,4	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	1/16 0,062	1,6	±0,002	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,06
	5/64 0,078	2	±0,002	±0,01 -0,04	±0,003	±0,02 -0,06
	3/32 0,094	2,4	±0,002	±0,01 -0,04	±0,003	±0,02 -0,06
Drums	7/64 0,109	2,8	±0,002	±0,01 -0,07	±0,003	±0,02 -0,06
	1/8 0,125	3,2	±0,002	±0,01 -0,07	±0,003	±0,02 -0,07
	0,035	0,9	±0,001	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,05
	-	1	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	0,045	-	±0,001	-	±0,002	-
	-	1,2	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	0,052	-	±0,002	-	±0,002	-
	-	1,4	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	1/16 0,062	1,6	±0,002	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,06
	5/64 0,078	2	±0,002	±0,01 -0,04	±0,003	±0,02 -0,06
Spools	3/32 0,094	2,4	±0,002	±0,01 -0,04	±0,003	±0,02 -0,06
	7/64 0,109	2,8	±0,002	±0,01 -0,07	±0,003	±0,02 -0,06
	1/8 0,125	3,2	±0,002	±0,01 -0,07	±0,003	±0,02 -0,07
	0,02	0,5	±0,001	±0,01 -0,03	±0,002	±0,02 -0,05
	0,025	0,6	±0,001	±0,01 -0,03	±0,002	±0,02 -0,05
	0,03	0,8	±0,001	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,05
	0,035	0,9	±0,001	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,05
	-	1	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
	0,045	-	±0,001	-	±0,002	-
	-	1,2	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05
0,052	-	±0,002	-	±0,002	-	
-	1,4	-	±0,01 -0,04	-	±0,02 -0,05	
1/16 0,062	1,6	±0,002	±0,01 -0,04	±0,002	±0,02 -0,06	
5/64 0,078	2	±0,002	±0,01 -0,04	±0,003	±0,02 -0,06	

Fuente: (American Welding Society, 2005 p. 17)

2.5.3 Soldadura por costura.

También conocido como soldadura por rodillos y es el efecto del paso de una corriente con la aplicación de una presión las causantes de la unión metalúrgica de los metales base, el objeto de este tipo de unión es de producir soldaduras lineales que permiten una gran estanquidad, como en el caso de los depósitos de combustible. (LÓPEZ, 2014 p. 12)

Figura 2-15 Soldadura por rodillos.

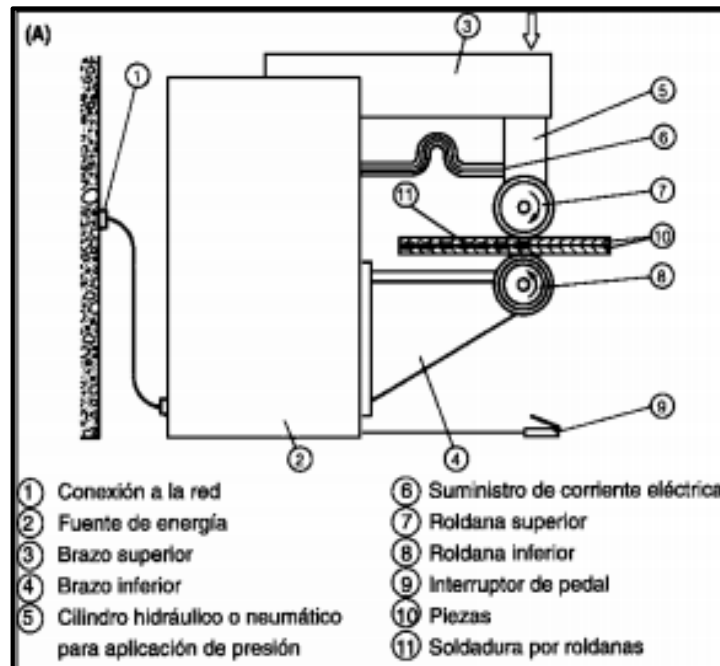


Fuente: (LÓPEZ, 2014 p. 13)

La unión se basa en el calor generado en el efecto joule, las dos chapas a soldar se colocan en una maquina donde se encuentran los rodillos, el rodillo superior es el que baja y ejerce la presión sobre los materiales a soldar utilizando para ello una corriente alterna.

El equipo necesario para el soldeo por resistencia consta principalmente de tres elementos:

Figura 2-16 Máquina de soldadura por rodillos.



Fuente: <http://cifpaviles.webcindario.com/SAN-SOLDADURA%20POR%20RESISTENCIA.pdf>

- Un circuito eléctrico, que consiste en un transformador, y un circuito secundario, que consiste en los electrodos que permiten la conducción de la corriente eléctrica.
- Un sistema mecánico que permita a través de un sistema hidráulico o neumático ejercer sobre los metales a soldar la presión necesaria para favorecer la unión.
- Un sistema de control que permita regular el tiempo de paso de la corriente eléctrica, la secuencia de tiempos y la magnitud de la corriente eléctrica aplicada.

Un electrodo de soldeo puede prestar las siguientes funciones:

- Conducir la corriente eléctrica hacia todas las partes del sistema.
- Transmitir la presión de soldeo.
- Fijar y soportar los materiales a soldar alineados.
- Retirar el calor que se produce en la zona soldada a zonas adyacentes.

Por tanto, los materiales adecuados para fabricar electrodos deben conducir muy bien la electricidad y el calor, debiendo tener una resistencia mecánica adecuada para soportar la presión aplicada. Todos los electrodos soportan una gran densidad de corriente (de 8 a 120 A/mm²), al igual que elevadas presiones y el impacto en el momento del ajuste.

El material utilizado para los electrodos es cobre o alguna aleación de base cobre; a veces se utilizan aleaciones refractarias (de cobre-Volframio o de cobre-molibdeno) o material refractarios puros (molibdeno, volframio) cuando los materiales a soldar son de gran resistencia. Los electrodos suelen ir refrigerados por agua y en algunos casos por aire.

2.5.4 Pruebas de soldadura.

Las pruebas de soldaduras se las realiza en el metal base, los procedimientos de soldadura, en los ensayo a emplear y los resultados requeridos se dan en las secciones (9 a la 14) de la parte B de la norma American Welding Society (2005) los cuales son:

- Ensamblajes de prueba de soldadura.
- Análisis químico.
- Prueba radiográfica.
- Prueba de tensión.
- Prueba de flexión.
- Prueba de impacto

2.6 Tratamientos anticorrosivos.

Un aspecto muy importante en los tanques de combustible es la durabilidad que se ve afectada por la corrosión en los extremos debido a que en su proceso de construcción se producen tensiones, así como las juntas soldadas producen tensiones y estas generan corrosión, la presencia de

humedad en los combustibles y del aire que se encuentra dentro del tanque de combustible junto a las bajas temperaturas generan condensación y al tener el agua una mayor densidad que el combustible este se acumula al fondo del tanque, aquí es donde comienza la corrosión, la manera de proteger al tanque de combustible es mediante un tratamiento anticorrosivos.

2.7 Pintura aplicada al tanque de combustible.

Este proceso debe brindarnos una duradera capa de pintura que sea capaz de soportar todas las condiciones externas a las que estará sometido la motocicleta, estos son cambios de temperatura, resistencia a los rayos UV, impactos, lluvia, abrasión, etc. El proceso más utilizado en la industria automotriz es el de pintura electrostática, en el que la pintura en polvo es aplicada con una pistola que carga eléctricamente las partículas de pintura que se adhieren a la superficie de una pieza la cual está conectada a tierra.

Las características más importantes de este proceso están en la rapidez de la aplicación de la pintura, reducción de costos debido a que el 95 % de la pintura que no es aplicada puede ser reutilizada, para esto se requiere una cámara de pintura en la que se depositara el sobrante de pintura a reciclar, tiene menos efectos en la salud de los operarios, una resistencia superior a impactos, rayones, dobleces y agentes químicos en comparación a la pintura líquida.

2.7.1 Tipos de pintura electrostática.

Existen 3 tipos de Composiciones químicas de pinturas electrostáticas Epoxi, Epoxi/Poliéster, Poliester-Tgic. Cada una con sus ventajas y desventajas que describimos a continuación:

Tabla 2-9 Ventajas y desventajas de la pintura electrostática.

Variable	Epoxi	Epoxi/poliéster	Poliéster- Tgic
Dureza	5	4	3
Flexibilidad	5	5	5
Resistencia al exterior	2	3	5
Resistencia a la corrosión	5	4	4
Resistencia Química	4	5	4
Propiedad es Mecánicas	5	3	3
Estabilidad de almacenamiento	5	4	5
Durabilidad	2	3	4

Fuente: Manual Pintura Electrostática INDUSTRIAS GM – SINCALOR, 2012, p. 25.

El fabricante ecuatoriano WESCO PINTURAS presenta en su catálogo la Pintura Electrostática DURAPLAST del tipo Epoxi/Poliéster con configuraciones de color de la carta RAL (Guía de Colores de uso común).

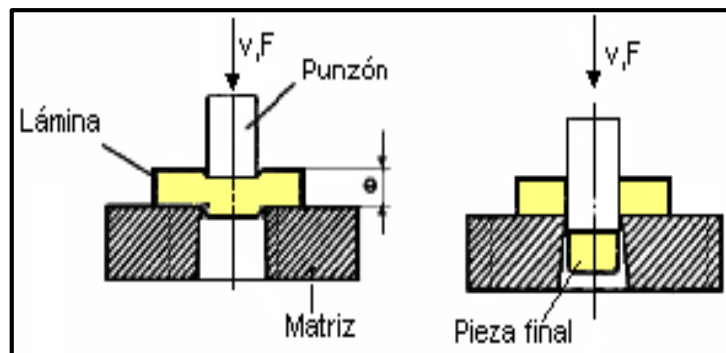
2.8 Troqueles.

Los troqueles son instrumentos o máquinas de bordes cortantes para recortar por presión planchas metálicas, cartones, cueros, etc. Los troqueles, también llamados matrices están destinados a cortar, punzonar o dar forma a placas metálicas siendo conformados en la zona plástica superando el límite de fluencia para que la deformación sea permanente sin generar arranque de viruta.

El proceso de troquelado consiste en sujetar a la pieza mediante un mecanismo llamado matriz para someterla a una deformación aplicada a través de la fuerza de un punzón, siendo esta fuerza de compresión, de cizalladura o de tracción:

“Los parámetros que se tienen en cuenta en el troquelado son la forma y los materiales del punzón y la matriz, la velocidad y la fuerza de punzonado, la lubricación, el espesor del material y la holgura o luz entre el punzón y la matriz. La determinación de la luz influirá en la forma y la calidad del borde cortado. Entre mayor luz exista, el borde cortado será más burdo y provocará una zona más grande de deformación en la que el endurecimiento será mayor.” (LABORATORIO DE PRODUCCIÓN, 2008 p. 9)

Figura 2-17 Elementos de conformado.



Fuente: (LABORATORIO DE PRODUCCIÓN, 2008 p. 9)

Nota: La fuerza se aplica sobre el punzón y el material fluye hacia el hueco de la matriz, adquiriendo la forma final.

Dentro de las ventajas de este proceso de fabricación tenemos que no hay pérdida de material, se mejora la resistencia mecánica debido a que se realiza en frío y tenemos una excelente relación resistencia peso. En el conformado por tracción se considera como embutición que el proceso ideal para la fabricación de tanques de combustible debido a que deja que el material fluya hasta la matriz por lo que se consiguen formas más complejas y este proceso es el más utilizado en la industria automotriz para generar cuerpos huecos a partir de superficies planas de chapa metálica. Se puede llegar a una producción de hasta 1500 piezas/hora y solo se justifica este proceso si se realiza para la producción en masa.

2.8.1 *Partes de un troquel.*

- Punzón: es el que deforma la lámina para obtener la forma deseada del producto.
- Matriz: es la que recibe al material deformado y con su contorno define la forma del mismo.
- Pisadera: es una placa que sostiene con una determinada presión a la plancha metálica para que desde esta el material restante se deforme.
- Guías: sirven para alinear el punzón y la matriz mientras se realiza la embutición
- Porta matriz: sirve de soporte para alinear y guiar a la matriz en su posición de funcionamiento.
- Porta punzón: sostiene al punzón además conecta el sistema de presión del troquel y el punzón.
- Cilindros: aplican la presión necesaria para sostener el material a deformar o expulsar el material deformado.

2.8.2 *Tipos de troqueles.*

- **Troqueles de embutición:** Embutición es el proceso mediante el cual se deforma un lamina de metal para darle una forma específica mediante la aplicación de presión
- **Troqueles de corte:** Es el proceso mediante el cual se realiza un corte de una lámina de metal mediante la aplicación de presión, para obtener un producto determinado.

2.9 **Ingeniería Inversa.**

“La Ingeniería Inversa consiste en obtener la geometría completa de una pieza real, sin necesidad de sus planos técnicos. Se trata de adaptarla a los sistemas CAD/CAM/CAE para que, una vez integrada en estos sistemas, se pueda obtener rendimiento de todas las operaciones que se ofrecen: modelado, mecanizado y análisis. Es también un proceso de duplicación de objetos, sin la ayuda de su documentación técnica que contiene las especificaciones de diseño y fabricación.” (MONTROYA, 2013 p. 30)

2.9.1 *Digitalización.*

“La digitalización de la pieza se obtiene una nube de puntos, el método de digitalización puede ser mecánico u óptico con sensor láser”. (MONTROYA, 2013 p. 30)

2.9.2 *Procesado de la nube.*

“El resultado es una superficie que aproxima la nube de puntos anteriores, mediante filtración, triangulación, transformación, etc. Aquí ya se puede generar un modelo en formato STL, que va a ser útil en la siguiente fase”. (MONTROYA, 2013 p. 30)

2.9.3 *Obtención de los prototipos rápidos.*

Con la información del modelo STL se puede hacer una reproducción física del objeto utilizando un sistema de prototipado rápido (RP), prototipo que a su vez es susceptible de mecanizar y de dotar de realismo por ejemplo con texturas y colores.

2.9.4 *Obtención de un modelo sólido.*

“Se unen las distintas superficies para conseguir un volumen y se le indica al sistema que parte es externa e interna. El resultado es un modelo tridimensional al que se le pueden hacer cortes y secciones de todo tipo, operaciones booleanas de unión, intersección y diferencia, cálculos de peso, de momentos de inercia, etc.” (MONTROYA, 2013 p. 31)

2.9.5 *Exportación del modelo.*

Según la aplicación que se le vaya a dar tenemos los siguientes formatos (IGES, STEP, ACIS SAT, VRML, DXF).

La ingeniería inversa a más de ser utilizada con propósitos de rediseño, también se la puede utilizar como por ejemplo, para hacer comparaciones entre productos y establecer cual es de mejor calidad, o si se tiene interés en clonar o modificar un producto. Otro incentivo para realizar ingeniería inversa a un producto es la valoración de mejoras en la calidad o reducción de costos; o tan solo simplemente para entender cómo funciona una maquina o producto. (TORRES, 2008 p. 185)

2.10 *Prototipos y proceso de prototipado.*

Este término se emplea para nombrar al primer dispositivo que se desarrolla de algo y que sirve como modelo para la fabricación de los siguientes o como muestra, los prototipos son un método de validación ampliamente utilizado en muchas disciplinas, y en todos los casos los principios son los mismos.

Lo habitual es que un prototipo se emplee a modo de prueba antes de proceder a la producción en serie del elemento en cuestión. La finalidad de un prototipo es que sus desarrolladores puedan advertir eventuales fallas en el funcionamiento y descubrir falencias. Tras las pruebas y

los análisis necesarios del prototipo, el fabricante contará con la información que precisa para comenzar con la producción general.

El proceso de prototipado se utiliza para fabricar artículos de madera, plástico, metal o cerámica mediante el mecanizado del material en bruto, dicho proceso se lo hace con la fresadora de dos o tres ejes CNC, además otro método de llegar al prototipo puede ser la impresión 3D.

2.10.1 *Tipos de prototipado.*

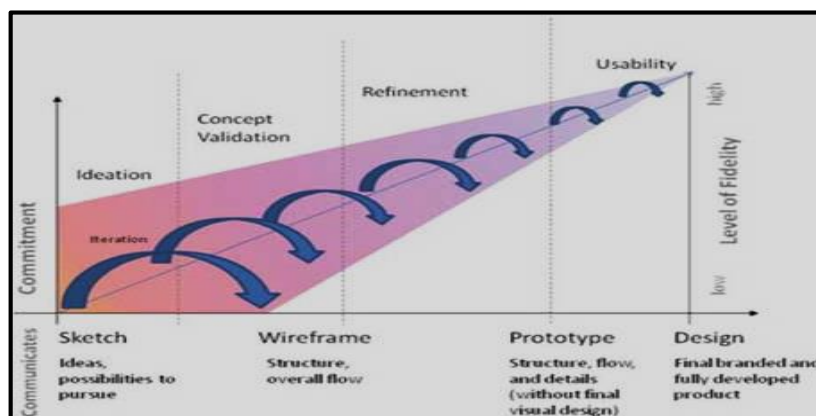
2.10.1.1 *Prototipado de Alta Fidelidad (High-Fidelity Prototyping).*

El prototipo será prácticamente idéntico al producto final, es utilizado este tipo de prototipado cuando los recursos y el tiempo son escasos, con lo cual el prototipo nos va acercar lo más posible al modelo diseñado con lo que se puede evaluar de mejor manera los pros y contras de nuestro diseño. Para generar dicho prototipo utilizamos software y maquinaria especializada lo que hace que se amas alto el costo de este prototipado

2.10.1.2 *Prototipado de Baja Fidelidad (Low-Fidelity Prototyping).*

El aspecto del prototipo no se corresponderá con el del producto final, si bien reproducirá la disposición de sus características, dimensiones y otros aspectos. Siendo un prototipo rápido será más económico, en tiempo y dinero, lo que hace más fácil la realización de uno o más prototipos descartando los que quedan obsoletos a debido a los avances del proyecto. Estos prototipos serán más utilizados cuando la fase del diseño aun este comenzando o no tenga definido los parámetros principales para su desarrollo, son generalmente bosquejos a mano o dibujos en los que no existe mucho detalle como para que se pueda trabajar en los cambios o en la optimización del diseño, sin embargo son muy rápidos de elaborar por lo que son muy utilizados.

Figura 2-18 Faces del prototipado en software



Fuente: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/prototyping.htm>

CAPÍTULO III

3 DISEÑO, MODELACIÓN Y ESFUERZOS PRESENTES

3.1 Diseño


3.1.1 Caracterización del material.

Mediante procedimientos tecnológicos actuales determinaremos las características del material de dos tipos de tanques combustible, que nos servirá como referencia al momento de seleccionar un material de construcción. Las muestras serán tomadas de los tanques de la Suzuki AX 100 modelo 2004 así como la Honda Biz 100 modelo 1992, para comparar los datos obtenidos en las pruebas con los datos del acero en calidad comercial JIS G 3141 SPCC SD que fueron entregados por IPAC S.A. empresa que produce acero en el país.

3.1.1.1 Espectrometría Óptica.

Para el análisis del material utilizamos espectrometría de emisión óptica para lo cual procedemos a cortar una sección de cada uno de los tanques de combustible de las motocicletas antes mencionadas de 50 mm x 25 mm los cuales requerían estar libre de pintura, impurezas y además debían ser planas, para que el equipo pueda realizar el análisis correctamente y determinar la composición química a continuación describimos los resultados de dichos análisis en la tabla 3-1.


Tabla 3-1 Resultados de espectrometría de la motocicleta Suzuki Ax 100.

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 11.05.2016 13:41:09			Method: Fe100		
<input type="checkbox"/>	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
	0,060	<0,0100	<0,0050	<0,0100	<0,0100
<input type="checkbox"/>	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
	<0,0100	0,011	0,021	0,010	0,041
<input type="checkbox"/>	Co [%]	Mg [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]
	0,0076	<0,0050	<0,0050	<0,0030	<0,0050
<input type="checkbox"/>	W [%]	Fe [%]			
	<0,100	99,83			

Fuente: Autores.

En la tabla (3-1) podemos ver que presenta un alto porcentaje de hierro del 99,83 así como un bajo porcentaje de carbono del 0,06 %, los materiales que sobresalen son el wolframio con 0,1 %, el aluminio con 0,041 % este evita la oxidación y el níquel con 0,021 % que mejora la resistencia a la corrosión atmosférica, los porcentajes de los otros componentes son irrelevantes, podemos interpretar que no se trata de un acero aleado sino de un acero de bajo carbono.

Tabla 3-2 Resultados de espectrometría de la motocicleta Honda biz 100.


Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 11.05.2016 13:53:48			Method: Fe100		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,079	0,014	<0,0050	<0,0100	<0,0100
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,013	0,022
	Co [%]	Mg [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]
∅	0,0077	<0,0050	<0,0050	<0,0030	<0,0050
	W [%]	Fe [%]			
∅	<0,100	99,84			

Fuente: Autores.

Así mismo observamos en la tabla (3-2) que el porcentaje de carbono es de 0,079% al igual que material anterior sobresale el porcentaje del wolframio con 0,1 % que le da al acero más resistencia, aluminio con 0,022 %, el resto de compuestos están en porcentajes pequeños que resultan irrelevantes, deduciendo así mismo que se trata como en el caso de la prueba anterior de un acero bajo en carbono.

Para poder designar el tipo de material de construcción de las dos muestras nos ayudaremos de la norma (ASTM International, 2006) que muestra en la siguiente tabla (3-3).

Tabla 3-3 Composición química del acero al carbono (ASTM A29/A 29M-05).

 A 29/A 29M - 05				
TABLE 1 Grade Designations and Chemical Compositions of Carbon Steel Bars				
Grade Designation	Heat Chemical Ranges and Limits, %			
	Carbon	Manganese	Phosphorus, max	Sulfur, max ^A
Nonresulturized Carbon Steels ^{R,C,D,E,F}				
1005	0.06 max	0.35 max	0.040	0.050
1006	0.08 max	0.25-0.40	0.040	0.050
1008	0.10 max	0.30-0.50	0.040	0.050
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050
1011	0.08-0.13	0.60-0.90	0.040	0.050

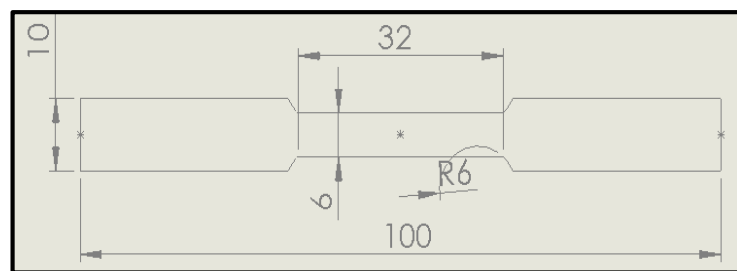
Fuente: (ASTM International, 2006 p. 3)

Como podemos observar las dos muestras por el porcentaje de carbono se tratan de un acero de tipo AISI SAE 1006, que es un acero al carbono de uso general que se produce en diferentes formas como barras, láminas y chapa calibrada (lámina delgada). Esta última es uno de los materiales más usados como para la fabricación de piezas mediante operaciones de estampado y embutición para sectores como línea blanca, autopartes, componentes eléctricos.

3.1.1.2 Ensayo de tracción.

Realizando el ensayo de tracción de los dos tanques de combustible se obtuvo los datos para determinar las propiedades mecánicas de los materiales. La norma E8/E8M – 11 servirá como referencia para realizar el ensayo de tracción, obteniendo las siguientes dimensiones detalladas en la probeta que se muestran a continuación en la figura (3-1), las mismas que se ocuparan para los dos tipos de tanque de combustible ya que el espesor del materiales del cual están construidos es inferior a 3 mm. (ASTM International, 2012 p. 3)

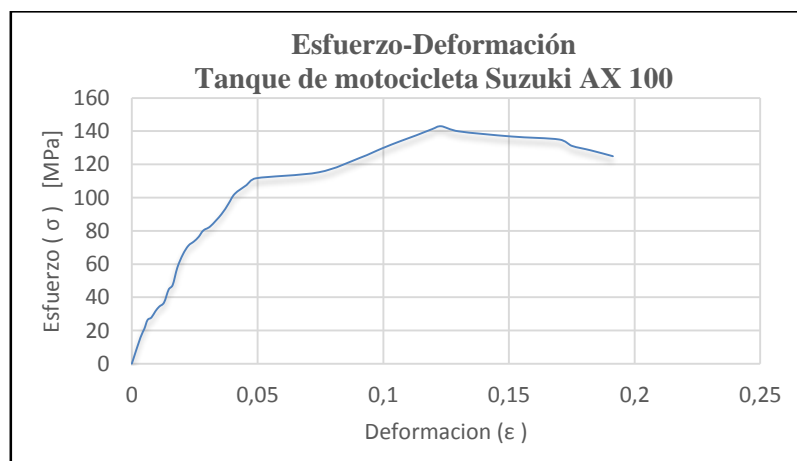
Figura 3-1 Dimensiones de la probeta.



Fuente: Autores.

Para el primer ensayo se utilizó la probeta del tanque de la motocicleta Suzuki AX 100 donde se obtuvo los siguientes datos en el diagrama Esfuerzo-Deformación unitaria, posteriormente se analizó y determinó las propiedades mecánicas del material.

Grafico 3-1 Esfuerzo-Deformación tanque Suzuki AX 100



Fuente: Autores

Datos iniciales:

- Sección Transversal (A_0) = $6 * 1,5 = 9 \text{ mm}^2$.
- Sección Transversal (A_f) = $5,1 * 1,5 = 7,65 \text{ mm}^2$.
- Longitud inicial $l_0 = 32 \text{ mm}$.
- Longitud final: $l = 38,1 \text{ mm}$.
- Carga máxima: $P_{max} = 131 \text{ kgf}$.
- Carga de Fluencia: $P_{fluencia} = 102,39 \text{ kgf}$.

Resistencia ultima a la tensión:

$$S_{ut} = \frac{P_{max}}{A_0} \quad (1)$$

$$S_{ut} = \frac{131 \text{ kgf}}{9 \text{ mm}^2} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} * \frac{(1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \approx 143 \text{ MPa}$$

Resistencia a la Fluencia:

$$S_y = \frac{P_{fluencia}}{A_0} \quad (2)$$

$$S_y = \frac{102,39 \text{ kgf}}{9 \text{ mm}^2} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} * \frac{(1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \approx 111,49 \text{ MPa}$$

Porcentaje de deformación:

$$\varepsilon (\%) = \frac{\Delta l}{l_0} * 100 = \frac{l - l_0}{l_0} * 100 \quad (3)$$

$$\varepsilon (\%) = \frac{38,1 - 32}{32} * 100 = 19\%$$

Porcentaje de reducción de área (Estricción):

$$AR (\%) = \frac{\Delta l}{A_0} * 100 = \frac{A_0 - A}{A_0} * 100 \quad (4)$$

$$A (\%) = \frac{9 - 7,65}{9} * 100 = 15 \%$$

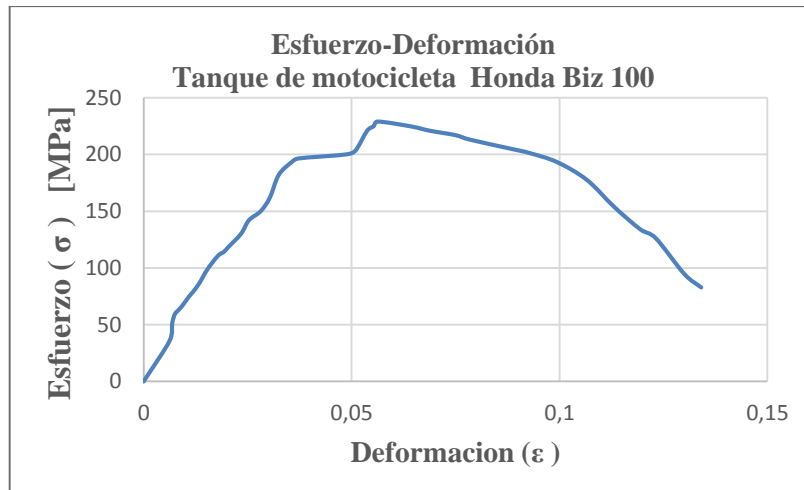
Módulo de Young:

$$E = \text{tg } \alpha \quad (5)$$

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{111,6 \text{ MPa}}{0,0493} = 2,3 \text{ GPa}$$

El segundo ensayo de tracción se realizó en el material del tanque de la Honda Biz 100, obteniendo las siguientes propiedades mecánicas con ayuda de la gráfica Esfuerzo-Deformación unitaria.

