



Análisis y estudio de alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración convencional y su influencia en el comportamiento de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³

Paredes Yopez, Brandon Isaac y Solís Córdova, Álvaro Josué

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Henry Heriberto Iza Tobar

19 de agosto del 2020




DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ


CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN CONVENCIONAL Y SU INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR GW491QE 2200 cm³”** fue realizado por los señores: Paredes Yopez, Brandon Isaac y Solís Córdova, Álvaro Josué, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que los sustenten públicamente.

Latacunga, 19 de agosto del 2020



Firmado electrónicamente por:
**HENRY
HERIBERTO**



Ing. Iza Tobar, Henry Heriberto Mgs.

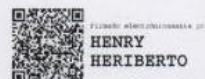
C.C.: 0502005242



URKUND

Document Information

Analyzed document TESIS_REVISIÓN_URKUND_PAREDES_SOLIS.pdf (D77881819)
Submitted 8/18/2020 3:24:00 AM
Submitted by Iza Tobar Henry Heriberto
Submitter email hhiza@espe.edu.ec
Similarity 2%
Analysis address hhiza.espe@analysis.arkund.com



Sources included in the report

W	URL: http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-mariposa.php Fetched: 8/18/2020 3:27:00 AM	1
SA	MEMORIA-TFG-Pablo Pérez Fernández.docx.pdf Document MEMORIA-TFG-Pablo Pérez Fernández.docx.pdf (D75580181)	1
W	URL: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html Fetched: 8/18/2020 3:27:00 AM	2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS MULTIPLE IMPRIMIR FINAL 2.pdf Document TESIS MULTIPLE IMPRIMIR FINAL 2.pdf (D25688335) Submitted by: grtorres@espe.edu.ec Receiver: grtorres.espe@analysis.arkund.com	1
W	URL: https://ingenieromarinero.com/valvulas-a-bordo/?fbclid=IwAR1a3XVue8Tge_SpRIDmMQhtM6A ... Fetched: 8/18/2020 3:27:00 AM	9
W	URL: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf Fetched: 8/18/2020 3:27:00 AM	2
W	URL: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4997 Fetched: 8/18/2020 3:28:00 AM	2
SA	tesis-guaytoso-antefinal1 1 (1) (revision).pdf Document tesis-guaytoso-antefinal1 1 (1) (revision).pdf (D50192418)	3
W	URL: https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada- ... Fetched: 8/18/2020 3:27:00 AM	1
W	URL: https://espaciocoche.com/motor-de-explosion-de-4-tiempos/ Fetched: 8/18/2020 3:27:00 AM	1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / ZURITA_ERAZO_INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOT ... Document ZURITA_ERAZO_INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOT ... (D40769653) Submitted by: wgerazo@espe.edu.ec	1



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, Paredes Yepez, Brandon Isaac, con cédula de ciudadanía N° 1726746983 y Solís Córdova, Álvaro Josué, con cédula de ciudadanía N° 0503798217, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“ANÁLISIS Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN CONVENCIONAL Y SU INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR GW491QE 2200 cm³”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 19 de agosto del 2020

Sr. Paredes Yepez, Brandon Isaac

C.C.: 1726746983

Sr. Solís Córdova, Álvaro Josué

C.C.: 0503798217



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Paredes Yepez, Brandon Isaac, con cédula de ciudadanía N° 1726746983 y Solís Córdova, Álvaro Josué, con cédula de ciudadanía N° 0503798217, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“ANÁLISIS Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN CONVENCIONAL Y SU INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR GW491QE 2200 cm³”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 19 de agosto del 2020

Sr. Paredes Yepez, Brandon Isaac

C.C.: 1726746983

Sr. Solís Córdova, Álvaro Josué

C.C.: 0503798217

DEDICATORIA

Para todas las personas miembros de mi familia que de alguna forma han sabido apoyarme y darme fuerzas, especialmente en memoria de mi hermano y mejor amigo Kevin Alejandro Paredes Yopez.

by Paredes B.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por su ternura y sabiduría cuyas palabras siempre son y han sido aliento para seguir y no desmayar en el camino, a mi padre por sus enseñanzas y el sacrificio que realiza día tras día de esa manera me demuestra que todo es posible con dedicación y trabajo, por ser los padres adecuados para sujetarme y mantenerme en el camino hacia la meta, agradezco infinitamente todo el apoyo que han sabido brindarme. A mis hermanas les agradezco por ser el apoyo de mis padres y ser la alegría de nuestro hogar.

Agradezco a la vida por poner en mi camino a las personas adecuadas para guiar mis pasos y mente en pro de una meta alcanzada que es de titularme universitariamente.

by Paredes B.

DEDICATORIA

Dedicado de manera especial a mis padres que me han brindado su apoyo y cariño incondicionalmente a lo largo de toda mi vida, también dedico este logro a mis hermanos, que han estado allí ayudándome siempre.

Dedico este logro a mi abuelita Inés que siempre se ha preocupado por toda la familia y ha velado por el bienestar de cada uno y por ser la mejor persona del mundo.

Álvaro Solís

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia en especial a mi madre María y a mi padre Miguel que me han inculcado valores y siempre me han impulsado a ser mejor persona, de igual manera a mi hermano Leonardo y mi hermana Ruth que han sido incondicionales en los buenos y malos momentos que he pasado a lo largo de mi vida.

Agradezco también a los buenos docentes en especial al ING. Henry Iza y al ING. Felix Manjarrez que nos guiado con esta investigación y han sabido aprovechar sus conocimientos de tal manera que pueden transmitirlos hacia las demás y agradezco a cada persona que forma parte de mi círculo de amigos.

Álvaro Solís

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

PORTADA	1
CERTIFICACIÓN	2
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE VERIFICACIÓN DE CONTENIDO “URKUND”	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
DEDICATORIA	8
AGRADECIMIENTO	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.	16
ÍNDICE DE FIGURAS.	19
RESUMEN.....	23
ABSTRACT	24
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	25
1.1. Antecedentes Investigativos.....	25
1.2. Planteamiento del Problema.	27
1.3. Descripción Resumida del Proyecto.....	28

1.4. Justificación e Importancia.	29
1.5. Objetivos	30
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	30
1.5.2. <i>Objetivos Específicos.</i>	30
1.6. Metas del Proyecto.	31
1.7. Hipótesis.....	31
1.8. Variables de la Investigación.....	31
1.8.1. <i>Variable Dependiente</i>	32
1.8.2. <i>Variable Independiente</i>	33
1.9. Metodología de Desarrollo del Proyecto.....	33
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	36
2.1. Motor	36
2.1.1. <i>Tipos de Motores.</i>	36
2.1.2. <i>Motor de 4 tiempos – Ciclo Otto.</i>	37
2.1.3. <i>Análisis y Parámetros para un Motor con Ciclo Otto.</i>	40
2.2. Par Motor o Torque.	43
2.2.1 <i>Curva Característica del Motor - Torque.</i>	44
2.3. Potencia.	45
2.3.1. <i>Curva Característica del Motor – Potencia.</i>	46

2.5. Sistema de Distribución y Alimentación.	47
2.3. Sistema de Alimentación de Aire.	48
2.3.1. <i>Filtro de Aire.</i>	48
2.3.2. <i>Colector de admisión.</i>	49
2.3.3. <i>Aspiración Natural.</i>	50
2.3.4. <i>Aspiración Forzada.</i>	51
2.4. Válvulas.	52
2.4.1. <i>Dimensionamiento de las Válvulas.</i>	53
2.4.2. <i>Características del Flujo de las Válvulas.</i>	54
2.5. Cuerpo de Aceleración con Válvula de Compuerta	55
2.5.1. <i>Tipos de Válvula de Compuerta.</i>	57
2.5.2. <i>Ventajas y Desventajas de Válvula con Compuerta.</i>	57
2.5.3. <i>Materiales de Fabricación.</i>	58
2.5.4. <i>Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Compuerta.</i>	59
2.6. Cuerpo de Aceleración con Válvula Globo.	59
2.6.1. <i>Tipos de Válvula de Globo.</i>	60
2.6.2. <i>Ventajas y Desventajas de Válvula Tipo Globo</i>	61
2.6.3. <i>Materiales de Fabricación.</i>	62
2.6.4. <i>Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Globo.</i>	62
2.7. Cuerpo de Aceleración con Válvula Tipo Esférico.	63

2.7.1. Tipos de Cuerpo Esférico.	64
2.7.2. Ventajas y Desventajas de Válvula Esférica.	64
2.7.3. Materiales de Fabricación.	65
2.7.4. Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Esférico.	66
2.8. Cuerpo de Aceleración con Válvula Tipo Mariposa.	67
2.8.1. Tipos de Válvula Mariposa.	69
2.8.2. Ventajas y Desventajas del Cuerpo de Aceleración de Mariposa.	70
2.8.3. Materiales de Fabricación.	71
2.8.4. Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Mariposa.	71

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA NUEVA VARIANTE PARA LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN CONVENCIONAL. 73

3.1. Selección del Motor.	73
3.2. Matriz de Selección Para el Nuevo Tipo del Cuerpo de Aceleración.	74
3.3. Diseño del Cuerpo de Aceleración.	80
3.3.1. Evaluación del Problema.	80
3.3.2. Especificaciones de Diseño.	80
3.3.3. Diseño Conceptual.	81
3.3.4. Desarrollo del Proceso General de Diseño.	85
3.3.5. Variables de Diseño.	89
3.3.6. Diseño Computacional del Prototipo del Cuerpo de Aceleración.	90

3.3.7. <i>Matriz de Selección de Materiales.</i>	92
3.3.8. <i>Cálculos Matemáticos del Diseño.</i>	93
3.3.9. <i>Diseño Detallado en el Software.</i>	104
3.3.10. <i>Manufactura</i>	118
3.4. <i>Construcción.</i>	124
3.4.1. <i>Diagrama de Procesos.</i>	125
3.4.2. <i>Fabricación del nuevo cuerpo de aceleración.</i>	127
3.4.3. <i>Ensamble de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.</i>	132
3.4.4. <i>Montaje de los componentes electrónicos.</i>	134

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y ANALISIS DE LA ALTERNATIVA PARA EL DISEÑO DE LA MARIPOSA DE ACCELERACIÓN CONVENCIONAL

136

4.1. <i>Pruebas del M.C.I. con el Cuerpo de Aceleración Convencional en el Dinamómetro de Rodillos.</i>	136
4.1.1. <i>Primera Prueba con el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i>	136
4.1.2. <i>Segunda Prueba con el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i>	139
4.1.3. <i>Tercera Prueba con el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i>	141
4.1.4. <i>Conclusiones y Resultados Obtenidos con el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i> .	144
4.2. <i>Proceso de Instalación de la Alternativa para el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i> .	145
4.3. <i>Pruebas del M.C.I. con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración en el Dinamómetro de Rodillos.</i>	146

4.3.1. <i>Primera Prueba con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración.</i>	147
4.3.2. <i>Segunda Prueba con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración.</i>	149
4.3.3. <i>Tercera Prueba con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración.</i>	152
4.3.4. <i>Conclusiones y Resultados Obtenidos con el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i> .	154
4.5. <i>Análisis del Consumo Específico de Combustible (Teórico)</i>	155
4.5.1 <i>Análisis de Consumo Específico (Teórico) en el Cuerpo de Aceleración Convencional.</i>	155
4.5.2. <i>Análisis de Consumo Específico (Teórico) en la Alternativa para el Cuerpo de Aceleración.</i>	157
4.4. <i>Comparación de Resultados entre los Dos Cuerpos de Aceleración.</i>	159

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO	160
5.1. Viabilidad.	160
5.2. Recursos	160
5.2.1. <i>Recursos Humanos</i>	160
5.2.2. <i>Recursos Tecnológicos – Equipos</i>	161
5.2.3. <i>Recursos Materiales.</i>	161
5.2.4. <i>Recursos Económicos.</i>	162
5.3. Conclusiones.	162
5.4. Recomendaciones	164
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

ANEXOS..... 171

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1	<i>Parámetros característicos del motor</i>	32
Tabla 2	<i>Implementación de la variante de un cuerpo de aceleración</i>	33
Tabla 3	<i>Especificaciones técnicas del motor</i>	73
Tabla 4	<i>Ventajas y desventajas válvulas de compuerta</i>	74
Tabla 5	<i>Ventajas y desventajas válvula de globo</i>	75
Tabla 6	<i>Ventajas y desventajas válvula de esfera</i>	76
Tabla 7	<i>Ventajas y desventajas válvula de mariposa</i>	77
Tabla 8	<i>Matriz de alternativas de la válvula</i>	77
Tabla 9	<i>Matriz de selección del diseño de la geometría.</i>	86
Tabla 10	<i>Especificaciones técnicas para el diseño y construcción</i>	88
Tabla 11	<i>Tabla de selección de alternativas</i>	89
Tabla 12	<i>Propiedades de los materiales</i>	92
Tabla 13	<i>Propiedades mecánicas del material Seleccionado (PLA)</i>	93
Tabla 14	<i>Datos obtenidos de la velocidad y temperatura del aire con los 2 cuerpos</i>	99
Tabla 15	<i>Valores obtenidos de la simulación del cuerpo de aceleración estándar.</i>	107
Tabla 16	<i>Valores con la nueva alternativa del cuerpo de aceleración.</i>	117
Tabla 17	<i>Pruebas de temperatura.</i>	121
Tabla 18	<i>Especificaciones Técnicas de la Impresora 3D "Artillery SideWired X1"</i>	122
Tabla 19	<i>Datos obtenidos en la Prueba #1.</i>	136
Tabla 20	<i>Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 1.</i>	138
Tabla 21	<i>Datos obtenidos en la Prueba #2.</i>	139
Tabla 22	<i>Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 2.</i>	140

Tabla 23	<i>Datos obtenidos en la Prueba #3.....</i>	141
Tabla 24	<i>Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 3.</i>	142
Tabla 25	<i>Resultados obtenidos en todas las pruebas en la primera condición.....</i>	144
Tabla 26	<i>Datos obtenidos en la Prueba 1.....</i>	147
Tabla 27	<i>Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 1.</i>	148
Tabla 28	<i>Datos obtenidos en la Prueba 2.....</i>	149
Tabla 29	<i>Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 2.</i>	150
Tabla 30	<i>Datos obtenidos en la Prueba 3.....</i>	152
Tabla 31	<i>Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 3.</i>	153
Tabla 32	<i>Resultados obtenidos en todas las pruebas en la segunda condición.....</i>	154
Tabla 33	<i>Datos del consumo específico teórico.</i>	158
Tabla 34	<i>Comprobación de los resultados entre los dos tipos de cuerpos de aceleración. ...</i>	159
Tabla 35	<i>Recursos humanos empleados en la investigación.</i>	160
Tabla 36	<i>Recursos tecnológicos y equipos.</i>	161
Tabla 37	<i>Recursos materiales empleados en la investigación.</i>	161
Tabla 38	<i>Recursos económicos usados en la investigación.....</i>	162

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1	<i>Árbol de Problemas.</i>	27
Figura 2	<i>Ciclo termodinámico Otto (Ideal) de un motor de cuatro tiempos</i>	37
Figura 3	<i>Proceso térmico del ciclo Otto</i>	39
Figura 4	<i>Gráfico curvas Torque - Potencia</i>	44
Figura 5	<i>Gráfico de curvas Torque - Potencia</i>	46
Figura 6	<i>Filtro de forma circular con malla de acero</i>	49
Figura 7	<i>Colector de Admisión</i>	50
Figura 8	<i>Efecto de la altitud sobre la potencia media efectiva y el rendimiento volumétrico</i> 51	
Figura 9	<i>Diagrama de un turbocompresor y diferencia con un compresor volumétrico</i>	52
Figura 10	<i>Gráfica de los tipos de curvas que presenta cada válvula en su funcionamiento</i>	54
Figura 11	<i>Válvula de Compuerta</i>	56
Figura 12	<i>Curvas características de la válvula de compuerta</i>	59
Figura 13	<i>Válvula de Globo</i>	60
Figura 14	<i>Curva característica de la válvula de globo</i>	62
Figura 15	<i>Válvula tipo esférica o de bola</i>	63
Figura 16	<i>Tipos de cuerpo esférico</i>	64
Figura 17	<i>Curva característica de una válvula tipo esférica</i>	66
Figura 18	<i>Cuerpo de aceleración con aleta de mariposa</i>	67
Figura 19	<i>Partes de una válvula de mariposa</i>	68
Figura 20	<i>Funcionamiento de la válvula de mariposa</i>	69
Figura 21	<i>Curva característica de una válvula de mariposa</i>	71
Figura 22	<i>Diagrama de la Casa de la Calidad</i>	83

Figura 23	<i>Alternativas para el cuerpo de aceleración estándar</i>	85
Figura 24	<i>Procesamiento del flujo de Trabajo</i>	91
Figura 25	<i>Plano del perfil derecho de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.</i>	94
Figura 26	<i>División del cuerpo en dos secciones para su estudio.</i>	95
Figura 27	<i>Medición de datos con el anemómetro.</i>	99
Figura 28	<i>Plano de perfil derecho del cuerpo, acotado para cálculos de velocidad.</i>	100
Figura 29	<i>Medidas parte interior cuerpo de aceleración estándar.</i>	102
Figura 30	<i>Medidas del conducto en el cuerpo de aceleración estándar.</i>	105
Figura 31	<i>Conducto interior del cuerpo de aceleración normal.</i>	105
Figura 32	<i>Simulación de la velocidad del fluido dentro del conducto.</i>	106
Figura 33	<i>Simulación de la temperatura del fluido dentro del conducto.</i>	106
Figura 34	<i>Simulación de la presión del fluido en el conducto.</i>	107
Figura 35	<i>Primera Propuesta del Diseño del Cuerpo</i>	108
Figura 36	<i>Primera Propuesta del Diseño de la Aleta</i>	109
Figura 37	<i>Análisis del fluido en ANSYS de la primera propuesta</i>	109
Figura 38	<i>Segunda propuesta de diseño del Cuerpo</i>	110
Figura 39	<i>Segunda Propuesta del Diseño de la Aleta</i>	110
Figura 40	<i>Segunda Propuesta de Diseño, Primera Corrección</i>	111
Figura 41	<i>Primer análisis en ANSYS del flujo en la Segunda Propuesta</i>	111
Figura 42	<i>Tercera Propuesta de Diseño con mejoras al interior.</i>	112
Figura 43	<i>Prueba de flujo en ANSYS de la Tercera Propuesta</i>	112
Figura 44	<i>Simulación en ANSYS de la presión del flujo con la aleta totalmente cerrada.</i>	113
Figura 45	<i>Simulación de velocidad del fluido en ANSYS, con la nueva geometría.</i>	114
Figura 46	<i>Simulación de temperatura del fluido en ANSYS, con la nueva geometría.</i>	115

Figura 47	<i>Simulación de la presión del fluido en ANSYS, con la nueva geometría.</i>	116
Figura 48	<i>Cuerpo de aceleración sometido a altas temperaturas</i>	120
Figura 49	<i>Alternativa del cuerpo de aceleración después de la prueba de temperatura.</i>	120
Figura 50	<i>Impresora 3D "Artillery SideWinder X1"</i>	123
Figura 51	<i>Impresora 3D "Artillery SideWinder X1"</i>	123
Figura 52	<i>Diagrama de procesos para la manufactura de la pieza.</i>	126
Figura 53	<i>Primera prueba de impresión de la parte superior para la nueva alternativa</i>	127
Figura 54	<i>Primera prueba de impresión de la parte inferior de la nueva alternativa</i>	128
Figura 55	<i>Primera prueba de impresión con todas las piezas terminadas.</i>	128
Figura 56	<i>Primera prueba de impresión terminada al 100% de material PLA</i>	129
Figura 57	<i>Primera prueba armada con todos sus componentes.</i>	129
Figura 58	<i>Segunda impresión de la parte inferior del cuerpo.</i>	130
Figura 59	<i>Segunda impresión de la parte superior del nuevo cuerpo.</i>	131
Figura 60	<i>Segunda impresión de la aleta.</i>	131
Figura 61	<i>Preparación de las uniones de la parte superior del cuerpo con silicona.</i>	132
Figura 62	<i>Ubicación de la aleta en la parte inferior del cuerpo.</i>	133
Figura 63	<i>Ensamble de todas las partes de la nueva alternativa del cuerpo de aceleración.</i> .	133
Figura 64	<i>Alternativa para el cuerpo de aceleración ensamblado.</i>	134
Figura 65	<i>Instalación de la Válvula IAC.</i>	134
Figura 66	<i>Instalación del sensor TPS.</i>	135
Figura 67	<i>Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 1.</i>	138
Figura 68	<i>Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 2.,</i>	141
Figura 69	<i>Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 3.</i>	143
Figura 70	<i>Ubicación de los empaques que van en la entrada del múltiple de admisión.</i>	145