Grafico 3-2 Esfuerzo-Deformación Unitaria (Tanque de Honda Biz 100).



Fuente: Autores.

Datos iniciales:

- Sección Transversal (A_0) = $6 * 1 = 6 \text{ mm}^2$.
- Sección Transversal (A_f) = $4,1 * 1 = 4,1 \text{ mm}^2$.
- Longitud inicial $l_0 = 32 \text{ mm}$.
- Longitud final: $l = 37,4 \text{ mm}$.
- Carga máxima: $P_{max} = 140,1 \text{ kgf}$.
- Carga de Fluencia = $120,2 \text{ kgf}$.

Tomando la ecuación 1 se tiene la resistencia última a la tensión:

$$S_{ut} = \frac{140,1 \text{ kgf}}{6 \text{ mm}^2} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} * \frac{(1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \approx 229 \text{ MPa}$$

Tomando la ecuación 2 se tiene la resistencia a la Fluencia:

$$S_y = \frac{120,2 \text{ kgf}}{6 \text{ mm}^2} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} * \frac{(1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \approx 196,5 \text{ MPa}$$

Tomando la ecuación 3 se tiene el porcentaje de deformación:

$$\varepsilon (\%) = \frac{37,4 - 32}{32} * 100 = 17 \%$$

Tomando la ecuación 4 se tiene el porcentaje de reducción de área (Estricción):

$$A (\%) = \frac{6 - 4,1}{6} * 100 = 31 \%$$

Tomando la ecuación 5 se tiene el módulo de Young:

$$E = tg \alpha = \frac{196,5 MPa}{0,0371} = 5,3 GPa$$

3.1.1.3 Estudio metalográfico.

Para complementar los análisis del material realizamos un estudio metalográfico de los materiales del tanque de combustible, debido al tamaño y geometría de las muestras procedimos a incrustarlos en plástico o baquelita para poder así realizar la preparación con el pulido del material con lijas 180, 240, 400, 600, 800 y 1000, hasta conseguir una superficie homogénea y que no presente ralladura alguna, para poder observar así la microestructura del material.

Posteriormente se expone a Ácido Nítrico (Nital al 2%) por un lapso de 5 a 10 segundos, lo que se denomina ataque químico, seguidamente lavar con abundante agua y secar con aire pudiendo así observar en el microscopio la microestructura con aumentos de 100x 500x y 100.

En la microestructura de la imagen (3-2) observamos es un acero de baja aleación, porque tiene mucha similitud con la imagen de referencia (3-3) que tiene de (0,03 a 0,05 %C) acercándose a los resultados de la espectrometría que fueron de 0,06 % C y un apreciable porcentaje de aluminio.

Figura 3-2 Fotografía de la microestructura del tanque de Ax 100 con 0,05 % de acero.



Fuente: Autores.

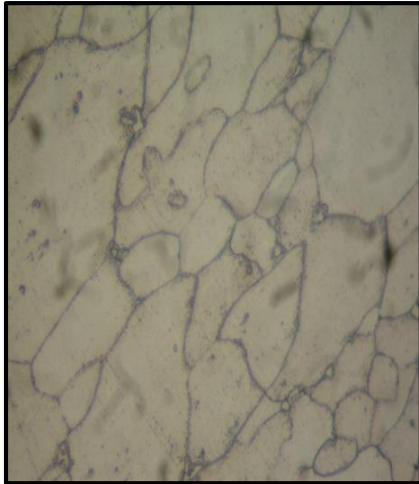
Figura 3-3 Microestructura del acero con incrustaciones de aluminio.



Fuente: METALS HANDBOOK. Atlas of Microstructures of Industrial Alloys. p. 8

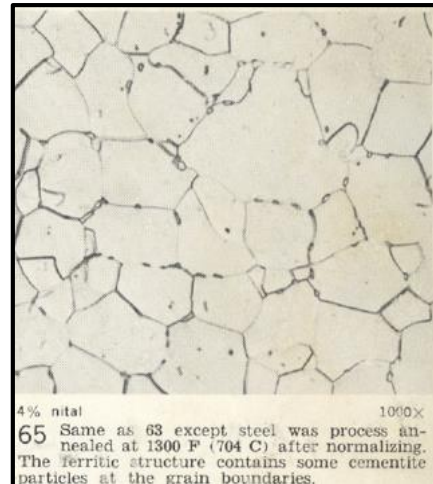
En la imagen (3-5) visualizamos un acero con un 0,08% de carbono lo que se refiere a un acero de bajo carbono, en comparación con el material del segundo análisis imagen (3-4) tenemos 0,079% de carbono lo que concuerda con los resultados de la espectrometría realizada al material.

Figura 3-4 Fotografía de la microestructura del tanque de la motocicleta Honda Biz 100



Fuente: Autores.

Figura 3-5 Microestructura de un acero (0,08 %C).



Fuente: Metals handbook. Atlas of microstructures of industrial alloy

Una vez analizados los materiales podemos concluir que el tanque de combustible de la motocicleta AX 100 está hecho de un acero ASTM A 1006 con un 0,06 %C lo que representara en menor resistencia mecánica. El tanque de combustible de la motocicleta Honda Biz 100 está compuesto de un acero ASTM A 1006 con 0,079 % de carbono lo que hace que presente mejores propiedades mecánicas que el material anterior.

De acuerdo a su contenido de carbono presenta diferentes aplicaciones como la fabricación de piezas de buena tenacidad y baja resistencia mecánica, la resistencia a la tracción y el límite elástico de los dos materiales es igual. Tienen buena conformación en frío, se utilizan en piezas de maquinaria o elementos donde su resistencia a la tracción sea de menor importancia o donde se requiere un severo doblado y buena soldabilidad.

A estos aceros se les puede rebajar su dureza por medio de recosido, la principal característica es que se los destina a la fabricación de piezas en las que se aplica un troquelado o formado medio, como por ejemplo en piezas automotrices. La presencia de aluminio, cobre y níquel contribuye a evitar la corrosión que es un factor importante que debe tener el material de un tanque de combustible.

3.1.1.4 Aceros de producción nacional.

Dentro de los aceros que se utilizan en la industria automotriz descritos anteriormente encontramos que en el país se produce algunos de ellos, y José Córdova P. Jefe de control de Calidad de IPAC (empresa fabricante de aceros en Ecuador) dice “que las planchas que elabora IPAC S.A. En calidad laminado en frío comercial, son del tipo JIS G 3141 SPCC SD, las planchas laminadas en caliente son del tipo ASTM A36 y las planchas de acero galvanizado son de calidad ASTM A 653 cuyo proceso de fabricación en frío cumplen con la norma INEN 115 (Tolerancias para planchas de Acero al Carbono Laminadas en caliente o en Frío)”.

El acero JIS G 3141 SPCC SD es una lámina de acero al carbono rolada en frío, de calidad comercial se usan para piezas que son dobladas, formadas moderadamente y soldadas, tales como paneles de puertas y ventanas. (HAMSA Altos Hornos de México, 2011 p. 2)

Tabla 3-4 Especificaciones generales (Calidades de aceros).

Propiedades químicas				
Norma	% C	% Mn	% P	% Azufre
ASTM 1006	0,08 máx.	0,25-0,4	0,04 máx.	0,05 máx.
JIS G 3141 SPCC SD	0,15 máx.	0,5	0,1 máx.	0,05 máx.

Fuente: Autores.

Tabla 3-5 Propiedades mecánicas (Calidades de aceros).

Propiedades mecánicas			
Norma	Esfuerzo Tracción [MPa]	Esfuerzo Fluencia [MPa]	Elongación [%]
JIS G 3141 SPCC SD	300	180	36 min
ASTM 1006	330	285	20

Fuente: Autores.

3.1.1.5 Comparación de materiales.

Para comparar los materiales se lo hará con los datos obtenidos de los diferentes análisis que se realizaron a los dos tipos de tanques y el acero que produce IPAC S.A. en el Ecuador; así tenemos las siguientes tablas:

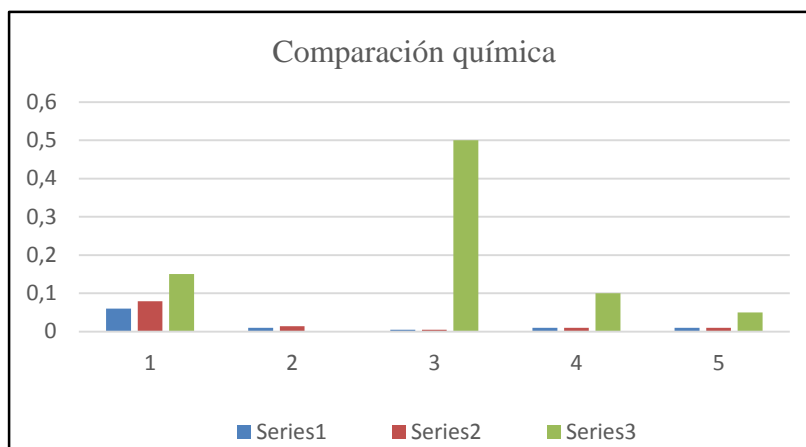
3.1.1.5.1 Comparación química.

Tabla 3-6 Comparación química.

Material	Composición química				
	C[%]	SI [%]	Mn[%]	P[%]	S[%]
Suzuki Ax 100	0,06	0,01	0,005	0,01	0,01
Honda Biz 100	0,079	0,014	0,005	0,01	0,01
JIS G 3141 SPCC SD	0,15		0,5	0,1	0,05

Fuente: Autores.

Grafico 3-3 Composición química.



Fuente: Autores.

El acero JIS G 3141 SPCC SD tiene más porcentaje de carbono por ende tiene mejores propiedades mecánicas, no presenta silicio en su composición, sobresale el Mn que tiene la propiedad de revertir los efectos del azufre en el proceso de fabricación, el fósforo con 0,1 % mejora las propiedades de corte y el azufre con 0,05 mejora la maquinabilidad del acero.

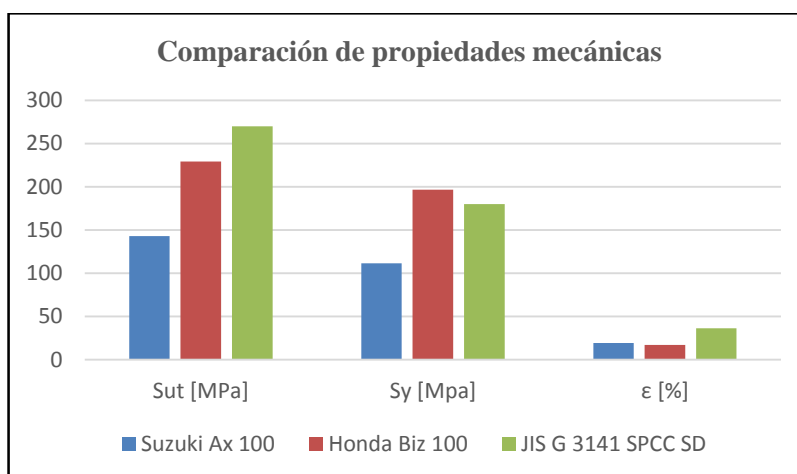
3.1.1.5.2 Comparación de las propiedades mecánicas

Tabla 3-7 Comparación Propiedades mecánicas.

Materiales	Propiedades Mecánicas		
	Sut [MPa]	Sy [Mpa]	ϵ [%]
Suzuki Ax 100	143	111,49	19
Honda Biz 100	229	196,5	17
JIS G 3141 SPCC SD	270 303	180	36

Fuente: Autores.

Grafico 3-4 Comparación Propiedades mecánicas.



Fuente: Autores.

Mediante el gráfico (3-4) deducimos que el acero JIS G3141 SPCC SD está por encima de las propiedades del material de la Suzuki Ax 100, y de la Honda Biz 100, tiene mejores propiedades mecánicas alcanzado un esfuerzo máximo desde los 270 MPa y con un límite de fluencia de 180 MPa, el porcentaje de elongación es de 36 % haciéndolo más dúctil por lo que se considera un material apropiado para la elaboración del tanque de combustible

3.1.2 Métodos de diseño.

El diseño del tanque de combustible dependerá del tipo de motocicleta para la cual se va a diseñar, siendo la motocicleta utilitaria, el segmento de motocicleta más vendida según el Anuario AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador) del 2013, con el 69,3 % del mercado nacional. Por lo que hemos elegido el tanque de combustible de este tipo de motocicleta para hacer el presente estudio, precisamente en la Suzuki GN 125.

Al hablar de métodos de diseño dentro de la ingeniería se conocía hace algún tiempo atrás más que un solo método el cual era el la ingeniería directa, pues en la actualidad y con la tecnología que avanza a pasos agigantados podemos hablar de otro método la ingeniería inversa.

La propuesta de diseño en este proyecto está enfocada también en el uso y estudio de la ingeniería inversa, por lo tanto es importante entender que la ingeniería inversa es el mejor medio para descubrir el diseño a partir de la maquina o producto, en contraste con la ingeniería directa que es el intento de producir la maquina o el producto a partir del diseño.

En Ecuador existen muy pocos grupos de investigación o empresas que se dediquen a desarrollar ingeniería inversa en el área de sistemas mecánicos, pues se requiere de una fuerte inversión para equipar talleres y laboratorios especializados para este propósito. Las pocas empresas que desarrollan ingeniería inversa no lo hacen con el rigor y precisión que se requiere, por esta razón es necesario formar profesionales especializados en ingeniería inversa.

Para nuestro proyecto diseñar un tanque de combustible basándose en la Suzuki GN 125 la ingeniería inversa recae en algunos de los objetivos para la que fue desarrollada por ejemplo, reproducir componentes mecánicos, para innovar productos, para generar bases de datos, para generar conocimientos de sistemas mecánicos, para mejorar y rediseñar componentes mecánicos y para corregir fallas en los diseños.

3.1.2.1 Instrumentación y procedimiento.

Los equipos para desarrollar ingeniería inversa son caros y de alta tecnología por ello al escanear el tanque se lo hizo en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ESPOCH y con presencia del profesor tutor, el escáner 3D utilizado es el Handyscan 3D precisamente el modelo GO SCAN 3D 50.

A más del escáner el equipo contaba con una laptop donde se visualiza mediante el software (VXelements) programado el progreso de lo que se escaneaba, y una placa para realizar la calibración del escáner ya que en cada practica siempre es necesario calibrarlo véase figura 3-6.

Figura 3-6 Escáner GO SCAN 3D 50 y Placa de calibración.



Fuente: Autores.

El escáner según las especificaciones técnicas pesa 950 g y resultó ser maniobrable y con una calibración el equipo está listo para usarse, el tanque necesitó ser cubierto de una capa blanca para evitar reflejos de luz y obtener una mejor resolución de textura, para ello utilizamos el Spotchek SKD-S2 developer, utilizado también para hacer pruebas de tintas penetrantes, se colocó puntos de referencia en el tanque para que el equipo identifique el área a escanear véase figura 3-7.

Figura 3-7 Puntos de referencia en el tanque.



Fuente: Autores.

Se escaneo en dos etapas primero la parte superior del tanque creando un archivo, luego la parte inferior del para después en el pos procesado ensamblar las partes, además el equipo permite una

visualización en tiempo real en la pantalla del equipo se puede ver qué se está haciendo en ese preciso momento y qué falta por escanear véase figura 3-8.

Figura 3-8 Interfaz del escáner 3D.



Fuente: Autores.

Dentro de las seguridades que debemos tener, se debe colocar el equipo GO SCAN 3D 50 sobre una superficie estable, leer detenidamente el manual de usuario, tener cuidado con los cables y el manejo de ellos, y sobre todo tener cuidado de no apuntar el escáner directo a la piel o cara ya que debido a la potencia de la luz led que emite producirá quemaduras de la retina de los ojos.

3.1.3 Normas aplicables al proceso de diseño.

Por parte de la normativa internacional (JAPANESE AUTOMOBILE STANDARD, 2002) en la publicación N° T906-2002 que se refiere a pruebas de hermeticidad y sellado del tanque de combustible de la motocicleta esta publicación será utilizada para poder optimizar nuestro tanque de combustible luego de realizar las pruebas pertinentes descritas en la misma.

En lo que se refiere a normativa nacional el INEN no presenta una normativa en cuanto a diseño de tanques de combustible de motocicleta pero, se ha tomado en referencias de las características del combustible nacional presentes en la siguiente normativa (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010 p. 2) donde nos indica los requisitos que debe cumplir la gasolina en el país.

3.2 Modelado de las partes del tanque de combustible mediante software CAD-CAM-CAE.

El modelo del tanque de combustible se obtuvo mediante ingeniería inversa descrita anteriormente con ayuda del software Geomagic Design X versión 4.1.0.0, este software nos permite una solución integral de ingeniería inversa para el diseño de piezas nuevas basadas en las propiedades físicas o en la forma de una pieza existente. Crea modelos digitales precisos a partir de objetos

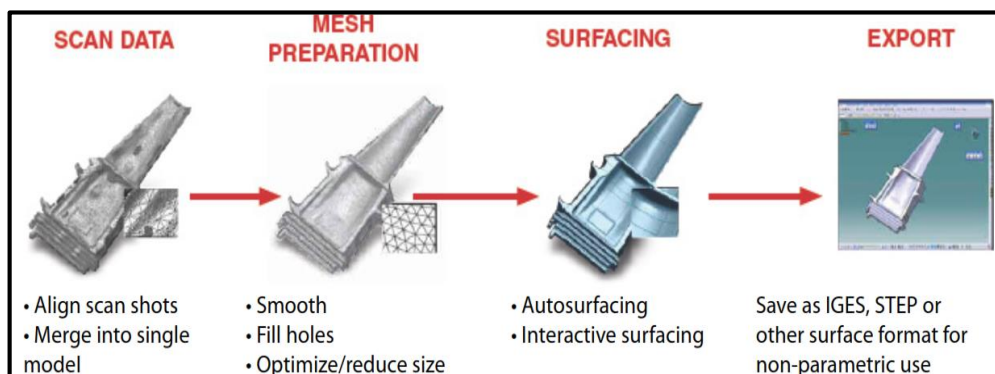
escaneados que permiten el desarrollo de productos de sustitución nuevos o de mayor rendimiento, reduciendo a la vez el tiempo de fabricación y el coste de forma espectacular las soluciones de Geomagic se integran con todos los productos principales CAD, además, el software permite exportaciones a todos los principales formatos 3D, como IGES, STEP, STL, 3DS, VRML, etc.

Geomagic ofrece las herramientas para la ingeniería inversa rápida y precisa transformando la nube de puntos en modelos 3D utilizables y superficies paramétricas que pueden utilizarse sin dificultad en los sistemas CAD de los ingenieros profesionales. Sus herramientas de alineación y depuración de la nube de puntos hacen de este software de ingeniería inversa el más fácil del sector de usar, el depurado automático y el rápido manejo de grandes nubes de puntos ofrecen la precisión que los ingenieros requieren.

Además sus “herramientas automáticas avanzadas nos permiten crear con rapidez modelos de polígonos en 3D a partir de datos escaneados para la utilización rápida, precisa e inmediata en el análisis (FEA, CFD) y la creación rápida de prototipos.” (GEOMAGIC, 2016).

El modelo del tanque se realiza siguiendo el procedimiento para superficies utilizando Surface Fitting Technology (Tecnología de montaje superficial) la cual es un proceso de diseño de ingeniería inversa que proporciona un método efectivo, fácil y rápido para la creación de cuerpos superficiales en 3D tomando como referencia una forma de malla inicial. (GEOMAGIC Design X, 2013 p. 20)

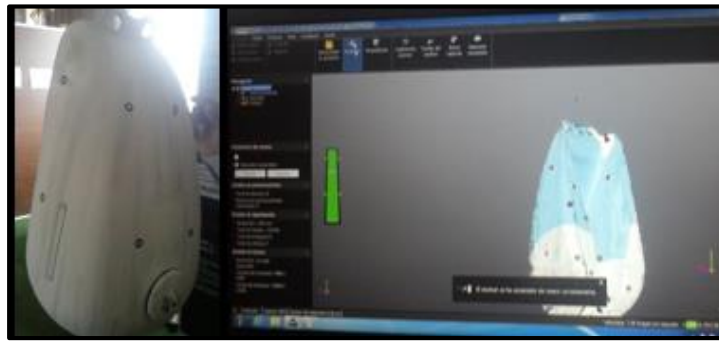
Figura 3-9 Procedimiento para modelado de tanque de combustible.



Fuente: (GEOMAGIC Design X, 2013 p. 20)

Se realiza el escaneo del tanque de combustible en dos etapas de escaneo primero la parte superior creando un archivo .csf luego la parte inferior creando otro archivo .csf, todo esto con ayuda del escáner portátil y software Creaform handyscan GO SCAN 3D 50 en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo logrando obtener los datos iniciales (nube de puntos) como se muestra en la figura (3-10).

Figura 3-10 Escaneo del tanque.

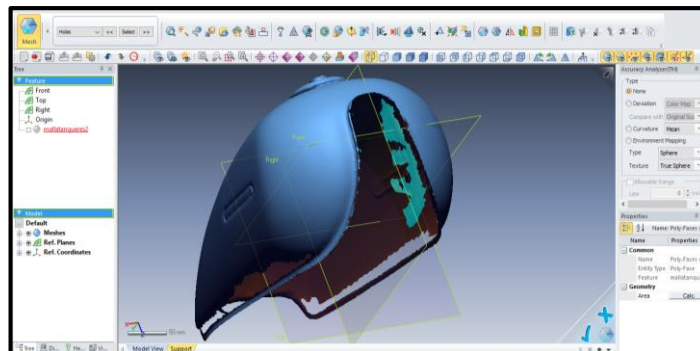


Fuente: Autores.

3.2.1 Datos escaneados.

Se obtiene datos del escáner (nube de puntos) tanto de la parte superior del tanque como de la inferior el archivo resultante se encuentra en un formato .csf, los mismo que posteriormente son importados con Geomagic Design X obteniendo el archivo en formato .xrl el cual será trabajado en dicho programa.

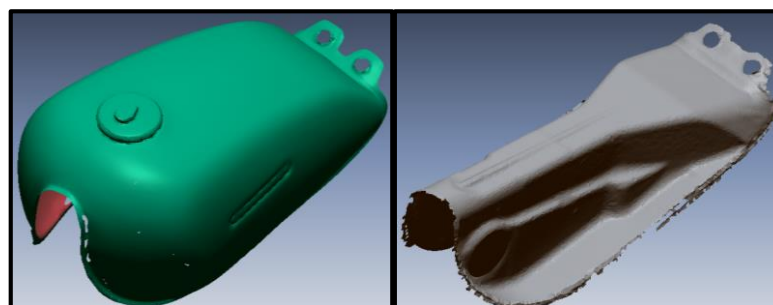
Figura 3-11 Corrección de la superficie del tanque.



Fuente: Autores.

Al digitalizar el tanque se obtuvo superficies que no son de interés para el diseño es por ello que se necesita corregir las superficies eliminando o rellenando los huecos existentes que el escáner no identificó.

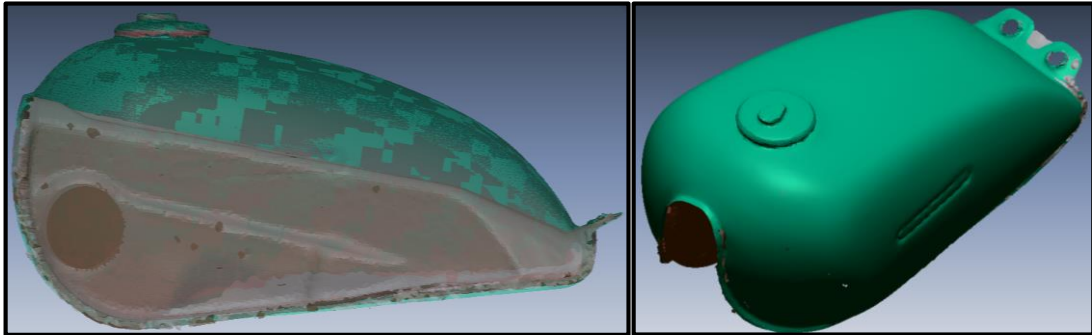
Figura 3-12 Componentes del tanque de combustible escaneados.



Fuente: Autores.

La parte superior se procede a alinearla con ayuda de referencias (planos, ejes o puntos) con los ejes principales X,Y,Z. y ensamblarlo con la parte inferior, para formar un solo cuerpo geométrico.

Figura 3-13 Tanque de combustible alineado y ensamblado.

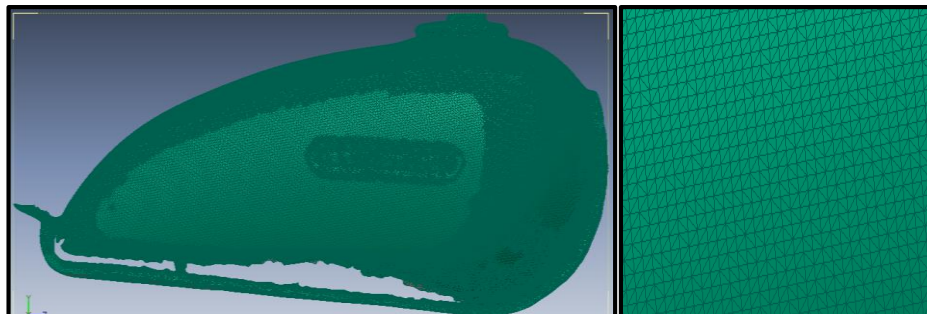


Fuente: Autores.

3.2.2 Preparación de malla.

Una vez generada una malla triangular por defecto se procede a corregir errores, rellenar agujeros, eliminar elementos no necesarios del modelo, optimizar la malla, suavizar, etc. En cada uno de los elementos.

Figura 3-14 Malla inicial de la parte superior del tanque de combustible.

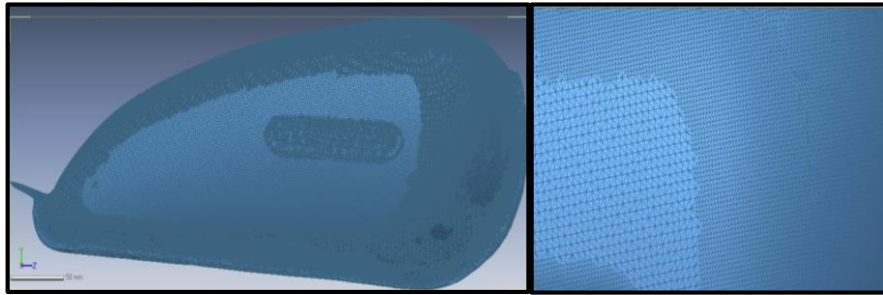


Fuente: Autores.

La parte superior en donde va ubicada la tapa del tanque es eliminada logrando una superficie uniforme y facilitar al momento de la extracción de la geometría superficial, así mismo se prepara solo el lateral derecho debido a que se trata de un elemento simétrico, optimizando tiempo.

El mallado final se puede visualizar en la figura (3-15), donde se conserva la malla por defecto, se suaviza y mejora las curvas predominantes para conservar mayor detalle, siendo muy útil para extraer una superficie compleja.

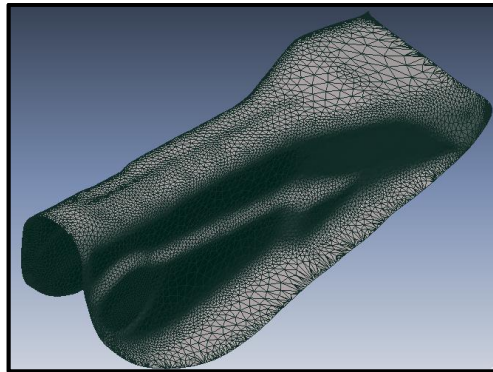
Figura 3-15 Malla final de la parte superior del tanque.