Figura 71	<i>Instalación de la nueva alternativa del cuerpo de aceleración en el motor.</i>	145
Figura 72	<i>Ajuste del cable del pedal de aceleración.</i>	146
Figura 73	<i>Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 1.</i>	149
Figura 74	<i>Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 2.</i>	151
Figura 75	<i>Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 3.</i>	154

RESUMEN

En la presente investigación se realizó un análisis y estudio de alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración convencional y su influencia en el comportamiento de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³, mediante investigación bibliográfica acerca de los antecedentes respecto a cuerpos de aceleración y sistemas de admisión, se referencia al presente proyecto y se da inicio a un análisis que incluye diferentes alternativas para el cuerpo de aceleración estándar, conociendo las ventajas y desventajas de cada una de las opciones. Para ello se realiza la selección de geometrías de un grupo de válvulas ya existente del que se elige la mejor opción y se realiza el diseño en un software CAD manteniendo las dimensiones de diámetros en el conducto por el que circula el flujo de aire, una vez obtenido el diseño se realizaron pruebas mediante un simulador ANSYS R3 en el que se obtiene datos de velocidad del fluido, temperatura y presión. Con los resultados favorables de la simulación se plantea el proceso de manufactura de las piezas diseñadas en una impresora 3D con el filamento adecuado para que resista las condiciones a las que será sometida la nueva alternativa, finalizado la manufactura de las piezas se procede con el armado y posterior instalación en el motor GW491QE, de esa manera se desarrollaron pruebas en un dinamómetro de rodillos mediante un protocolo validado mediante norma ISO 1585 el cuál aporta datos de potencia y torque con los dos cuerpos de aceleración, finalmente con los datos obtenidos de las pruebas se compara los resultados generando las diferentes conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVE:

- **ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO.**
- **COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO.**
- **TORQUE**
- **POTENCIA**

ABSTRACT

In the present investigation, an analysis and study of alternatives for the design of the conventional acceleration butterfly and its influence on the behavior of the characteristic parameters of a GW491QE 2200 cm³ engine was carried out. Through bibliographic research about the background with respect to acceleration bodies and intake systems, reference is made to the present project and an analysis is initiated that includes different alternatives for the standard acceleration body, knowing the advantages and disadvantages of each of the options. For this purpose, the geometries of an existing group of valves are selected from which the best option is chosen and the design is made in CAD software, maintaining the diameter dimensions in the duct through which the air flow circulates. Once the design is obtained, tests are carried out using an ANSYS R3 simulator in which data on the behavior of the fluid such as speed, temperature and pressure is obtained. With the favourable results of the simulation, the manufacturing process of the designed pieces is proposed in a 3D printer with the appropriate filament to resist the conditions to which the new alternative will be submitted. Once the manufacturing of the pieces is finished, the assembly and subsequent installation in the GW491QE engine is carried out, and in this way, tests are carried out in a roller dynamometer by means of a protocol validated by the ISO 1585 standard, which provides data on power and torsional stress with the two acceleration bodies.

KEYWORDS:

- **DESIGN ALTERNATIVES**
- **FLUID BEHAVIOR**
- **TORQUE**
- **POWER**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes Investigativos

Según Martínez Villegas (2007) las diferentes mejoras que han ido sufriendo los motores de combustión interna, se produjeron evolucionando el rendimiento que presentaban en sus primeros diseños, empezando con rendimientos de diez 10%, mientras que hoy en día gracias a varios estudios y analisis ese rendimiento se ha aumentado hasta el 35% o 40% (p. 4).

El autor enfatiza en que el rendimiento ha ido mejorando gracias a la ingeniería y estudios que se han aplicado en los materiales de fabricación de motores o carrocerías, en la aerodinamicidad, en los cálculos de fricciones dentro del motor, en la lubricación, etc

Según Valvias (2013b) las válvulas de mariposa se crearon con el fin de brindar una funcionabilidad eficaz para las diferentes adaptaciones que se las pueda emplear, esto gracias a que usualmente son muy empleadas cuando existan variaciones de presiones, temperaturas, tipo de fluido, etc; todo esto a un costo más económico en relación a otros tipos de válvulas, tiene una gran capacidad de adaptación a las múltiples solicitudes de la industria en cuanto a tamaños, presiones, temperaturas, conexiones, etc (párr. 1).

Para el autor las válvulas de mariposa son elementos que se emplea en varios trabajos en los cuales las condiciones serán variables en función de las necesidades a cumplir, manteniendo costos de fabricación muy asequibles en el medio en comparación con otros tipos de válvula más especiales.

Según Emerson (2017) las válvulas de compuerta se caracterizan por ser válvulas con movimiento bidireccional vertical, generando un cierre mediante un disco de caras planas que se coloca sobre los asientos y de esa manera generar el cierre, esta válvula no es apta para trabajos que requieran regulación (p. 187).

El artículo menciona que la válvula de compuerta es un elemento muy funcional en las industrias al momento de brindar un cierre absoluto en el paso de un fluido, pero difiere al momento de que la válvula pueda someterse a trabajos de regulación.

Según COMEVAL Valve Systems (2020) las válvulas de Globo poseen un diseño en su interior curvo para el paso del fluido a través, al igual que la válvula de compuerta posee un disco de caras planas para lograr un cierre lo más hermético posible sobre unos asientos que han sido finamente mecanizados para esta labor (párr. 29).

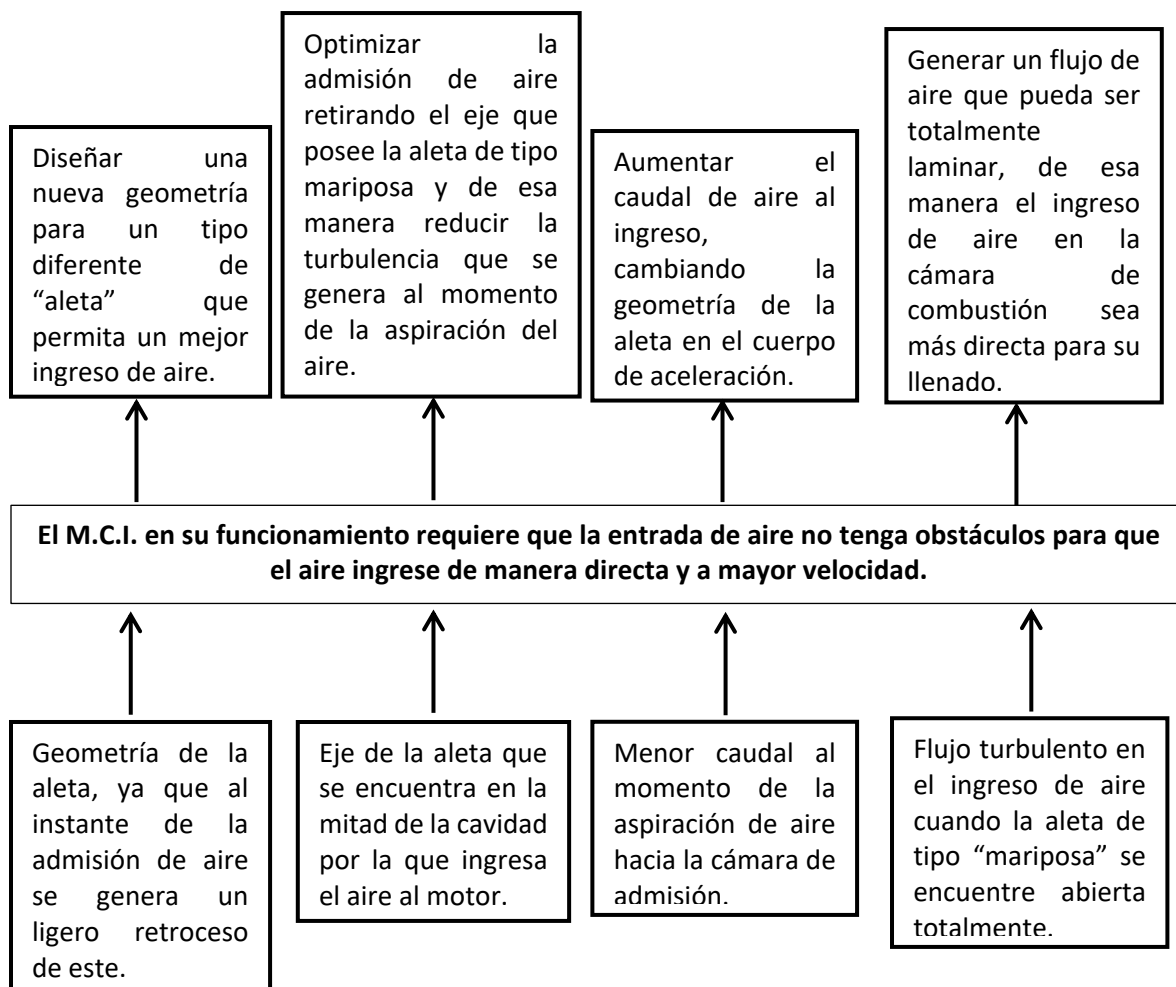
A diferencia de otras válvulas las de tipo globo tienen la cualidad de que su conducto no cumple una trayectoria rectilínea lo cual genera en el paso del líquido turbulencia, pero al momento de cerrar el paso de fluido brinda una muy buena hermeticidad.

Según COMEVAL Valve Systems (2020) las válvulas de tipo esfera, están diseñadas en base a una esfera con un movimiento de apertura y cierre de 90°, dichas esferas presenta un orificio que es perpendicular al eje de accionamiento. Este diseño permite el paso de un fluido a través de la válvula ya sea de forma regulada o directa totalmente, cuando se abre totalmente genera un paso de fluido de manera libre a través de esta, es decir que no presenta obstáculos en su trayecto (párr. 38).

1.2. Planteamiento del Problema.

Figura 1

Árbol de Problemas.



Nota. Diagrama árbol de problemas en el cual se detalla los problemas en la parte inferior y en los cuadros de la parte superior se enuncia una posible solución al problema suscitado.

El cuerpo de aceleración tradicional ha sido empleado en los vehículos de combustión interna y presentan el mismo problema, el cual es la geometría que posee la aleta en su funcionamiento, que incluso en la apertura completa se mantiene un obstáculo que es el eje que sujeta a la aleta de manera transversal al conducto por el que circula el aire.

Se determinó la influencia que posee el eje transversal en cuanto al ingreso de aire en la admisión generando cierta alteración en el flujo y de esa manera produce turbulencia.

Esto se debe a que el aire ingresa con una velocidad aproximada de 13,4 m/s a 4500 rpm (Tabla 14) y al momento de existir un obstáculo en el paso hacia la cámara de admisión se genera turbulencia, mismas que no favorecen a que el aire ingrese de manera directa o lineal hacia la cámara, como resultado de esto la combustión puede verse afectada.

Al diseñar la nueva alternativa para la aleta mediante el estudio y análisis, se cambió la geometría de la misma, pero todo esto sin alterar las dimensiones del diámetro del conducto de aire que viene estándar en el motor. Se procedió a mejorar y liberar totalmente el conducto por el que circula el aire hacia el múltiple de admisión y de esa manera obtener un flujo más directo.

1.3. Descripción Resumida del Proyecto.

El presente proyecto tiene como finalidad determinar los parámetros característicos del motor GW491QE 2200 cm³ comparándolos con los parámetros que tiene actualmente es decir respetando su fabricación y cada uno de sus componentes para luego implementar la nueva alternativa.

Con el vehículo en funcionamiento usando el cuerpo de aceleración estándar se procederá a realizar las diferentes pruebas en el motor, es decir: torque y potencia con la ayuda de un dinamómetro de rodillos.

Se efectuará una comparación de alternativas entre un grupo de geometrías de válvulas ya existentes para poder escoger la mejor opción para reemplazar a la mariposa de aceleración convencional con la ayuda de una matriz comparativa.

Se realizará medidas de la mariposa de aceleración estándar del vehículo para luego adaptar las mismas al nuevo cuerpo de aceleración, se diseñará en el software de diseño CAD Autodesk INVENTOR Professional 2020 -Versión Estudiante.

Una vez diseñado y modelado el nuevo cuerpo de aceleración mediante el estudio de alternativas, se procede a seleccionar los materiales del que estará conformado teniendo en cuenta las propiedades mecánicas y térmicas de cada una de ellas, así como también la vida útil que podrían brindar a la nueva variante.

Con la selección de los materiales se procederá a la manufactura del cuerpo de aceleración manteniendo tolerancias y valores específicos que permitan la adaptación al motor, tratando de evitar que su rendimiento y eficacia no sea vea afectados por su construcción.

Con la nueva mariposa instalada en el vehículo se procederá a realizar las diferentes pruebas en el motor, es decir: torque y potencia con la ayuda de un dinamómetro de rodillos.

Al tener ya los datos respectivos de cada prueba se procederá a compararlos mediante tablas.

1.4. Justificación e Importancia.

Dados los requerimientos básicos de un motor de combustión interna para su funcionamiento se tiene como necesidad fundamental obtener una óptima entrada de aire, es decir que mientras más aire necesite el motor, también necesitará más combustible para que se tenga una combustión más completa.

Las nuevas innovaciones que se presentan en la industria automotriz hacen que los motores de combustión interna aumenten su potencia y torque con sensores y actuadores que aprovechan la combustión del motor para lograr dicho objetivo.

Tomando en consideración las ventajas que ofrece una de las opciones sobre las demás en hidráulica, se torna interesante aplicar este mismo concepto en la industria automotriz ya que se maneja un fluido y de esta manera se aprovechará los dos diferentes tipos de flujos que salen de cada uno de ellos.

Con el análisis y estudio de alternativas para el diseño de mariposas de aceleración, se obtiene una nueva geometría de la aleta, de tal manera que se pretende determinar la influencia de este diseño en los parámetros característicos del motor sin necesidad de variar la programación del vehículo, sino más bien cambiando uno de sus elementos mecánicos que incide en el flujo de aire que ingresa a los cilindros y de esta manera lograr una mejor combustión.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Analizar y estudiar las alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración convencional y su influencia en el comportamiento de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar los parámetros característicos del motor GW491QE 2200 cm³ mediante el uso de un dinamómetro de rodillos.
- Escoger la mejor alternativa para reemplazar la válvula de mariposa convencional usando una matriz de selección.

- Comprobar el tipo de flujo que se produce en el nuevo cuerpo de aceleración con la ayuda del software CFD.
- Diseñar el cuerpo de aceleración de tipo esférico en un software de diseño CAD.
- Implementar la nueva alternativa del cuerpo de aceleración en el motor GW491QE 2200 cm³
- Comparar el cuerpo de aceleración convencional con la nueva alternativa.

1.6. Metas del Proyecto.

- Estudiar y realizar un análisis de las diferentes alternativas de la mariposa de aceleración.
- Analizar el comportamiento del motor antes de ser implementada la nueva alternativa seleccionada para la mariposa de aceleración.
- Diseñar una variante del cuerpo de aceleración que mantenga las mismas dimensiones de la mariposa original del vehículo.
- Adaptar la nueva variante para el cuerpo de aceleración en el motor GW491QE 2200 cm³ sin modificar el diámetro de la entrada de aire.
- Establecer si el funcionamiento del motor se ve afectado de manera positiva o negativa con la implementación de la nueva alternativa para la mariposa de aceleración.

1.7. Hipótesis.

El modificar la aleta de entrada de aire en el cuerpo de aceleración de un motor GW491QE 2200 cm³ elevará su potencia y torque en un 3% de su condición estándar.

1.8. Variables de la Investigación.

- **Variable Independiente.**

Implementación de la variante de un cuerpo de aceleración en el sistema de admisión de un motor GW491QE 2200 cm³, estudiando y analizando las alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración.

- **Variables Dependientes.**

Comportamiento de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³

1.8.1. Variable Dependiente

Comportamiento Parámetros Característicos del Motor.

Tabla 1

Parámetros característicos del motor.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm ³	Análisis matemático y de diseño de la nueva variante de la aleta basándose en los parámetros característicos del motor.	Parámetros de variación en la apertura y cierre de la válvula.	-	Investigación	Información técnica mediante la recolección de la información
		Velocidad de aire relacionado directamente con el accionamiento del pedal.	m/s	Medición	Instrumento de Laboratorio Anemómetro

Nota. Especificaciones técnicas estándar del motor GW491QE, que va a ser empleado

para el proyecto de investigación y en el cual ciertos parámetros se verían alterados en relación con los valores iniciales.

1.8.2. Variable Independiente

Implementación de la variante de un cuerpo de aceleración en el sistema de admisión de un motor GW491QE 2200 cm³, estudiando y analizando las alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración.

Tabla 2

Implementación de la variante de un cuerpo de aceleración.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Implementación de una variante para el cuerpo de aceleración en un motor GW491QE 2200cc	Influencia que adquiere el motor al momento de implementar la nueva variante para el cuerpo de aceleración	Potencia	HP	Medición	Instrumento de Laboratorio Dinamómetro de rodillos.
		Torque	N.m	Medición	Instrumento de Laboratorio Dinamómetro de rodillos
		Temperatura	°C	Medición	Instrumento de Laboratorio Anemómetro o Termocupla
		Velocidad aire	m/s	Medición	Instrumento de Laboratorio Anemómetro

Nota. Análisis de la variante independiente, se toma en cuenta los factores que van a influir para el diseño de la nueva variante del cuerpo de aceleración.

1.9. Metodología de Desarrollo del Proyecto

En la presente investigación del análisis y estudio de alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración convencional, se emplea diferentes metodologías para determinar los parámetros de diseño, para lo cual se emplea diferentes métodos que se detallan a continuación.

- **Método deductivo.**

Será deductivo debido a que, mediante el análisis de los parámetros de funcionamiento de potencia, torque, velocidad de aire, presión de aire, se establecen conclusiones para la obtención de datos para el análisis de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³ al implementarse una nueva alternativa.

- **Método inductivo.**

Se aplicará el método inductivo en esta investigación tomando como referencia la hipótesis, que es modificar el cuerpo de aceleración tipo aleta a un tipo esférico de un motor GW491QE 2200 cm³ y cómo influye en el funcionamiento y en sus parámetros característicos.

- **Método experimental.**

Se utilizará este método para poder reflejar los datos de potencia, torque, y demás datos que pudieran variar o ser influenciados antes y después de la implementación de la nueva alternativa para la mariposa de aceleración, así como también recursos utilizados en el análisis de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³ al implementarse la nueva alternativa de mariposa de aceleración.

- **Método estadístico.**

Una vez obtenidos los datos, se realizará una evaluación mediante tabulaciones de los datos para conocer cuáles son los mejores parámetros a los que puede ser sometido el vehículo para que funcione con mejores condiciones, en las tabulaciones se podrá observar como las condiciones varían según los siguientes parámetros: antes de la instalación, después de la instalación y condiciones climáticas.

- **Método analítico.**

Por medio de este método se continuará con un análisis a través del software CAD Autodesk INVENTOR Professional 2020 - Versión Estudiante y un software de simulación ANSYS R3 2019 - Versión Estudiante, variando y asemejando las condiciones reales, así como también un análisis matemático en el que se pueda detallar y comprobar valores del diseño como velocidad, presión y temperatura.