Fuente: Autores.

La parte inferior figura 3-16 se realiza el mismo procedimiento, pero en este caso se procede a optimizar la malla manteniendo las características geométricas de elemento con el fin de optimizar el rendimiento del computador.

Figura 3-16 Malla final de la parte inferior del tanque.

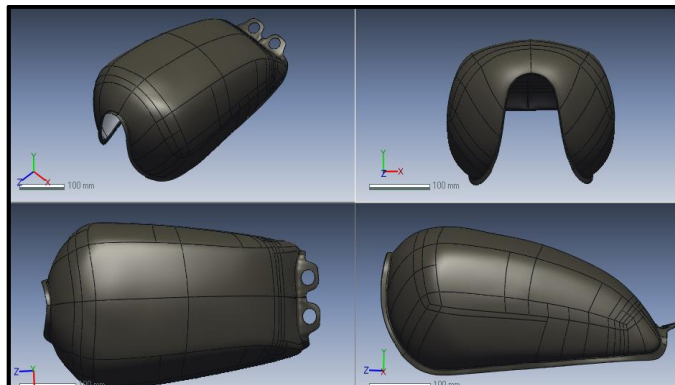


Fuente: Autores.

3.2.3 *Extracción de superficies y análisis de precisión.*

La parte superior del tanque se genera con la herramienta de superficie automática debido a que su geometría es considerada compleja, llevando estrategias de diseño y utilizando croquis 3D, 2D, asistente de recubrimiento, como resultado final se visualiza en la figura (3-17).

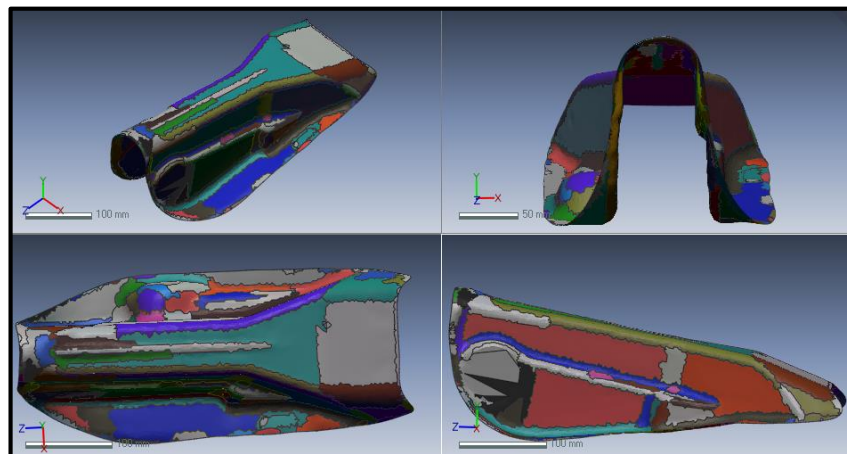
Figura 3-17 Superficie de la parte superior de tanque.



Fuente: Autores.

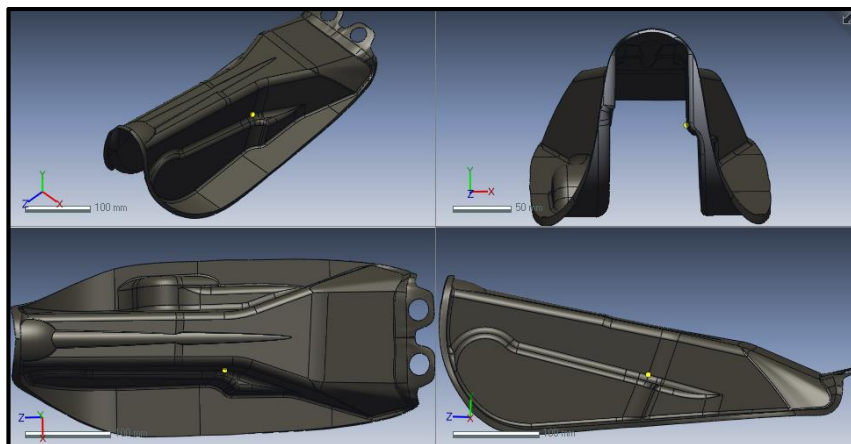
Para la parte inferior se utiliza las diferentes secciones que posee la geometría siendo muy útil ya que nos facilita extraer superficies primitivas (superficies planas, geometrías cilíndricas, cónicas, esféricas, figura 3-18), la extracción de croquis 2D y 3D, así mismo es de gran ayuda los asistentes de recubrimiento, barrido, extrucción, revolución, etc. Para luego generar las superficies necesarias de la geometría quedando finalmente como se muestra en la figura (3-19).

Figura 3-18 Secciones generadas por Geomagic Design X de la parte inferior.



Fuente: Autores.

Figura 3-19 Superficie parte inferior del tanque.

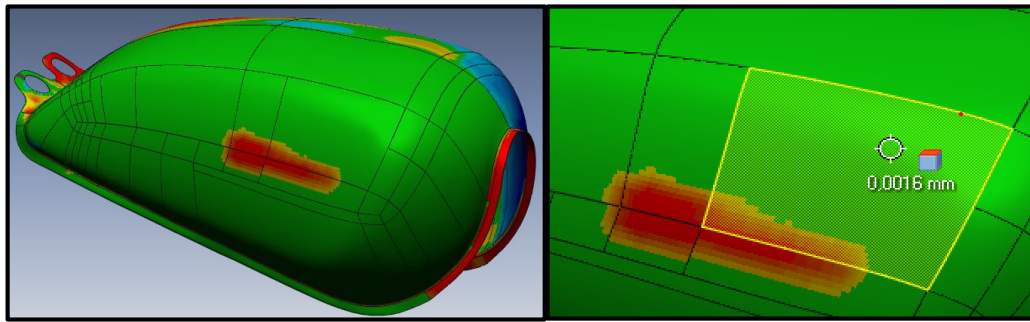


Fuente: Autores.

El análisis de precisión consiste en verificar los resultados de las desviaciones entre el modelo final con los datos escaneados, el resultado de los análisis son utilizados para crear un modelo 3D óptimo.

La parte superior del tanque presenta un color verde en su mayoría, indicando que posee desviaciones mínimas como se muestra en la figura (3-20).

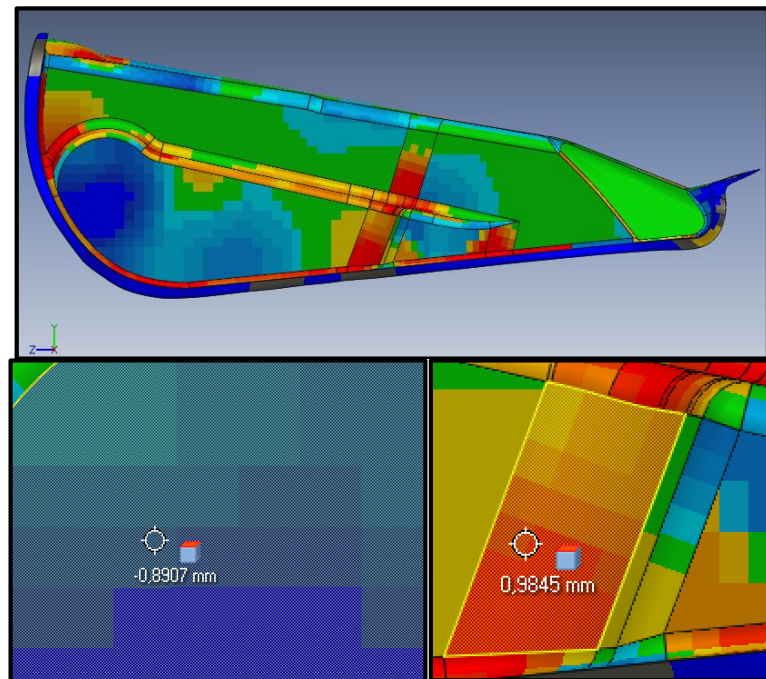
Figura 3-20 Análisis de precisión de la parte superior del tanque.



Fuente: Autores.

La parte inferior de la misma manera predomina el color verde indicando que la desviación es aceptable, sin embargo hay zonas color azul y rojo con una desviación (+ - 1mm) estas se presentan más en las curvaturas pero considerando que no representa mayor inconveniente véase la figura (3-21).

Figura 3-21 Análisis de precisión de la parte inferior del tanque.



Fuente: Autores.

3.2.4 *Rediseño del tanque de combustible.*

El tanque de la motocicleta ha podido ser adaptado según las necesidades de los conductores, siendo muy versátil en cuando a su forma y a la capacidad de contener combustible siempre a la par de la ergonomía y estética, por lo que tenemos tanques ligeros en las motos de competición con una gran capacidad de combustible en las motocicletas de rally, en las motos de velocidad o

de pista su centro de masas cada vez más cerca al piso, pero el tanque es el componente que ha resaltado en la estética de la moto siendo uno de los que más influyen en la misma.

El tanque de combustible tiene como misión principal dar la autonomía necesaria para recorrer grandes distancias sin necesidad de volver a llenarlo, además de una capacidad adicional de reserva que nos servirá en una situación de emergencia en caso de que se agotara la capacidad de combustible principal, para este valor asumimos el 20% de la capacidad total del tanque de combustible, para lo que tomamos en cuenta el consumo promedio de una motocicleta 125 cm^3 en este caso de la motocicleta Suzuki GN 125 H que tiene un consumo de 30 Km/l tomado de la revista motorcycle news de noviembre del 2006, según lo determinado en el programa Solid works tenemos una capacidad total de 9,84 litros, de este total tendremos el 80% para consumo principal que nos daría 235,92 kilómetros de recorrido y un 20 % en reserva nos proporciona 59 kilómetros adicionales. Teniendo un total de 294, 92 kilómetros de autonomía aproximadamente.

La forma se adaptará al espacio así como a los requerimientos que tenga con los demás componentes de la motocicleta, para esto tomamos en cuenta los componentes que están en contacto directo con el tanque, como son el conductor ya que apoya los muslos de sus piernas, el chasis ya que el tanque va sujeto a él y el asiento.

Con lo referente al chasis influye el tipo del mismo para el diseño del tanque de combustible pues este servirá de soporte, el chasis tipo cuna simple y tipo tubular que es el que contamos para montarlo y al que nos acoplaremos en este diseño, teniendo 2 soportes, uno de estos que evite el movimiento longitudinal y otro que evite el movimiento transversal, dando el espacio necesario para montar unas bases de caucho que absorba cualquier vibración presente.

El segundo elemento que está en contacto con el tanque de combustible es el asiento para lo cual hemos pensado en una ranura de forma ergonómica, que se adapte al contorno y parte de las rodillas del conductor que están en contacto directo con el tanque, además de añadirle rigidez a nuestro diseño.

Mejorando también la parte estética del mismo con formas agradables al usuario, por lo que la forma no tendrá ninguna arista viva que pueda entrar en contacto con el conductor y ocasionarle algún tipo de lesión, para lo que nuestro diseño seguirá formas redondeadas adaptadas al espacio y capacidad de combustible antes mencionadas.

En cuanto al material de construcción mostramos a continuación las ventajas y desventajas de los diferentes materiales con los que se construyen los tanques de combustibles.

Tabla 3-8 Materiales para construir tanques de combustibles.

Material	Ventaja	Desventaja	Material de origen nacional
Acero	Buena rigidez Menor costo	Material corrosible Mayor peso	Si
Aluminio	Menor presión Buena rigidez	mayor costo	No
Plástico	Gran resistencia al impacto	No es corrosible	No

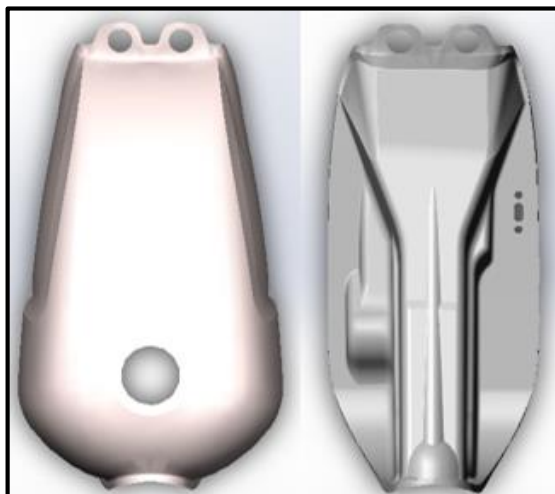
Fuente: Autores.

3.2.5 *Exportar archivo CAD.*

La superficie superior e inferior del tanque de combustible se exporta a Solid Work, en la parte superior se complementa el corte del agujero donde va ubicada la tapa de combustible además de hacerle la pequeña modificación en su geometría; dicha variación está destinada a mejorar la ergonomía para el conductor ya que sobre la modificación se asentara o reposara parte de los muslos del conductor además de hacer mucho más estético manteniendo los detalles iniciales véase figura 3-22.

En la parte inferior no se realiza ninguna modificación ya que el prototipo de tanque de combustible está enfocado para el chasis de motocicleta Suzuki GN 125 H.

Figura 3-22 Cara superior e inferior del tanque.



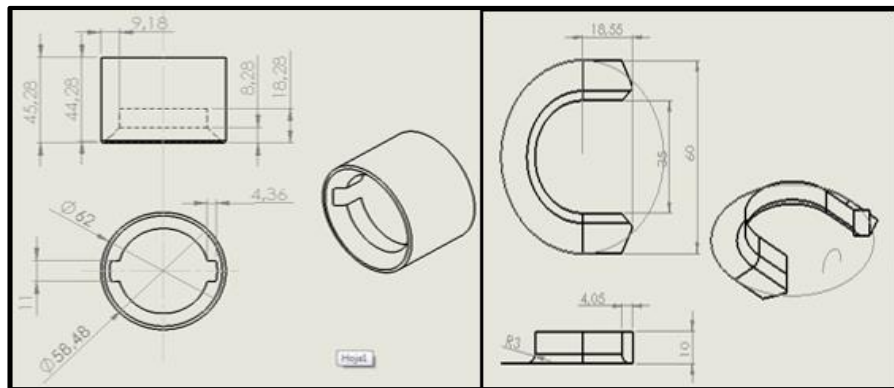
Fuente: Autores.

3.2.6 *Modelación de partes complementarias.*

Es necesario en el programa de CAD modelar también dos elementos adicionales que es el estabilizador de combustible para evitar derrames de gasolina por movimiento de la motocicleta

donde se alojara la tapa del tanque, y los apoyos en forma de C que se acoplaran al chasis, en la figura (3-23) tenemos las dimensiones de estos elementos.

Figura 3-23 Elementos complementarios.

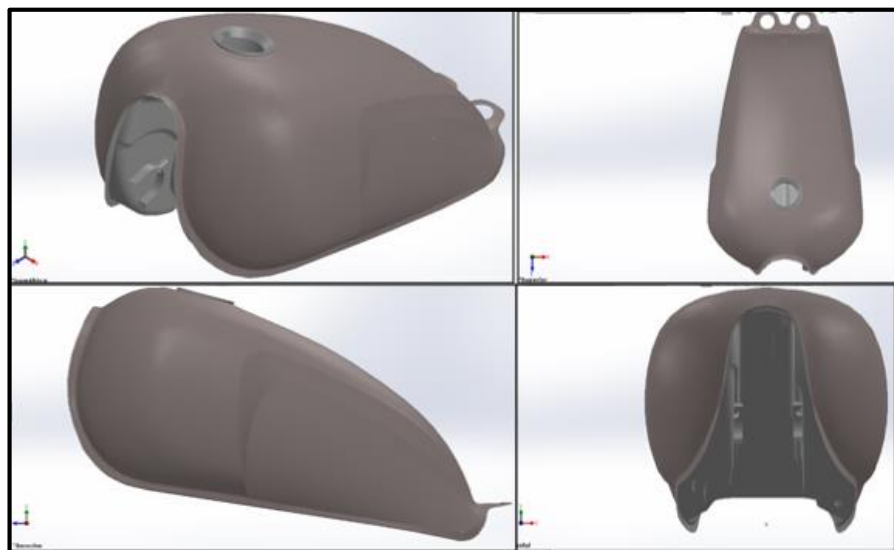


Fuente: Autores.

3.2.7 *Ensamblaje del prototipo computarizado final.*

Una vez modelado todos los componentes del tanque de combustible se procede a ensamblar la parte superior con la inferior del tanque, así como los complementos de la figura (3-23). El prototipo de tanque de combustible propuesto se visualiza en la figura (3-24).

Figura 3-24 Prototipo de tanque de combustible.



Fuente: Autores.

3.3 **Esfuerzos presentes en el tanque de combustible de motocicleta.**

Los esfuerzos presentes en el tanque de combustible nos permitirán evaluar el diseño inicial, así como las mejoras que podremos introducirlas para brindar un producto de calidad y de fabricación nacional.

A continuación describimos las fuerzas y presiones, presentes que afectaran de mayor manera el tanque de combustible y estas servirá para el análisis en el Software de Elementos Finitos.

3.3.1 *Presión por carga estática.*

La presión por carga estática es generada por el peso del combustible, tomando como referencia la altura máxima del tanque de combustible la cual nos determinara la máxima presión, al encontrarse en reposo esta presión se convierte en presión hidrostática que está dada por la siguiente fórmula.

$$P_h = \gamma h \quad (6)$$

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V} = \rho g \quad (7)$$

Donde:

P_h Es la presión hidrostática.

h Es la altura del fluido medida a la altura máxima desde la base del tanque tenemos una altura 0,22 metros.

γ Es el peso específico del fluido (gasolina) que es 6660 N/m^3 .

ρ Es la densidad del fluido (gasolina) que es $0,68 \text{ gr/cm}^3$.

g Es la fuerza de gravedad (gasolina) $9,81 \text{ m/s}^2$.

“La densidad de una sustancia se define como la masa de esa sustancia por unidad de volumen, esto es el resultado de dividir la masa conocida (Kg) entre un volumen conocido (cm^3)”.
(APLICACIONES TÉCNICAS PROCESOS PRODUCTIVOS, 2010)

“El peso específico de una sustancia se define como el peso de esa sustancia por unidad de volumen, esto es el resultado de dividir un peso conocido (N) entre un volumen conocido (cm^3)”.
(APLICACIONES TÉCNICAS PROCESOS PRODUCTIVOS, 2010)

Reemplazando los datos de densidad, gravedad y peso específico en la ecuación (6) tenemos que:

$$P_h = 680 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,22\text{m}$$

$$P_h = 1467,58 \text{ Pa}$$

3.3.2 *Presión de vapor*

“La Presión de vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión a la que a cada temperatura las fases líquida y vapor se encuentran en equilibrio; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras

existan ambas. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado". (CRUZ, 2012)

El valor de la presión de vapor de un líquido nos da una clara idea de su volatilidad, los líquidos más volátiles (éter, gasolina, acetona) tienen una presión de vapor saturado más alta, por lo que este tipo de líquidos confinados en un recipiente cerrado mantendrán a la misma temperatura una presión mayor que otros menos volátiles. Esto explica lo que ocurre cuando destapamos un recipiente con gasolina, notamos que hay una presión considerable en el interior, mientras tanto que si el líquido es agua, cuya presión de vapor saturado es más baja, apenas lo notamos cuando se destapa el recipiente.

La presión de vapor de la gasolina es de 56 KPa esta dada por la norma (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010 p. 2) a una temperatura de $37,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.3.3 Presión externa de soporte.

La presión externa está dada por una fuerza de apoyo que el conductor ejerce en el momento de apoyarse en el tanque de combustible dado por diferentes situaciones y estará determinada por:

$$P_{ex} = \frac{F_{ex}}{A} \quad (8)$$

Donde:

- P_{ex} es la Presión externa de soporte.
- F_{ex} es la Fuerza de Apoyo que será la cuarta parte del peso de una persona promedio de 75 Kg.
- A es el Área de Contacto que será la palma de la mano de la persona promedio.

Reemplazando los valores en la fórmula (8) se obtuvo lo siguiente:

$$P_{ex} = \frac{18,75 \text{ Kgf}}{0.019 \text{ m}^2} * \frac{9,8\text{N}}{1 \text{ Kgf}}$$

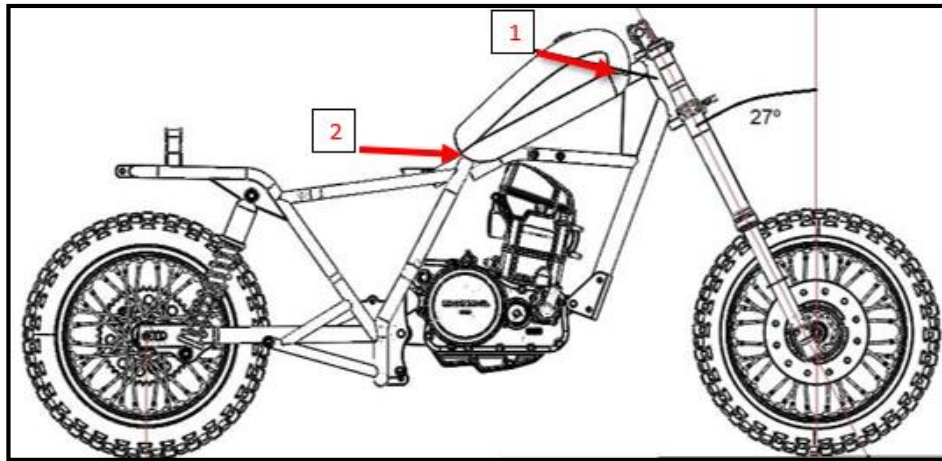
$$P_{ex} = 9671,05 \text{ Pa}$$

3.3.4 Reacciones en los soportes del tanque de combustible.

Los soportes del tanque de combustible que serán dos para este diseño están referenciados mediante el modelo del tanque de combustible de la motocicleta Suzuki GN 125 que ha sido escogida para el estudio y análisis de ingeniería inversa, y así determinar cómo fue hecho o construido, mediante la aplicación de principios físicos apropiados determinar su comportamiento

a diferentes ambientes y presiones, así también mejorar el diseño comparando alternativas de diseño analizando también su costo.

Figura 3-25 Puntos de anclaje del tanque de combustible.



Fuente: (JAQUE, et al., 2015 p. 40)

Es necesario mencionar que por disposición de los puntos de anclaje en el chasis el tanque tendrá una inclinación de 15° para el soporte 1, que suele ser dos guías ancladas al chasis de la moto que encajan perfectamente en los soportes ya soldados en el tanque, tendremos libertad de movimiento en el eje Z debido a que se lo debe desplazar en este eje para montarlo y desmontarlo en el chasis; una vez ubicado ahí el soporte 2 que sujeta el tanque mediante pernos anclados al chasis de la moto de esta manera el tanque se mantendrá fijo y no sufrirá desplazamientos de ningún tipo.

Los soportes que sostienen el tanque de combustible deben estar diseñados de tal manera que eviten el movimiento del mismo en las diferentes condiciones de trabajo, así como las fuerzas derivadas del comportamiento de la motocicleta en condiciones extremas.

3.3.5 Fuerzas aplicadas.

El valor más alto de desaceleración es de $10,88 \text{ m/s}^2$ tanto en el frenado con la rueda delantera como en el frenado con la rueda posterior, según la tesis doctoral de (Giuseppe Polucci “Dimensionamento di un telaio di motocicletta: Modello di simulazione e risultati di calcolo”, Universidad de Roma) citado en (JAQUE, et al., 2015 p. 19)

JAQUE, et al. (2015, p 23) analiza y calcula la aceleración a la que puede estar sometida la moto en el esfuerzo máximo de aceleración es de $a = 5,66 \text{ m/s}^2$ y los esfuerzos provocados por la motocicleta justo en el momento que se pasa una curva con la inclinación máxima en ese instante no existen fuerzas de aceleración ni de frenado y la fuerza de giro en el chasis es de $F_2 = 4026 \text{ N}$ con un ángulo de inclinación de $\alpha = 40^{\circ}$ aproximadamente.

Tabla 3-9 Fuerzas en los tres tipos de manejo.

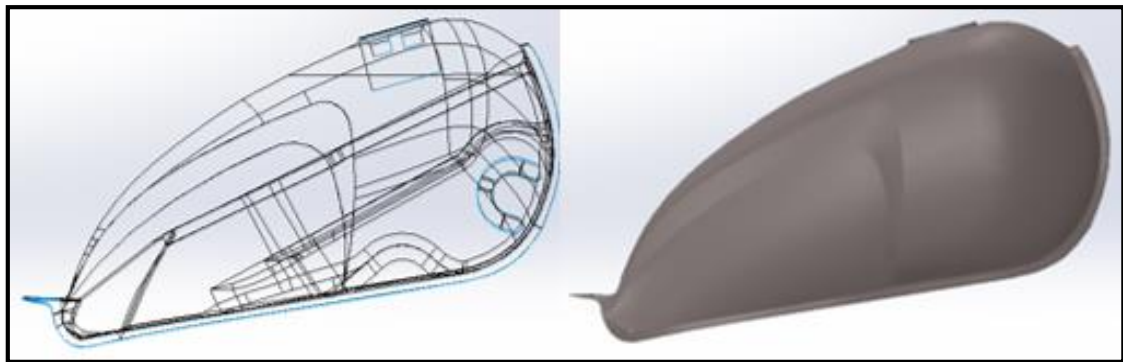
Parámetro	Aplicación	Valor
Aceleración	El valor de Aceleración provocara una mayor fuerza en el apoyo posterior # 2 del tanque.	5,66 m/s ²
Frenada	El valor de la frenada provocara una mayor fuerza en el apoyo delantero # 1.	10,88 m/s ² .
Angulo de giro	El Angulo de inclinación determinara la fuerza aplicada en los soportes en el paso por curva	40 grados a partir del eje vertical

Fuente: Autores.

Es necesario mencionar que el tanque según las fichas técnicas en los catálogos de ventas tiene una capacidad máxima de 10,6 litros de autonomía, este dato se aproxima a los 11,3 litros obtenidos mediante el escaneado 3D que se realizó previamente con la utilización del programa Geomagic Desing X y Solid Works.

Se trabajará para todos los análisis detallados más adelante con el tanque ya modificado en su geometría dicha modificación se basó en la ergonomía para el conductor y por estética del mismo, obteniendo un diseño inicial del prototipo como muestra la figura (3-26).

Figura 3-26 Tanque modificado en su geometría.



Fuente: Autores.

Del programa Solid Works se obtuvo lo siguiente, el volumen es 10,93lt dejando el 10% para vapores de gases emitidos por la gasolina, entonces el 90%, es decir $\frac{10,93Lt \cdot 90}{100} = 9,84Lt$ que equivale a $0,00984 m^3$ como volumen que ocupara la gasolina a máxima capacidad dentro del tanque.

Para calcular el peso de la gasolina:

$$\lambda = W_G / V \quad (9)$$

Donde:

- W_G es el peso de la gasolina.
- λ es el peso específico de la gasolina ($6660\text{N}/\text{m}^3$).
- V es el volumen que ocupa la gasolina en el tanque ($0,00984\text{ m}^3$).

Despejando y reemplazando los valores en la ecuación (9) tenemos:

$$W_G = \lambda * V$$

$$W_G = 6660\text{ N}/\text{m}^3 * 0,00984\text{ m}^3$$

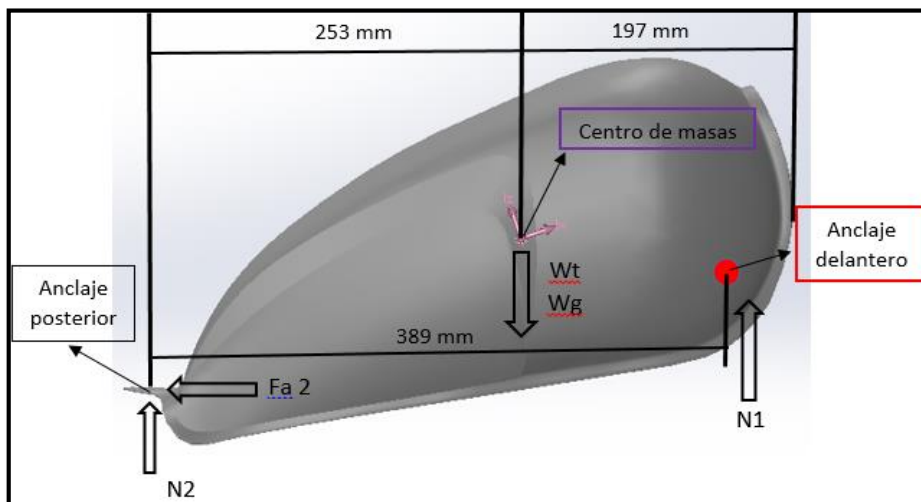
$$W_G = 65,53\text{ N}$$

Fue necesario también pesar el tanque de la Suzuki GN 125 dando como resultado $W_T = 3,2\text{ Kgf}$ o $W_T = 31,4\text{ N}$; estas fuerzas se toma como referencia en el centro de gravedad determinado en el programa Solid Works en las siguientes coordenadas; $X = 0,06\text{ cm}$, $Y = 10,7\text{ cm}$ y $Z = 25,3\text{ cm}$.

3.3.6 Fuerza de aceleración.

La fuerza (Fa_2) está situada en el punto donde va empernado el tanque al chasis y debido al efecto de la aceleración la fuerza toma el sentido de derecha a izquierda.

Figura 3-27 Diagrama de cuerpo libre.



Fuente: Autores.

Las normales N_1 y N_2 estarán en sentido vertical ascendente separadas entre sí por $38,9\text{ cm}$, el peso de la gasolina y del tanque se colocaran en sentido vertical descendente desde el centro de masa o gravedad y a la distancia especificada a $25,3\text{ cm}$ desde el punto de anclaje posterior y a $10,7\text{ cm}$ de altura como muestra la figura (3-27); para este análisis se considera al tanque sin su respectiva tapa, además el peso del tanque y de la gasolina.

Entonces se puede deducir lo siguiente en la sumatoria de fuerzas:

$$\begin{aligned}\sum F_X &= m * a & (10) \\ \sum F_X &= (mG + mT) * a \\ \sum F_X &= (\rho * V + mT) * a \\ \sum F_X &= \left(680 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,00984 \text{ m}^3 + 0,33 \text{ Kg}\right) * 5,66 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ \sum F_X &= \mathbf{Fa2 = 39,74 \text{ N}}\end{aligned}$$

Con la Fa2 calculada obtendremos el valor de las normales de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= 0 \\ N_2 + N_1 - W_T - W_G &= 0 \\ N_2 + N_1 &= 31,4 \text{ N} + 65,53 \text{ N} \\ N_2 + N_1 &= 96,93 \text{ N} & (11)\end{aligned}$$

Sumatoria de momentos:

$$\begin{aligned}\sum M_2 &= 0 \\ \sum M_2 &= 0 \\ -(31,4\text{N} * 0,253\text{m}) - (65,53\text{N} * 0,253\text{m}) + (N_1 * 0,389\text{m}) &= 0 \\ N_1 &= \frac{24,523\text{Nm}}{0,389\text{m}} \\ N_1 &= 63,04\text{N}\end{aligned}$$

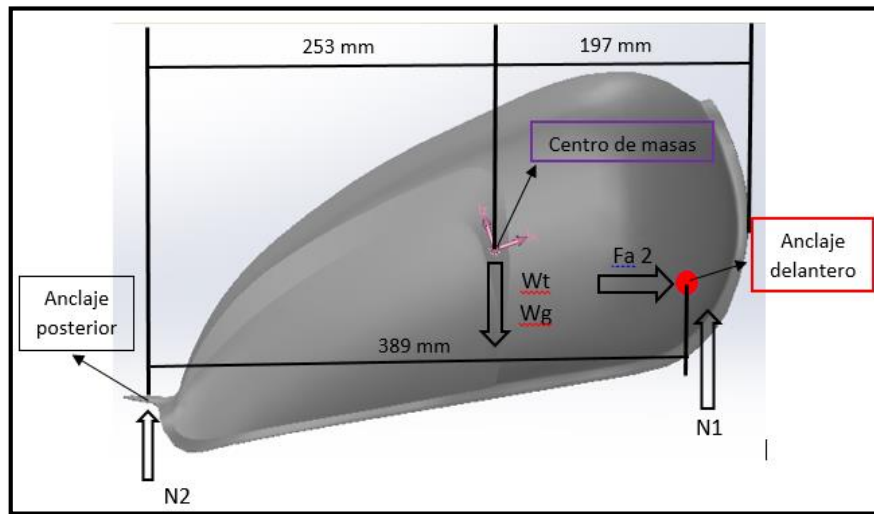
Reemplazando N_1 en la ecuación (6) tenemos:

$$\begin{aligned}N_2 &= (96,93 - 63,04)\text{N} \\ N_2 &= 33,89 \text{ N}\end{aligned}$$

3.3.7 *Fuerza de frenado o desaceleración.*

La fuerza (Fd1) se aplica en el punto donde va sujeto el tanque por las guías del chasis, y debido al efecto de la desaceleración la fuerza toma el sentido de izquierda a derecha.

Figura 3-28 Diagrama del cuerpo libre en desaceleración.



Fuente: Autores.

Las normales N1 y N2 estarán en sentido vertical ascendente separadas entre sí por 38,9 cm, el peso de la gasolina como del tanque se colocaran en sentido vertical descendente desde el centro de gravedad y a la distancia especificada (25,3 cm desde el punto de anclaje posterior y a 10,7 cm de altura) como se muestra en la figura (3-28).

Entonces se puede deducir lo siguiente en la sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_x = m \cdot a_d \quad (12)$$

$$\sum F_x = \left(680 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,00984 \text{ m}^3 + 0,33 \text{ Kg} \right) \cdot 10,88 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\sum F_x = F_{d1} = 76,4 \text{ N}$$

Sumatoria de momentos:

$$\sum M_2 = 0$$

$$-(31,4\text{N} \cdot 0,253\text{m}) - (65,53\text{N} \cdot 0,253\text{m}) + (N_1 \cdot 0,389\text{m}) - (76,4 \text{ N} \cdot 0,107\text{m}) = 0$$

$$N_1 = \frac{(7,944 + 16,579 + 8,175) \text{ Nm}}{0,389\text{m}}$$

$$N_1 = \frac{32,698 \text{ Nm}}{0,389\text{m}}$$

$$N_1 = 84,06 \text{ N}$$

Reemplazamos la N1 en la ecuación (11) tenemos lo siguiente:

$$N_2 + N_1 = 96,93 \text{ N}$$

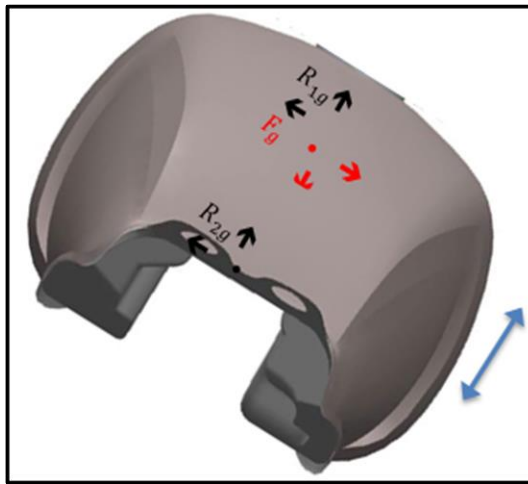
$$N_2 = (96,93 - 84,06)N$$

$$N_2 = 12,87 N$$

3.3.8 Fuerza de giro en paso por curva.

En el momento que la motocicleta se encuentra transitando una curva se genera la F_g en la que influirá de mayor manera el ángulo de inclinación de la motocicleta que según (JAQUE, y otros, 2015 pág. 14) son 40° en el paso por curva que se dividirá en dos componentes véase figura 3-29.

Figura 3-29 Tanque inclinado en paso por curva.



Fuente: Autores.

$$\Sigma F_x = (680 \text{ Kg/m}^3 * 0,00984 \text{ m}^3 + 0,33 \text{ Kg}) * \text{sen } 40^\circ * 9,8 \text{ m/s}^2 \quad (13)$$

$$F_{gy} = (7,0212 \text{ Kg}) * \text{Sen}40 * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F_{gy} = 44,23 N$$

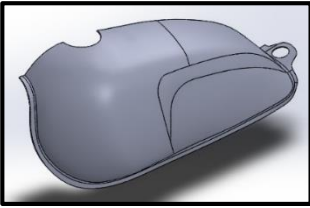
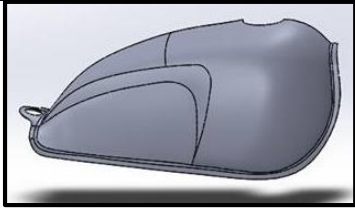
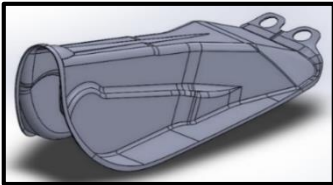

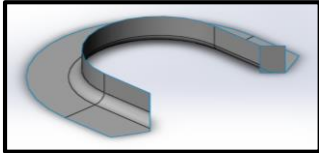
$$F_{gx} = (0,00984 \text{ m}^3 * 680 \text{ Kg/m}^3 + 0,33 \text{ Kg}) * \text{Cos}40 * 9,8 \text{ m/s}^2)N$$

$$F_{gx} = 52,71 N$$

3.4 Modelado y diseño de la cavidad y núcleo de los troqueles.

El conformado de las partes del tanque de combustible se realizara mediante moldes para troqueles por lo que es necesario diferenciar las partes en las que se realizara la construcción del taque de combustible, para lo cual presentamos la siguiente tabla.

Tabla 3-10 Partes contractivas del tanque de combustible.

Parte del tanque	Ilustración	Descripción
A		Parte izquierda del tanque de combustible
B		Parte derecha del tanque de combustible
C		Parte inferior del tanque de combustible
D		Base de la tapa de Combustible
E		Soportes delanteros del tanque de combustible

Fuente: Autores.

Los moldes de cada una de las partes mencionadas anteriormente tendrán una parte llamada punzón que es la encargada de deformar el material, a esta parte se le aplicara la presión necesaria para el conformado de la pieza. La segunda parte será la matriz que se encargara de recibir al material y será de forma hueca para poder entre las dos partes del molde dejar una tolerancia del espesor de la lámina de metal a utilizar para la fabricación del objeto.

Para la fabricación de estos troqueles se vio conveniente utilizar el acero Bohler M238 que importan al país y se lo puede conseguir, algunas propiedades de este acero es el contenido de níquel que garantiza una resistencia uniforme hasta el núcleo también en grandes dimensiones por encima de 400 mm, el acero BÖHLER M238 se suministra con una buena maquinabilidad.

Tabla 3-11 Composición química del acero M238.

Composition chimique (valeurs indicatives en %) / Composición química (valores aproximados en %)					
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,38	0,30	1,50	2,00	0,20	1,10

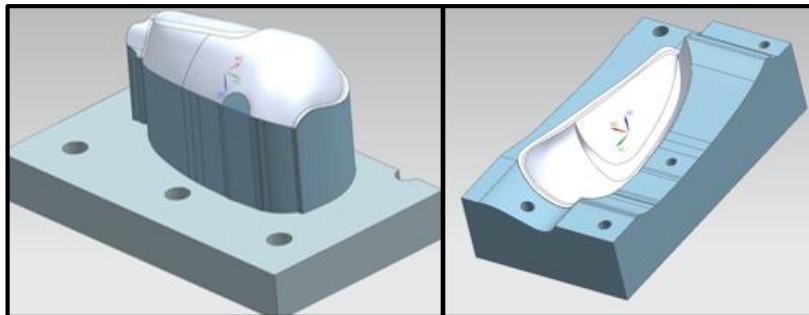
Fuente: [http://www.acerosbohler.com/spanish/files/downloads/M238FSP\(2\).pdf](http://www.acerosbohler.com/spanish/files/downloads/M238FSP(2).pdf)

Para el modelado de troqueles se utilizara un software de CAD y utilizaremos el tanque de combustible que digitalizamos anteriormente para obtener ambas partes del troquel.

3.4.1 *Modelado del troquel de la parte A.*

Según (ROSSI, 1979 p. 15) para la obtención de los moldes de troquel se debe tomar una tolerancia para el juego entre el punzón y la matriz que puede variar desde 5% al 13% del espesor de la chapa, y como conocemos tenemos un espesor de lámina de 1.4 milímetros, los cuales serán la distancia de separación entre punzón y matriz, tomando esto en cuenta podemos utilizar el software para obtener los moldes como se muestra en la figura 3-30.

Figura 3-30 Punzón y matriz parte A.

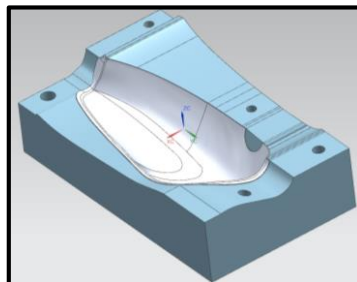


Fuente: Autores.

3.4.2 *Modelado del troquel de la parte B.*

Siendo la parte B igual y opuesta a la parte A podemos tener las mismas consideraciones para la obtención de los moldes de esta parte.

Figura 3-31 Matriz Parte B.



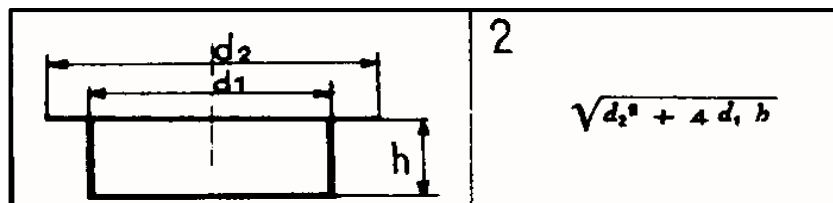
Fuente: Autores.

3.4.3 Fuerzas para el troquelado de las partes A y B.

Debido a que la parte A y B son mitades de una sola superficie estas comparten la misma profundidad de estampado, es decir son simétricas por lo que se las puede analizar en conjunto y habría la posibilidad de utilizar el mismo troquel para su construcción, pero con moldes individuales para cada parte.

Siendo las formas complejas de nuestra superficie para el análisis de la fuerza de embutición haremos cuenta que nuestra figura a obtener es un cilindro hueco con un fondo plano, para obtener esta superficie nos vamos a guiar en el libro de (ROSSI, 1979 p. 79) que determinan según la siguiente fórmula 14.

Figura 3-32 Área del material en bruto para la embutición.



Fuente: (ROSSI, 1979 p. 79)

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h} \quad (14)$$

Siendo d_1 el diámetro de la circunferencia asumiendo que es un cilindro con fondo plano de altura $h = 0,15$ metros, el área de este cilindro será la superficie de estampado de la parte A del tanque de combustible tenemos un diámetro de $0,196$ y d_2 la superficie aumentada de material en exceso que será de $0,376$ metros teniendo un total de:

$$D = \sqrt{0,376^2 + 4 * 0,196 * 0,15}$$

$$D = 0,508 \text{ metros}$$

Para la fuerza necesaria para la embutición consideramos la siguiente fórmula 15.

$$F_A = n * \pi d * s * \sigma_{ut} \quad (15)$$

Donde:

σ_{ut} = Resistencia a la tracción del material $270000 \text{ Kg}/\text{m}^2$.

d = Diámetro del punzón $0,196 \text{ m}$.

s = Espesor de la chapa $1,4 \text{ mm}$.

πd = Perímetro del punzón $0,615 \text{ m}$.

n = Relación entre la resistencia a la tracción y a la deformación.

Según la siguiente figura (3-33) y reemplazando los datos ya obtenidos se considera $n = 3,44$.

Figura 3-33 Valor de la relación entre la resistencia a la tracción y a la deformación.

$\frac{R_0}{r}$	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2
n	2,928	3,189	3,443	3,704	3,963	4,228	4,485	4,714	4,939	5,194

Fuente: (ROSSI, 1979 p. 102)

$$F_A = 79969,68 \text{ kgf} = 79 \text{ Toneladas}$$

La presión del sujetador quedara determinada por la fórmula 16 siguiente:

$$P_s = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) * p \quad (16)$$

Donde:

P_s = Presión del sujetador.

D = diámetro del disco en chapa.

d = diámetro del punzón.

p = presión especifica según el material para este caso $20000 \text{ Kgf}/\text{m}^2$.

$$P_s = \frac{\pi}{4}(0,376^2 - 0,196^2) * 20000$$

$$P_s = 1617,92 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$$

Debemos aclarar que el proceso de embutición es muy complejo por lo cual estas fuerzas las cuales describimos anteriormente son referenciales y sirven para partir de estos valores, pues es un proceso que requiere prueba y error para calibrar adecuadamente la maquinaria.

Posteriormente realizaremos el corte del material en exceso que tenemos luego de realizar el estampado este será mediante un troquel de corte para lo cual podemos determinar la fuerza necesaria para el corte denominado Q_A con la fórmula 17 que según (ROSSI, 1979 p. 24) es:

$$Q_A = p * s * \sigma_T \quad (17)$$

$$Q_A = 1,302 \text{ m} * 0,0014 \text{ m} * 29400000 \text{ Kgf}/\text{m}^2$$

$$Q_A = 53590,30 \text{ kgf} = 53,59 \text{ Toneladas}$$

Siendo:

P = Perímetro de la figura.

S = Espesor de la lámina.

σ_T = Esfuerzo de ruptura del material de corte.

Considerando el rozamiento:

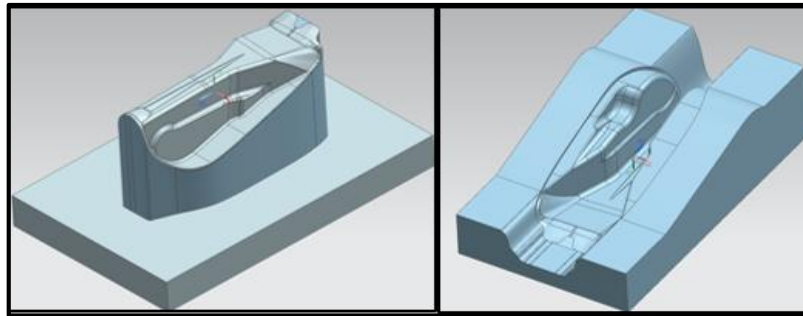
$$Q_{rA} = 1.2Q \quad (18)$$

$$Q_{rA} = 64308,31 \text{ kgf} = 64,30 \text{ Toneladas}$$

3.4.4 *Modelación del troquel de la parte C.*

Esta parte es la que tiene mayores dimensiones y por lo tanto en la que tendremos mayor cantidad de material para poder conformarla, sin embargo es la que nos proporcionara la mayor facilidad en el modelado del molde de troquel debido a que es la que nos daría un ángulo de salida más amplio y con el que podremos variar según nuestras necesidades constructivas, teniendo esto en cuenta los moldes de troqueles que obtenemos son los siguientes figura (3-34).

Figura 3-34 Punzón y matriz parte C.



Fuente: Autores.

Para la elaboración de esta parte del tanque de combustible consideramos que se debe utilizar una herramienta de embutido de acción simple.

3.4.5 *Fuerzas para el troquelado de la parte C.*

Para la fuerza necesaria para la embutición consideramos la siguiente fórmula (15).

$$F_C = n * \pi d * s * \sigma_{ut}$$

Donde:

σ_{ut} = Resistencia a la tracción del material 270000 Kg/m^2 .

d = Diámetro del punzón $0,215 \text{ m}$.

s = Espesor de la chapa $1,4 \text{ mm}$.

πd = Perímetro del punzón $0,676 \text{ m}$.

n = Relación entre la resistencia a la tracción y a la deformación.

Según figura (3-33) se considera $n = 3,189$

$$F_C = 81487,68 \text{ kgf} = 81,47 \text{ Toneladas}$$

Luego procederemos a realizar los cortes del material en exceso mediante un troquel de corte y utilizaremos la fórmula (17) anteriormente mencionada para encontrar la fuerza de corte.

$$Q_C = p * s * \sigma_T$$

Siendo:

P = Perímetro de la figura.

S = Espesor de la lámina.

σ_T = Esfuerzo de ruptura del material de corte.

$$Q_C = 1,51 \text{ m} * 0,0014 \text{ m} * 29400000 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_C = 62151,60 \text{ kgf} = 62,15 \text{ Toneladas}$$

Considerando el rozamiento con fórmula (18).

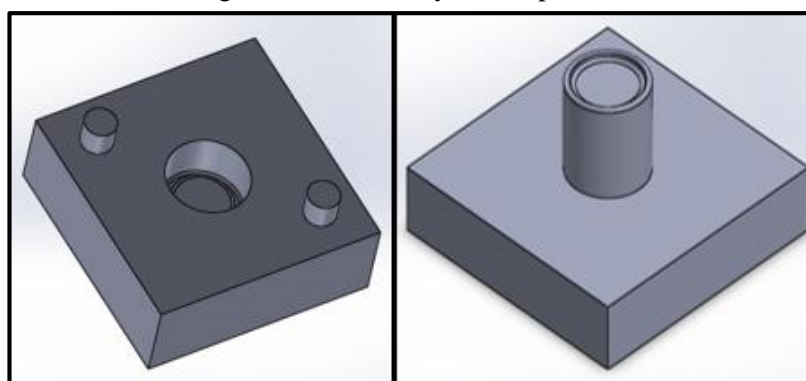
$$Q_{RC} = 1.2Q$$

$$Q_{RC} = 74581,90 \text{ kgf} = 74,58 \text{ Toneladas}$$

3.4.6 Modelación del troquel de la parte D.

El componente D es la base para tapa del tanque e ira soldado al mismo. De la parte D se obtiene un troquel de menor complejidad que los anteriores, predominando la forma cilíndrica además debido a su pequeño tamaño las piezas complementarias a este troquel son más ligeras porque soportaran menor presión.

Figura 3-35 Punzón y matriz parte D.



Fuente: Autores.

3.4.7 Fuerzas para el troquelado de la parte D.

Para determinar la fuerza con la que se debe realizar la embutición lo haremos mediante la siguiente fórmula (15).

$$F_D = n * \pi d * s * \sigma_{ut}$$

Donde:

σ_{ut} = Resistencia a la tracción del material 270000 Kgf/m^2 .

d = Diámetro del punzón 0,06m.

s = Espesor de la chapa 1,4 mm.

πd = Perímetro del punzón 0,188 m.

n = Relación entre la resistencia a la tracción y a la deformación.

Según la figura (3-33) se considera $n = 4,22$.

$$F_D = 29846,88 \text{ kgf} = 29 \text{ Toneladas}$$

Posteriormente realizaremos el corte del material sobrante para lo cual determinaremos la fuerza de corte con la fórmula (17).

$$Q_D = p * s * \sigma_T$$

Siendo:

P = Perímetro de la figura.

S = Espesor de la lámina.

σ_T = Esfuerzo de ruptura del material de corte.

$$Q_D = 0,19 * 0,0014 * 29400000 \text{ Kgf}/m^2$$

$$Q_D = 7820,4 \text{ kgf} = 7,8 \text{ Toneladas}$$

Considerando el rozamiento fórmula (18).

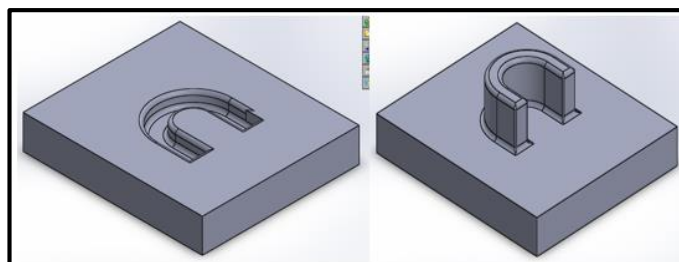
$$Q_{rD} = 1.2Q$$

$$Q_{rD} = 9384,7 \text{ kgf} = 9,3 \text{ Toneladas}$$

3.4.8 Modelación del troquel de la parte E.

Para el troquel de la parte E diseñamos un punzón y una matriz al igual que las partes anteriores, teniendo en cuenta que la forma de esta matriz tiene radios de curvatura reducidos, el radio mínimos de nuestro diseño es de tres milímetros, siendo este más alto que el mínimo permitido por el material que es de 0.5 milímetros.

Figura 3-36 Punzón y matriz parte E.



Fuente: Autores.

3.4.9 *Fuerzas para el troquelado de la parte E.*

A continuación describimos las fuerzas empleadas para la construcción de esta parte del tanque de combustible.

$$F_E = n * \pi d * s * \sigma_{ut}$$

Donde:

σ_{ut} = Resistencia a la tracción del material 270000 Kgf/m².

d = Diámetro del punzón 0,02 m.

s = Espesor de la chapa 1,4 mm.

πd = Perímetro del punzón 0,063 m.

n = Relación entre la resistencia a la tracción y a la deformación.

Según la fórmula (55) se considera $n = 4,22$

$$F_E = 10049,50 \text{ Kgf} = 10,04 \text{ toneladas}$$

Para determinar la fuerza necesaria para el corte de la pieza utilizaremos la siguiente fórmula (17).

$$Q_E = p * s * \sigma_T$$

Siendo:

P = Perímetro de la figura.

S = Espesor de la lámina.

σ_T = Esfuerzo de ruptura del material de corte.

$$Q_E = 0,063 * 0,0014 * 29400000 \text{ Kgf/m}^2$$

$$Q_E = 2593,08 \text{ kgf} = 2,5 \text{ Toneladas}$$

Considerando el rozamiento fórmula (18).

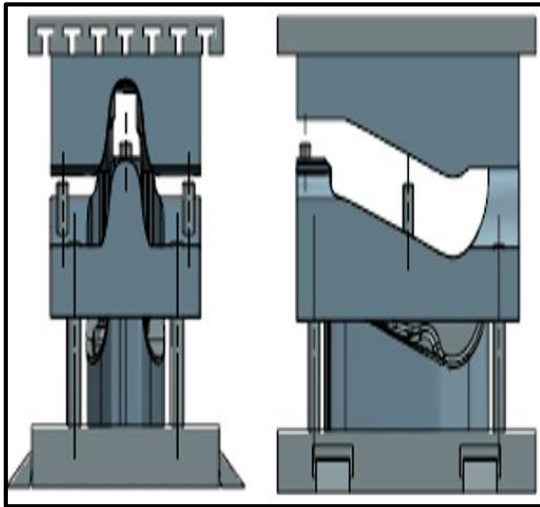
$$Q_{rD} = 1.2Q$$

$$Q_{rD} = 3111 \text{ kgf} = 3,11 \text{ Tonelas}$$

3.4.10 *Ensamblaje de los troqueles modelados.*

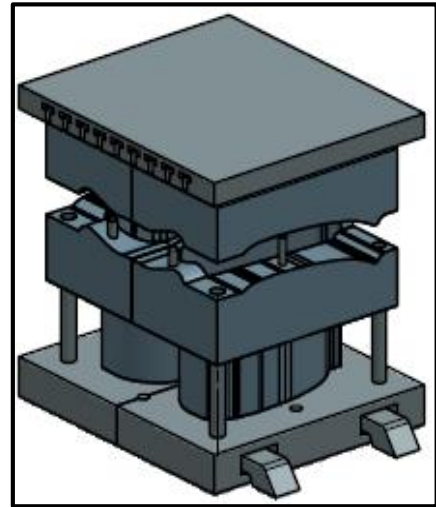
Para terminar en un ensamblaje con la matriz, pisadera punzón y los cilindros de hidrogeno que generan una presión para sostener la pisadera obsérvese las figuras (3-37, 3-38 y 3-40).

Figura 3-37 Troquel de la parte C del tanque.