- **Método matemático.**

Este método ayudará a realizar los cálculos de manera más exacta empleando fórmulas y coeficientes estudiados, detallados en diferentes textos que pueden ser empleados en el análisis de la influencia en los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³ al implementar un cuerpo de aceleración tipo esférico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Motor

Según Granell (2015) son artefactos que transforman la energía química en energía térmica, la misma energía que se usa para que el motor produzca movimiento de manera mecánica y la máquina que los usa pueda realizar su trabajo. El motor emplea combustibles fósiles líquidos para que se produzca la reacción química, estos combustibles son gasolina y diésel, actualmente existen más tipos de combustible como biodiesel o a su vez emplean como alternativa de combustible en estado gaseoso como el GLP (Gas Licuado de Petróleo) (párr. 1).

Los motores se han convertido en máquinas versátiles ya que pueden usar varias fuentes de combustible, transformando las propiedades del elemento usado como combustible para convertirlo en movimiento, tal es el caso de los motores a vapor o los motores a gas.

2.1.1. Tipos de Motores.

Según Ocaña Ocaña (2000) existen varios tipos de motores, que se usan para diferentes fines o trabajos entre los cuales se enuncian los motores térmicos son motores que emplean energía calórica para transformarlo en movimiento mecánico como por ejemplo los motores Stirling; motores de combustión externa, es una variante de los motores térmicos pero su diferencia principal es que el cambio de energía se produce en un ambiente abierto un ejemplo de este tipo de motor es el de los trenes de vapor; motor de combustión interna, es el que emplea un combustible fósil como gasolina o diésel para generar una reacción química con el oxígeno y producir movimiento mecánico a través de los componentes del motor, un ejemplo de este son los motores de automóviles en la actualidad; motor eléctrico, es el motor que emplea

principalmente como su fuente de funcionamiento la energía eléctrica y lo transforma en movimiento mecánico (pp. 15-19).

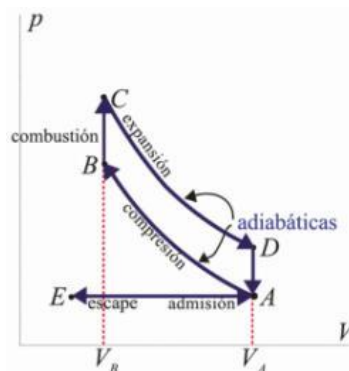
En el mundo automotriz actual existen dos tipos de motores de combustión interna que son los más reconocidos que son los motores a gasolina (Ciclo Otto) y motores a diésel /Gasoil (Ciclo Diésel), mientras que el ciclo Otto (combustible gasolina) funciona preferencialmente para vehículos livianos debido a su rapidez y gran potencia, el ciclo Diésel (combustible gasoil/diésel) se lo emplea usualmente en vehículos pesados ya que brinda gran torque y capacidad de arrastre. Tanto los motores a gasolina como a diésel pueden ser de cuatro tiempos y de dos tiempos, se limita el análisis y estudio al motor de cuatro tiempos de ciclo Otto a gasolina.

2.1.2. Motor de 4 tiempos – Ciclo Otto.

Según Nebot Ainsa (2018) es un ciclo que se cumple en los motores a gasolina, adquiere este nombre gracias a su inventor Nicolaus Otto en el año de 1876, este tipo de ciclo se cumple en los motores de combustión interna con encendido por chispa, el cual se basa en cuatro tiempos de trabajo (p.15).

Figura 2

Ciclo termodinámico Otto (Ideal) de un motor de combustión interna de cuatro tiempos.



Nota. El gráfico representa los ciclos teóricos por el que atraviesa un motor a gasolina para cumplir su trabajo. Adaptado de *Refrigerador que sigue un Ciclo Otto [Fotografía]*, por Sevilla, 2015, Laplace (<http://laplace.us.es/wiki/images/c/c1/Esquema-ciclo-otto.png>). CC BY 2.0

Según Baer (2017) un ciclo de cuatro tiempos cumple con cuatro fases que son la admisión, compresión, expansión y escape; los cuatro tiempos se lo explica desde un punto de vista termodinámico y físico, a continuación:

Admisión: Cuando el émbolo se encuentra en el punto muerto superior (P.M.S.), la válvula de admisión se encuentra abierta y a medida que el émbolo desciende hasta el punto muerto inferior (P.M.I.) se llena la cámara de combustión con mezcla aire-combustible;

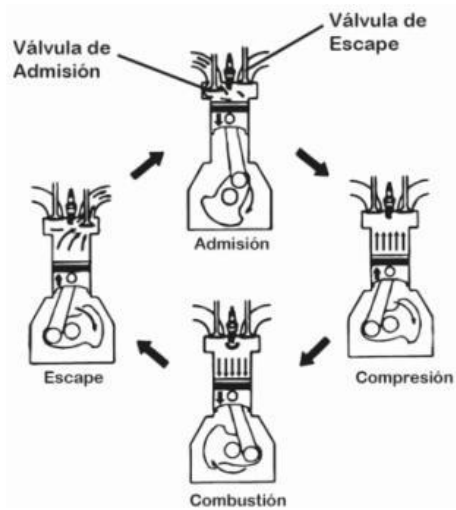
Compresión: La cámara se encuentra totalmente sellada ya que las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas, es ahí cuando el émbolo tiende a desplazarse desde el PMI hasta el PMS y generar la compresión de la mezcla aire-combustible;

Expansión - Explosión: Cuando el émbolo está cerca de terminar la compresión, una chispa generada por la bujía produce la expansión o explosión de la mezcla y en ese instante se genera una fuerza de empuje que provoca que el émbolo descienda;

Escape: En esta fase el émbolo se mueve desde el PMI hasta el PMS y con la válvula de escape abierta, de esa manera los gases fugen de la cámara de compresión gracias al movimiento ascendente del émbolo (párr. 7).

Figura 3

Proceso térmico del ciclo Otto.



Nota. Proceso de trabajo del motor de combustión interna de 4 tiempos y los ciclos por el que pasa para realizar la combustión del combustible. Adaptado de *Motor de explosión de 4 tiempos [Fotografía]*, por Baer, 2017, espaciocoche (<https://espaciocoche.com/wp-content/uploads/2010/11/esquemamotor4tiempos.jpg>). CC BY 2.0

Los cuatro tiempos analizados anteriormente se generan en dos vueltas del cigüeñal, es decir en 720° . Para cumplir con el ciclo existe una sincronía entre el movimiento del cigüeñal y el árbol de levas para la apertura y cierre de las válvulas.

Los motores de cuatro tiempos poseen traslape de válvulas, que son los grados en el que la válvula de escape se abre por un pequeño lapso y la válvula de admisión también se mantiene abierta. Todo esto diseñado con el fin de que el aire que ingresa ayude a expulsar los gases quemados, de esa manera mejorar la combustión y la mezcla aire – combustible que ingresa en la cámara.

2.1.3. Análisis y Parámetros para un Motor con Ciclo Otto.

Para el análisis matemático de un ciclo Otto desde el punto de vista termodinámico son necesarias tomar en cuenta las siguientes ecuaciones:

Cilindrada unitaria, es la cilindrada que tiene cada cilindro y se lo calcula de manera individual.

$$V_h = \frac{\pi * D^2}{4} * S \quad (1)$$

V_h , es el volumen unitario

D , es el diámetro del pistón

S , es la carrera

Cilindrada total, es la cilindrada de todo el número de cilindros que posea el motor.

$$V_H = V_h * i \quad (2)$$

V_H , es la cilindrada total

V_h , es la cilindrada unitaria

i , es el número de cilindros del motor

Volumen de la cámara, es el volumen solo de la cámara de combustión, la cual se encuentra en el cabezote.

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} \quad (3)$$

V_c , es el volumen de la cámara del cabezote

V_h , es la cilindrada unitaria

ε , es la relación de compresión del motor

Volumen total del cilindro, es la suma del volumen de la cámara en el cabezote y del cilindro del block.

$$V_a = V_c + V_h \quad (4)$$

V_a , es el volumen total del cilindro

V_c , es el volumen total

V_h , es el volumen unitario del cilindro

Presión en admisión, es la presión que se genera en los primeros instantes del ciclo Otto.

$$P_a = P_o + (\beta^2 + \epsilon) * \frac{W_{ad}^2}{2} * \rho_o * 10^{-6} \quad (5)$$

P_a , es la presión en la admisión

P_o , es la presión atmosférica

$(\beta^2 + \epsilon)$, es el coeficiente de restricción

W_{ad} , es la velocidad de entrada de la mezcla

ρ_o , es la densidad del aire

Temperatura en admisión, es la temperatura que existe en la entrada de la admisión.

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma r * T_r}{1 + \gamma r} \quad (6)$$

T_a , es la temperatura en la admisión

T_o , es la temperatura ambiente

ΔT , es la variación de temperatura interna

γr , es el coeficiente de gases residuales

T_r , es la temperatura de gases de escape

Presión en compresión, es la presión que se encuentra en todo el proceso de compresión.

$$P_c = P_a * \varepsilon^{n_1} \quad (7)$$

P_c , es la presión en la compresión

P_a , es la presión en la admisión

ε , es la relación de compresión

n_1 , es el coeficiente politrópico

Temperatura de Compresión, es la temperatura de trabajo que se encuentra en el proceso de compresión.

$$T_c = T_a * \varepsilon^{n_1 - 1} \quad (8)$$

T_c , es la temperatura en la compresión

T_a , es la temperatura en la admisión

ε , es la relación de compresión

n_1 , es el coeficiente politrópico

Presión en la Explosión, es la presión que adquiere al momento de la combustión.

$$P_z = \mu r * \frac{T_z}{T_c} * P_c \quad (9)$$

P_z , es la presión de la explosión

μr , coeficiente cuyo valor es 1,075

T_z , es la temperatura en la explosión

T_c , es la temperatura de compresión

P_c , es la presión en la compresión

Presión en el Escape, es la presión que tienen los gases al final del ciclo.

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}} \quad (10)$$

P_b , es la presión en el escape

P_z , es la presión en la explosión

ε , es la relación de compresión

n_2 , es el coeficiente adiabático

Temperatura de Escape, es la temperatura de los gases al final del ciclo.

$$T_b = T_z * \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \quad (11)$$

T_b , es la temperatura en escape

T_z , es la temperatura en la explosión

ε , es la relación de compresión

n_2 , es el coeficiente adiabático

2.2. Par Motor o Torque.

Según Castillo et al. (2017) el torque por definición física se sabe que es igual al trabajo por la distancia, pero en estudio de motores la distancia va a ser reemplazada por el radio del cigüeñal. Se toma este valor debido a que el par motor determina la fuerza que se aplica a la cabeza del pistón durante la explosión y como ésta es transmitida hacia el cigüeñal para brindarnos el giro y el esfuerzo de rotación (p. 2).

De lo expuesto por el autor se puede concluir que el torque es la capacidad que tiene un motor para arrastrar o mover pesos, el régimen de giro en el torque se mantiene por debajo de las revoluciones a las que se desarrolla la potencia.

$$T = F * r \quad (12)$$

T , es el par motor

F , es la fuerza que se aplica sobre el pistón

r , es e radio del cigueñal

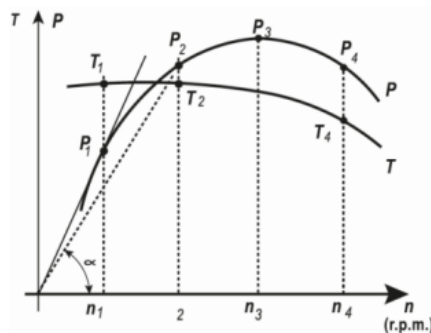
2.2.1 Curva Característica del Motor - Torque.

Según Rodríguez Galbarro (2020) es la representación de lo que sucede al interior del motor en movimiento evaluando el comportamiento del motor en función del régimen de giro, pero haciendo énfasis en la capacidad de arrastre o la fuerza neta que posee el motor.

Además, se encontró cuando el motor funciona a un nivel de giro en “rpm” muy bajo la mezcla y la combustión no resulta de manera óptima ya que su llenado no es completo (párr. 5-6).

Figura 4

Gráfico curvas Torque – Potencia.



Nota. Se representa la curva de Torque “T”, la curva de Potencia “P”, en donde la curva de torque “T” se mantiene por debajo de la de potencia. Adaptado de *La potencia y el par motor, estudio de la cadena cinemática, estabilidad en los vehículos [Fotografía]*, por Rodríguez Galbarro, 2020, ingemecania

(<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut63/fig3tut63.jpg>). CC BY 2.0

La curva está planteada en un plano en el cual en el eje X se encuentra las revoluciones a las que va el motor y en el eje Y, se encuentra el torque "T". El torque máximo que se dará cuando el régimen de giro sea adecuado, es decir en el punto T₁, pasando este número de revoluciones, se puede ver como la curva comienza a disminuir mientras que la de la potencia comienza a subir.

Contrario a esto si el nivel de giro es muy elevado el llenado dentro de la cámara de combustión del cilindro es incompleto y en consecuencia su torque disminuye.

En el caso de motores diésel esta curva en su punto máximo, tiende a ser un poco recta por un lapso más amplio de revoluciones, esto se debe a que el motor diésel es más fuerte y robusto el cual requiere menos cambios de velocidad, por ello su torque será más estable.

2.3. Potencia.

Según Castillo et al. (2017) en física la potencia teóricamente se la conoce como la capacidad de trabajo que puede realizar cierta máquina en determinado tiempo, las unidades que representan a la potencia en sistema inglés los caballos de fuerza (HP), en el sistema internacional los watt (Watt), a su vez también se la puede expresar como la igualdad entre el torque multiplicado por la velocidad angular del cigüeñal (pp. 2-3).

La potencia al ser una cualidad de los motores de gasolina se genera a elevadas revoluciones del motor para desarrollar la aceleración y velocidad del automotor, es por ello que la potencia es lo principal a mejorar en un vehículo de competición.

$$P = T * \omega \quad (13)$$

P, es la potencia

T, es el torque o par motor

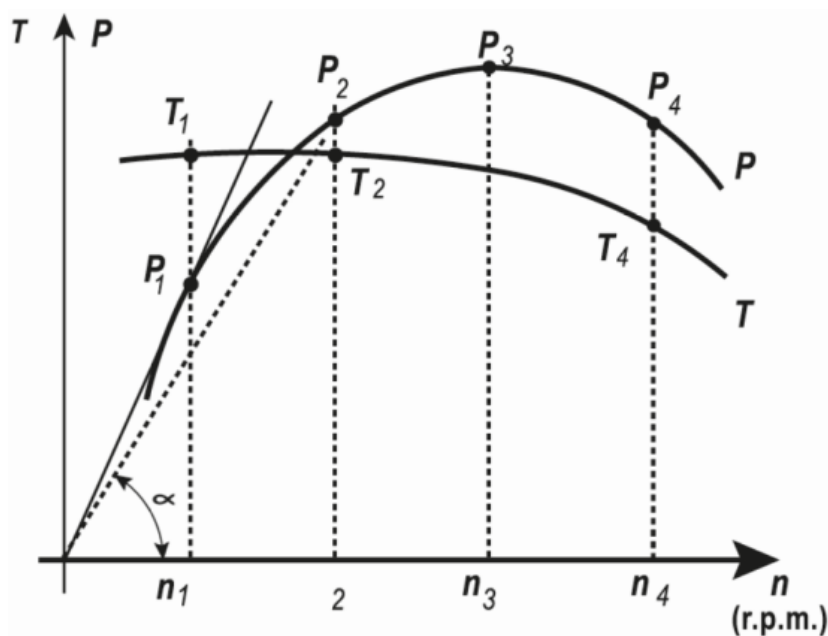
ω, es la velocidad angular del cigüeñal

2.3.1. Curva Característica del Motor – Potencia.

En los motores a gasolina con ciclo Otto, la curva de potencia es más pronunciada que la curva de Torque debido a que la potencia se adquiere a mayor régimen de giro del motor, como podemos ver en la Figura 5, el punto máximo de la curva P (Potencia) se encuentra a revoluciones más elevadas, pero a medida que aumentan las revoluciones el motor se sobrecarga y su potencia disminuye.

Figura 5

Gráfico de curvas Torque – Potencia.



Nota. La gráfica detalla la curva de Torque “T”, la curva de Potencia “P”. Adaptado de *La potencia y el par motor, estudio de la cadena cinemática, estabilidad en los vehículos*

[Fotografía], por Rodríguez Galbarro, 2020, ingemecania

(<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut63/fig3tut63.jpg>). CC BY 2.0

El motor de combustión interna posee varios sistemas, como, por ejemplo:

- ✓ Sistema Distribución
- ✓ Sistema Alimentación (Aire – Combustible)
- ✓ Sistema Encendido
- ✓ Sistema Refrigeración
- ✓ Sistema Lubricación

2.5. Sistema de Distribución y Alimentación.

La alimentación y distribución de un motor vienen a estar enlazados por elementos que se encuentran en movimiento, como son las poleas que se unen mediante una banda o cadena al volante que mueve el árbol de levas.

La estructura de estos dos sistemas se debe gracias a la precisión en su diseño, de tal manera que mientras un sistema alimenta de aire la cámara de combustión y permite la explosión de la mezcla, el sistema de distribución está funcionando en sincronía para permitir el paso de refrigerante o de lubricante en el motor, logrando mantener el movimiento y las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de los elementos del motor.

Los sistemas de distribución y alimentación funcionan de manera solidaria y conjunta para producir el mejor desempeño en el M.C.I. (Motor de Combustión Interna) en los cuales dentro del sistema de distribución se produce un movimiento que genere la apertura de las válvulas de admisión para el ingreso de aire a la cámara de combustión, así como la salida de los gases de escape mediante la salida de los gases ya combustionados. En cuanto al sistema de alimentación de combustible viene sincronizado a través de los inyectores, mismos que están controlados por la ECU.

Los sistemas de alimentación de aire poseen varios elementos como el cuerpo de aceleración, que actualmente se lo puede encontrar en dos tipos con un cuerpo de aceleración electrónico o un cuerpo de aceleración tradicional (mecánico), los dos tipos cumpliendo el funcionamiento normal de apertura y cierre de la válvula de mariposa e incluyendo las partes esenciales del sistema que son el filtro, colector de admisión, cuerpo de aceleración con válvula de tipo mariposa.

2.3. Sistema de Alimentación de Aire.

El sistema de alimentación de aire tiene como objetivo principal conducir el aire del medio ambiente, mismo que es succionado mediante un cuerpo de aceleración tipo “mariposa” y que es controlado con la misma, para la apertura de manera mecánica por un cable que se acopla al pedal del acelerador o controlado mediante un cuerpo de aceleración electrónico, gracias al ingreso de aire que brinda se produce la combustión junto con el combustible que se inyecta mediante un inyector que es controlado por la unidad central o E.C.U.

El sistema de alimentación por aire posee varias partes físicas que lo conforman, como, por ejemplo:

- ✓ Filtro de aire.
- ✓ Cuerpo de aceleración (Funcionamiento mecánico o electrónico)
- ✓ Múltiple de admisión
- ✓ Sensores (La cantidad de sensores depende del tipo o modelo del vehiculo)

2.3.1. Filtro de Aire.

Es un elemento que se ubica al inicio del sistema de alimentación de aire, ya que ayuda a filtrar el aire que va a ingresar en la cámara de combustión y de esa manera brindar una mejor calidad de aire.

Los filtros que se usan en vehículos para competición son de forma cónica y pequeños en comparación a los filtros que vienen de fábrica en los vehículos, su material de filtración es el tamiz o la celulosa, estos últimos adquiriendo un mayor costo de venta al público.

Figura 6

Filtro de forma circular con malla de acero.



Nota. Filtro de aire empleado en vehículos a carburador, el filtro se lo ubica antes del cuerpo de aceleración para purificar el aire con el que se va a generar la combustión. Adaptado de *Filtro de aire [Fotografía]*, por MotorGiga, 2020, motorgiga (<https://motorgiga.com/cargadatos/fotos2/diccionario/infografias-y-curiosidades/800px/filtro-aire-seco.jpg>). CC BY 2.0

2.3.2. Colector de admisión.

El colector o múltiple de admisión como se lo conoce, es el que permite transferir el aire que ingresa a través el cuerpo de aceleración hacia las cámaras de admisión que posee el cabezote de manera uniforme y ordenada.