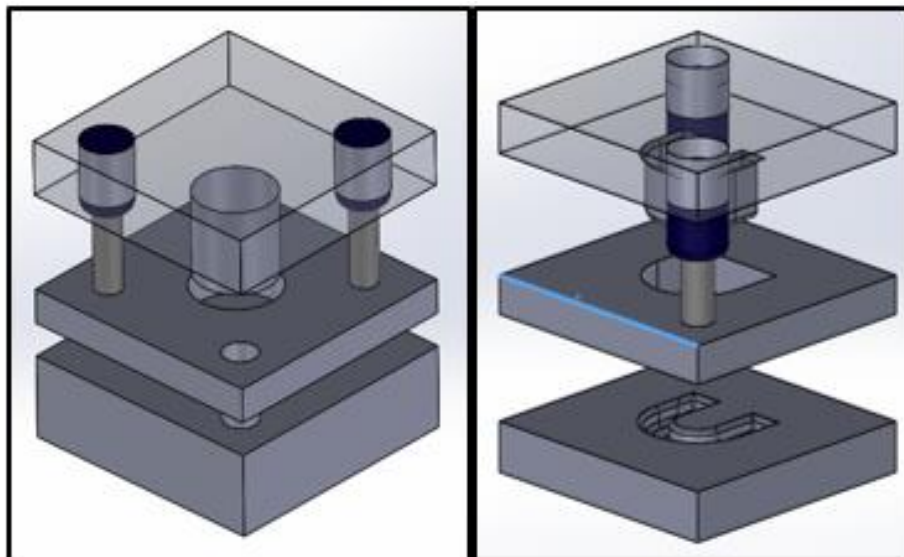
Fuente: Autores.

Figura 3-38 Troquel de la parte A y B del tanque.



Fuente: Autores.

Figura 3-39 Troquel parte D y E del tanque.



Fuente: Autores.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE ESFUERZOS PRESENTES EN EL TANQUE DE COMBUSTIBLE DE MOTOCICLETA.

4.1 Introducción al método de elementos finitos (MEF).

El método de elementos finitos (MEF en español o FEM en inglés) es un método numérico que está destinado a la resolución de ecuaciones diferenciales, actualmente es el método más utilizado tanto a nivel profesional en empresas de ingeniería como a nivel de investigación en universidades. En su inicio utilizado para realizar cálculos en estructuras, pero con el pasar del tiempo se le vio más aplicaciones en la ingeniería como por ejemplo en la difusión de calor o la mecánica de fluidos.

Debido a que anteriormente los problemas ingenieriles eran prácticamente imposibles de resolver se obligaba a realizar prototipos para ensayarlos e ir realizando mejoras sobre la marcha, lo que ocasionaba un elevado costo económico así como perder valioso tiempo. El MEF nos permite elaborar un modelo matemático de cálculo más fácil y económico que modificar un prototipo, sin embargo se debe tener en cuenta que es un método que se aproxima a las condiciones reales.

La idea general de los elementos finitos es la división de un elemento continuo en un conjunto de pequeños elementos (discretizar) interconectados por una serie de puntos llamados nodos, los cuales forman superficies que son afectadas por las condiciones de frontera que actúan directamente al cuerpo estudiado como un todo, de esta manera se consigue pasar de un sistema continuo (sistema de ecuaciones diferenciales) a un sistema con un número de grados de libertad finito, (CELIQUETA, Juan, 2011 pp. 2-4)

Figura 4-1 Estructura discreta y estructura continua.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/aplicacion-mef-soldadura/aplicacion-mef-soldadura2.shtml>

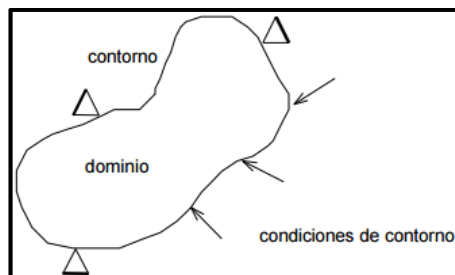
Mediante la aplicación de MEF en lugar de intentar resolver el problema como un todo en una sola operación, se divide el cuerpo del problema en un número finito de elementos los cuales a su

vez se resuelven simultáneamente y se obtiene el resultado de un todo conformado por cada resultado de los elementos finitos.

En cualquier problema que analicemos se distingue lo siguiente:

- Dominio; Espacio geométrico donde se va a analizar el sistema.
- Condiciones de contorno; Variables conocidas y que condicionan el cambio del sistema por ejemplo carga, desplazamiento, temperaturas, voltaje etc.
- Incógnitas; Variables del sistema que deseamos conocer después de que las condiciones de contorno han actuado sobre el sistema (tensiones).

Figura 4-2 Variables de un problema en MEF.



Fuente: http://www.iit.comillas.edu/~camicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf

Para resolver el problema el dominio discretizado se divide mediante puntos en el caso lineal, mediante líneas en el caso bidimensional o superficies en el caso tridimensional, estas porciones o elementos se define por un numero discreto de puntos llamados nodos que conectan entre si los elementos y sobre estos nodos se materializan las incógnitas.

4.2 Calidad de malla.

Ansys interactúa con varios criterios de calidad de malla entre ellos: Element Quality, Aspect Ratio, Jacobian Ratio, Warping Ratio, Parallel Deviation, Maximum Corner Deviation, Skewness y Orthogonal Quality.

Siendo más frecuente el Element Quality, este método es utilizado en el radio del volumen a la longitud de borde para un elemento dado.

Figura 4-3 Calidad de malla Element Quality.



Fuente: <file:///D:/Tesis/CAPITULO%205/fotos/calidad%20de%20malla.jpg>

Dependiendo del color varía la calidad de malla, mientras más cerca de 0 (color rojo) la calidad de malla es deficiente y más cerca de 1 (color azul) la calidad de malla óptima.

4.3 Análisis y simulación mediante ANSYS.

La implementación de un software con método de elementos finitos se basa en tres pasos básicos: el pre-procesador, el procesador y el pos-procesador; en el primer paso se coloca la generación de los parámetros del problema, en el segundo se ensambla y resuelve el sistema de ecuaciones y en el tercero esta la impresión y graficación de la solución.

4.3.1 *Preproceso (Preparación del problema).*

- Definir el dominio geométrico del problema.
- Definir el tipo de elemento que será utilizado en la discretización.
- Definir las propiedades de los materiales de cada elemento.
- Definir las propiedades geométricas de los elementos (longitud, área, etc.).
- Definir las conectividades de los elementos (malla de modelo).
- Definir las restricciones físicas del problema (condiciones de contorno).
- Definir las cargas aplicadas sobre el dominio.

4.3.2 *Proceso (Solución del problema).*

- Cálculo de las matrices de rigidez y vectores de carga de cada elemento.
- Ensamblaje de las matrices de rigidez y de los vectores de carga elementales.
- Obtención del sistema global de ecuaciones.
- Reducción del sistema de ecuaciones mediante la aplicación de las condiciones de contorno.
- Resolución del sistema de ecuaciones asociado al problema. Obtención de los valores nodales de las variables de campo que representan el problema.
- Cálculo de variables derivadas como fuerzas de reacción, tensiones en los elementos, flujos de calor, etc.

4.3.3 *Pos proceso (Análisis y evaluación de los resultados).*

- Representación gráfica de los resultados (clasificación en colores dependiendo la magnitud de las variables, curvas de resultados, etc.).
- Verificación de la condición de equilibrio.

Mediante la utilización de ANSYS y con los datos obtenidos anteriormente se someterá al prototipo del taque a una serie de análisis que nos ayudara a entender y validar el diseño.

4.4 Simulación y ensayo de esfuerzos.

En este capítulo se analiza el comportamiento del prototipo de tanque de combustible con las diferentes cargas y presiones para cada caso anteriormente mencionado y poder validar el diseño.

Mediante el ensayo se obtendrá esfuerzos máximos, factor de seguridad, como también la deformación producida por las diferentes presiones y fuerzas presentes en el tanque, para lo cual se procede a analizar con una presión de vapor de 56000 Pa conjuntamente con la presión hidrostática en tres niveles de combustible al 90%, 50% y 20%. Además una fuerza externa, fuerza de aceleración, fuerza de frenado, fuerza de paso por una curva, el peso del tanque y el peso del combustible que se encuentra detallado en el capítulo III.

4.4.1 *Ensayo estático con presión de vapor y presión hidrostática a 90% de combustible.*

El análisis estático se realiza con el software de elementos finitos Ansys-Workbench.

Figura 4-4 Propiedades de JIS G 3141 SPCC SD en Ansys.

Outline of Schematic A2, B2: Engineering Data				
	A	B	C	E
1	Contents of Engineering Data			Source Description
2	Material			
3	JIS			D:\PROYECTOS\TESIS LOBO

Properties of Outline Row 3: JIS				
	A	B	C	E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	7,872	g cm ⁻³	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Bulk Modulus and Pois...		
5	Young's Modulus	2,016E+11	Pa	
6	Poisson's Ratio	0,29		
7	Bulk Modulus	1,6E+05	MPa	
8	Shear Modulus	7,814E+10	Pa	
9	Tensile Yield Strength	180	MPa	
10	Compressive Yield Strength	180	MPa	
11	Tensile Ultimate Strength	303	MPa	

Fuente: Autores.

- Definir el dominio geométrico del problema.

El modelo a utilizar es el prototipo de tanque de combustible, el cual se genera de manera superficial ya que con ello obtenemos una gran ventaja al momento de la calidad de malla el mismo que es importado a Ansys.

- Definir el tipo de elemento que será utilizado en la discretización.

Para la discretización se utiliza elementos cuadriláteros que se adaptan de mejor manera al modelo geométrico mejorando la malla.

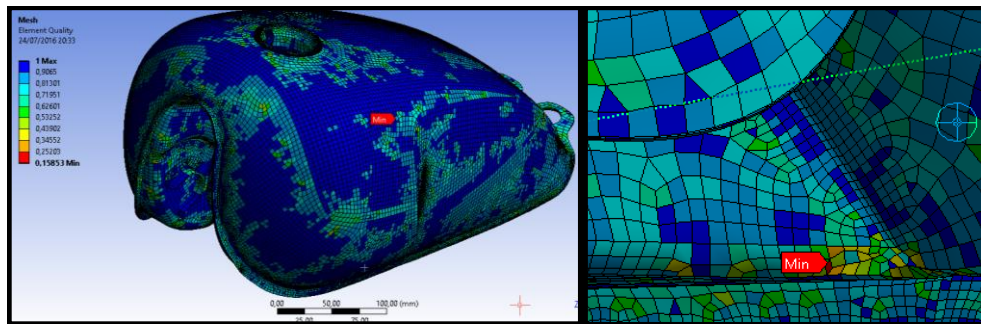
- Definir las propiedades de los materiales de cada elemento.

El material a utilizar es JIS G 3141 SPCC SD para cada elemento que conforma el prototipo, cuyas propiedades son ingresadas en el software como muestra la figura 4-4.

- Definir las conectividades de los elementos (malla de modelo).

La malla se genera de manera espontánea por el software con un total de 54700 nodos y 55269 de elementos. Una vez generada se procede a evaluar la calidad con el criterio de Element Quality como se muestra en la figura (4-5), en donde se visualiza que la mayor parte del modelo se encuentra de color azul manifestando que es una malla óptima para el análisis, también muestra el valor mínimo de 0.15853 ubicado en la parte posterior del modelo el cual no es muy considerable al tratarse de una pequeña superficie.

Figura 4-5 Calidad de malla con Element Quality.



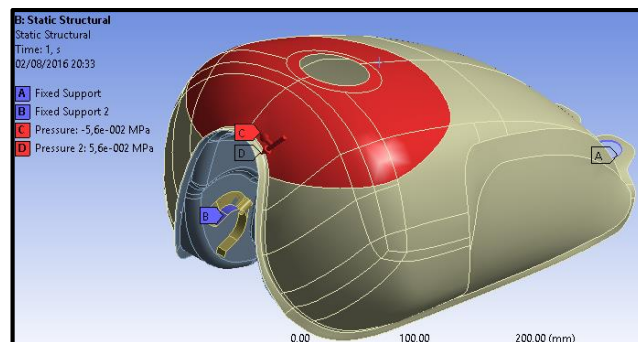
Fuente: Autores.

- Definir las restricciones físicas del problema y las cargas aplicadas sobre el dominio.

Se considera las presiones y fuerzas que se encuentran presentes en el tanque de combustible, y las debidas restricciones, para este caso se coloca dos soportes fijos, en la parte posterior debido a que en esa zona el tanque se encuentra sujeto con el chasis y de la misma manera en la parte delantera considerando para un análisis crítico como se muestra en la figura (4-6).

A primera instancia una presión de vapor de 56000 Pa tanto en el elemento superior como en el inferior a un nivel del 90% del combustible total y su respectiva presión hidrostática de igual manera que afecte a los dos elementos a una altura de 185 mm desde la parte más baja del tanque de combustible.

Figura 4-6 Restricciones físicas y cargas del tanque con 90% de combustible.



Fuente: Autores.

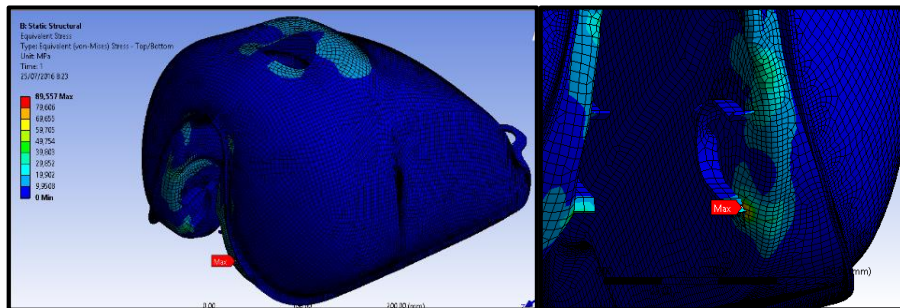
- Proceso de solución.

El software internamente procede con la solución del problema a través de matrices y ecuaciones tomando como referencia las restricciones físicas y cargas mencionadas anteriormente.

- Análisis de resultados.

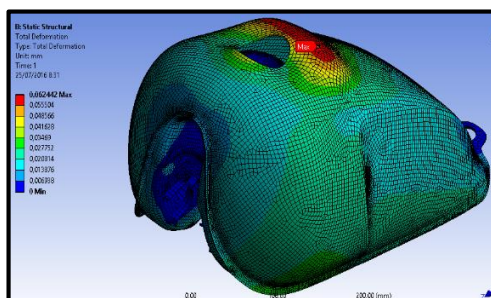
Los resultados del análisis con la presión de vapor a un 90% de combustible se obtiene un esfuerzo máximo de 89.577 MPa localizado cerca del soporte frontal del tanque como muestra en la figura (4-7), una deformación de 0.0624 mm en la parte superior como muestra la figura (4-8) y un factor de seguridad con un valor mínimo de 2 el mismo que se encuentra cerca del soporte frontal como muestra la figura (4-9).

Figura 4-7 Esfuerzo máximo-Presión de vapor con 90% de combustible.



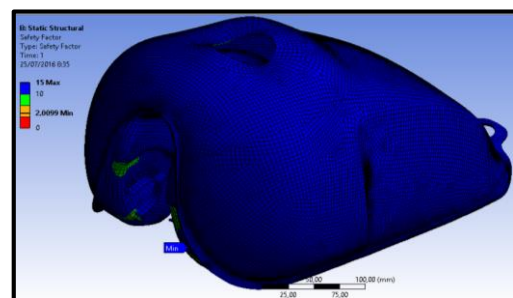
Fuente: Autores.

Figura 4-8 Deformación total-Presión de vapor con 90% de combustible.



Fuente: Autores.

Figura 4-9 Factor de seguridad-Presión de vapor con 90% de combustible.



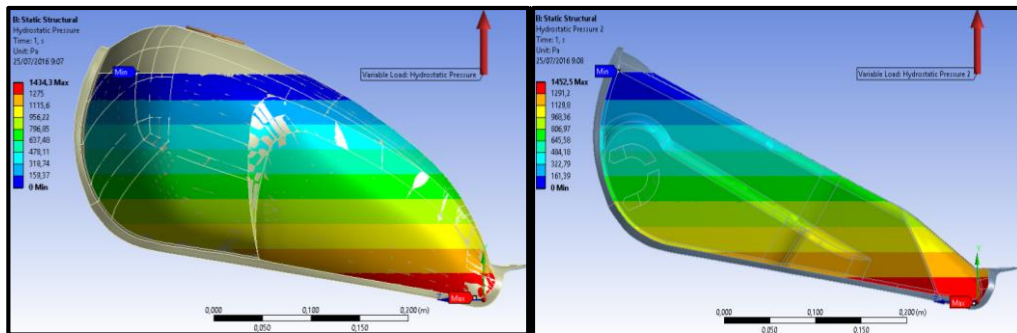
Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos como el esfuerzo máximo de 89.577 MPa no afecta al diseño del tanque debido a que no supera los 180 MPa de límite de fluencia del material, su deformación total de 0.0624 es un valor mínimo que de igual manera no afecta y finalmente un factor mínimo de seguridad de 2, con estos datos validamos el diseño del tanque con 90% e combustible y un valor crítico de presión de vapor.

La presión hidrostática se muestra en la figura (4-10) en el elemento superior con un valor máximo de 1434,3 Pa y en el elemento inferior con una presión de 1452 Pa, acorde a esta presión se obtiene

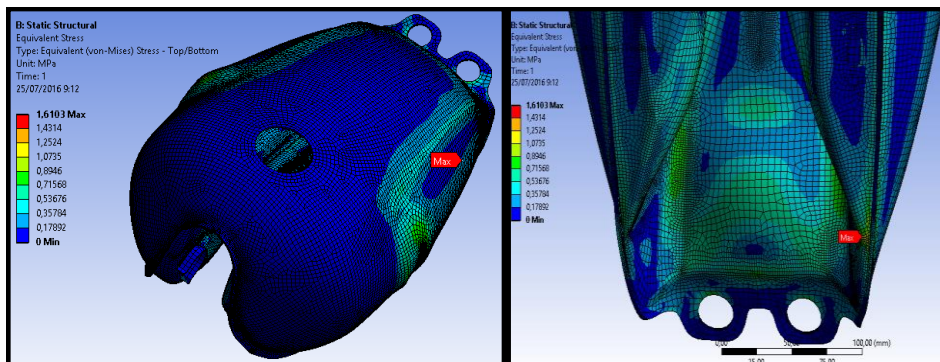
un esfuerzo máximo de 1,6103 MPa que se encuentra en el elemento inferior como muestra en la figura (4-11).

Figura 4-10 Presión hidrostática con 90% de combustible.



Fuente: Autores.

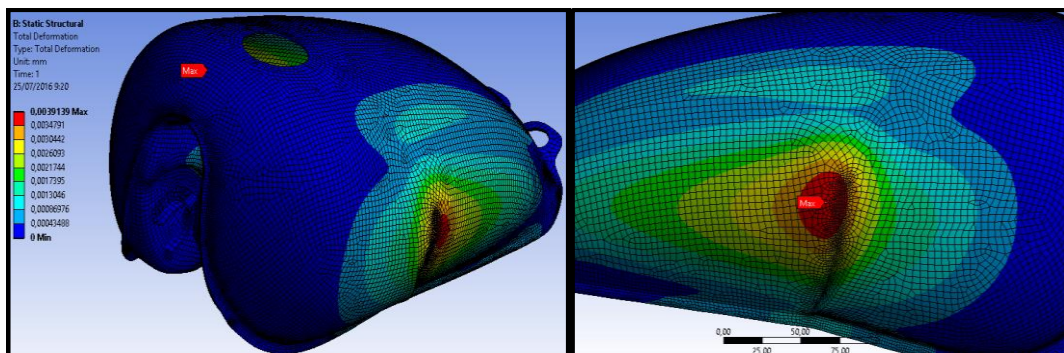
Figura 4-11 Esfuerzo máximo- Presión hidrostática con 90% de combustible.



Fuente: Autores.

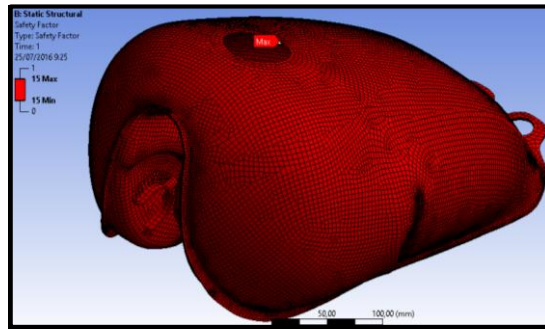
Siendo un valor no considerable al comparar con el límite de fluencia del material, una deformación total de 0.0039 mm como muestra en la figura (4-12) y finalmente un factor de seguridad con un valor mínimo y máximo de 15, este dato nos indica que el elemento se encuentra sobre dimensionado como se aprecia en la figura (4-13).

Figura 4-12 Deformación total- Presión hidrostática con 90% de combustible.



Fuente: Autores.

Figura 4-13 Factor de seguridad-Presión hidrostática con 90% de combustible.



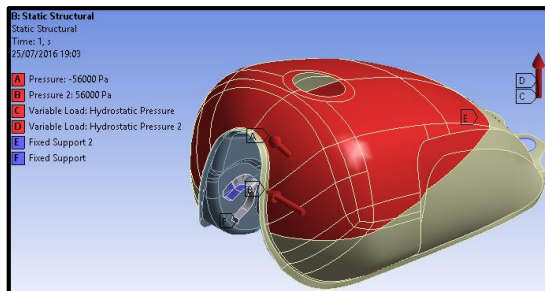
Fuente: Autores.

La presión hidrostática con 90% de combustible no afecta directamente el diseño del tanque debido a sus presiones muy bajas quedando validado el diseño para este caso.

4.4.2 *Ensayo estático con presión de vapor y presión hidrostática a 50% de combustible.*

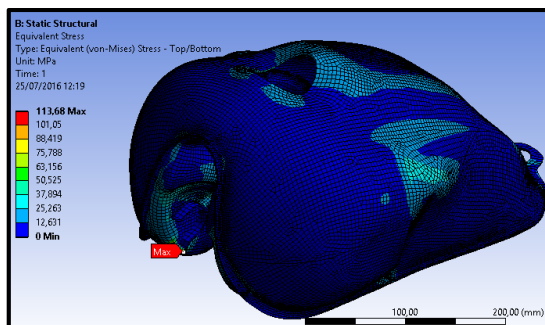
Se considera la misma presión de vapor de 56000 Pa y con el 50% de combustible para ver el comportamiento del tanque en sus diferentes superficies ver figura (4-14) se obtiene los siguientes resultados un esfuerzo máximo de 113.68 MPa cerca del soporte frontal derecho del tanque como se muestra en la figura (4-15), una deformación máxima de 0.10892 mm en el lateral derecho como muestra la figura (4-16) y un factor de seguridad con un valor mínimo de 1,58 cercano al soporte frontal derecho.

Figura 4-14 Restricciones físicas y cargas del tanque con 50% de combustible.



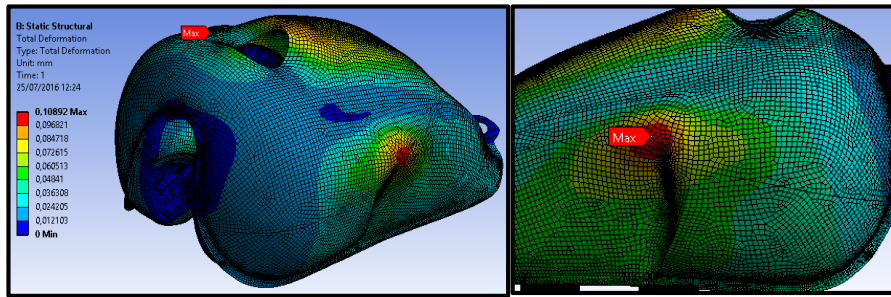
Fuente: Autores.

Figura 4-15 Esfuerzo máximo-Presión de vapor con 50% de combustible.



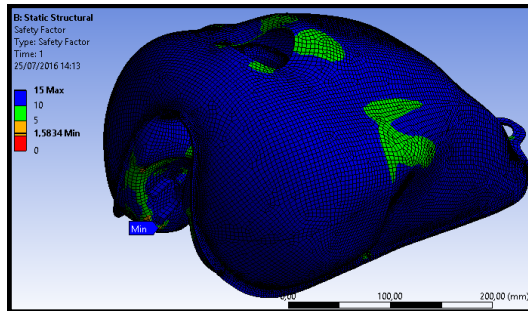
Fuente: Autores.

Figura 4-16 Deformación Total-Presión de vapor con 50% de combustible.



Fuente: Autores.

Figura 4-17 Factor de seguridad-Presión de vapor con 50% de combustible.

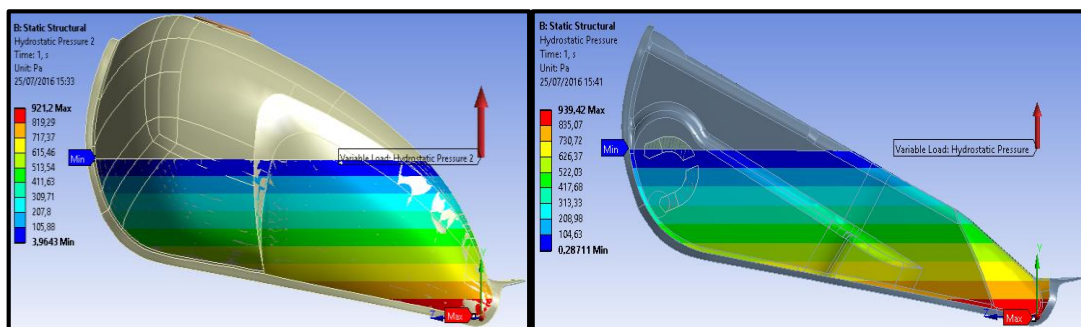


Fuente: Autores.

Como resultado el esfuerzo máximo de 113.68 MPa que no supera el límite de fluencia del material, su deformación máxima es un valor no considerable y su factor de seguridad (figura 4-17) mínimo de 1.58 prácticamente no afecta el diseño del tanque en este caso.

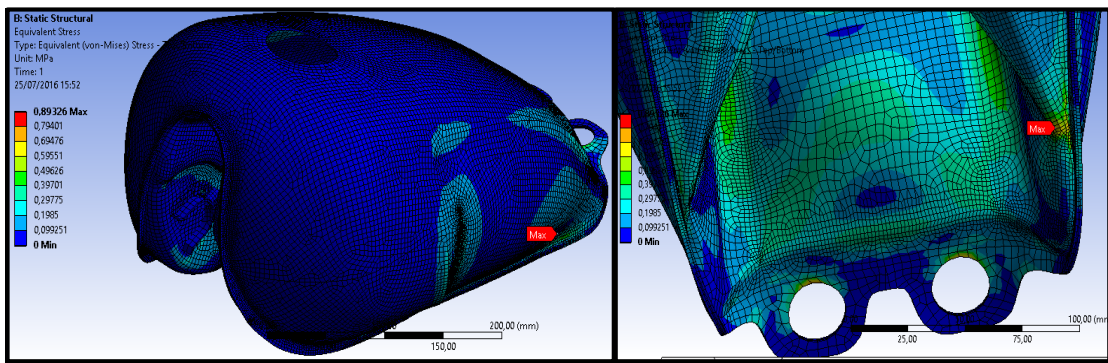
La presión hidrostática en el elemento superior es de 921.2 Pa y en el elemento inferior de 939.42 Pa como se muestra en la figura (4-18), se obtiene los siguientes resultados un esfuerzo máximo de 0.89326 MPa que se encuentra en la parte inferior del tanque como se indica en la figura (4-19) el cual no supera los 180Mpa del material, una deformación total de 0.001682 mm ubicada en la parte posterior del tanque cuyo valor es mínimo y un factor de seguridad de 15 como se muestra en la figura (4-21) de igual manera indica que está sobredimensionado.

Figura 4-18 Presión hidrostática con el 50% de combustible.



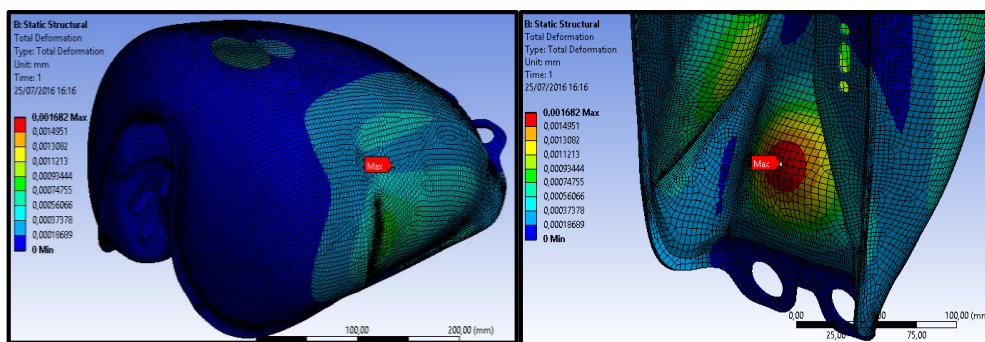
Fuente: Autores.

Figura 4-19 Esfuerzo máximo-Presión hidrostática con el 50% de combustible.



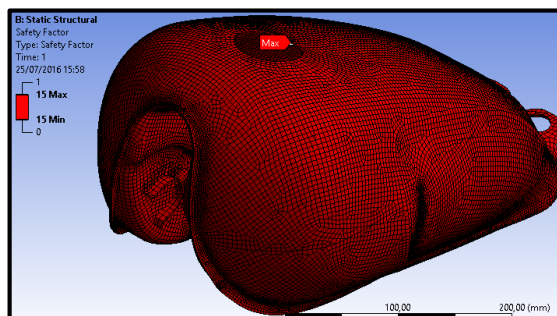
Fuente: Autores.

Figura 4-20 Deformación total-Presión hidrostática con el 50% de combustible.



Fuente: Autores.

Figura 4-21 Factor de seguridad-Presión hidrostática con 50% de combustible.



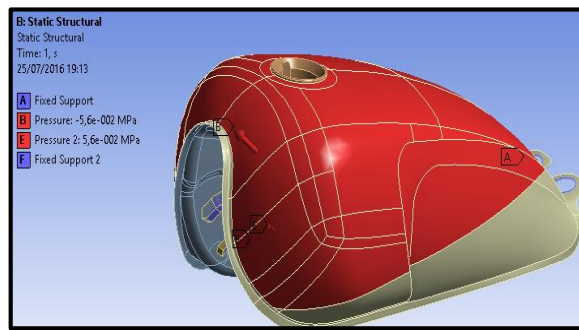
Fuente: Autores.

La presión hidrostática con 50% de combustible de igual manera no influye en el diseño del tanque ya que sus presiones son muy bajas razón por la cual se da por validado el diseño en este caso.

4.4.3 *Ensayo estático con presión de vapor y presión hidrostática a 20% de combustible.*

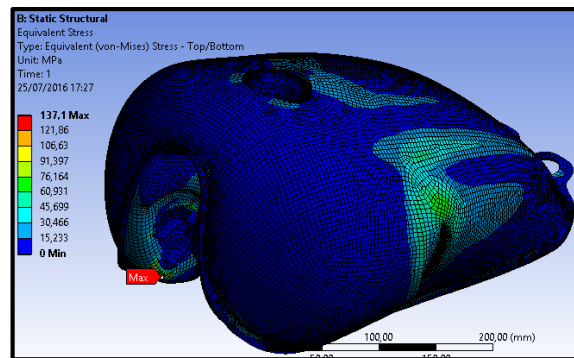
La presión de vapor de 56000 Pa en caso crítico y con el 20% de combustible como muestra en la figura (4-22) se obtiene los siguientes resultados un esfuerzo máximo de 137.1 Mpa localizado cerca del soporte frontal derecho del tanque como se muestra en la figura (4-23), una deformación total de 0.30353 mm localizada en el lateral derecho ver figura (4-24) y un factor de seguridad con un valor mínimo de 1,313 en la curvatura frontal como se muestra en la figura (4-25).

Figura 4-22 Restricciones físicas y cargas del tanque con 20% de combustible.



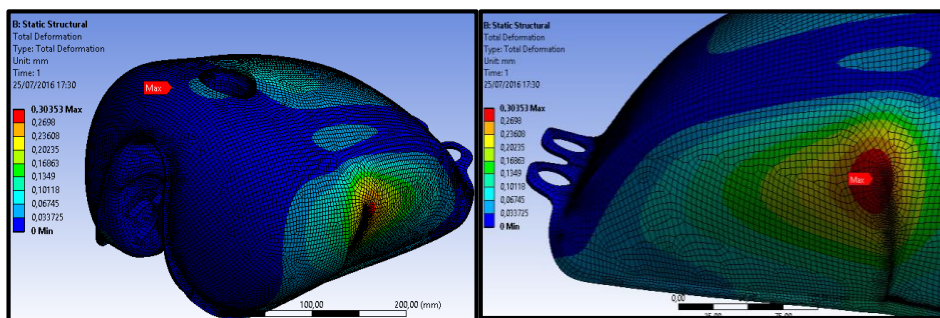
Fuente: Autores.

Figura 4-23 Esfuerzo máximo-Presión de vapor con 20% de combustible.



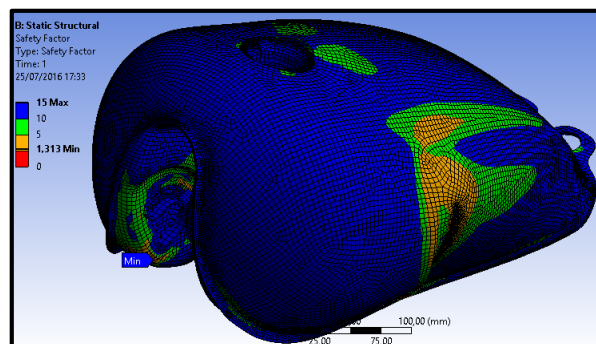
Fuente: Autores.

Figura 4-24 Deformación total-Presión de vapor con 20% de combustible.



Fuente: Autores.

Figura 4-25 Factor de seguridad-Presión de vapor con 20% de combustible.



Fuente: Autores.

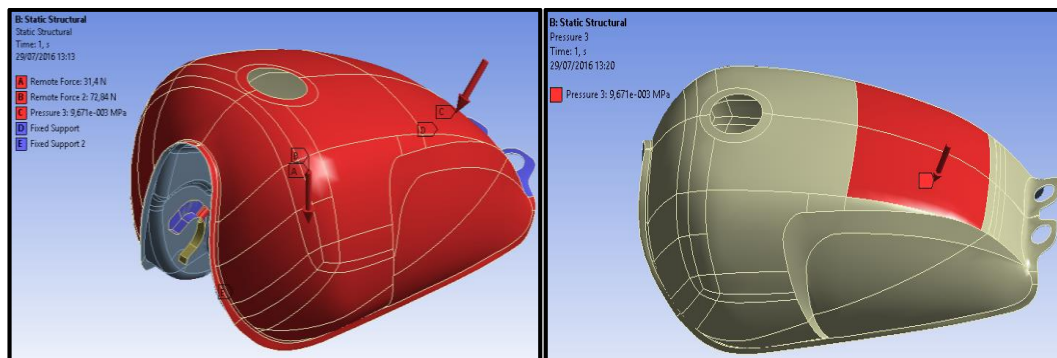
Mediante los resultados obtenidos indican que el esfuerzo máximo en este caso no afecta al diseño de tanque ya que es inferior a los 180MPa del límite de fluencia del material asignado, su deformación máxima es mínima como se presenta en los demás casos y su factor de seguridad es superior a 1 validando el diseño. No se realiza el análisis con presión hidrostática ya que en análisis anteriores no afecta de forma importante al tanque de combustible.

Los resultados de los análisis relacionados con la presión de vapor de 56000 Pa y la presión hidrostática en los diferentes niveles de combustible indican que los esfuerzos máximo producidos por la presión de vapor en ningún caso supera los 180 MPa del límite de fluencia del material y estos se encuentran ubicados en la parte de los soportes frontales y en el caso de la presión hidrostática con nivel de combustible de 90% y 50% indican que no tiene mayor efecto en el tanque debido a que son presiones muy bajas y como resultado tenemos un elemento sobredimensionado, las deformaciones totales están relacionados directamente con la presión de vapor siendo su mayor valor de 0.30353 mm con el 20 % de combustible localizada en los tres casos en los laterales del tanque, esta deformación es un valor mínimo que no afecta el diseño del tanque y finalmente se obtuvo factores de seguridad que disminuyen a medida que baja el nivel de combustible ya que se mantuvo el valor crítico de la presión de vapor (56000 Pa), el factor de seguridad mínimo entre los tres análisis es de 1.313 con el nivel de combustible de 20 % ubicado cerca de los soportes frontales pero no es una superficie considerable ya que la mayoría del tanque presenta un color azul indicando factores de seguridad de 15, asegurando el diseño debido a que el factor de seguridad debe ser mayor a 1.

4.4.4 *Análisis con presión externa.*

Se mantiene el mismo procedimiento de análisis, considerando las mismas restricciones físicas del problema como en el caso anterior, adicionalmente las fuerzas producidas por el peso del tanque, el peso del combustible, las cuales se ubican en el centro de gravedad y además una presión externa de 9671,05Pa como se muestra en la figura (4-26).

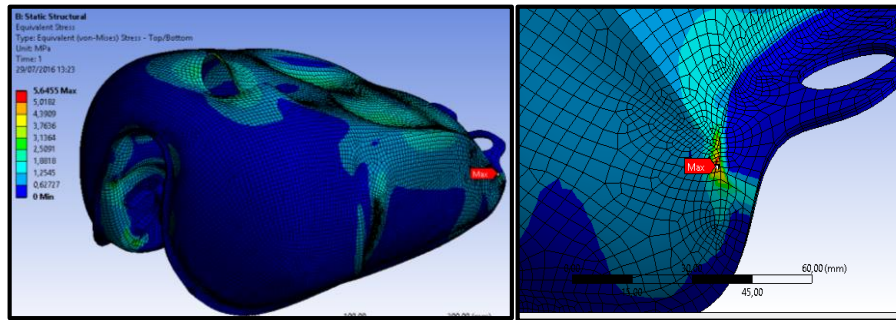
Figura 4-26 Restricciones físicas y cargas – Presión externa.



Fuente: Autores.

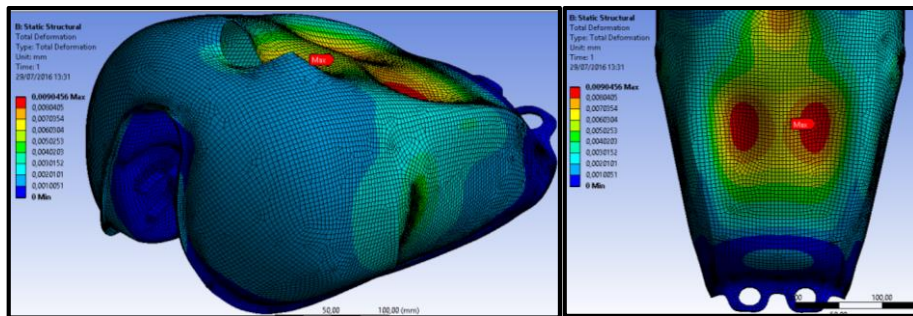
El resultado de esfuerzo máximo producido es de 5,6455 Mpa ubicado en la parte posterior del tanque siendo una área no muy relevante al igual que el esfuerzo como se muestra en la figura (4-27), la deformación total es de 0,009 mm la parte más afectada es en la parte superior del tanque ver figura (4-28) y el factor de seguridad de mínimo y máximo de 15 indica que se encuentra sobredimensionado ver figura (4-29).

Figura 4-27 Esfuerzo máximo – Presión externa.



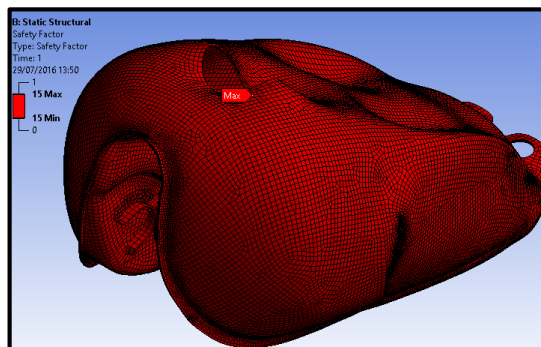
Fuente: Autores.

Figura 4-28 Deformación Total– Presión externa.



Fuente: Autores.

Figura 4-29 Factor de seguridad – Presión externa.



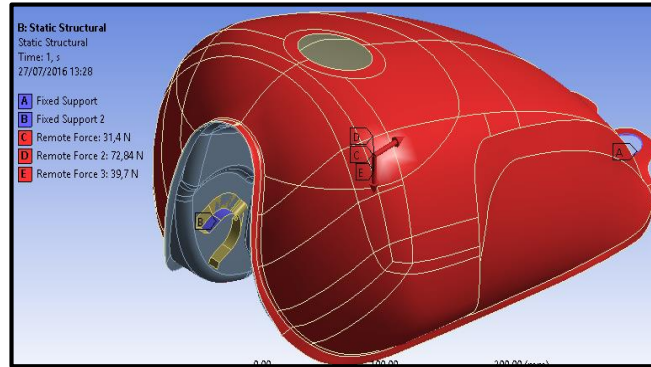
Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos con relación a la presión externa indican claramente que esta no afecta al diseño sea el caso del esfuerzo máximo con un valor de 5,6455 MPa que no superan el límite de fluencia del material y la deformación es un valor insignificante de 0,009 mm razón por la cual en este caso el tanque se encuentra sobredimensionado.

4.4.5 Análisis estático en aceleración.

Se mantiene el mismo procedimiento de análisis adicionalmente la fuerza de 39,7 N generada al momento de la aceleración ubicada en el centro de masas ver figura (4-30).

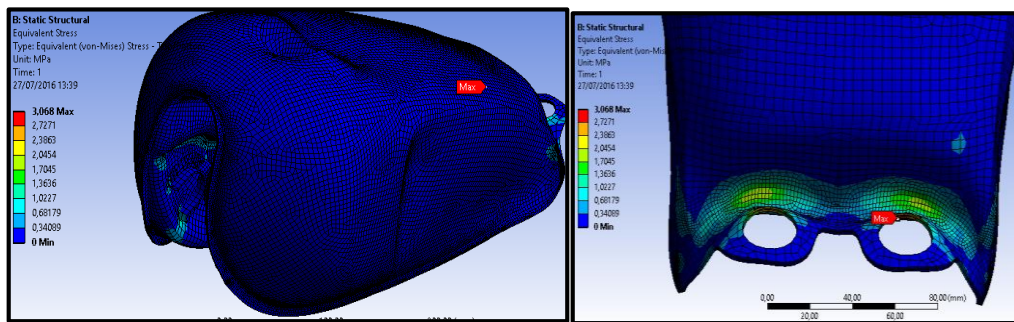
Figura 4-30 Restricciones físicas y fuerzas en el análisis de aceleración.



Fuente: Autores.

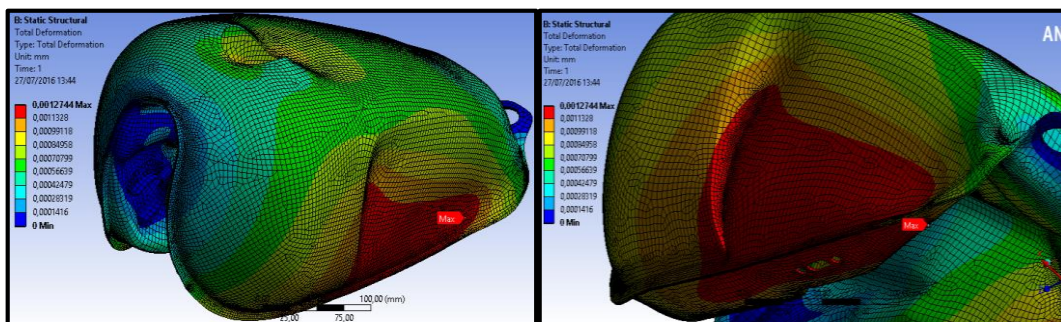
Esfuerzo máximo obtenido es de 3,068 MPa localizado en la parte posterior del tanque como se muestra en la figura (4-31), la deformación total producida en el momento de aceleración es de 0.00127 mm localizada en el extremo lateral del elemento inferior como se muestra en la figura (4-32) y finalmente se obtiene un factor de seguridad de 15 como mínimo y máximo.

Figura 4-31 Esfuerzo máximo - Análisis de aceleración.



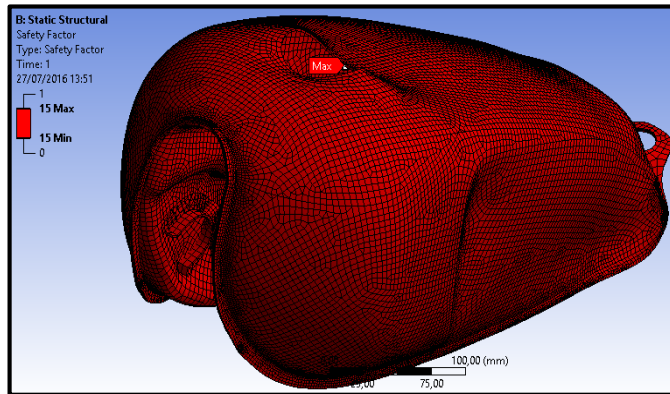
Fuente: Autores.

Figura 4-32 Deformación total-Análisis de aceleración.



Fuente: Autores.

Figura 4-33 Factor de seguridad-Análisis de aceleración.



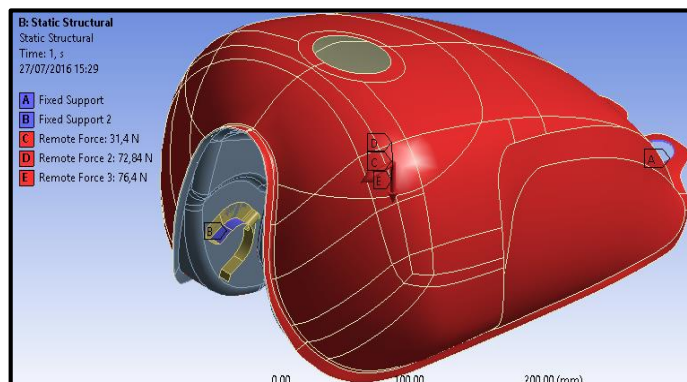
Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos indican que las fuerzas que actúan directamente en el tanque de combustible en el momento de aceleración no son muy relevantes debido a que este sufre un esfuerzo máximo de 3,086 MPa que comparando los 180MPa del límite de fluencia del material no afecta al diseño del tanque, razón por la cual la deformación total del tanque apenas es de 0,001 mm y su factor de seguridad es de mínimo y máximo de 15 indicando que el tanque se encuentra sobredimensionado.

4.4.6 *Ensayo de frenado.*

La variante para este caso es la fuerza al momento de frenado con un valor de 76,4 N como se muestra en la figura (4-34).

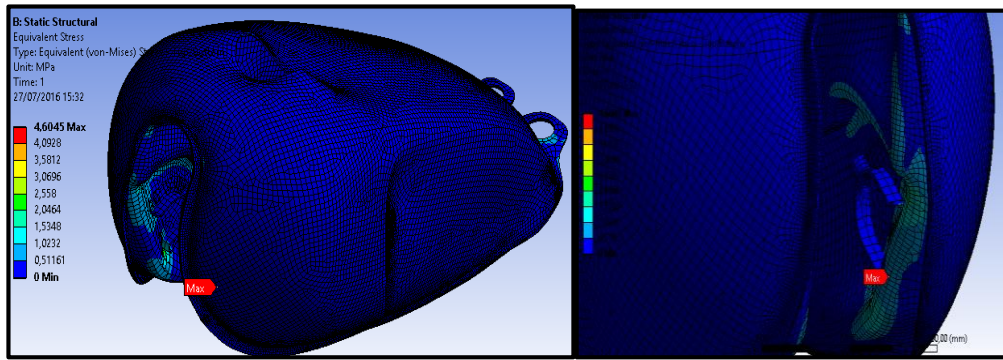
Figura 4-34 Restricciones físicas y fuerzas en el análisis de frenado.



Fuente: Autores.

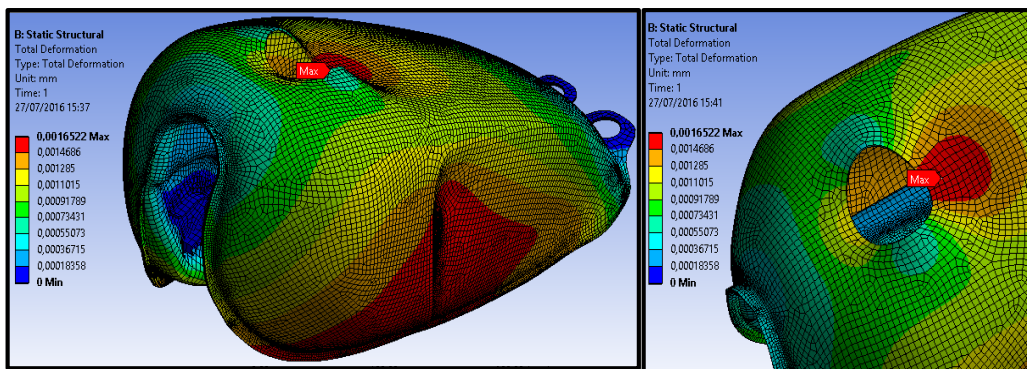
El esfuerzo máximo resultante es de 4.6045 MPa localizado cerca del soporte izquierdo frontal del tanque como se muestra en la figura (4-35), la deformación total de 0.00165 mm en la zona cerca a la tapa de combustible como se muestra en la figura (4-36) y un factor de seguridad de máximo y mínimo 15 en la totalidad del tanque ver en la figura (4-37).

Figura 4-35 Esfuerzo máximo-Análisis de frenado.



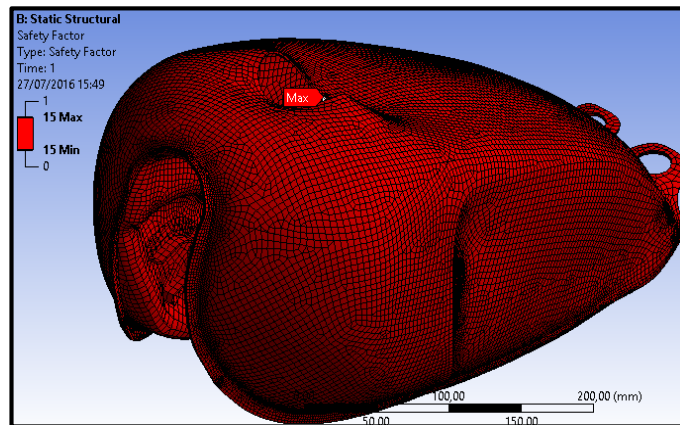
Fuente: Autores..

Figura 4-36 Deformación total-Análisis de frenado.



Fuente: Autores.

Figura 4-37 Factor de seguridad-Análisis de frenado.



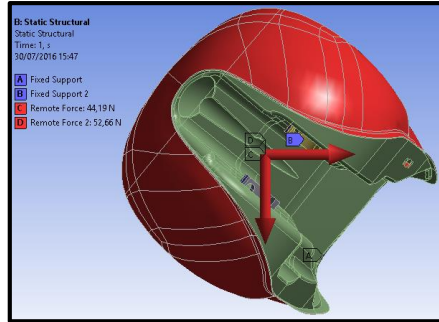
Fuente: Autores.

Los resultados indican que en el instante de frenado se produce un esfuerzo máximo de 4,6045 MPa que no influye en el diseño del tanque del combustible por no superar el límite de fluencia del material, de la misma manera la deformación total de 0,00165 es un valor no considerable, y finalmente un factor de seguridad de mínimo y máximo de 15 indicándonos que se encuentra sobredimensionado.

4.4.7 Simulación de paso por curva.

En este caso se mantiene los empotramientos tanto en la parte frontal como posterior la fuerza generada por el peso del tanque y combustible de 44,19 N se encuentra en el eje de las X y la fuerza generada por el paso de curva en el eje Y como se muestra en la figura (4-38).

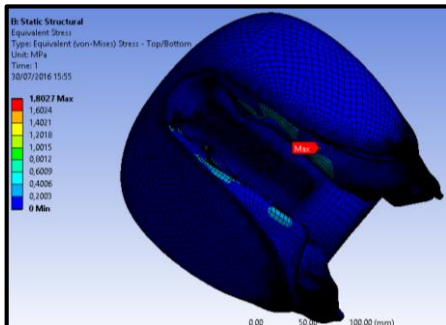
Figura 4-38 Restricciones físicas y cargas-Paso por curva.



Fuente: Autores.

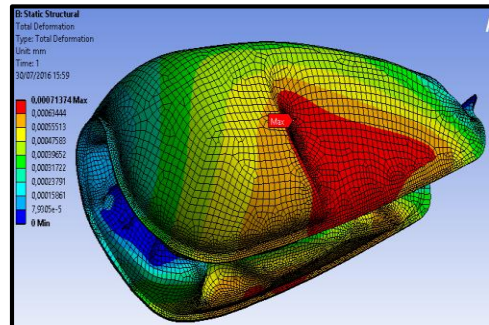
El esfuerzo máximo generado es de 1,8027 MPa localizado en el soporte frontal del tanque ver figura (4-39) una deformación total de 0,007 mm cuyo valor es mínimo localizado en el lateral del tanque ver figura (4-40) y finalmente un factor de seguridad de mínimo y máximo de 15 ver figura (4-41).

Figura 4-39 Esfuerzo máximo - Paso por curva.



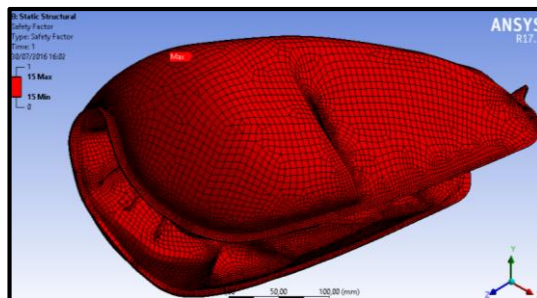
Fuente: Autores.

Figura 4-40 Deformación total - Paso por curva.



Fuente: Autores.

Figura 4-41 Factor de seguridad -Paso por curva.



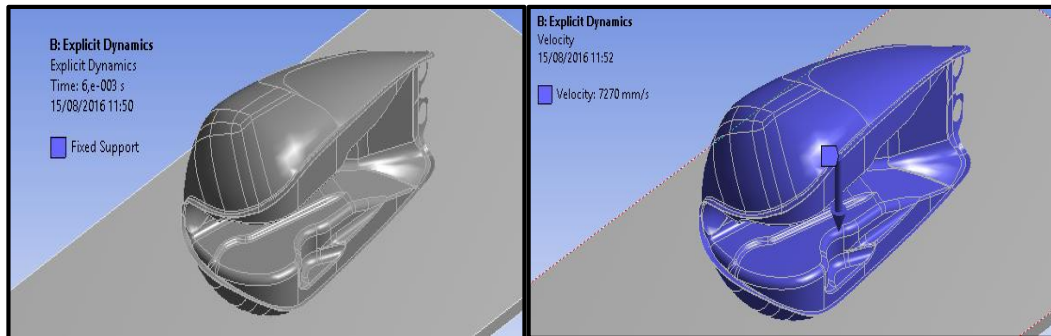
Fuente: Autores.

De los resultados obtenidos el esfuerzo máximo de 1,8027 no afecta el diseño del tanque de combustible al no superar el límite de fluencia del material de la misma manera la deformación total es un valor insignificante y por ende el factor de seguridad de con un mínimo y máximo de 15 indican que el tanque en este caso también se encuentra sobre dimensionado.

4.4.8 Simulación de impacto (caída libre).

Para este caso se toma como referencia la norma (JAPANESE AUTOMOBILE STANDARD, 2002 pp. 4-5) siendo la JASO T906-2002 que considera una caída de libre desde una altura de 2,7m y una velocidad final de 7,27 m/s, para este análisis se utiliza el módulo de Explicit dynamics para poder impactarlo con el suelo, se sigue el mismo procedimiento de los casos anteriores, se añade una placa con las propiedades del concreto.