Según Castro Mediavilla & Estrella Velástegui (2006) los colectores de admisión pueden variar su diseño y dimensiones, todo dependiendo de las características y prestaciones de las entradas de aire que pueda tener cada motor (p. 18).

En conclusión, pueden ser individuales o agrupadas las toberas del colector de admisión, pero sin alterar su funcionamiento principal el cual es el de transmitir la suficiente cantidad de oxígeno hacia el conducto de admisión.

Figura 7

Colector de Admisión.



Nota. Colector de admisión desmontado en vista isométrica y sin juntas o empaques.

Adaptado de *Influencia en la potencia del motor 1,8L Chevrolet Optra mediante la reingeniería del múltiple de admisión* (p. 56), por Peñafiel López & Alexander, 2017.

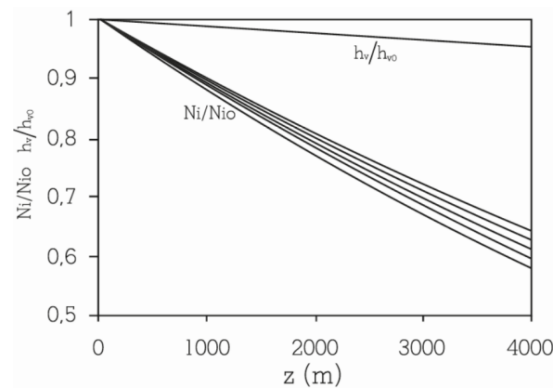
2.3.3. Aspiración Natural.

Cuando se habla de un sistema de aspiración natural, se menciona al tipo de aspiración que poseen los vehículos estándar que se encuentran en el medio. Al mencionar aspiración natural quiere decir que su rendimiento volumétrico va a ser menor o igual a uno, este rendimiento puede ser alterado por diferentes componentes externos que elevarían su valor y la combustión se vería afectada.

El sistema de aspiración natural no posee ningún tipo de turbo cargador de aire y el único inconveniente que poseen los sistemas de este tipo son la altitud, esto se debe que a diferentes altitudes la presión atmosférica disminuye, en consecuencia, el llenado de aire en la cámara de combustión no va a ser al 100%.

Figura 8

Efecto de la altitud sobre la potencia media efectiva y el rendimiento volumétrico.



Nota. Diagrama del efecto de la altitud sobre el rendimiento volumétrico h_v/h_{v0} con la potencia efectiva máxima N_i/N_{i0} , en un motor de aspiración natural. En el cual se puede ver que en el eje de las “Ordenadas” se encuentra los valores del rendimiento mecánico del motor y en el eje de las “Abcisas” encontramos la altitud en metros. Adaptado de *Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna [Fotografía]*, por Lapuerta et al., 2006, Scielo (<https://scielo.conicyt.cl/fbpe/img/infotec/v17n5/fig5-4.jpg>). CC BY 2.0

2.3.4. Aspiración Forzada.

Según Lapuerta et al. (2006) la aspiración forzada es la que emplea elementos externos como turbo cargadores de aire que generan una sobrealimentación de aire dentro de las cámaras de combustión.

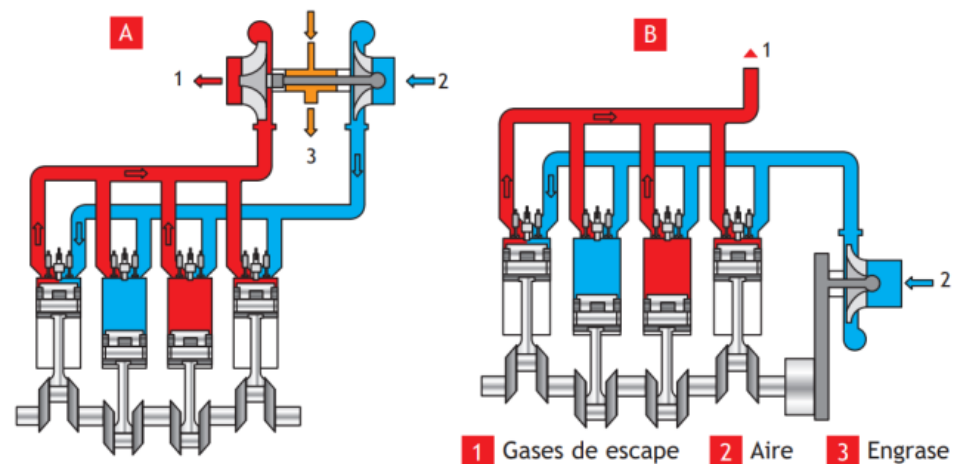
Además, esta sobrealimentación de aire al ir regulada junto con la alimentación de combustible produce una mejora en el rendimiento superior a la unidad, como consecuencia un aumento significativo en la potencia del motor (párr. 43-47).

En comparación con un sistema tradicional de alimentación de aire, este sistema posee un turbo cargador el cual sobrealimenta al motor y es esencial cuando se quiere evitar pérdidas de potencia en la conducción de un vehículo.

La principal ventaja de este sistema se da cuando existe una variación de altitud y es donde entra el trabajo del turbocargador, evitando que la carencia de presión de aire influya en la combustión y genere una pérdida de potencia.

Figura 9

Diagrama de un turbocompresor y diferencia con un compresor volumétrico.



Nota. "A", es un turbocompresor de geometría fija y son accionados por los gases de escape; "B", es un compresor volumétrico y son accionados por el cigüeñal ya que van conectados al volante de inercia. Adaptado de Sistemas de sobrealimentación (p. 2), por Cavero, 2016.

2.4. Válvulas.

Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) se emplean en las diferentes industrias como elementos de control, en el uso que se les dé, las válvulas cierran, modulan, conectan, transfieren el paso de fluidos (p. 15).

Son fabricados de diferentes materiales como acero, hierro fundido, tungsteno, aleaciones de diferentes metales para lograr una mayor resistencia y vida útil en el trabajo que vayan a estar sometido. Al ser elementos de control que se emplean en diferentes campos de la industria, las válvulas también se usan en el ámbito automotriz.

2.4.1. Dimensionamiento de las Válvulas.

Las válvulas son elementos que se instala o utiliza a niveles industriales o cotidianos y de este tipo de uso depende el dimensionamiento de las mismas, ya que existen válvulas que resisten altas presiones o válvulas tan ligeras que solo sirven para controlar entradas y salidas de aire, es por ello que se debe tomar en cuenta coeficientes de flujo, caudal, presiones, densidad del fluido, etc. Para poder realizar una selección y posterior análisis de cada uno de los tipos que se emplean.

2.4.1.1. Constantes “Cv” y “Kv” de una válvula. Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) el paso de cualquier tipo de fluido que circule por un conducto o válvula, pierde energía. Para lo cual se emplea al coeficiente de caudal para determinar la constante “Q”, la cual es la relación que existe entre la variación de presiones y la gravedad específica de cada líquido o gas (p. 16).

$$Q = K \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{Sg}} \quad (14)$$

Q, es el caudal

ΔP, es la variación de presiones [atm]

Sg, es la gravedad específica [kg/m³]

K, es el coeficiente de caudal [KV o CV]

Las válvulas poseen diferentes características mínimas dependiendo su uso, por lo cual cada tipo de válvula posee su propio caudal por consiguiente, Flórez Díaz & León Pérez (2015) afirma que “las válvulas tienen su propio coeficiente de caudal “Kv” o “Cv”, en donde “Cv” es el coeficiente de caudal en unidades imperiales y “Kv” es el coeficiente de caudal en unidades métricas” (p. 17).

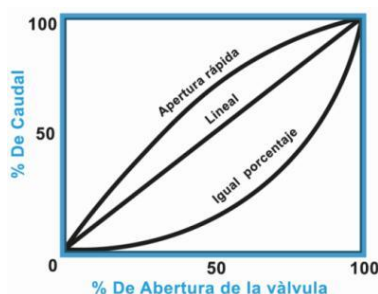
Según se infiere del aporte del autor, los coeficientes serán en su gran mayoría únicos para cada válvula o en casos muy especiales serán iguales o parecidos entre sí, la diferencia entre los coeficientes “Kv” o “Cv” se dan en las unidades en las que se expresa cada uno.

2.4.2. Características del Flujo de las Válvulas.

2.4.2.1. Curvas de Caudal Inherente de una Válvula. Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) el valor de característica de caudal de válvula se conoce cuando el obturador de una válvula empieza su movimiento de apertura o cierre, que se encuentra en relación con entre la carrera de la válvula y el caudal que pueda escurrir (pp.17-18).

Figura 10

Gráfica de los tipos de curvas que presenta cada válvula en su funcionamiento.



Nota. Tipos de curvas del funcionamiento de una válvula en función de su porcentaje de caudal y porcentaje de apertura. Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 18), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) entre los diferentes tipos de curvas que se pueden encontrar en una válvula se distingue tres principales que son lineales, es la curva que toda válvula quisiera poseer debido a su proporcionalidad y caudal constante, generando un flujo lineal lo cual es esencial para el desarrollo de la presente investigación; apertura rápida, es un tipo de curva que es inversamente proporcional, es decir genera una ganancia muy alta a bajas aperturas de carreras y una ganancia muy baja en aperturas donde supera el 60% de la carrera total; igual porcentaje, es la curva que no comienza en el cero absoluto y trata de ir en un aumento de manera exponencial a medida que incrementa la apertura de la válvula (pp. 18-20).

Las curvas que generan las válvulas en cualquier análisis, poseen diferentes cualidades y propiedades tal es el caso de las gráficas lineales que son directamente proporcional entre el porcentaje de caudal y el porcentaje de abertura; las curvas de apertura rápida son las que apenas con una apertura inferior al 50% permite el paso de casi todo el caudal nominal de dicha válvula, mientras que la curva de igual porcentaje trata de mantener el mismo caudal en cualquier estado de apertura de la válvula.

2.5. Cuerpo de Aceleración con Válvula de Compuerta

Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) las utilidades o funciones de las válvulas de compuerta son buenas debido a que su caída de presión dentro del conducto es relativamente bajo y gracias a que posee un paso de fluido ininterrumpido o sin obstáculos.

Este tipo de válvula no es recomendable para usarlo en tareas donde se trate de estrangular un fluido ya que esto provocaría una erosión rápida de sus elementos, así como cuando se encuentre parcialmente abierta generaría turbulencia y su flujo se alteraría con facilidad.

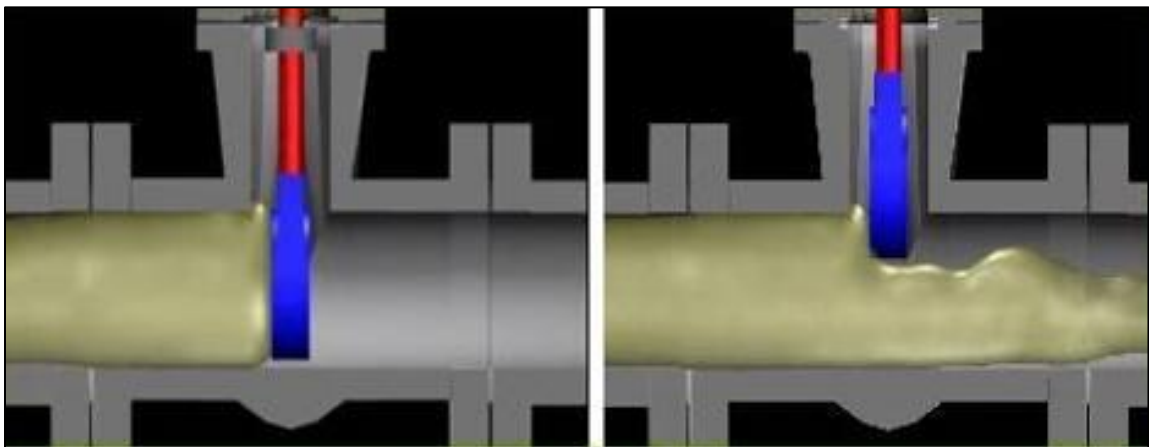
Además, las válvulas tipo compuerta, tienen un funcionamiento muy simple y entre sus ventajas principales son que existe un cierre completo sin estrangulación y una mínima resistencia a la circulación de fluido o gas (pp. 31-32).

Las cualidades de las válvulas de tipo compuerta, vienen dado gracias a su diseño, que es simple y requiere de un mínimo de piezas para su ensamble, es una válvula que no se la emplea para todos los trabajos que se pueda imaginar, ya que es propensa a la cavitación de su empaque y sello cuando se requiera someter algún fluido a estrangulación.

No es una válvula de apertura rápida debido a que su accionamiento requiere de dar varias vueltas al vástago para lograr una apertura totalmente abierta o cerrada.

Figura 11

Válvula de Compuerta.



Nota. Funcionamiento de una válvula de compuerta en contacto con un fluido.

Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana (p. 31)*, por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

2.5.1. Tipos de Válvula de Compuerta.

Según García (2013) este tipo de válvula posee algunas variaciones, de acuerdo con las necesidades a cumplir:

- ✓ Cuña sólida, conocido como el diseño original, se la emplea en condiciones donde no se requiera de un gran nivel de hermeticidad y su asiento es metal con metal;
- ✓ Cuña Flexible, ofrece un cierre casi hermético al paso de fluidos líquidos en comparación con el de tipo cuña solida;
- ✓ Cuña Resiliente, es empleada en conducción de líquidos ya que proporciona un buen cierre de la compuerta, y su cuña es recubierta con un material que se amolda al asiento de la válvula (pp. 5-6).

Los diferentes tipos de cuñas que son enunciadas por el autor se encuentran unidas a diferentes tipos de vástagos, pueden ser vástago con rosca interna que no ocupa mucho espacio y ayuda para lugares que no tienen mucha altura, mientras que para situaciones industriales poseen una rosca externa, la cual necesita más espacio para u accionamiento ya que mantiene aislado el vástago de los fluidos en proceso.

2.5.2. Ventajas y Desventajas de Válvula con Compuerta.

Según García (2013) las ventajas que posee son:

- Al ser un tipo de válvula con perfil delgado en su compuerta reduce masa y peso en su diseño, como consecuencia de ello reduce su tamaño;
- Es idónea para trabajos en donde el espacio sea reducido;
- El flujo que presenta en su apertura total es rectilíneo y por ello obtiene una baja caída de presión;

Al no requerir lubricante para la cara o para las piezas móviles, el fluido que pase por ella no quedara contaminado (p. 6).

Entre las ventajas principales que posee, esta su bajo costo de fabricación debido a sus pequeñas dimensiones también es muy versátil en cuanto a la lubricación ya que sus caras de las piezas móviles internas no requieren ningún tipo de lubricación, posee una alta capacidad de paso del fluido ya que en su apertura total no existe obstáculos dentro del conducto.

Según García (2013) describe las siguientes desventajas

Posee un asiento donde se aloja la compuerta, en la cual el espacio físico del asiento en algunos casos aloja elementos solidos de tamaño diminuto que impiden el cierre completo de la válvula;

Al ser una válvula con un movimiento perpendicular necesita de una empaquetadura que ayude al sellado y hermeticidad;

No es la más idónea contra fluidos corrosivos o inflamables debido a que su desgaste será rápido e inminente (p. 6).

Las mayores desventajas que presenta se dan en la empaquetadura, esto se debe a que no es capaz de resistir elevadas temperaturas o presiones.

2.5.3. Materiales de Fabricación.

García (2013) afirma que los materiales que se emplean en la válvula de compuerta son:

“Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos;

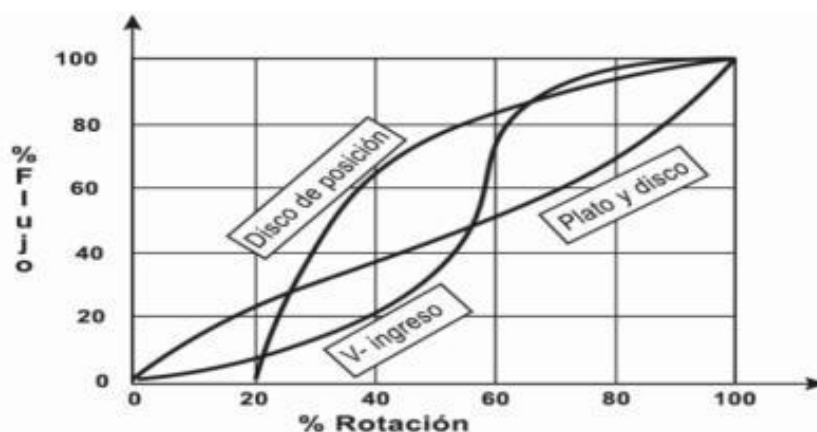
Componentes: Diversos materiales” (p. 6).

Se llega a la conclusión de que los materiales de los que se manufactura, deben ser materiales resistentes como los metales o algunos tipos de polímeros plásticos que sean resistentes a la corrosión.

2.5.4. Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Compuerta.

Figura 12

Curvas características de la válvula de compuerta.



Nota. Curva de ingreso de fluido dentro de la válvula en función del porcentaje de flujo y porcentaje de rotación. Adaptado de Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana (p. 33), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

Las curvas que se generan usualmente en este tipo de válvula son curvas de apertura rápida en general y también posee una curvatura de tipo porcentaje, es decir que no comienza en cero absolutos y se da en válvulas que son más ventajosas cuando se encuentra totalmente abierta o cerrada.

2.6. Cuerpo de Aceleración con Válvula Globo.

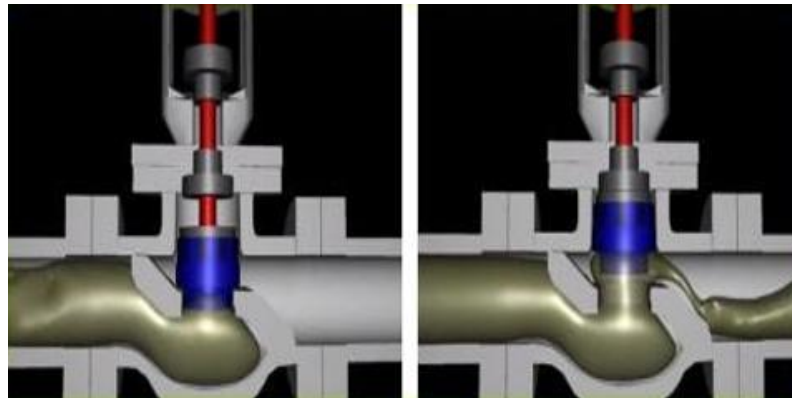
Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) las válvulas de globo son usualmente empleadas cuando se requiere regular el flujo del líquido o cortar el mismo, el cambio de sentido que puede sufrir el líquido en su paso por esta válvula genera una mayor turbulencia.

Entre las principales cualidades de la válvula de globo es que son resistentes a un uso muy frecuente y estrangula de manera hermética el paso de cualquier fluido, al ser una válvula con una geometría muy inusual su caída de presión es tolerable (p. 21).

El sistema de globo empleado en este tipo de válvulas reduce en gran medida el espacio físico, una de las principales cualidades es que se emplean generalmente en fluidos ya que al momento de la apertura de la válvula se genera una turbulencia en la cámara de la válvula.

Figura 13

Válvula de Globo.



Nota. Funcionamiento de la válvula de globo en contacto con un fluido en su interior.

Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 22), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

2.6.1. Tipos de Válvula de Globo.

García (2013) enuncia que existen tres tipos de válvula de globo que son: “Disco En Y”, “Disco para flujo en ángulo”, “De tres vías” (p. 9).

Las diferentes variaciones que presentan las válvulas de globo la hacen una opción más completa para cubrir los requerimientos de los operarios que las vayan a emplear.

2.6.2. Ventajas y Desventajas de Válvula Tipo Globo

Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) las ventajas que presenta la válvula son las siguientes:

Regula el flujo desde un nivel moderado hasta un paso de flujo pleno, es de los mejores que se pueda tener en cuanto a válvulas;

Genera un buen cierre para cualquier fluido en cualquier estado de la materia;

El vástago posee una empaquetadura que se la puede cambiar en funcionamiento de la válvula y totalmente abierta;

Las ventajas principales que poseen es que su tipo de sellado, el disco cierra de manera hermética y por largos periodos de tiempo, así como para regular el caudal y el paso de fluido a presiones reducidas o elevadas (p. 25).