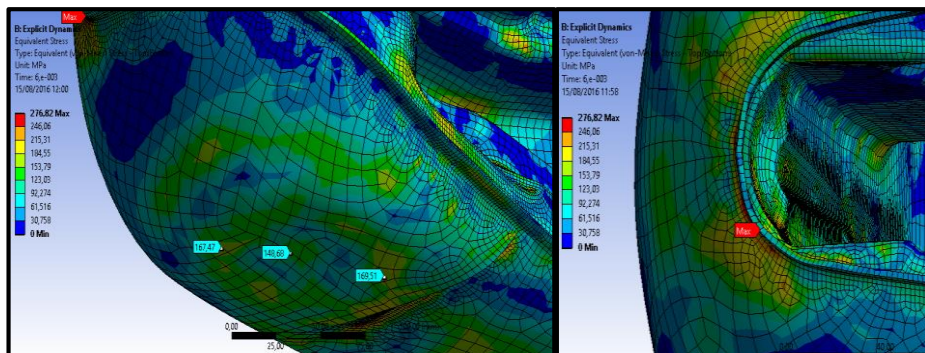
Figura 4-42 Restricciones físicas –Impacto (Caída libre).



Fuente: Autores.

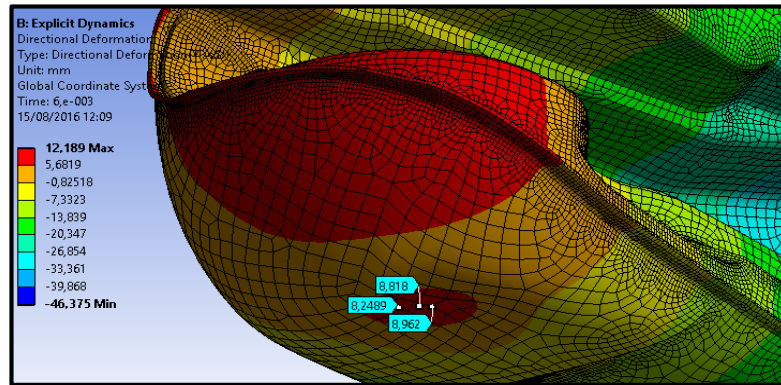
Los resultados obtenidos son los siguientes un esfuerzo máximo de 276,82 MPa localizado en la parte frontal del tanque en la intersección del elemento superior e inferior de la misma manera los valores más importantes es la zona donde se impacta directamente con el suelo en donde se obtiene esfuerzos de 167,47; 148,68 y 169,51 MPa, como se muestra en la figura (4-43) en la zona de contacto se obtiene una deformación entre 8-9 mm como indica la figura (4-44).

Figura 4-43 Esfuerzo máximo –Impacto.



Fuente: Autores.

Figura 4-44 Deformación – Impacto.

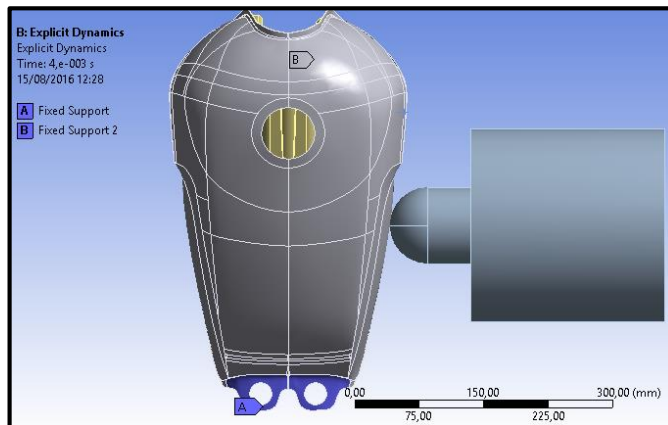


Fuente: Autores.

Con respecto al esfuerzo máximo de 276,82 MPa se compara con el esfuerzo ultimo a la tracción del material que tiene un valor mínimo de 300 MPa debido a que en esta simulación el material se encuentra en la zona plástica, en donde el esfuerzo máximo no supera el esfuerzo ultimo a la tracción del material dando a entender que este no se fractura, sin embargo se debe considerar una buena unión de soldadura en la zona del esfuerzo máximo.

4.4.9 Simulación de impacto lateral.

Figura 4-45 Restricciones físicas – Impacto lateral.

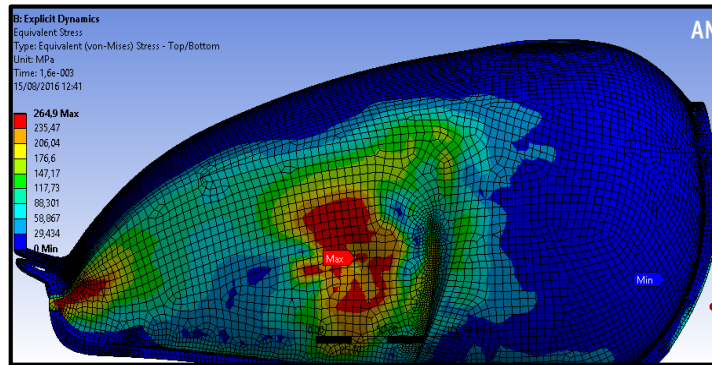


Fuente: Autores.

En base a JSAE JASO T906-2002 nos indica que se debe impactar un péndulo con una energía cinética de 450 Nm (+- 10 Nm), debe tener una masa de 55Kg (+- 19kg) y el diámetro de impacto contra el tanque debe de ser de 89 mm, para la simulación se considera 460 Nm, 74 kg, y el diámetro de 89 mm, obteniendo una velocidad de impacto de 3,52 m/s finalmente se considera fijos el soporte posterior y los frontales como se muestra en la figura (4-45) en este caso el péndulo es el que tiene movimiento.

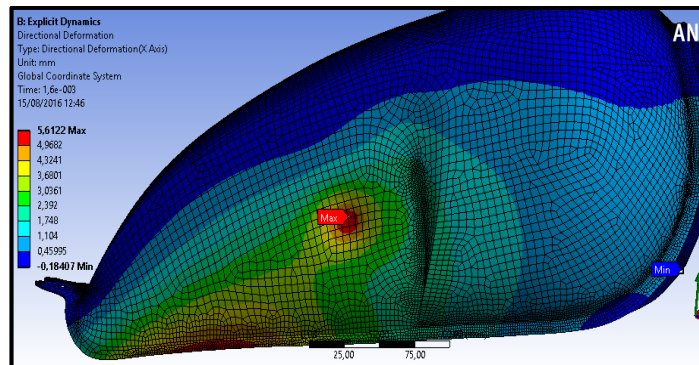
Como resultados se obtiene un esfuerzo máximo de 264,9 MPa en la zona de impacto con el péndulo como se muestra en la figura (4-46) y una deformación de 5,6122 mm como se muestra en la figura (4-47).

Figura 4-46 Esfuerzo máximo –Impacto lateral.



Fuente: Autores.

Figura 4-47 Deformación total –Impacto lateral.



Fuente: Autores.

Como en el caso anterior el esfuerzo máximo no supera el esfuerzo último a la tracción de 300 Mpa, y los soportes del tanque no presentan inconvenientes en esta simulación.

Tabla 4-1 Resultados obtenidos del análisis y simulación de esfuerzos.

Análisis y simulación de esfuerzos				
		Esfuerzo Max. (MPa)	Deformación (mm)	Coefficiente de seguridad
Ensayo estático con 90 % de combustible	Presión de vapor (56000 Pa)	89,57	0,0624	2
	Presión hidrostática (1434 - 1452 Pa)	1,61	0,0039	15
Ensayo estático con 50 % de combustible	Presión de vapor (56000 Pa)	113,68	0,1089	1,58
	Presión hidrostática (921,2 - 934,42 Pa)	0,893	0,00168	15
Ensayo estático con 20 % de combustible	Presión de vapor (56000 Pa)	137,1	0,303	1,313
	Presión hidrostática	Res. insignificantes	Res. insignificantes	15
Presión externa		5,645	0,009	15
Análisis estático en aceleración (39,7 N)		3,068	0,00127	15
Análisis estático en frenado (76,4 N)		4,604	0,00165	15
Análisis estático en paso por curva (44,19 N)		1,802	0,007	15

Fuente: Autores.

Nota: El ensayo de presión hidrostática a 20% de combustible no se lo consideró relevante ya que la superficie interna del tanque donde se aplica la presión es una superficie pequeña porque tan solo está al 20% de su capacidad debido a esto la mayoría del tanque presenta un color azul indicando factores de seguridad de 15, asegurando el diseño debido a que el factor de seguridad debe ser mayor a 1

Observamos en la tabla (4-1) que la mayor deformación (0,303 mm) del tanque se produce con la presión de vapor a 20% de combustible, ningún resultado de esfuerzos máximos es superior a los 180 MPa del esfuerzo a la fluencia del material (JIS G 3141 SPCC SD) y en todos los casos siempre tenemos un coeficiente de seguridad mayor a 1, por lo que el prototipo queda validado.

Tabla 4-2 Resultados de la simulación de impactos.

Simulación de impactos		
	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación (mm)
Caída libre	276,82	8 a 9
Impacto lateral	264,9	5,612
JIS G 3141 SPCC SD	303	36 % min

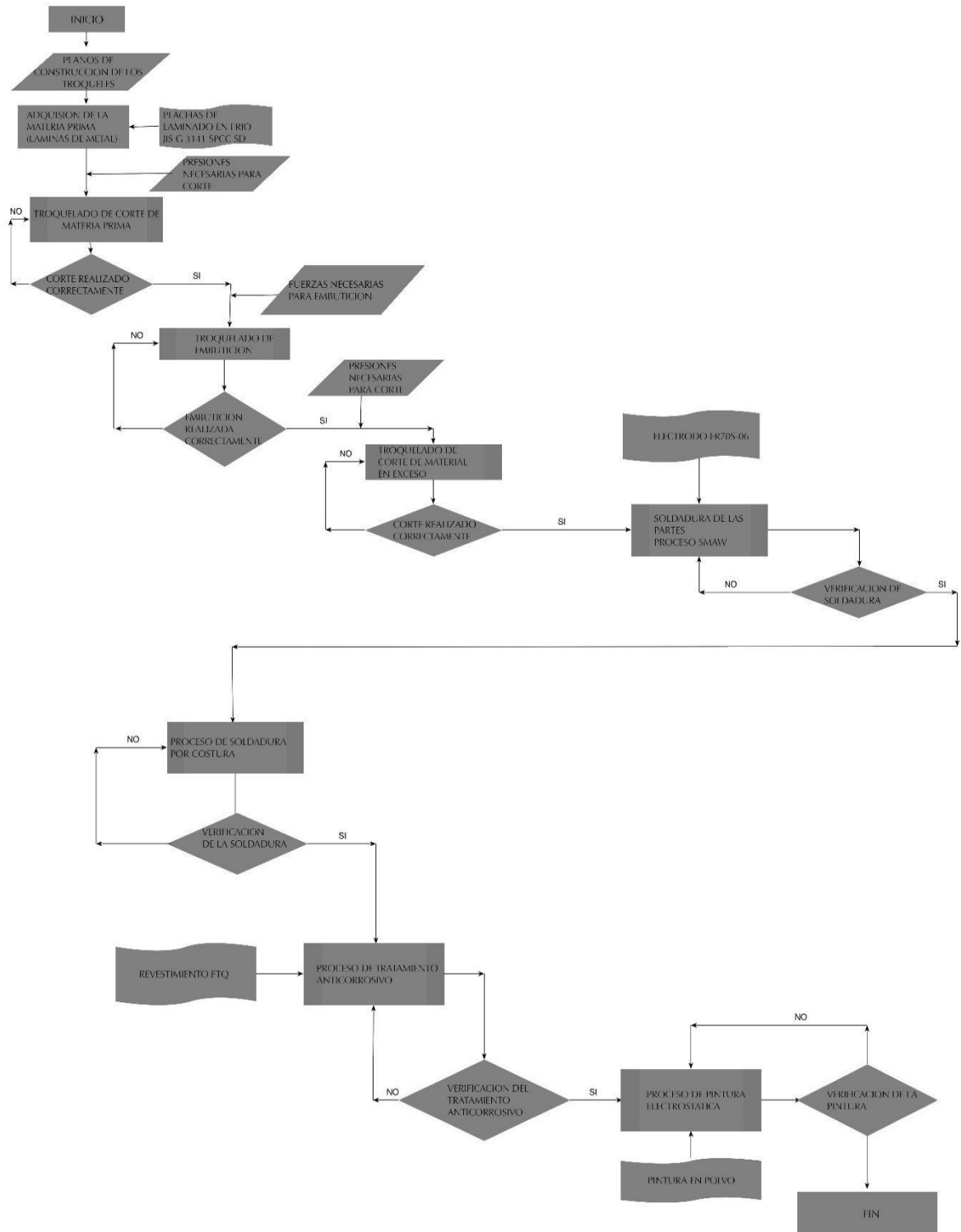
Fuente: Autores.

Con los datos descritos en la tabla (4-2) observamos que los esfuerzos máximos obtenidos no sobrepasan a los 303 MPa del límite a la tracción del material por lo que no se produce la fractura del tanque, por lo que el prototipo queda validado.

CAPÍTULO V

5 PROCESOS DE FABRICACIÓN.

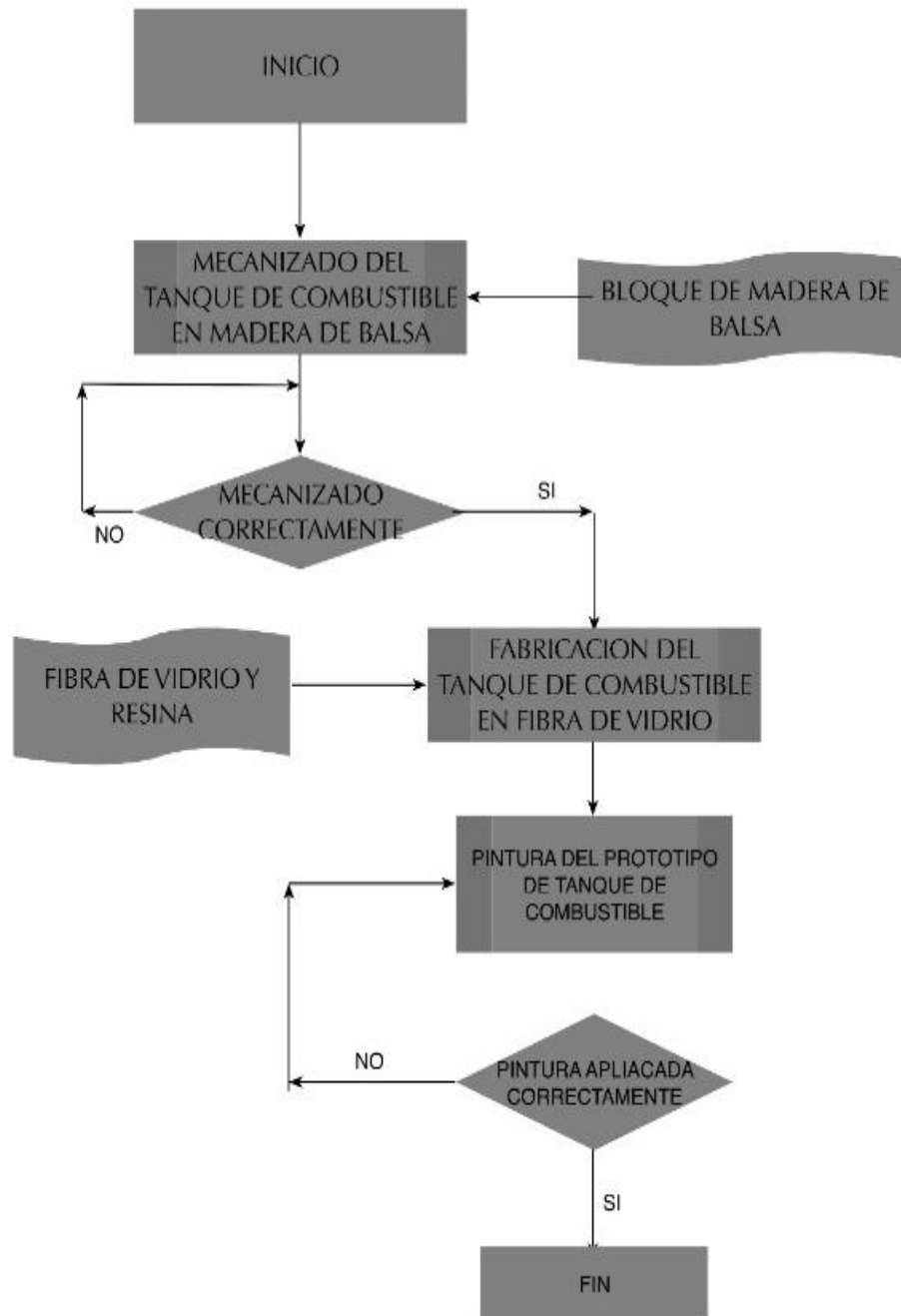
Gráfico 4-1 Flujo-grama del proceso de fabricación.



Fuente: Autores.

5.1 Prototipado del tanque.

Grafico 5-2 Flujo grama de la fabricación del prototipo de tanque de combustible.



Fuente: Autores.

El proceso de prototipado nos llevara a obtener un modelo a escala real de lo que sería el tanque de combustible diseñado en los capítulos anteriores, para este proceso los parámetros principales serán: materiales de fácil acceso en el mercado nacional, maquinaria de prototipado disponibles y que tengan una área de trabajo de las dimensiones del tanque de combustible así como procesos que nos permitan tener una exactitud en la fabricación de nuestro prototipo.

Para nuestro caso en específico debemos encontrar la manera de poder representar nuestro diseño, el cual tiene muchas formas complejas las cuales debemos representar para dejar una constancia de que nuestro diseño cumple con los requerimientos de funcionalidad, forma y capacidad requeridos. A continuación describimos un mapa morfológico en que describimos nuestro proceso elegido para la construcción del prototipo.

Grafico 5-3 Diagrama morfológico de la construcción del prototipo.

SOLUCIONES PARÁMETROS	1	2	3
MATERIAL	ACERO	MADERA	PLÁSTICO
TIPO DE MADERA	PINO	EUCALIPTO	BALSA
PROCESO DE FABRICACIÓN	MECANIZADO	TALLADO	CEPILLADO
MAQUINARIA	TORNO CNC	FRESADORA CNC 2 EJES	FRESADORA CNC 3 EJES
ÁREA OPERATIVA DE LA MAQUINARIA (METROS)	0,25X0,20X0,18	0,8X0,51X0,5	0,40X0,4X0,3

Fuente: Autores.

5.1.1 Alternativas de obtención del prototipo.

Para prototipar un producto se utiliza materiales como el plástico cuando se utilice impresión 3D que es el proceso más utilizado actualmente por la precisión en sus productos y por la facilidad en el manejo de la maquinaria, teniendo en cuenta que en nuestro país se la puede conseguir pero no para las dimensiones de nuestro prototipo. El acero o la madera es otra alternativa cuando el proceso sea mediante la utilización de una fresadora, pero se debe tener en cuenta que al utilizar el acero para prototipar el tanque en nuestro proyecto los precios de fabricación se dispararan, debido a la cantidad de acero que se necesitaría para cumplir con las medidas y dimensiones del prototipo; a más de que se perdería mucho tiempo en el proceso ya que el acero es un material duro.

Para el prototipado requerimos un material que sea de fácil acceso, económico y que tenga buena maquinabilidad en la cual podemos encontrar a la madera como un excelente material para representar el prototipo de tanque de combustible de motocicleta.

5.1.2 Selección de materiales alternativos.

En las dimensiones que requerimos podemos encontrar partes de este material de diferentes tipos sea madera de eucalipto, pino y balsa las que nuestra industria ecuatoriana nos proporciona. La madera de balsa nos da mayor maquinabilidad y menor peso en nuestro prototipo, además que se requiere poco tiempo de secado para obtener una madera apta para la utilización por eso escogimos a este material para la construcción de nuestro prototipo de tanque de combustible.

Para el prototipado de cualquier pieza necesitamos un proceso en el cual nos pueda dar un excelente acabado debido a nuestras formas complejas para esto elegimos a el proceso de mecanizado CNC de 3 ejes, con el cual obtendremos un excelente acabado y una rápida construcción.

La fresadora CNC Bridgeport VMC 800/22 fue la maquinaria en la que se realizó el mecanizado del prototipo de tanque de combustible, en la que se autorizó el uso de la maquina mediante coordinación con el Área de CAD-CAM de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Se partió de un bloque de madera de balsa de 0,51x 0,28x 0,21 metros, escogimos este material por ser económico y fácil de mecanizar debido a que no es un material con un grado de dureza alto. El bloque de madera de balsa fue desbastado dando como resultado de esa operación, un tanque de combustible de madera con la forma del diseño elaborado y con una gran exactitud en las medidas de este.

Figura 5-1 Prototipo del tanque mecanizado en madera.



Fuente: Autores.

5.1.3 Tanque de combustible elaborado en fibra de vidrio.

Grafico 5-4 Diagrama morfológico del prototipo de fibra de vidrio.

SOLUCIONES	1	2	3
PARÁMETROS			
MATERIAL PARA ELABORAR SUPERFICIES	ACERO	FIBRAS	CARTÓN
TIPO DE FIBRAS	FIBRA DE VIDRIO	FIBRA DE CARBONO	FIBRAS ALTERNATIVAS
TIPOS DE PINTURA	PINTURA LACA	PINTURA POLIURETANO	PUNTURA POLIÉSTER

Fuente: Autores.

Luego del mecanizado obtendremos un tanque de madera solido estando un poco distante a nuestro modelo de tanque el cual es de interior hueco, para avanzar hasta obtener un prototipo de tanque de combustible lo más parecido al modelo real, necesitamos un material que nos pueda servir para representar un modelo hueco a partir del tanque de combustible realizado en madera. La fibra de vidrio sirve como un material en el cual se puede dar la forma requerida que nos brindara una superficie sólida y resistente para realizar el prototipo final del tanque de combustible de la motocicleta.

Las ventajas de realizarlo en fibra de vidrio es la facilidad de acceso las fibras y las resinas pues es un material muy común en la industria automotriz nacional así como es un material económico. Además de brindarnos facilidad para trabajar en el acoplándose a las formas complejas de nuestro diseño y brindando rigidez y ligereza al prototipo. Una vez elaborado nuestro tanque de combustible de fibra de vidrio se procedo a pintarlo y decorarlo con aplicativos tal cual como el producto final diseñado.

Figura 5-2 Prototipo en fibra de vidrio.



Fuente: Autores.

5.2 Proceso de fabricación mediante la embutición.

5.2.1 Conformado de las partes del tanque de motocicleta por proceso de embutición.

Tabla 5-1 Procesos de fabricación.

Proceso	Descripción	Ventajas	Desventajas	Conclusión
Embutición	Conformado de cuerpos huecos a partir de una superficie plana	Mejor Acabado superficial Mejores tolerancias Rapidez del proceso.	Si se debe conformar la pieza por medio de 2 o más procesos de embutición se requieren mayores fuerzas para deformarlo porque aumenta su resistencia mecánica debido al endurecimiento por deformación.	Recomendado para el conformado de las partes A, B, C, D Y E.
Corte por troquelado	Realización de cortes, agujeros o acuñación de una superficie.	No existe alteración de las propiedades mecánicas. Excelente precisión.	Requiere una gran cantidad de fuerza según las propiedades del material.	Recomendado para el corte del material base y sobrante de todas las partes del tanque de combustible

Fuente: Autores.

5.2.2 Preparación del material para el estampado de las láminas metálicas.

Empezaremos por definir las dimensiones del material de construcción disponible en el mercado nacional que será un acero JIS 3141 SPCC –SD que nos ofrece una dimensión de 1,2 x 2,4 metros de ancho por largo respectivamente. El área necesaria para la conformación de la parte A será de 0,247 metros cuadrados debido a que el sistema de cogida o mordaza necesita una parte de superficie de la plancha esta área será aumentada para lograr una sujeción por cada lado. Dándonos un total de 0,391 metros cuadrados en la tabla 26 se describe las áreas requeridas para realizar el estampado.

Tabla 5-2 Material requerido para la embutición.

Parte	Área requerida para el estampado m^2	Área requerida para el estampado con exceso de material m^2
A	0,247	0,391
B	0,247	0,391
C	0,276	0,42
D	0,023	0,030
E	0,005	0,007

Fuente: Autores.

5.2.3 *Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte A y B del tanque de combustible.*

Una herramienta de embutido de acción simple (troquel) de 4 postes es la más adecuada para la fabricación de este componente, de una carrera mínima de 1 metro y un área de trabajo de 2,2 metros cuadrados, a continuación describimos los datos técnicos requeridos para esta operación.

Tabla 5-3 Fuerza de los troqueles A y B.

Proceso	Fuerza requerida	Unidad	Fuerza sugerida
Embutición	79,96 min	Toneladas	110 toneladas
Corte	64,30 min	Toneladas	80 toneladas

Fuente: Autores.

5.2.4 *Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte C del tanque.*

Al ser la parte con mayor tamaño necesitaremos un troquel de 4 postes con un área de trabajo de 1,5 metros cuadrados y con una carrera mínima de 0,9 metros, esta parte al tener mayor superficie requerimos un troquel que cumpla con las siguientes características.

Tabla 5-4 Fuerza del troquel C.

Proceso	Fuerza requerida	Unidad	Fuerza sugerida
Embutición	81,47 min	Toneladas	110 toneladas
Corte	74,58 min	Toneladas	80 toneladas

Fuente: Autores.

5.2.5 *Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte D del tanque.*

La parte D del tanque de combustible debido al menor tamaño del elemento requiere un troquel de tipo vertical de simple efecto, con un recorrido mínimo de 0,3 metros, una superficie de trabajo de 0,4 metros y que cumpla con las siguientes especificaciones.

Tabla 5-5 Fuerza del troquel D.

Proceso	Fuerza requerida	Unidad	Fuerza sugerida
Embutición	29	Toneladas	45 toneladas
Corte	9,3	Toneladas	35 toneladas

Fuente: Autores.

5.2.6 *Fuerza de trabajo necesario para la embutición y corte de la parte E del tanque.*

La parte E del tanque de combustible de la motocicleta requerirá un troquel de menor tamaño que los anteriores, sin embargo las formas complejas de esta representan un grado de dificultad en la fabricación, un troquel vertical de simple efecto será necesario para el conformado de esta pieza

con una carrera mínima de 0,1 metros, un área de trabajo de 0,1 metros y las siguientes características.

Tabla 5-6 Fuerza del troquel E.

Proceso	Fuerza requerida	Unidades	Fuerza sugerida
Embutición	10,04	toneladas	35 toneladas
Corte	3,11	toneladas	35 toneladas

Fuente: Autores.

5.3 Proceso de soldadura.

De la tabla (2-4) anteriormente mencionada tomaremos las especificaciones del material base en calidad ASTM A611 tipo A ya que es el más parecido en sus propiedades mecánicas con el acero de producción nacional JIS G 3141 SPCC SD que nos ofrece IPAC SA, el cual será utilizado como metal base para la fabricación del prototipo de taque de combustible.

Tabla 5-7 Comparación de metales base.

Propiedades mecánicas de los metales base		
Calidad de acero	Esf. Tracción (MPa)	Esf. Fluencia (MPa)
JIS G 3141 SPCC SD	270-300	180
ASTM A611	290	175

Fuente: Autores.

Mediante la revisión de la norma se pudo establecer el tipo de soldadura que aplicaremos a nuestro proyecto será el proceso GMAW y teniendo en cuenta que en el país existe la maquinaria y el personal que garantice este tipo de soldadura.

En el apartado 1.4.6.1 de la norma (American National Standards Institute, 2007 p. 2) especifica que los metales de aportación y el gas protector para el proceso GMAW se ajustarán a los requisitos de la última edición del código ANSI/AWS A5.18, (Especificación para metales de relleno de acero al carbono para soldadura por arco de gas).

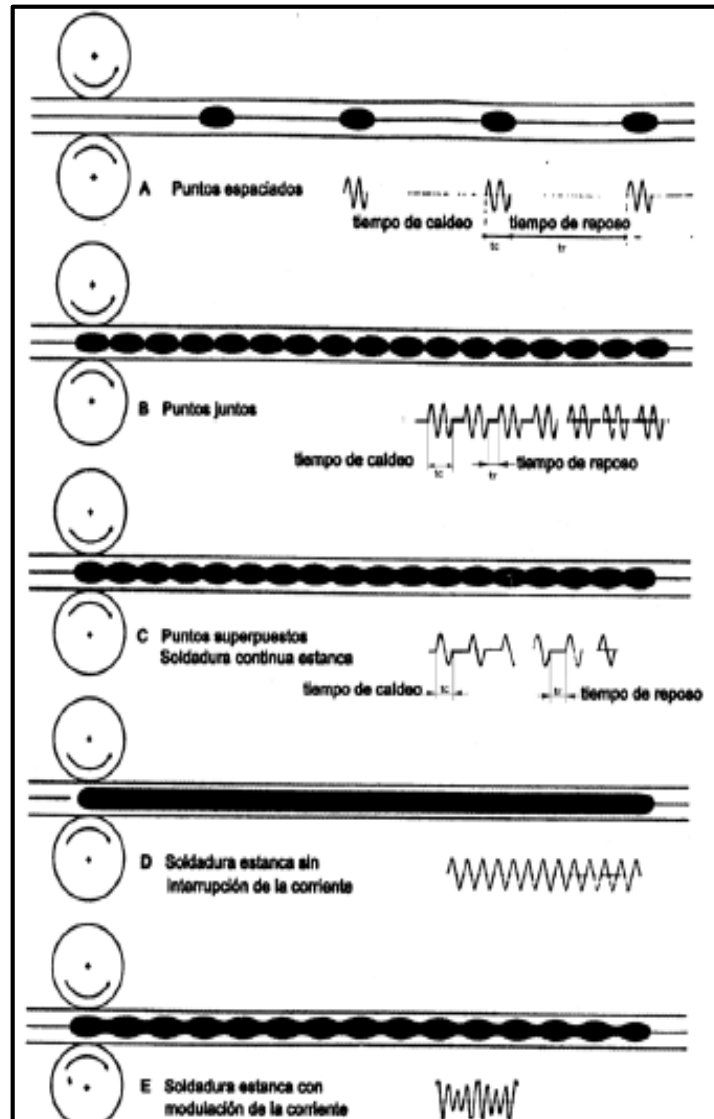
Con lo mencionado en el párrafo anterior en la norma (American Welding Society, 2005 p. 24) indica en el anexo A (Guía para la especificación AWS para electrodos de acero al carbono y varillas para soldadura con arco protegido con gas), en el apartado A7.4 que el electrodo ER 70S6 se utiliza en chapa metálica donde se requiere una soldadura lisa y es uno de los electrodo que venden en el país con diámetros de (0.8, 0.9 y 1.2 mm)

Cabe indicar que el electrodo ER 70S-6 es un alambre sólido cobrizado de acero dulce diseñado para uso general en fabricación y reparación de piezas en acero carbono, el depósito queda casi libre de escoria y para la mayoría de las aplicaciones no requiere limpieza entre pasadas; es apto

para trabajar con transferencia de tipo spray o cortocircuito., utiliza CO₂ como gas protector, donde E indica que es un electrodo metálico consumible continuo, R varilla, 70 resistencia a la tracción en el cordón igual a 70000 Lb/in² (480 MPa), S alambre sólido, 6 indica la composición química aproximada del electrodo o los requisitos de pruebas de impacto.

5.3.1 *Proceso de soldadura por costura.*

Figura 5-3 Tipos de soldaduras por rodillos.



Fuente: (GOMEZ, 2007 pág. 49)

Este tipo de soldadura la ocuparemos para soldar las partes A B anteriormente soldadas con la parte C del prototipo, como los dos rodillos giran provocando el desplazamiento de las chapas, en ese momento pasa la corriente eléctrica de forma interna con lo que se produce la fusión y la unión de los metales, en la figura (5-4) observamos los tipos de soldaduras y para nuestro prototipo se ocupara el literal d una soldadura sin interrupción de corriente para asegurar que haya fugas.

5.4 Revestimiento FTC.

Pfelge Techno ha desarrollado una opción de capa única - FTC - que proporciona un recurso efectivo, esto se puede aplicar después de que el depósito de combustible está totalmente fabricado. Proporciona un revestimiento anti-corrosivo eficaz, que tiene una acción de secado rápido a temperatura ambiente y es económico también. (Truly Caring Engineering World)

Este revestimiento presenta muchas ventajas en cuanto a la fabricación debido a que una vez ensamblado el tanque de combustible sería muy complicado realizar un revestimiento mediante algún otro método debido a su geometría a continuación describimos el proceso de aplicación recomendado por el fabricante.

Tabla 5-8 Procedimiento de aplicación.

Proceso de aplicación	
1	Tome el tanque de combustible completamente terminado, cerrar el tapón de drenaje y el tapón de llenado abierto.
2	Llenar de FTC - alrededor del 25% del volumen del tanque de combustible y cierre la tapa.
3	Agitar el tanque de combustible de alrededor del 30 por segundo, hasta que llegue el FTC por todas las superficies y servicios.
4	Mantener el tapón de drenaje abierto y sacar el material manteniendo el tanque de combustible ligeramente inclinados hacia el tapón de drenaje.
5	Permitir alrededor de cuatro horas de secado. El uso del depósito de combustible para almacenar combustible debe ser preferiblemente después de 96 horas.
6	El material drenado puede ser reutilizado, después de ser reciclado el material parece estar contaminado debido a los desechos de fabricación, como material de partículas / rebabas, se filtra el material a través de malla de tela de nylon.

Fuente: <http://www.pflegechem.com/ftq.html>

Gracias a las ventajas del proceso de aplicación se lo puede aplicar luego o antes del proceso de pintura dependiendo si se realiza la pintura en un horno, ya que este no se lo puede exponer por más de 30 minutos a una temperatura superior a 100 grados centígrados sin afectar la integridad del revestimiento según la información del fabricante. El Revestimiento FTC es el elegido para la fabricación del tanque de combustible de motocicleta de fabricación nacional.

5.5 Proceso de aplicación de pintura electrostática.

Describimos a continuación las diferentes etapas del proceso de aplicación de pintura electrostática.

- **Pre tratamiento.**

La limpieza del tanque de combustible de elementos como aceites, grasas, virutas nos permitirá una correcta adherencia de la pintura, esto se realizará mediante el desengrase de las superficies del elemento por medio del rociado por boquillas de una solución de hidróxido de sodio, que

transforma la materia aceitosa presentes en compuestos solubles en agua que se eliminarán por un sistema de drenado.

Posteriormente se realiza el fosfatado del elemento, mediante la aplicación de una mezcla de ácido fosfórico y fosfato de zinc para el caso de acero, lo que nos da como resultado la eliminación de las partículas de óxido presentes en la superficie, el crecimiento de cristales de fosfato que crean un anclaje que mejora la adherencia de la pintura y ayuda a aumentar la resistencia a la corrosión de la superficie.

- **Aplicación de la pintura.**

Se lo realizará en una cabina que cuente con el sistema de recuperación de la pintura que no se ha utilizado, el rendimiento de la pintura varía según la geometría de la superficie y las características de la pintura utilizada, para nuestro caso tenemos un rendimiento teórico de 8 a 10 m^2/Kg con un espesor de 60 a 80 micras que nos garantiza un acabado de calidad.

- **Curado de las superficies.**

El curado de la superficie se lo debe realizar en un ambiente controlado, que este caso es un horno de curado en el cual la temperatura contribuirá a que la pintura se polimerice es decir sus componentes reaccionen, se funden, nivelan y endurecen formando una capa homogénea. Según las especificaciones de la pintura se deben curar en un horno a una temperatura de 180 °C por 10 minutos, la temperatura de referencia es la superficie del tanque.

CAPÍTULO VI

6 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROCESO DE EMBUTICIÓN.

6.1 Costos directos.

El costo del tanque de combustible se detallan según el orden de los procesos de fabricación descritos anteriormente, tomando en cuenta la mayor cantidad de agregado nacional posible para la elaboración del tanque de combustible.

6.1.1 *Costo del conformado de las piezas del tanque de combustible.*

La materia prima es de producción nacional de la fábrica de IPAC S.A. de un espesor de 1.4 milímetros.

Tabla 6-1 Costo del material en bruto para embutición.

Parte	Área requerida para el conformado del producto (m ²)	Costo de la lámina de metal por metro cuadrado	Costo Total por parte (dólares)
A	0,391	13,26	5,18
B	0,391	13,26	5,18
C	0,42	13,26	5,56
D	0,030	13,26	0,39
E	0,007	13,26	0,09
TOTAL			16.4

Fuente: Autores.

6.1.2 *Costo de los troqueles de embutición.*

Para el molde de embutición y corte se ha tomado en cuenta el Acero M238 un material muy utilizado en la fabricación de moldes de embutición y de fácil acceso en la industria ecuatoriana. Para obtener el costo del troquel de embutición se ha tomado en cuenta el punzón, porta punzón, matriz, porta matriz, placa sufridera y cilindro de nitrógeno. A continuación describimos los costos de los procesos requeridos para la obtención de las diferentes partes.

Tabla 6-2 Costo de troqueles de embutición.

PARTE	Parte A	Parte B	Parte C	Parte D	Parte E
Punzón	5709,8	5709,8	7075,8	952,4	340
Matriz	4722,8	4722,8	7537,6	1284,2	368

Tabla 6-2 (Continuación) Costo troqueles de embutición.

Placa de sujeción punzón	2839,6	2839,6	3179,6	677,4	435
Placa de sujeción matriz	2926,4	2926,4	2656,8	826,8	470
Placa deslizante	4463,6	4463,6	7232	1017,4	585
Cilindros de gas nitrógeno	1600	1600	1700	350	300
SUB TOTAL (USD)	22262,2	22262,2	29381,8	5098,2	2198,23
TOTAL					81202,63

Fuente: Autores.

La vida útil de los moldes de embutición será de 50.000 ciclos siendo necesario pulir alguna parte según el proceso de fabricación se desarrolla.

6.1.3 Costo de troqueles de corte.

Tabla 6-3 Costo de troqueles de cizallamiento.

ELEMENTO DEL TROQUEL	Parte A	Parte B	Parte C	Parte D	Parte E
Punzón	3425	3425	4245,5	571,44	310
Matriz	2597,1	2597,1	4522,56	706,2	356
Placa de sujeción punzón	2271,7	2271,7	2543,7	609,66	396
Placa de sujeción matriz	2341,1	2341,1	2125,44	744,12	412
Placa deslizante	2677,8	2677,8	4339,2	610,44	432
Cilindros de gas nitrógeno	900	900	1150	340	300
SUB TOTAL (USD)	14212,7	14212,7	18926,4	3581,86	1906
TOTAL					52839,66

Fuente: Autores.

Para el caso de los troqueles de corte tendrán una vida útil de 25.000 ciclos siendo necesario rectificar cada 5000 ciclos debido al impacto de corte.

6.1.4 Costo de conformado de las partes del tanque de combustible.

Tabla 6-4 Costo de embutición.

Parte	Materia prima	Depreciación de los troqueles de embutición	Depreciación de los troqueles de corte	Costo de embutición	Costo de corte por cizallamiento	Costo de instalación y mantenimiento	COSTO SUB TOTAL
A	5,18	0,45	0,57	2	2	0,1	10,3
B	5,18	0,45	0,57	2	2	0,1	10,3
C	5,56	0,59	0,76	2	2	0,1	11,01
D	0,39	0,1	0,15	2	2	0,1	4,74
E	0,09	0,05	0,08	2	2	0,1	4,32
TOTAL							40,67

Fuente: Autores.

Para la embutición consideraremos un proceso de maquila como referencia para determinar este costo, la depreciación de los troqueles, además consideramos un costo de instalación y pruebas necesarias para obtener el producto sin fallas de fabricación.

6.1.5 Costo de Soldadura.

Para los costo de soldadura tomamos en cuenta los parámetros de una soldadura MIG.

Tabla 6-5 Costo de la soldadura (partes A y B).

Parámetro		VALOR	UNIDADES
Costo del gas protector	G	4,1	\$/m3
Velocidad de flujo de gas protector	F	138	m3/h
Velocidad de deposición	X	3,35	Kg/h
Costo de Energía eléctrica	E	0,091	\$/Kwh
Tensión de trabajo utilizada	U	220	Volts
Intensidad de corriente utilizada	I	60	Amperes
Costo de material de aporte	M	1,73	\$/Kg
Costo de mano de obra directa	C	3,75	\$/h
Costos Indirectos	A	0,75	\$/h
Rendimiento %	B	70	%
Rendimiento del material de Aporte %	J	90	%
Peso del material apenado por metro de junta	N	0,013	Kg/m
Longitud total a soldar	L	0,78	Metros
Sección de la junta a soldar en mm2	S	1.6	mm2

Fuente: Autores.

- Costo del gas protector por Kg de material depositado.

$$\frac{G*F}{\chi} = a \left(\frac{\$}{Kg} \right) \quad (19)$$

$$a = 168,89 \frac{\$}{Kg}$$

- Costo de la energía por Kg de metal depositado.

$$b = \frac{E*U*I}{1000*D} \left(\frac{\$}{Kg} \right) \quad (20)$$

$$b = 0,36 \frac{\$}{Kg}$$

- Costo del material de aporte por Kg de metal depositado.

$$c = \frac{M}{J} \left(\frac{\$}{Kg} \right) \quad (21)$$

$$c = 1.92$$

- Costo de la mano de obra directa por Kg de metal depositado.

$$\chi = \frac{C}{\chi * B} \left(\frac{\$}{\text{Kg}} \right) \quad (22)$$

$$\chi = 1,59 \left(\frac{\$}{\text{Kg}} \right)$$

- Costos indirectos por Kg de metal depositado.

$$e = \frac{A}{\chi * B} \left(\frac{\$}{\text{Kg}} \right) \quad (23)$$

$$e = 0,32 \frac{\$}{\text{Kg}}$$

- Costo total por Kg de metal depositado.

$$f = a + b + c + \chi + e \left(\frac{\$}{\text{Kg}} \right) \quad (24)$$

$$f = 173,08 \frac{\$}{\text{Kg}}$$

- Costo total por metro de junta.

$$g = f * N \frac{\$}{m} \quad (25)$$

$$g = 2,25 \frac{\$}{m}$$

- Costo total del trabajo.

$$h = g * L (\$) \quad (26)$$

$$h = 1,75 \$$$

$$h = 1,75 \text{ Dólares por cada metro de junta}$$

En nuestro tanque de combustible tenemos una longitud de soldadura MIG de 0,64 metros por lo que nuestro costo por soldadura será de 1,12 dólares.

6.1.6 Costo de soldadura por costura o rodillos.

Al obtener un proceso de soldadura sin aporte de material en el que únicamente se determinara el costo de 4,5 dólares por metro lineal, costo obtenido por un proveedor externo, al obtener un perímetro de nuestro tanque de combustible de 1.4 metros se obtiene un costo de 6,3 dólares.

Costo total de la soldadura por rodillos es de es de 6,3 dólares.

6.1.7 *Costo del proceso de pintura.*

El proceso de pintura la realizarse en con pintura en polvo podemos establecer un costo fijo que será por metro cuadrado nos da un valor de 5 dólares por metro cuadrado.

El tanque de combustible presenta un área de 1,292 metros cuadrados por lo que el costo será de 6,46 \$

6.1.8 *Costo del recubrimiento anticorrosivo.*

El recubrimiento anticorrosivo debe ser aplicado manualmente mediante el llenado y vaciado del tanque de combustible los costos están determinados de la siguiente manera.

Tabla 6-6 Costo del recubrimiento anticorrosivo.

	Costo del Pack de 25 litros	Rendimiento del producto en unidades	Costo por unidad	Costo de Mano de Obra por Unidad	COSTO TOTAL
Costo de recubrimiento por tanque	1250	300	4,16	1,38	5,54

Fuente: Autores.

6.1.9 *Costo directo total.*

El costo total considerando una producción de 50000 unidades será de.

Tabla 6-7 Costo directo total.

Proceso	Costo Unitario
Conformado	40,67
Soldadura	7,42
Pintura	6,46
Revestimiento	5,54
TOTAL	60,09

Fuente: Autores.

6.2 **Costos indirectos.**

Los costos indirectos serán considerados un 20% de los costos directos, debido a otros factores que no incurren directamente en la obtención del producto pero afectan el costo final del producto por lo que serán de 11,96 \$.

6.3 **Costo total.**

Una vez obtenido los costos directos e indirectos se puede establecer que el costo total por unidad será de:

Tabla 6-8 Costo total de fabricación.

Costo	Valor
Costo directo	60.09
Costo Indirecto	11,96
TOTAL	72,05

Fuente: Autores.

6.3.1 *Proyecciones financieras.*

Para el presente proyecto proyectamos un margen de ganancia del 20 %, dando como resultado un precio de venta del tanque de combustible de 86,46 USD una producción anual de 10.000 unidades y un plazo de ejecución del proyecto de 5 años. Con estos parámetros a continuación describimos una tabla (6-9) que resume las proyecciones.

Tabla 6-9 Datos financieros.

PARÁMETRO	VALOR
Unidades producidas	50.000 unidades
Unidades producidas por año	10.000 unidades
Margen de ganancia	20%
Años de ejecución	5 años
Precio de venta del tanque	86,46 USD
Costos variables anuales	600.900 USD
Costos fijos anuales	119.600 USD
Ventas anuales	864.600 USD
Ganancia proyectada Anual	180.100 USD
Tasa de Rentabilidad Mínima	15%
Inversión Necesaria (Costo de Troqueles + Costos fijos y variables por un año y medio)	1280000 USD

Fuente: Autores.

6.3.2 *Punto de equilibrio por unidades.*

Este cálculo nos servirá para conocer cuántas unidades mínimas deberíamos producir para no tener pérdidas ni ganancias y está determinada por la siguiente formula:

$$PEu = \frac{\text{Costos fijos} \times \text{Unidades Producidas}}{\text{Ventas Totales} - \text{Costos Variables}} \quad (27)$$

Para nuestro estudio el volumen de ventas totales es de 50000 unidades.

$$PEu = \frac{598000 \times 50000}{4323000 - 3004500}$$

$$PEu = 22678 \text{ unidades}$$

6.3.3 Valor actual neto (VAN).

Nos ayudara a determinar si nuestra inversión es rentable en el tiempo, es un indicador financiero que nos ayuda a escoger la inversión más rentable, la fórmula para el VAN es:

$$\text{VAN} = \text{Beneficio Neto actualizado} - \text{Inversion} \quad (28)$$

$$\text{Beneficio Neto Actualizado} = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Ventas Anuales}}{(1+i)^{ni}} \quad (29)$$

Para lo cual (t) será tasa de rentabilidad mínima y (ni) el número de años de la inversión

Si el VAN es mayor o igual que cero nuestra inversión es rentable y para este ejercicio tenemos una tasa de rentabilidad mínima de 15 % y unas ventas anuales de 864600 dólares por año que viene a ser una producción de 10.000 unidades por año, durante 5 años, con estos valores tenemos que:

$$\text{VAN} = \frac{864600}{(1+0,15)^1} + \frac{864600}{(1+0,15)^2} + \frac{864600}{(1+0,15)^3} + \frac{864600}{(1+0,15)^4} + \frac{864600}{(1+0,15)^5} - 1280000$$

$$\text{VAN} = 1.618.273,30 \text{ USD}$$

6.3.4 Tasa interna de retorno (TIR).

Es la tasa interna de retorno es decir que encontraremos la tasa máxima de rentabilidad cuando el VAN es igual a cero, con la formula (28) anteriormente descrita.

$$0 = \frac{864600}{(1+i)^1} + \frac{864600}{(1+i)^2} + \frac{864600}{(1+i)^3} + \frac{864600}{(1+i)^4} + \frac{864600}{(1+i)^5} - 1280000$$

$$i = 61\%$$

Tabla 6-10 Resultados financieros.

PARÁMETRO	VALOR	ANÁLISIS
PUNTO DE EQUILIBRIO POR UNIDADES	22.678 UNIDADES	Se necesita producir el 45,35 % del total de 50.000 unidades para llegar al punto de equilibrio
VAN	1.618.273,30 USD	Se obtiene un valor actual neto positivo lo que quiere decir que la inversión es rentable
TIR	61 %	Tenemos una tasa interna de retorno de 61 % con una tasa de rentabilidad mínima del 15 % lo que es positivo para la inversión.

Fuente: Autores.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se realizó el estudio del proceso de fabricación del tanque de combustible de motocicleta, elaborando el prototipo de tanque de combustible elaborado en fibra de vidrio que servirá como base para futuros proyectos de investigación en lo referente a la caracterización de la fibra de vidrio y el comportamiento frente al fuego, etc.

Se realizó el estudio del prototipo y la aplicación de otras alternativas de fabricación, el prototipo final se elaboró en fibra de vidrio siendo este el modelo más aproximado al real, en el transcurso de este proyecto se integró la mayor cantidad de insumos y materiales de producción nacional, pero se debe considerar que la industria ecuatoriana no cuenta con toda la maquinaria específica para la producción del tanque.

Culminado el estudio de diseño y construcción del prototipo de tanque de combustible se llevó a ejecutar todas las actividades propuestas, se utilizó herramientas de última tecnología como es el escáner 3D, software de CAD/CAM, herramientas sin las cuales hubiera sido muy difícil la realización de este proyecto debido a la complejidad de la geometría y composición del mismo.

En el proceso de validación del diseño se elaboró en el software Ansys en el cual luego de las pruebas respectivas según la publicación N° T906-2 de JSAE JASO STANDARS se llegó a obtener un factor mínimo de seguridad de 1.31 con el material de producción nacional JIS G 3141 SPCC SD, lo que demuestra en las pruebas más exigentes que nuestro diseño es seguro

En el análisis de costos del tanque nos dio como resultado un punto de equilibrio de 45.35%, lo que demuestra que a la mitad del tiempo de producción nuestra inversión estará devengada, obtuvimos una tasa interna de retorno del 61% lo que hace de este proyecto rentable; sin embargo implica realizar una inversión mínima de 1280000 dólares lo que dificultaría la realización del proyecto.

7.2 Recomendaciones.

Recomendamos se disponga de la maquinaria específica para la elaboración de los moldes y demás insumos de la fabricación.

Disponer del personal certificado para la realización e inspección del proceso de soldadura.

Realizar un estudio de costos de procesos de fabricación para mejorar el costo final del producto y que este pueda llegar a ser competitivo.

Profundizar en el estudio de los esfuerzos que son el resultado de la embutición debido a que es un proceso muy complejo y requiere una parte experimental prueba error para optimizar este proceso.

Recomendamos optimizar el proceso de revestimiento anticorrosivo y/o realizar pruebas para demostrar la durabilidad del mismo.

8 BIBLIOGRAFÍA

AWS D1.3/D1.3M: 2008. *Structural Welding Code-Sheet Steel* Disponible en: <http://www.aws.org/standards>

AWS A5.18/A5.18M:2005. *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*. Disponible en: <http://www.aws.org/standards>

APLICACIONES TÉCNICAS PROCESOS PRODUCTIVOS. *Tablas de densidad y peso específico*. [En línea], 27 de 12 de 2010. Densidad y peso específico [Consulta: 06 de 06 de 2016.], Disponible en: <http://www.atplleal.com/Pujat/file/DENSIDAD%20Y%20PESO%20ESPECIFICO.pdf>.

ARIAS, Paz. *Motocicletas arias paz*. 32º ed, Madrid España: CIE Inversiones editoriales dossat 2000, 2003, pp, 22-26, 690-691.

ASKELAND, Ronald R. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. 3º ed., Missouri Estados Unidos: International Thomson Editores, 1998, pp, 5, 320.

A 29/A 29M – 05. *Standard Specification for Steel Bars, Carbon and Alloy, Hot-Wrought, General Requirements*. Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/A29A29M-05.htm>.

E8/E8M – 11. *Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/E8E8M-11.htm>

CALLISTER, Willian. *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Medellín Colombi : Reverté, S.A. 2005, pp, 361-363, 378.

CELIQUETA, Juan. *Método de los Elementos Finitos para analisis estructural*. [En línea] 08 de 07 de 2011. Introducción al metodo de elementos finitos [Consulta: 29 de 07 de 2016.]. Disponible en: [http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000002130/Elementos%20Finitos\(2\).pdf](http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000002130/Elementos%20Finitos(2).pdf).

CRUZ, María. *Presión de vapor*. [En línea]. Cuba, Edu Red, 02 de 07 de 2012. [Consulta: 10 de 06 de 2016.]. Disponible en: http://www.ecured.cu/Presi%C3%B3n_de_vapor.

GEOMAGIC. *3D Geomagic Ingeniería Inversa*. [En línea]. Geomagic, 2016. [Consulta: 15 de Mayo de 2016.]. Disponible en: <http://www.geomagic.com/es/solutions/application/reverse-engineering/>.

GEOMAGIC Design X. *User Guide Geomagic Design X*. USA, 2013 pp.19-20.

HAMSA ALTOS HORNOS DE MÉXICO. *Catalogos Productos Planos Laminados en Frio.* [En línea] México, 13 de 07 de 2011. Aceros de producción nacional. [Consulta: 20 de 06 de 2016.]. Disponible en: http://www.ahmsa.com/Acero/Productos/Cat_LAM_FRIO_AHMSA2011.pdf.

NTE INEN 935 2010. *Gasolina Requisitos.* Disponible en: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

JASO T906:2002. Motorcycles - Fuel tanks - Test methods on air-tightness and sealing. Disponible en: <http://standards.globalspec.com/std/461795/jsae-jaso-t906>

JAQUE, Jairo & BONILLA, Isaac. *Diseño, modelación y construcción de un prototipo de chasis para motocicleta con fines de producción nacional.* (tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Mecánica, Ing. Automotriz, Riobamba-Ecuador, 2015, pp 23-24. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4425>

GOMEZ, Jose María. *Soldeo por resistencia.* [En línea], España, 2º ed ,06 de 2007. Proceso de soldadura por costura [Consulta: 30 de 07 de 2016.] Disponible en: <http://www.iesremedios.es/wp-content/uploads/t-1-11-rev-2-soldeo-por-resistencia.pdf>.

LABORATORIO DE PRODUCCIÓN. *Conformado de metales* [En línea], Colombia, 05 de 06 de 2008. Troqueles [Consulta: 20 de 08 de 2016], Disponible en: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/1578_conformado.pdf

LABORATORIO DE PRODUCCIÓN. *Protocolo de soldadura* [En línea] Colombia 05 de 06 de 2008. El proceso de soldadura GMAW. [Consulta: 27 de 07 de 2016.], Disponible en : http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3637_soldadura.pdf.

LOPEZ, Luis Ricardo. *Soldadura por fricción.* [En línea]. España 29 de 05 de 2014. Soldadura por costura [Consulta: 30 de 07 de 2016], Disponible en: http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1091/1/Lopez_Gonzalez_Luis_Ricardo.pdf.

MONTOYA, Manuel. *Algunas consideraciones sobre la integración de la ingeniería, el CAD y los prototipos rápidos.* (Tesis) (Maestría) [En línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. Mecánica. México D.F. 2013. pp 30-31. [Consulta: 17 de 06 de 2016.]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6450/tesis.pdf>.

RODRIGUEZ, Hermenegildo. *Fundamentos de la Soldadura MIG MAG.* [En línea] [Consulta: 10 de 06 de 2015.] Disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>.

ROSSI, Mario. 1979. *Estampado en frío de la chapa.* 9º ed, Madrid - España: Dossat S.A., 1979, pp 15, 79, 102

SOMOANO, Tony. *Transmision.* [En línea]. Estados Unidos: 2003. [Consulta: 01 de 04 de 2015.], Disponible en: <http://www.motosdeantes.com/mecanica/transmisiones.htm>.

TORRES, G. *Una herramienta para la iniciación al diseño.* [En línea]. Colombia, 20 de 06 de 2008. Diseño inicial. [Consulta: 12 de 06 de 2016.], Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~gtorres/VARDOCS/IngenieriaInversa.pdf>.

PLANOS