Al conocer las cualidades de la válvula, gracias a sus propiedades de manufactura y de materiales de fabricación en su diseño, se infiere que es un tipo de válvula que será una buena opción al momento de requerir un cierre hermético al paso del fluido, logrando estrangular sin problemas el fluido y manteniendo las propiedades de los elementos que están en contacto como el disco y los anillos de asiento del disco.

El vástago al poseer piezas que requieren de mantenimiento como la empaquetadura y retenes puede realizarse este mantenimiento o reemplazo en pleno funcionamiento del mismo.

Según García (2013) las desventajas que presenta son:

El fluido al cambiar de trayectoria produce un aumento en la caída de presión de manera considerable;

Tienden al desgaste y por esta razón es que se recomienda que este tipo de válvula se la empleen con materiales limpios (p. 9).

El diseño de la cámara dentro de la válvula de globo genera turbulencia, cuando existen cuerpos extraños sólidos dentro de la válvula, dañan la empaquetadura entre el disco y el asiento de la válvula.

2.6.3. Materiales de Fabricación.

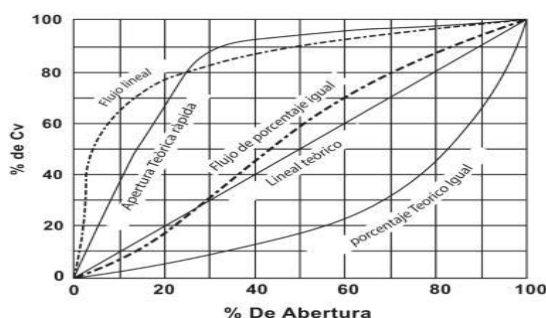
Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) las válvulas de globo se construyen con una amplia variedad de materiales: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, acero fundido, acero inoxidable, latón y aleaciones resistentes a la corrosión (p. 24).

Los materiales que conforman estas válvulas son materiales que deben poseer gran resistencia a la corrosión y temperaturas, por ello solo se los encuentra en materiales metálicos o con recubrimiento de algún tipo de metal, mejorando las propiedades del disco para evitar la fricción o el desgaste por cuerpos extraños algunos fabricantes le añaden revestimientos.

2.6.4. Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Globo.

Figura 14

Curva característica de la válvula de globo.



Nota. Curva de ingreso de fluido dentro de la válvula en función del porcentaje del coeficiente de flujo y porcentaje de apertura. Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 22), por Flórez Díaz & León Pérez (2015)

Curvas características de la válvula de globo, las cuales varían de acuerdo con el tipo de asiento, tapón, superficie de sello y reductores de ruido.

2.7. Cuerpo de Aceleración con Válvula Tipo Esférico.

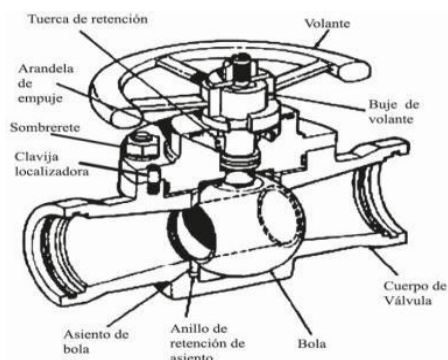
Según Flórez Díaz & León Pérez (2015) este tipo de válvula posee una bola en su interior, que permite un cierre totalmente hermético y paso de fluido será plenamente directo y limpio, esto se debe a que el asiento se mantiene en contacto con la circunferencia de la bola y de esa manera evita la fuga del fluido sea líquido o gaseoso. Debido a su diseño reduce las pérdidas de cualquier sustancia y su corte bidireccional es empleada en sistemas hidráulicos y neumáticos (p. 39).

La geometría interior consiste principalmente por un obturador y los asientos que la sostienen, ya que son elementos que permiten regular el paso de fluido en su funcionamiento.

También se la conoce como válvula de bola, adquiere este nombre ya que la geometría de su obturador es esférica y transversalmente hueca en su centro que al girar permite o no el paso de fluido.

Figura 15

Válvula tipo esférica o de bola.



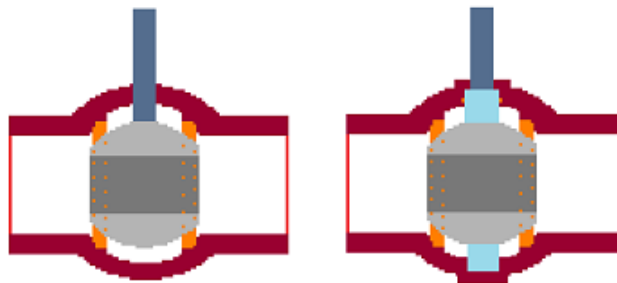
Nota. Partes internas y externas de una válvula de bola con vista en corte. Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 40), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

2.7.1. Tipos de Cuerpo Esférico.

Según Valvias (2013a) este tipo de válvulas esféricas tiene dos tipos de geometría en su interior y se los clasifica en esfera flotante, la esfera se sostiene sobre dos anillos que funcionan como asiento para evitar el paso de fluido; esfera guiada posee dos muñones en su eje vertical y la función de estos muñones es de reducir el par o esfuerzo que se ejerce para accionar la válvula (párr. 6-7).

Figura 16

Tipos de cuerpo esférico.



Nota. Vista en corte de los dos tipos de válvula existente, en la izquierda se encuentra la conocida como “esfera flotante”; En la derecha “esfera con muñón”. Adaptado de *Válvula de Bola [Fotografía]*, por Valvias, 2013a, valvias (<http://www.valvias.com/images/tipos-de-valvulas/ball-valve-trunnion-vs-floating.png>). CC BY 2.0

Los dos tipos de válvulas presentados por el autor difieren entre sí por la estructura interna de cada una, por ejemplo, en la válvula de bola flotante solo se sostiene por dos asientos en la entrada y en la salida; mientras que la válvula de bola guiada brinda más seguridad en el caso de que requiera mucha torción (par) para accionarla.

2.7.2. Ventajas y Desventajas de Válvula Esférica.

García (2013) enuncia como las principales ventajas de las válvulas tipo esféricas a las siguientes:

“Ventajas:

- Bajo costo de fabricación
- Alta capacidad
- Presenta corte bidireccional
- Permite la circulación en línea recta del fluido
- Presencia de pocas fugas
- Se limpia por si sola
- Mantenimiento escaso
- No requiere lubricación
- Tamaño compacto
- Cierre hermético con baja torsión (par)

Desventajas:

- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras;
- Por su estructura es propensa a la cavitación”. (p. 10)

El gran número de ventajas que posee las válvulas con esta geometría, las han vuelto muy solicitadas por su larga duración, fácil accionamiento y excepcional hermeticidad. Los asientos y empaquetaduras pueden sufrir desgaste o cavitación en la esfera por motivo de diferentes fallas o desgaste excesivo, lo cual genera que impurezas en el líquido las deteriore.

2.7.3. Materiales de Fabricación.

García (2013) afirma que los materiales que se emplean en la válvula de tipo esférico son: “Cuerpo: hierro fundido, hierro dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidables, titanio, tántalo, zirconio; plásticos de polipropileno y PVC.

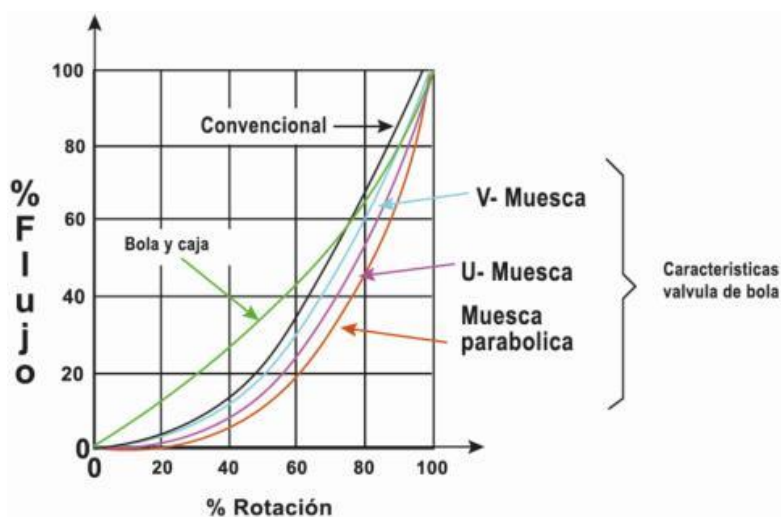
Asiento: TFE, TFE con llenador, Nylon, Buna-N, neopreno”. (p. 10)

Se llega a la conclusión de que los materiales de los que se manufactura, deben ser materiales resistentes como los metales o algunos tipos de polímeros plásticos que sean resistentes a la corrosión.

2.7.4. Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Esférico

Figura 17

Curva característica de una válvula tipo esférica.



Nota. Curva de ingreso de fluido dentro de la válvula en función del porcentaje de flujo y porcentaje de rotación. Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 41), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

La válvula de bola es lo más semejante y parecido a la curva de caudal lineal, es decir que mantiene las presiones y el caudal lo más uniforme posible, de esa manera se produce un flujo lineal y directo.

2.8. Cuerpo de Aceleración con Válvula Tipo Mariposa.

Es un elemento que usado para regular el paso de un fluido en estado líquido o gaseoso de manera gradual. Su funcionamiento se basa en una placa de cara redondeada que está unida a un eje transversal que se acciona mediante una perilla o en el caso de un cuerpo de aceleración de automóviles mediante el pedal de aceleración.

Esta válvula se ha empleado desde los vehículos que funcionaban a carburador y ha sido adaptado a los diferentes sistemas de inyección. La válvula se encuentra antes del múltiple de admisión y se basa su funcionamiento en la mariposa la cual se abre y se cierra a medida que se vaya acelerando o se requiera mayor ingreso de aire a la cámara de combustión.

Figura 18

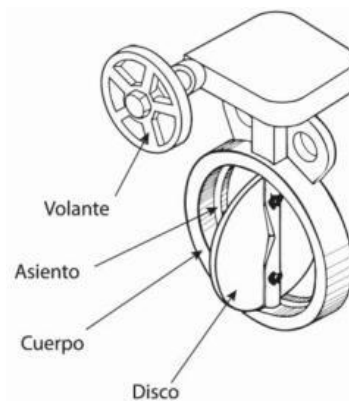
Cuerpo de aceleración con aleta de mariposa.



Nota. Cuerpo de aceleración con accionamiento mecánico de la aleta con sensor de posición de la aleta y válvula IAC. Adaptado de *Análisis de funcionamiento del sistema de acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail* (p. 33), por Chucuyan, 2016.

Figura 19

Partes de una válvula de mariposa.



Nota. Vista en corte de una válvula de mariposa y sus partes. Adaptado de *Diseño de válvula de admisión tipo mariposa con diámetro nominal de 750 mm para una central hidroeléctrica de 34,7 m de salto neto* (p. 25), por Villarroel, 2013.

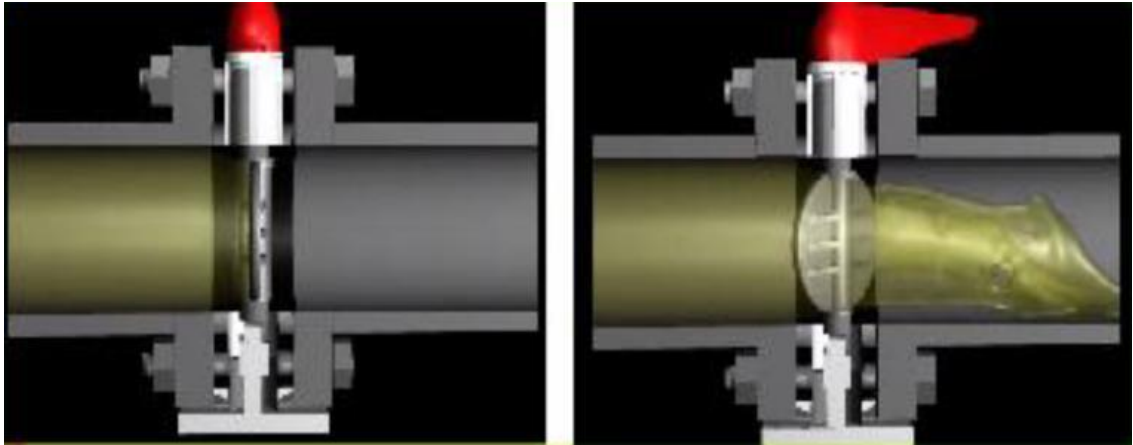
Según Dickenson (1999) fue inventada por James Watt en el siglo XVIII, tiene un diseño que facilita la instalación, mantenimiento y operación de esta, por lo que genera ahorros y beneficios para el usuario, se usó la primera vez en vehículos en el año 1901 para el ingreso de aire con combustible en el carburador (p. 78).

Consiste básicamente de un cuerpo, el cual alberga un disco que gira 90° alrededor de un eje con lo cual se controla el caudal de líquidos o gases.

En cuanto a los usos que se le puede dar están en el campo automotriz, hidroeléctricas, sistemas hidráulicos y neumáticos, etc. Pero su diseño difiere en la resistencia que pueda generar el eje transversal que posee la mariposa para la apertura y cierre de la misma.

Figura 20

Funcionamiento de la válvula de mariposa.



Nota. Funcionamiento de la válvula de mariposa en contacto con un fluido en su interior. Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 37), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

2.8.1. Tipos de Válvula Mariposa.

Flórez Díaz & León Pérez (2015) afirma que los tipos de válvulas de mariposa más empleados son “Disco plano”, “con brida”, “de rosca” (p. 37).

Las diferencias que existen entre las variaciones son respecto a la sujeción que adquiere dentro del conducto y a su eje transversal, pero sin alterar el paso de fluido dentro de la cavidad. Entre las variaciones que existen de la válvula de tipo mariposa, las enunciadas por el autor son las más solicitadas y conocidas, la mariposa con brida se adhiere al eje transversal mediante una brida, misma que ayuda a sujetar la aleta en los extremos; Mientras que la de disco plano se sujeta desde los extremos a unos agujeros dentro del eje.

2.8.2. Ventajas y Desventajas del Cuerpo de Aceleración de Mariposa.

García (2013) plantea que las ventajas presentes en este tipo de válvula son:

- “Ligera de peso, bajo costo;
- Requiere poco mantenimiento;
- Número mínimo de piezas móviles;
- Presenta alta capacidad;
- Circulación de flujo en línea recta” (p. 11).

El autor expresa las ventajas de la válvula de mariposa, demostrando las cualidades que posee, a su vez que el bajo costo económico y la alta capacidad que mantiene, también hay que enfatizar en que el accionamiento es en un rango de movimiento de 90° para su apertura o cierre total.

Según García (2013) presentan varias desventajas:

- Precisa una alta torsión para accionarla.;
- Aumenta ligeramente la caída de presión;
- Presencia de desgaste por cavitación. (p. 12)

El autor detalla un número reducido de desventajas que son considerables en el caso que se vaya a emplear este tipo de válvula, ya que se presentarían casos en donde no se pueda aplicar mucha torsión para su accionamiento y será descartada; así como su caída de presión lo cual no ayuda mucho en trabajos donde las presiones tengan que ser estables.

2.8.3. Materiales de Fabricación.

García (2013) afirma que los materiales que se emplean en la válvula de tipo mariposa son:

“Cuerpo: hierro, hierro dúctil, aceros al carbono, acero forjado, aceros inoxidables, aleación 20, bronce, Monel.

Disco: todos los metales; revestimientos de elastómeros como TFE, Kynar, Buna-N, neopreno, Hypalon.

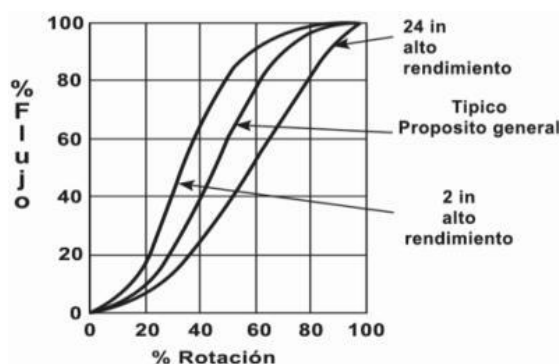
Asiento: Buna-N, viton, neopreno, caucho, butilo, poliuretano, Hypalon, Hycar, TFE” (p. 12).

Se llega a la conclusión de que los materiales que se manufactura son diferentes entre el cuerpo, disco y asiento; mientras el cuerpo es de un material metálico, la aleta podría ser de un elastómero termoplástico, es decir se obtiene cierta versatilidad desde este punto de vista y gracias a ello una reducción de peso.

2.8.4. Curva Característica de un Cuerpo de Aceleración Tipo Mariposa.

Figura 21

Curva característica de una válvula de mariposa.



Nota. Flujo dentro de la válvula en función del porcentaje de flujo y porcentaje de rotación. Adaptado de *Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana* (p. 38), por Flórez Díaz & León Pérez, 2015.

Infiriendo los datos de la Figura 21, este tipo de válvula de apertura rápida se debe al tipo de movimiento que realiza la aleta dentro del conducto que también es muy eficaz tanto en posición abierta como cerrada.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA NUEVA VARIANTE PARA LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN CONVENCIONAL.

3.1. Selección del Motor.

El motor seleccionado pertenece a la camioneta WINGLE CD SEMIFULLGAS TM 2.2- 4X2 ya que el cuerpo de aceleración está sujeto a un accionamiento mecánico lo que facilita su implementación al ser suplantado por otro cuerpo de aceleración, también se opta por usar este vehículo ya que se tiene la disponibilidad en los días de trabajo requeridos y brinda la libertad de su uso con respecto al tiempo.

Para la investigación se emplea dicho motor el cual posee las siguientes características:

Tabla 3

Especificaciones técnicas del motor.

MODELO	GW491QE
Tipo	Motor Gasolina, cuatro cilindros, enfriamiento por agua, multipunto electrónico inyección
Diámetro del cilindro X Tiempos	91 x 86
Cilindraje	2.237
Relación de Compresión	9.1/1
Potencia (Hp/rpm)	98 / 4600
Momento torsional (N.m/rpm)	180/ 2400 - 2800
Velocidad Neutral Estable Mínimo	750±50
Volumen de Sistema Lubricante(L)	4.2

Nota. Especificaciones técnicas del motor en el que se van a realizar las pruebas.

Recuperado de Ambacar, 2015, (<http://www.valvias.com/images/tipos-de-valvulas/ball-valve-trunnion-vs-floating.png>). Copyright 2020 por la Compañía Ambacar. Todos los derechos reservados.

3.2. Matriz de Selección Para el Nuevo Tipo del Cuerpo de Aceleración.

- **Las válvulas de compuerta.**

Se utilizan en suministros de fluidos rectilíneos con el fin de permitir o no el paso de un fluido, este tipo de válvulas restringe el paso por completo en su conducto principal. Su funcionamiento se basa en dar múltiples vueltas, haciendo que el disco vertical con una cara plana se deslice en ángulo recto sobre el asiento.

Las recomendaciones para su uso son:

- ✓ Durante sus estados de abierto y cerrado no debe presentar estrangulación.
- ✓ No es recomendable para un uso frecuente.
- ✓ La resistencia a la circulación debe ser mínima.
- ✓ Requiere lubricación en intervalos periódicos.
- ✓ Se debe cambiar los empaques.

Según Roydisa (2018) las válvulas de este tipo por fricción tienden a desgastar la válvula rápidamente y termina rompiéndose (párr. 14).

Tabla 4

Ventajas y desventajas válvulas de compuerta.

Ventajas	Desventajas
Cierre hermético	Presenta poca resistencia a la circulación
Bajo costo	Requiere mucha fuerza para ser accionada
Diseño y funcionamiento sencillo	Produce cavitación con baja caída de presión
Poca resistencia a la circulación	Debe estar abierta o cerrada por completo
Alta capacidad	La posición para estrangulación produce erosión del asiento y del disco

- **Las válvulas de globo**

Según García (2013) son ideales para el servicio de laminación y bloqueo para las industrias que se dedican a la extracción de petróleo y gas, se la usa cuando se necesita una alta eficiencia del flujo, una estanqueidad perfecta y una vida útil muy larga (p. 8).

Su funcionamiento está basado en dar múltiples vueltas para lograr el cierre por medio de un tapón que corta el paso del fluido en un asiento que por lo general se encuentra paralelo a la circulación de la tubería.

Recomendaciones para su uso:

- ✓ Regulación de circulación.
- ✓ Accionamiento frecuente.
- ✓ Interrupción positiva de gases.

Tabla 5

Ventajas y desventajas válvula de globo.

Ventajas	Desventajas
Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.	Gran caída de presión
Carrera corta y pocas vueltas para accionarla.	Costo elevado
Control preciso de la circulación	Las válvulas de gran tamaño requieren para su funcionamiento actuador más grande.

Nota. Cuadro comparativo y resumido sobre las ventajas y desventajas que posee la válvula de globo.

- **Válvula de esfera.**

Funciona con solo un cuarto de vuelta es decir a 90°, en lo cual la esfera se encuentra perforada en la mitad y se asienta en soportes elásticos lo que permite la circulación directa cuando se encuentra en la posición abierta.

Recomendada para:

- ✓ Conducción y corte sin estrangulación.
- ✓ Apertura rápida.
- ✓ Temperaturas moderadas.
- ✓ Resistencia mínima a la circulación.

Tabla 6

Ventajas y desventajas válvula de esfera.

Ventajas	Desventajas
Bajo costo	Características deficientes para estrangulación
Alta capacidad	Alta torsión para accionarla
Circulación en línea recta	Susceptible al desgaste de sellos y empaquetaduras
Pocas fugas	Propensa a la cavitación
Se limpia por si sola	
No requiere lubricación	
Cierre hermético con baja torsión	

Nota. Cuadro comparativo y resumido sobre las ventajas y desventajas que posee la válvula de tipo esférica.

- **Válvula de mariposa.**

Para abrirse o cerrarse se necesita solo un cuarto de vuelta (90°), controla la circulación del fluido con un disco circular, la aleta está cortada en ángulo recto en los exteriores del eje para que no exista interferencia.

Recomendado para:

- ✓ Cierre o apertura total.
- ✓ Estrangulación.
- ✓ Accionamientos frecuentes.
- ✓ Brinda un corte positivo del flujo.
- ✓ Permite un mínimo del fluido contenido en la tubería.
- ✓ Para caída baja de presión.

Tabla 7

Ventajas y desventajas válvula de mariposa.

Ventajas	Desventajas
Ligera de peso	Alta torsión para accionarla
Bajo costo	Capacidad limitada para la caída de presión
Requiere poco mantenimiento	Propensa a la cavitación
Circulación en línea recta	
Se limpia por si sola	

Nota. Cuadro comparativo y resumido sobre las ventajas y desventajas que posee la válvula de tipo mariposa.

Tabla 8

Matriz de alternativas de la válvula.

CRITERIOS	ALTERNATIVAS			
	Globo	Compuerta	Esfera	Mariposa
Estanqueidad	5	5	4	3
Durabilidad	3	2	5	4
Dificultad de Diseño	1	3	4	5
Mantenimiento	1	2	4	4
Costo	1	3	5	5

CRITERIOS	ALTERNATIVAS			
	Globo	Compuerta	Esfera	Mariposa
Apertura	2	3	5	5
RESULTADO FINAL	13	18	27	26

Nota. Cuadro comparativo y resumido sobre las ventajas y desventajas que poseen todos los tipos de válvulas anteriormente analizados.

Se toma en cuenta una calificación del 1 al 5 en toda la matriz, donde 1 es el puntaje más bajo y 5 es el puntaje más alto. En el caso de la estanqueidad de cada tipo de válvula se analizó el diseño del interior de cada una de ellas y el comportamiento que adquiere el fluido cuando se encuentra en la posición de cierre.

En el caso de las válvulas de globo y compuerta su estanqueidad es completa, mientras que en la de esfera se tiene pequeñas fugas por los asientos elásticos usa y en el caso de la de mariposa se tiene más fugas por su geometría y los ángulos rectos que tiene en los lados externos de su eje.

En la válvula de globo su vida útil es más extensa ya que su principio de funcionamiento cuida el desgaste en el vástago y el bonete. En las válvulas de mariposa y esfera, su vida útil es relativamente larga ya que no hay elementos que generen rozamiento en su accionar.

En el criterio de durabilidad se refiere a cada componente de la válvula y su vida útil al ser usados periódicamente, por consecuente la válvula de compuerta se recomienda para un uso limitado, ya que tiene una durabilidad baja en este tipo de trabajo.

En la dificultad de diseño se toma en cuenta el número de piezas que tiene cada válvula teniendo así que la válvula de globo es la más compleja en diseño, en segundo lugar, le sigue la válvula de compuerta, en el tercer lugar está la válvula de esfera y al final como más sencilla en su diseño la de mariposa.

Para el mantenimiento se plantea que el 1 equivale a que necesita un mantenimiento periódico de sus componentes y el 5 que se mantenga limpia por si sola y no sea necesario un mantenimiento frecuente, en la válvula de compuerta se toma en cuenta que se la debe lubricar y corregir las fugas causadas por fallas en la empaquetadura.

En la válvula de globo se recomienda abrir la válvula ligeramente para expulsar cuerpos extraños y también revisar la empaquetadura, esto causa que necesite de un mantenimiento periódico para evitar averías, en las dos válvulas restantes que son la de mariposa y de tipo esférico que se limpian solas y provocando que su mantenimiento no sea periódico.

Para analizar el costo de cada válvula se considera que el 5 hace referencia a que su costo es relativamente bajo comparado con el de las otras válvulas, mientras que el 1 se usa para recalcar que la válvula tiene un costo elevado, siendo la de globo la más costosa y las válvulas de mariposa y esfera las más económicas en relación con otras alternativas.

En el análisis de la apertura de la válvula se considera el modo de accionamiento y el ángulo de recorrido de cada una de ellas por lo tanto el uno significa que la válvula necesita mayor cantidad de vueltas para estar totalmente abierta o cerrada mientras que el 5 equivale en este caso a una apertura más rápida y que su apertura o cierre total se la realiza dentro de lo que es un cuarto de vuelta.

Basando el análisis de la calificación de las válvulas en la Tabla 8, se parte desde la válvula de bola para diseñar una nueva válvula con una geometría diferente retirando material que no es necesario en la válvula de esfera hueca llegando así a tener una geometría diferente pero tratando de mantener el principio de la válvula tipo esférica, que es evitar que en su apertura máxima tenga algún tipo de obstáculo.

3.3. Diseño del Cuerpo de Aceleración.

3.3.1. Evaluación del Problema.

Después de reconocer las implicaciones que supone la geometría de la mariposa de aceleración dentro del cuerpo, se decide darle prioridad al espacio que ocupa dicha mariposa retirándola y modificándola en una reingeniería para la ejecución de su trabajo habitual dentro del vehículo.

Partiendo del problema antes mencionado se opta por retirar completamente esta mariposa y previo a un análisis de opciones de diferentes válvulas usadas en varios aspectos de lo que compone nuestra vida diría, de esta manera se selecciona la válvula que ofrezca mayores beneficios al ser usada en un cuerpo de aceleración.

Entonces se busca facilitar la entrada de aire al múltiple de admisión y el múltiple se encargará de distribuir el aire en los diferentes cilindros del motor, de la misma manera se requiere que el nuevo cuerpo de aceleración cumpla con ciertos parámetros como lo son:

- ✓ Incremento en la velocidad del fluido.
- ✓ Mantener la temperatura dentro del mismo.
- ✓ Que el flujo no se mantenga lineal dentro del cuerpo en la posición abierta.
- ✓ El acabado del cuerpo internamente no suponga un problema en el paso del fluido.

3.3.2. Especificaciones de Diseño.

Se diseñará una aleta para el nuevo cuerpo de aceleración usando el software Inventor profesional 2020 -Versión Estudiante, que a su vez para validar el diseño se lo comprobará con la ayuda del software ANSYS R3 2019 – Versión Estudiante, mismo brinda soporte para verificar el comportamiento del fluido dentro del cuerpo.

Las especificaciones para tomar en cuenta vienen dadas por el objetivo que debe cumplir la aleta dentro del cuerpo, dicho objetivo es regular el paso del aire hacia los cilindros de esta manera se logra una mejor combustión y también que el vehículo ahorre gasolina.

Se debe tomar en cuenta los diferentes sensores que se encuentran presentes en el cuerpo de aceleración como lo son el TPS (sensor de posición de la mariposa) para que la ECU tenga los datos de este sensor y dosifique el combustible de manera correcta en los inyectores y por último la válvula IAC o como se lo conoce Ralentí, que es una válvula cuya función principal es regular y mantener el motor a bajas revoluciones.

Con los resultados de la Tabla 8, la mejor opción para reemplazar la mariposa normal, es la válvula de esfera como antes se mencionó, partiendo de la geometría de esta se procede a quitar material que en este caso no sirve y a su vez se lo moldea a la forma geométrica que se necesita para cumplir con lo requerido.

3.3.3. Diseño Conceptual.

Para empezar con el diseño del nuevo cuerpo de aceleración se plantea tres puntos claves:

- Las consideraciones y técnicas empleadas deben estar claramente definidas y documentadas.
- Cada análisis matemático debe ser claro y completo.
- Para la toma de decisiones todo estará sustentado científicamente.

3.3.3.1. Despliegue de la Función de la Calidad. Gallo Jiménez & Iza Casa (2017) en su tesis afirma que: “la metodología que traduce la voz del cliente en parámetros de diseño para que estos puedan desplegarse, de forma horizontal, dentro de los departamentos de planeación, ingeniería, manufactura, ensamblaje y servicio” (p. 54).

- **Voz del usuario.**

Acorde a las consideraciones estipuladas por el usuario se tiene las siguientes

características para el nuevo cuerpo de aceleración:

- ✓ Bajo costo
- ✓ Fácil acceso
- ✓ Fácil instalación
- ✓ Sin mantenimiento
- ✓ Compacto
- ✓ Ligero
- ✓ Estable
- ✓ Durable

- **Voz del ingeniero.**

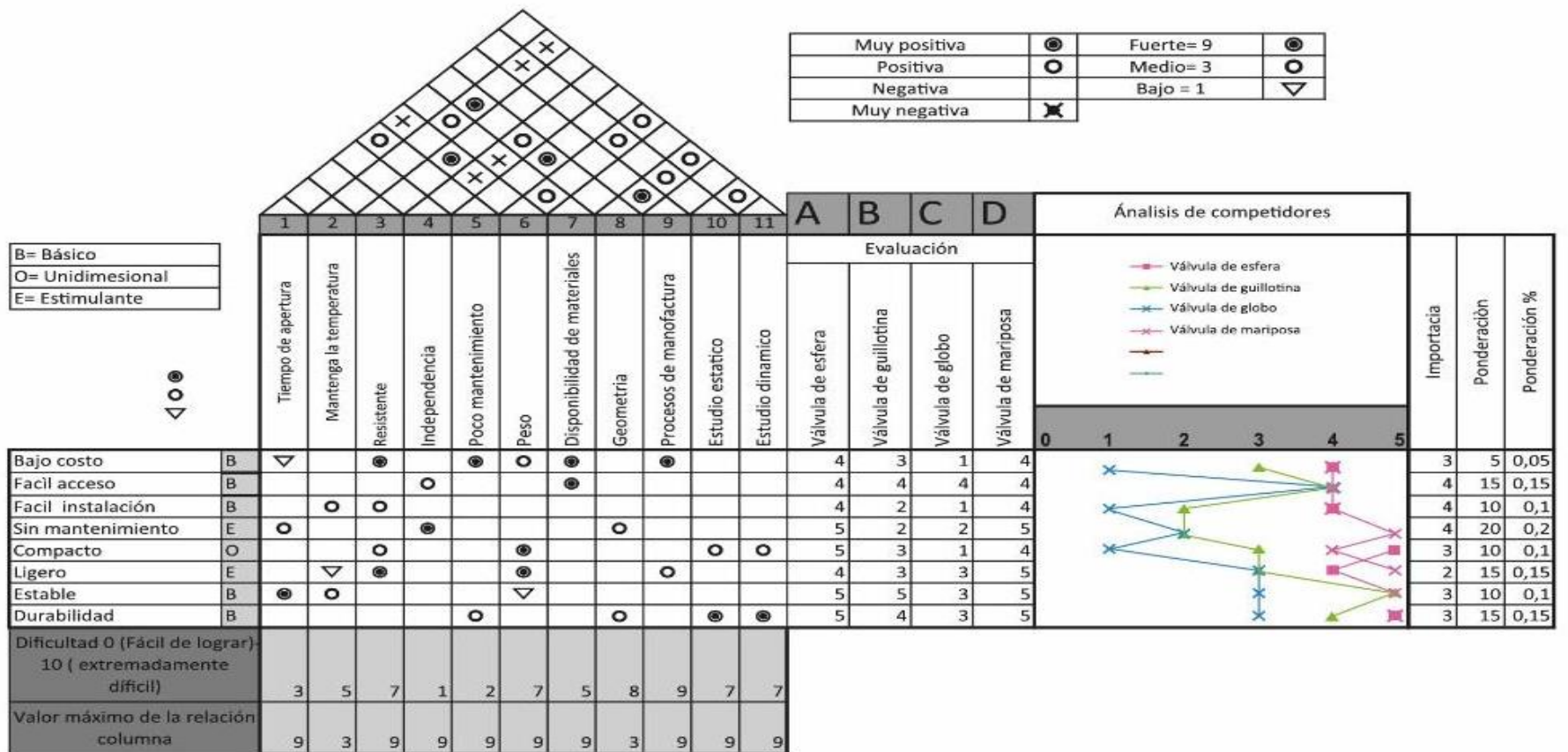
Una vez analizado e investigado sobre las necesidades que requiere el usuario se lo procesa para obtener especificaciones y características técnicas.

- ✓ Tiempo de apertura
- ✓ Mantenga la temperatura
- ✓ Resistente
- ✓ Independiente
- ✓ Poco mantenimiento
- ✓ Peso
- ✓ Disponibilidad de materiales
- ✓ Geometría
- ✓ Procesos de manufactura
- ✓ Estudio dinámico
- ✓ Estudio estático

3.3.3.2. Casa de la Calidad

Figura 22

Diagrama de la Casa de la Calidad.



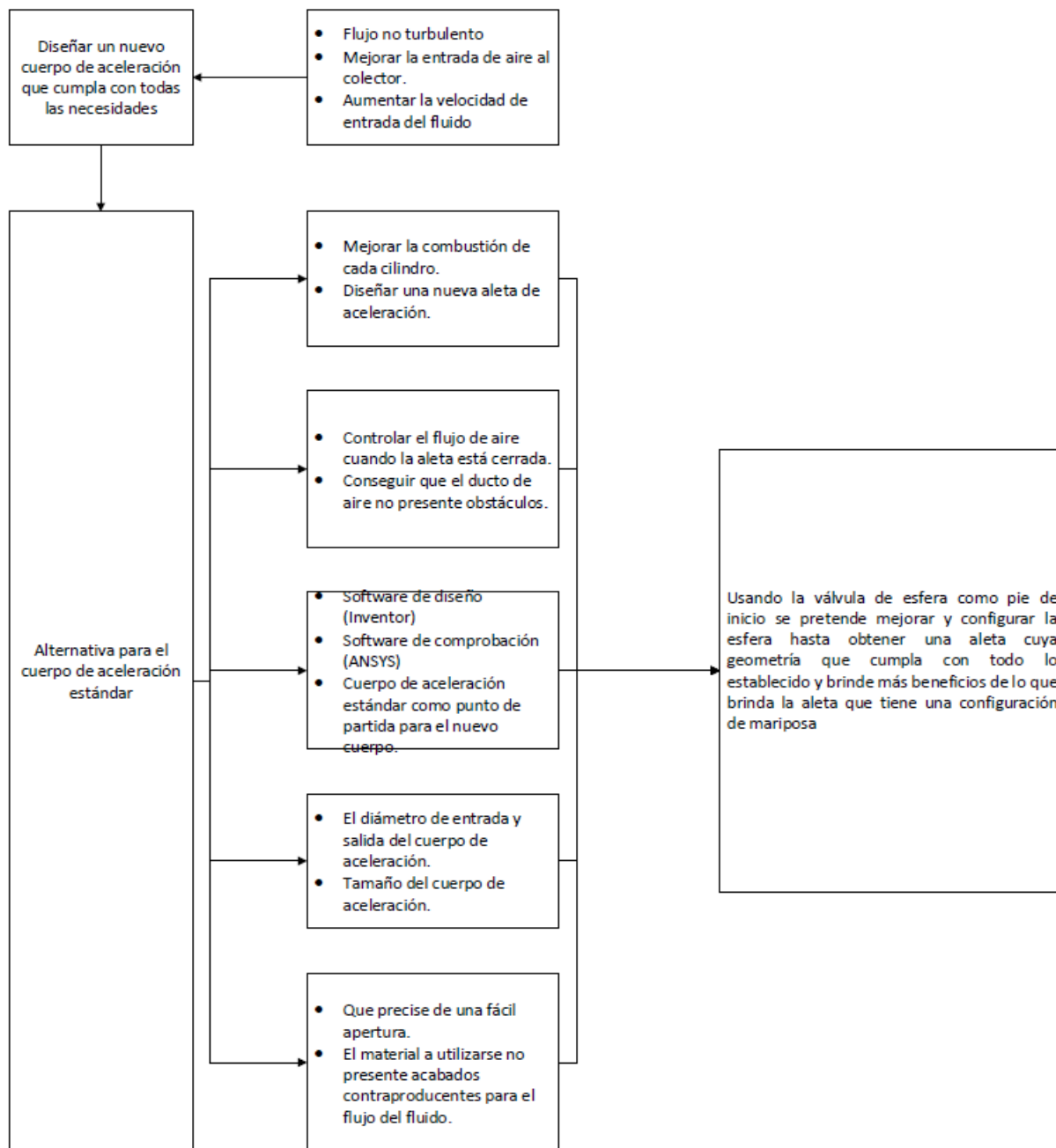
3.3.3.3. Conclusiones. Los parámetros de diseño planteados se examinan y se analizan bajo los siguientes parámetros:

- ✓ El nuevo cuerpo de aceleración determina la velocidad de apertura y la temperatura del fluido.
- ✓ La ubicación del nuevo cuerpo de aceleración no tendrá variación en comparación con el antiguo.
- ✓ La nueva geometría de la aleta proporciona los parámetros dimensionales del cuerpo y juntos se establece el comportamiento del fluido.
- ✓ La resistencia a la fatiga del nuevo cuerpo de aceleración determina la durabilidad.
- ✓ Los materiales que se usarán para su construcción permitirán un desempeño óptimo en las diferentes pruebas a realizarse.
- ✓ El dimensionamiento del cuerpo y aleta está basado en su análisis estático y dinámico.

3.3.4. Desarrollo del Proceso General de Diseño.

Figura 23

Alternativas para el cuerpo de aceleración estándar.



Nota. Diagrama que muestra las alternativas que se necesita para el diseño de la nueva variante del cuerpo de aceleración.

En la Figura 23, se enlaza las metas por alcanzar, las dificultades por superar, los recursos disponibles, las diferentes restricciones a las soluciones y los criterios para las soluciones estipulados en el problema planteado, analizando las necesidades que se deben corregir para alcanzar los diferentes objetivos se llega a una posible solución donde se basa en la válvula de esfera para continuar con el diseño del nuevo cuerpo de aceleración.

3.3.4.1. Selección del Diseño de la Geometría para la Aleta Usando la Técnica de la Carta Morfológica.

Tabla 9

Matriz de selección del diseño de la geometría.

Características de requerimiento del diseño	Alternativas de diseño		
Movimiento de la aleta	Rotacional	Lineal	Oscilante
Mecanismo	Servo motor	Cable	Engranajes
Alternativas	Guillotina	Globo	Esfera
Ángulo de apertura	90°	180°	360°
Geometría de la aleta	Esférica	Casquete esférico	Tronco esférico

Nota. Matriz en la que se detalla cada una de las características que se empleará en la

nueva variante para la aleta, las opciones seleccionadas se encuentran enlazadas mediante flechas.

Detallado los diferentes requerimientos planteados se procede a establecer las diferentes alternativas viables para cada uno de ellos, de cada alternativa estipulada se selecciona la mejor y la más factible para dar solución al problema, de esta manera se une cada alternativa teniendo en cuenta que el nuevo diseño debe cumplir con un movimiento rotacional partiendo de la idea de una válvula de esfera y pasando a ser un casquete esférico, ya que de esta manera se acerca más a la nueva geometría que se desea implementar y que a su vez sea accionado por cable en un rango de 90° haciendo que sea de rápida apertura.

3.3.4.2. Especificaciones Técnicas del Nuevo Cuerpo de Aceleración. Las

especificaciones técnicas establecen los parámetros básicos del diseño del cuerpo, con la ayuda de la siguiente tabla se realiza la descripción de cada especificación detallada.

✓ **Propone:**

- U= Usuario
- I= Ingeniero.

✓ **R/D**

- R= Requerimiento.
- NR=Nuevo requerimiento.
- MR= Modificación en el requerimiento.
- D= Deseo.

Tabla 10

Especificaciones técnicas para el diseño y construcción del nuevo cuerpo de aceleración.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga		Producto: Nuevo Cuerpo de Aceleración		Fecha de inicio: 8/2/2020 Página 1
Concepto	Propone	R/D	Descripción	
Función	I	R	Limitar el paso del fluido	
	I	R	Fácil mantenimiento	
	I	R	Resistente a la temperatura de funcionamiento	
	U	R	Rápida apertura	
Dimensión	I	R	No exceder los limitantes de espacio en su ubicación	
	I	R	La geometría de la aleta debe ser optimizado	
Movimiento	I	R	Debe acoplarse al sistema de aceleración	
	U+I	R	Debe ser independiente de los demás sistemas	
Ensamble	U	R	Acceso fácil para su instalación	
Fuerzas	I	R	Soporte la carga ejercida por la acción del cable	
Materiales	I	R	Resista las cargas máximas de S_y y S_u	
	I	R	Ambientalmente amigables	
Seguridad	I	R	Proveer de una aceleración constante	
	I	R	Factor de seguridad mayor uno	
Vida útil	I	R	No sobredimensionar	
	U+I	R	Plan de mantenimiento preventivo	
Costo	U	D	Bajo costo	

3.3.5. Variables de Diseño.

Esta investigación se basa en la interrelación de dos variables una dependiente que es el comportamiento de los parámetros característicos del motor y la otra independiente que es el análisis de alternativas del nuevo cuerpo de aceleración, pero para el diseño se tomará en cuenta solamente al cuerpo y se lo dividirá en dos variables la independiente que es la aleta con el cuerpo y la dependiente que es el comportamiento del fluido dentro del mismo.

3.3.5.1. Selección de Alternativas. Para seleccionar la mejor alternativa en la geometría de la nueva aleta, se debe exponer algunas opciones con sus características para lo cual se ha postulado los siguientes parámetros:

Tabla 11

Tabla de selección de alternativas.

Función principal	Brindar estabilidad al acelerar el vehículo
Restricciones	Bajo costo, presente resistencia a altas temperaturas
Objetivos	Optimizar espacio el espacio interno del nuevo cuerpo de aceleración
Variables libres	Selección del material

Nota. Matriz de selección de variables de alternativas y mejoras que se obtendrá para la nueva variante de la aleta.

El nuevo cuerpo de aceleración debe funcionar de manera correcta durante una determinada vida útil de servicio, para cumplir con este propósito se debe conocer el trabajo para el cual fue diseñado y será sometido, de esta manera su vida útil se puede predecir en función a cuantas veces va a ser accionado o usado. Este nuevo cuerpo de aceleración se diseñará para ser implementado en el motor GW491QE TM 2,2- 4X2 de la camioneta Great Wingle 3, ya que este modelo es el que se usa en la presente investigación.

3.3.6. Diseño Computacional del Prototipo del Cuerpo de Aceleración

Según Rojas Lazo & Rojas Rojas (2014) el diseño en la ingeniería es la capacidad de adquirir ideas en el desarrollo de un proyecto que permitan dar una o varias soluciones, empleando recursos tecnológicos, conocimientos o productos que ayuden a resolver la necesidad presentada. Al diseñar una pieza o producto se debe tomar en cuenta varios factores como el presupuesto y funcionalidad, para ello es necesario tener en cuenta las necesidades del cliente, materiales, etc (p. 2).

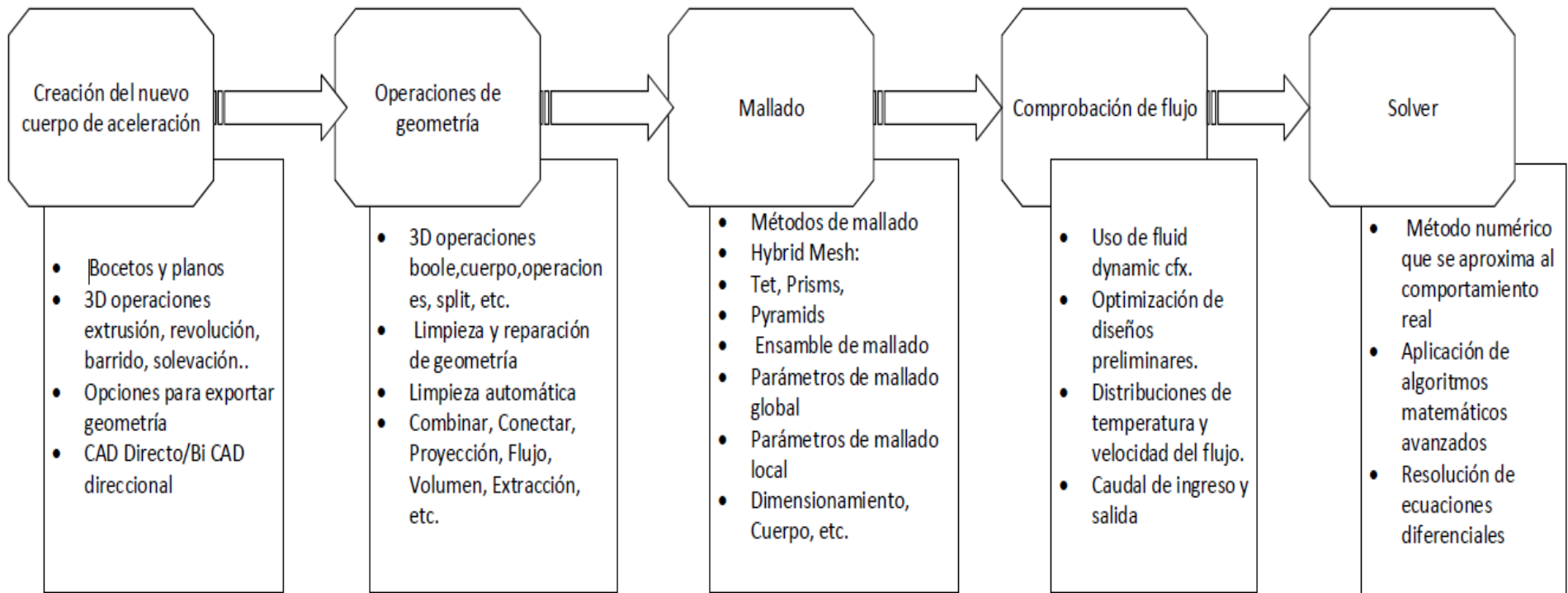
El CAD es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto aún antes de que se haya construido y sigue el siguiente flujo de trabajo que se expresa en la ilustración.

Para empezar con el diseño del nuevo cuerpo de aceleración se plantea tres puntos clave:

- ✓ Las consideraciones y técnicas usadas deben estar claramente definidas y documentadas.
- ✓ Cada análisis matemático debe ser claro y completo.
- ✓ La toma de decisiones siempre tendrá que ser documentada.

Figura 24

Procesamiento del flujo de Trabajo.



Nota. Proceso del trabajo a realizar empezando desde bocetos realizados de manera empírica para determinar la forma de la nueva variante, hasta llegar a los analisis en ANSYS basándose en parámetros matemáticos y de diseño.

3.3.7. Matriz de Selección de Materiales.

Tabla 12

Propiedades de los materiales.

ALTERNATIVAS	CRITERIOS			
	Módulo de Elasticidad (GPa)	Módulo de Rigidez (GPa)	Peso unitario (KN/m ³)	Punto de fusion(°F)
Aluminio	71,0	26,2	26,6	3087
Acero inoxidable	190	73,1	76	2750
PLA	3,5	2,27	11,76	290 - 351

Nota. Propiedades de los diferentes materiales analizando brevemente sus

características físicas. Recuperado de Budynas & Nisbett, 2008; Molina Gutierrez et al., 2019, Copyright 2020.

Los materiales para realizar la comparativa son el aluminio y el acero inoxidable, por lo cual con un criterio en diseño de elementos se ha seleccionado el P.L.A. (Ácido Poliláctico) como material base para la construcción del nuevo cuerpo de aceleración, esto se debe a las propiedades del material y facilidades de obtener dicho material en el medio.

El P.L.A. (Ácido Poliláctico) permite evitar el sobredimensionamiento del nuevo cuerpo de aceleración, brindando la certeza de que realizará el trabajo sin complicaciones en el campo mecánico que es en el que se lo utilizará y la temperatura de fusión establecida va de un rango de 140°C a 177°C, esto dependiendo del fabricante.

3.3.7.1 Propiedades del Material Seleccionado. A continuación, se detalla cada una de sus propiedades correspondientes para este estudio.

S_y , es la resistencia a la fluencia [83,28 MPa]

α , es el coeficiente de dilatación térmica [$135,5 \mu \frac{\text{strain}}{^\circ\text{C}} \approx 135,5 \times 10^{-6} \text{ m}/^\circ\text{C}$]

ϵ , es el módulo de elasticidad [3,5GPa \approx 3500 MPa]

Tabla 13*Propiedades mecánicas del material Seleccionado (PLA).*

Propiedades mecánicas	Valor	Unidades	Método de ensayo
ASTM Data			
Módulo de flexión	3335,32	MPa	ASTM D 790
Tensión punto de Fluencia a 23°C	61,98 – 62,32	MPa	ASTM D 638
Tensión punto de Rotura a 23°C	38,26 – 58,05	MPa	ASTM D 638
Alargamiento a la fluencia	9,8 - 10	%	ASTM D 638
Alargamiento a la rotura	0,50 - 19	%	ASTM D 638
Resistencia a la flexión	83,28	MPa	ASTM D 790
Temperatura de Fusión	145 - 177	°C	-
Coefficiente de dilatación térmica	135,5	E-6/°C	ASTM D 696

Nota. Características físicas y químicas del PLA. Recuperado de UL Prospector, 2020,

(<https://plastics.ulprospector.com/es/generics/34/c/t/acido-polilactico-pla-properties-processing?fbclid=IwAR1bnj-v6zEwVuAdFGfB2oOxxak6VU9SbZAQZm5MRc8VzdPlu7IUWG9n178>).

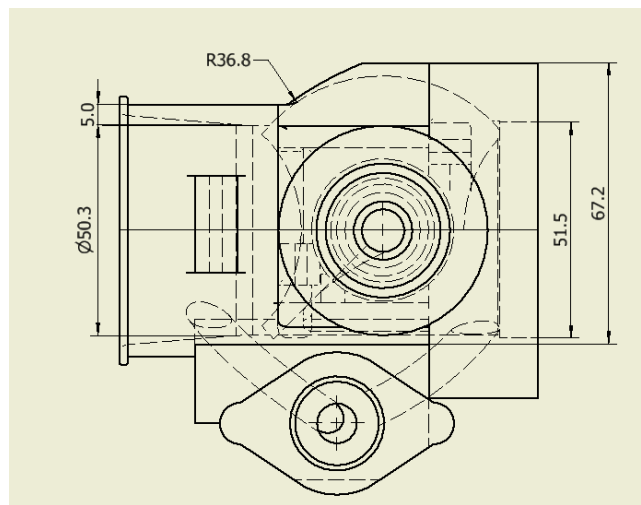
Copyright 2020 por la Compañía Prospector. Reprinted with permission.

3.3.8. Cálculos Matemáticos del Diseño.

3.3.8.1. Esfuerzos en Cilindros. Budynas & Nisbett (2008) refiriéndose a los cilindros afirman que: “los recipientes cilíndricos presurizados, cilindros hidráulicos, cañones de pistolas y tubos de conducción de fluidos a altas presiones se desarrollan esfuerzos radiales y tangenciales con magnitudes que dependen del radio del elemento” (p. 137).

Figura 25

Plano del perfil derecho de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.



Nota. Vista lateral derecha del cuerpo de aceleración y previsualización de su parte interna para un posterior análisis del mismo.

Correa (2015) afirma que “los recipientes pueden ser además de paredes delgadas o de paredes gruesas, considerándose de pared delgada, según la ASME, cuando el cociente entre el espesor “*t*” de la pared y el diámetro interno “*d_i*” de la tubería del recipiente es igual o menor a 0,01 se le considera como pared delgada” (pp. 1-2).

$$\frac{t}{r_i} = \frac{5}{50.3} = 0,099 \text{ adimensional} \quad (15)$$

En nuestro caso se tiene pared gruesa ya que al dividir el espesor de la pared “*t*” para el diámetro interno “*d_i*”, como resultado se obtiene un valor de 0,099 adimensional.

Según Budynas & Nisbett (2008) la ecuación para determinar los esfuerzos tangenciales y radiales se expresan mediante las siguientes fórmulas:

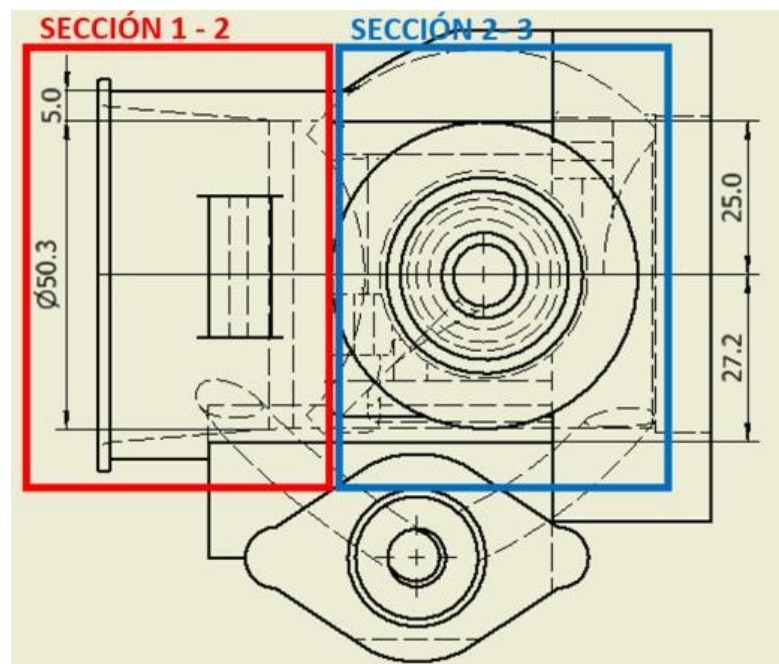
$$\sigma_{t1-2} = \frac{r_i^2 * p_i}{r_0^2 - r_i^2} \left(1 + \frac{r_0^2}{r_i^2}\right); \quad (16)$$

$$\sigma_{r1-2} = \frac{r_i^2 * p_i}{r_0^2 - r_i^2} \left(1 - \frac{r_0^2}{r_i^2}\right) \quad (17) \text{ (p. 138).}$$

En donde la Ecuación 16 representa la fórmula para calcular el esfuerzo Mecánico Tangencial (Pared Gruesa), mientras que la Ecuación 17. representa la fórmula para calcular los valores del esfuerzo Mecánico Radial (Pared Gruesa).

Figura 26

División del cuerpo en dos secciones para su estudio.



Nota. Se procede con la división del cuerpo en sección 1-2 y sección 2-3, para realizar un análisis matemático correcto.

Para la primera sección del cuerpo [1-2], los datos son los siguientes:

σ_{t1-2} , es el esfuerzo tangencial [psi]

σ_{r1-2} , es el esfuerzo radial [psi]

P_i , es la presión interna 14.7[psi]

D_i , es el diámetro interno de la tubería 0.053 [m]

r_i , es el radio interno de la tubería 0.00265 [m]

r_o , es el radio externo de la tubería 0.00315 [m]

t , es el espesor de la tubería 0.0053 [m]

Para la presión atmosférica el valor fue tomado el domingo 19 de julio, con un valor de 1032 HPa a 14 °C.

Al reemplazar los valores en las Ecuaciones 16 y 17, se obtiene los siguientes resultados:

$$\sigma_{t1-2} = 85.89 \text{ [psi]}$$

$$\sigma_{r1-2} = -14,69 \text{ [psi]}$$

Para la segunda sección del cuerpo [2-3], los datos son los siguientes:

P_i , es la presión interna 14,7[psi]

D_i , es el diámetro interno de la tubería 0,0627 [m]

r_i , es el radio interno de la tubería 0,00368 [m]

r_o , es el radio externo de la tubería 0,0040 [m]

t , es el espesor de la tubería 0,002[m]

Al reemplazar los valores en las Ecuaciones 16 y 17, pero con los valores de la segunda sección a analizar que es la sección 2-3, se obtiene los siguientes resultados:

$$\sigma_{t2-3} = 179,9 \text{ [psi]}$$

$$\sigma_{r2-3} = -39,75 \text{ [psi]}$$

Esfuerzo total tangencial:

$$\sigma_t = \sigma_{t2-3} + \sigma_{t1-2} \quad (18)$$

$$\sigma_t = 265,79 \text{ [psi]}$$

Esfuerzo total radial:

$$\sigma_r = \sigma_{r2-3} + \sigma_{r1-2} \quad (19)$$

$$\sigma_r = -54,44 \text{ [psi]}$$

Esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_t^2 - \sigma_t \cdot \sigma_r + \sigma_r^2} \quad (20)$$

$$\sigma_{eq} = 296,778 \text{ [psi]}$$

3.3.8.2. Esfuerzos Térmicos. El esfuerzo térmico es el que se origina debido a la existencia de un gradiente de temperatura en un elemento, en donde la temperatura final es de 44 °C y la inicial es de 20 °C, el módulo de elasticidad " $\varepsilon = 3500 \text{ MPa}$ " (Molina Gutierrez et al., 2019, p. 1) "el módulo de Poisson $\lambda = 0,36$ " (Sierra Soraluze, 2017, p. 35)

Según Budynas & Nisbett (2008) el esfuerzo térmico que se genera en un elemento que tiende a calentarse o enfriarse viene dado por la ecuación:

$$\sigma_T = \frac{\alpha(\Delta T)\varepsilon}{1-\lambda} \quad (21) \text{ (p.111).}$$

σ_T , es el coeficiente de dilatación térmica [$135,5 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$]

ΔT , es la diferencia de temperatura [24°C]

ε , es el módulo de elasticidad o de Young [3500 MPa]

λ , es el coeficiente de Poisson [$0,36$]

Al reemplazar los anteriores valores y reemplazando en la Ecuación 21, se obtiene como resultado que el esfuerzo térmico es:

$$\sigma_T = 2633,14 \text{ [psi]}$$

3.3.8.3. Determinación del Factor de Seguridad.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq} + \sigma_T} \quad (22)$$

n , es el factor de seguridad

S_y , es la Resistencia de Fluencia [$83,28 \text{ MPa} \approx 12078,74 \text{ Psi}$]

Reemplazando los datos anteriores en la Ecuación 22, el resultado es:

$$n = \frac{12078,74 \text{ psi}}{296,778 \text{ Psi} + 2633,14 \text{ psi}}$$

$$n = 4,12 \text{ psi}$$

El factor de seguridad es mayor a uno, por lo que se concluye que el material seleccionado no fallará.

3.3.8.4. Análisis Neumático en el Sistema Diseñado. Se toma los datos de la velocidad del fluido en la entrada del cuerpo de aceleración mediante un anemómetro, instrumento que arroja datos de temperatura y velocidad del aire ingresado.

Figura 27

Medición de datos con el anemómetro.



Nota. Medición de la velocidad y temperatura de aire en la entrada del cuerpo de aceleración.

Tabla 14

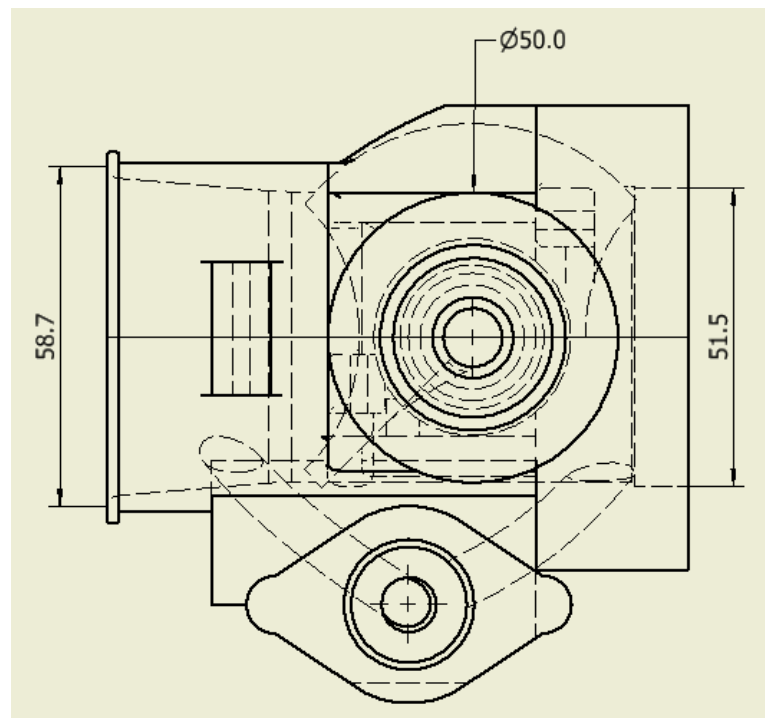
Datos obtenidos de la velocidad y temperatura del aire con los 2 cuerpos de aceleración.

ALTERNATIVA DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN			CUERPO DE ACCELERACIÓN CONVENCIONAL.	
Revoluciones(rpm)	Velocidad (m/s)	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Temperatura (°C)
1000	1,7	21,1	4,4	22,6
2000	3,9	21,7	8,7	22,4
3000	4,7	22,8	8,9	25,3
4000	14,5	23,9	13,5	23,9
4500	14,7	23,7	13,4	23,9

Nota. Los datos obtenidos son de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración y del cuerpo de aceleración convencional.

Figura 28

Plano de perfil derecho del cuerpo, acotado para cálculos de velocidad.



- **Cálculo de la velocidad a la salida del sistema cuando la aleta está completamente abierta.**

Sección 1-2:

Se utilizará la ecuación de continuidad bajo el principio de conservación de la masa y teniendo en cuenta que la densidad es constante. Sabiendo que $A_1=0,00785\text{m}^2$ y $A_2=0,00782\text{m}^2$

$$A_1\vec{V}_1 = A_2\vec{V}_2 \quad (23)$$

A_1 , es el área transversal de entrada del cuerpo = $0,0000939\text{m}^2$

A_2 , es el área transversal de salida del cuerpo = $0,0000785\text{m}^2$

\vec{V}_1 , es la velocidad del aire en la entrada del cuerpo = $14,3 \text{ m/s}$

\vec{V}_2 , es la velocidad del aire a la salida del cuerpo.

Para saber cuál es la velocidad de aire se toma en cuenta que la posición de la aleta en el cuerpo de aceleración debe estar completamente abierta para tener un mayor flujo dentro del mismo, siendo así la velocidad obtenida mediante una medición con anemómetro de 14,3 m/s a 4500 rpm

Reemplazando los valores de la velocidad y áreas correspondiente a la sección, se reemplaza en la Ecuación 23, dando como resultado la velocidad de salida:

$$V_2 = 17,10 \text{ m/s}$$

Sección 2-3:

$$A_2 \vec{V}_2 = A_s \vec{V}_s \quad (24)$$

A_2 , es el área transversal del punto 2 cuerpo [0,00098174 m²]

A_s , es el área transversal de salida del cuerpo [0,00096221 m²]

\vec{V}_2 , es la velocidad del aire en el punto 2 del cuerpo [17,10 $\frac{m}{s}$]

\vec{V}_s , es la velocidad del aire a la salida del cuerpo.

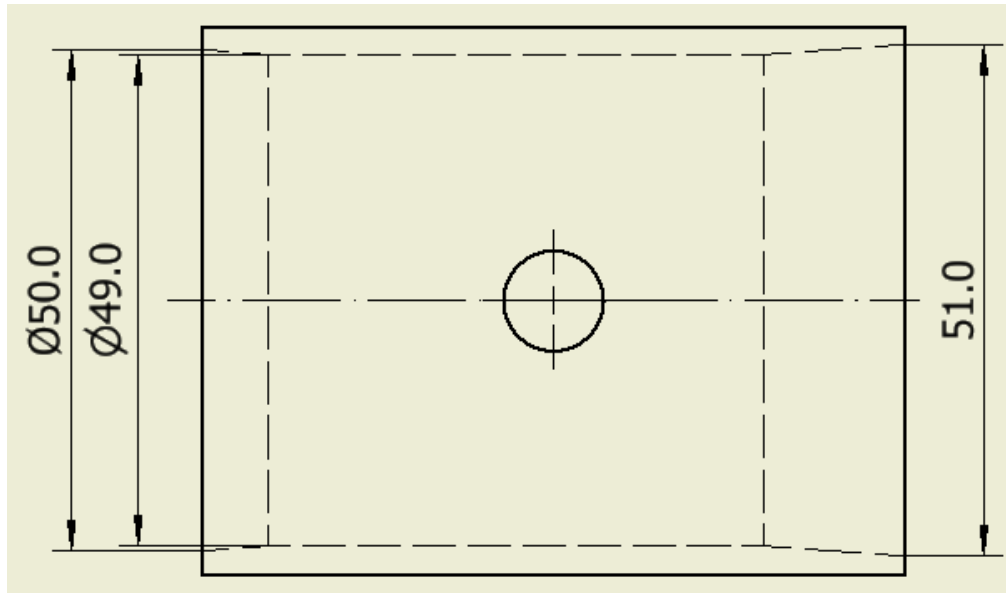
Reemplazando se tiene:

$$V_2 = 17,44 \text{ m/s}$$

- Cálculo de la velocidad a la salida del sistema con la aleta estándar.

Figura 29

Medidas parte interior cuerpo de aceleración estándar.



Sección 1-2:

Se utilizará la ecuación de continuidad bajo el principio de conservación de la masa y teniendo en cuenta que la densidad es constante. Sabiendo que $A_1=1,96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ y $A_2=1,88 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$A_1 \vec{V}_1 = A_2 \vec{V}_2 \quad (25)$$

A_1 , es el área transversal de entrada del cuerpo = $1,96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

A_2 , es el área transversal de salida del cuerpo = $1,88 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

\vec{V}_1 , es la velocidad del aire en la entrada del cuerpo = $14,3 \text{ m/s}$

\vec{V}_2 , es la velocidad del aire a la salida del cuerpo.

Reemplazando se tiene:

$$V_2 = 14,90 \text{ m/s}$$

Sección 2-3:

$$A_2 \vec{V}_2 = A_s \vec{V}_s \quad (26)$$

A_2 , es el área transversal del punto 2 cuerpo [$1,88 \times 10^{-3} \text{ m}^2$]

A_s , es el área transversal de salida del cuerpo [$2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2$]

\vec{V}_2 , es la velocidad del aire en el punto 2 del cuerpo [$14,90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

\vec{V}_s , es la velocidad del aire a la salida del cuerpo.

Reemplazando los datos se tiene:

$$V_2 = 13,93 \text{ m/s}$$

Analizando los valores de salida del aire en los dos cuerpos de aceleración, teóricamente se establece como resultado la salida del aire en el cuerpo de aceleración estándar de 13,93 m/s y el valor de salida del aire para la nueva alternativa es de 17,44 m/s; se puede concluir que analíticamente el valor de velocidad es mayor en la nueva alternativa.

- **Cálculo del número de Reynolds.**

Para estudios técnicos, según Crane (1985) el régimen de flujo se considera como “laminar si el número de Reynolds es menor que 2000, de transición si el número de Reynolds se encuentra entre 2000 y 4000; flujo turbulento si el número de Reynolds es superior a 4000” (p. 12).

$$R_e = \frac{\sigma \cdot \vec{v} \cdot D_i}{\mu} \quad (27)$$

σ , es la densidad del aire = $1,1164 \text{ kg/m}^3$

\vec{v} , es la velocidad del aire en la tubería en el punto 2 = $17,44 \text{ m/s}$

D_i , es el diámetro interno de la tubería = $0,050 \text{ m}$

μ , es la viscosidad dinámica del aire = $1,923 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

Reemplazando se tiene:

$$R_e = \frac{1,1164 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 17,44 \text{ m/s} \times 0,050 \text{ m}}{1,923 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$R_e = 50624,06 \text{ [adimensional]}$$

Dando como resultado un flujo turbulento, teniendo en cuenta que esto se debe al poco espacio interior que presenta la nueva alternativa del cuerpo de aceleración y la velocidad con la que transita el fluido dentro del mismo, se debe tener en cuenta que el fluido se comporta de manera lineal como se demuestran en las simulaciones.

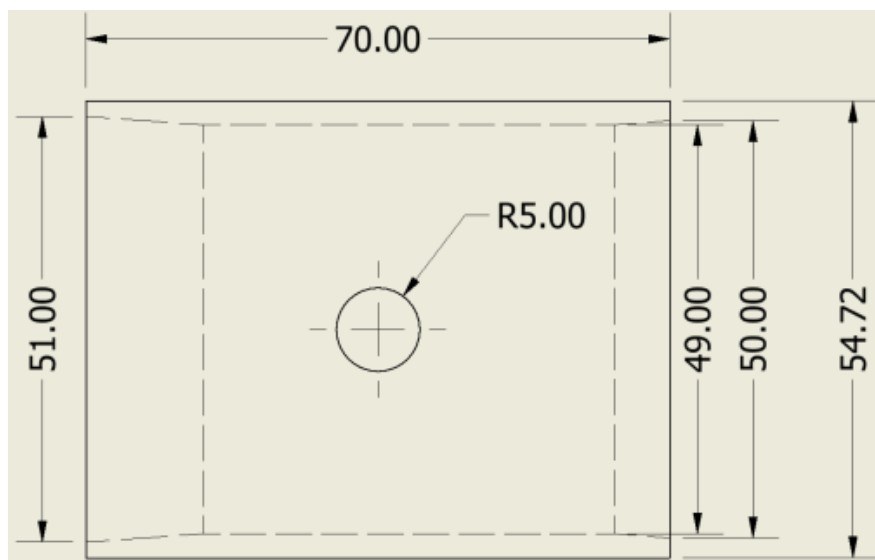
3.3.9. Diseño Detallado en el Software.

Antes de ser presentada la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, se realiza un análisis mediante la simulación en el software ANSYS en el cuerpo de aceleración que viene por defecto en el motor, para definir el comportamiento del flujo de aire dentro del conducto y de esa manera comparar los datos obtenidos en la simulación, tanto con el cuerpo estándar como con la nueva alternativa.

Se realiza la simulación del cuerpo estándar únicamente con las medidas del conducto por el que pasa el flujo de aire.

Figura 30

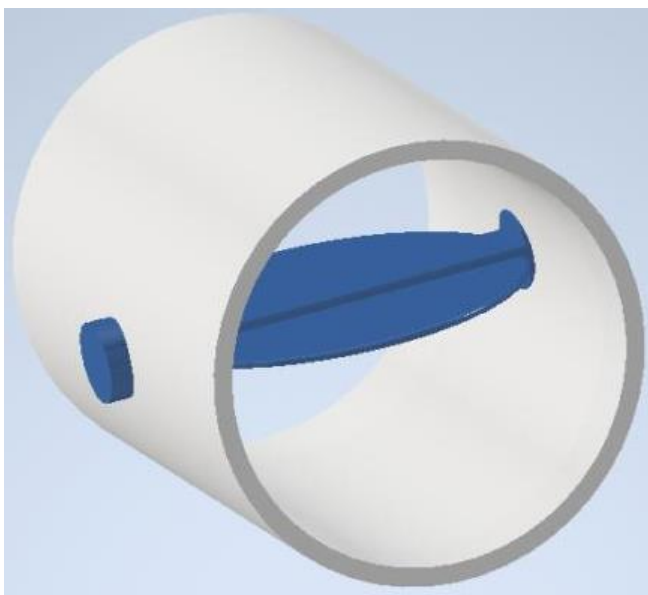
Medidas del conducto en el cuerpo de aceleración estándar.



Nota. Las medidas se tomaron únicamente del conducto por el que pasa el aire sin tomar en cuenta la geometría exterior del cuerpo de aceleración estándar.

Figura 31

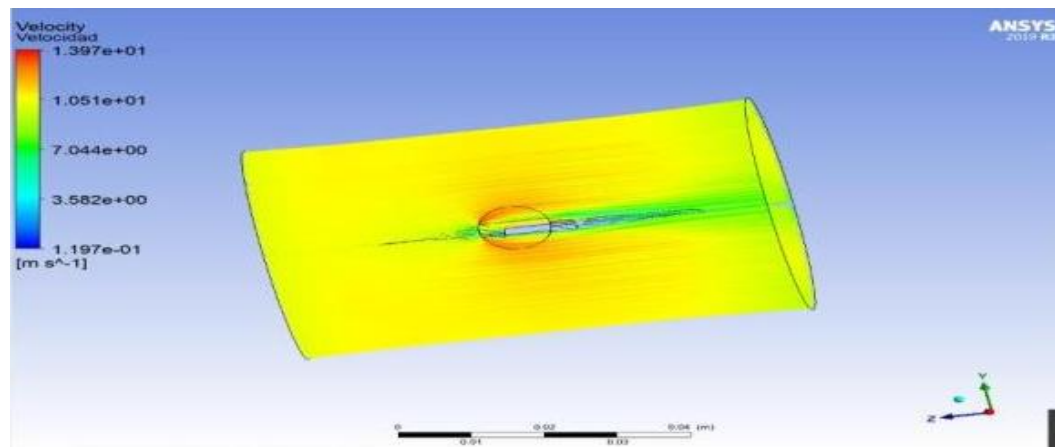
Conducto interior del cuerpo de aceleración normal.



Nota. Conducto interior incluyendo la aleta en posición totalmente abierta.

Figura 32

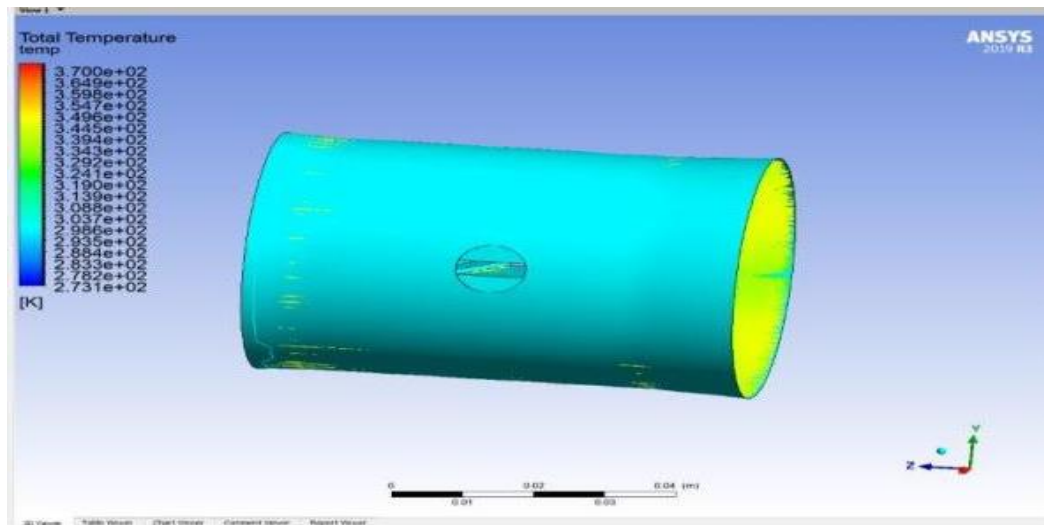
Simulación de la velocidad del fluido dentro del conducto.



Nota. La velocidad media que se ingresa como dato en el simulador es de 10 m/s, se puede ver claramente que la velocidad máxima que alcanza el fluido es de 13,97m/s, a su vez se evidencia que existe una ligera turbulencia en la parte donde se ubica la aleta.

Figura 33

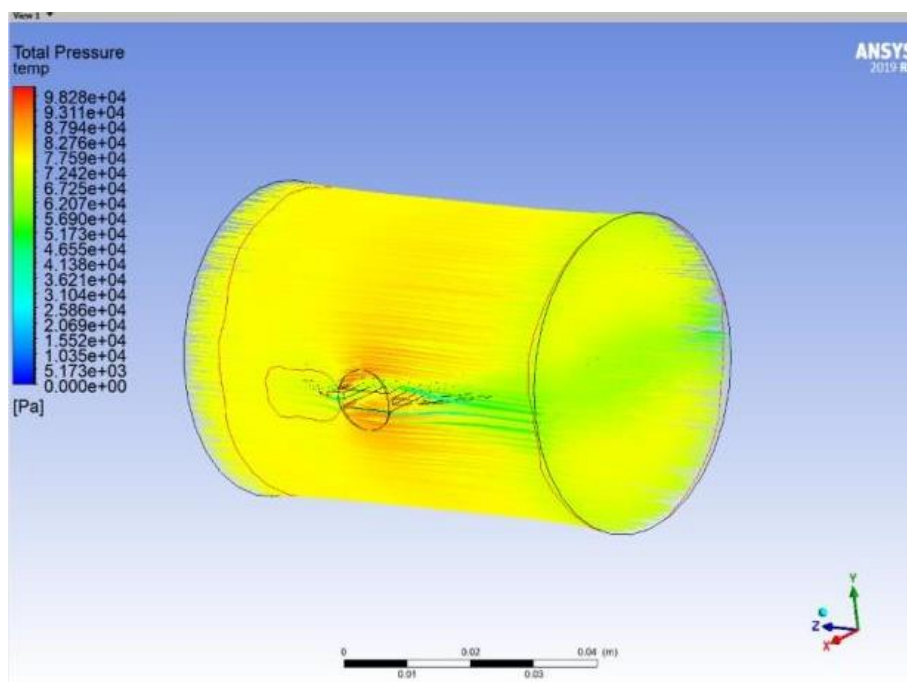
Simulación de la temperatura del fluido dentro del conducto.



Nota. El valor de temperatura media que se establece en el simulador es de 25°C, y se puede apreciar que el rango de temperatura máximo es de 96°C, a su vez que la temperatura que predomina en el trayecto del fluido es de 20°C a 35°C.

Figura 34

Simulación de la presión del fluido en el conducto.



Nota. El valor ingresado de presión media es de 1 atm, el rango que adquiere el simulador es de 0 Pa a 9828 Pa, equivalente a 1 atm y el rango que predomina en la simulación es de 0,06atm a 0,086 atm

Tabla 15

Valores obtenidos de la simulación del cuerpo de aceleración estándar.

MAGNITUD	VALOR	UNIDADES
Velocidad Máx.	13,97	m/s
Velocidad Mín.	0,1197	m/s
Velocidad Med.	10	m/s
Temperatura Máx.	96,85	°C
Temperatura Mín.	0	°C
Temperatura Med.	25	°C
Presión Máx.	14,254	psi
Presión Mín.	0	psi
Presión Med.	14,6959	psi

Nota. Los valores obtenidos en las simulaciones se detallan en las unidades respectivas a cada magnitud.

La simulación del cuerpo de aceleración estándar fue realizada con la aleta en posición totalmente abierta de tal manera que el comportamiento del flujo de aire sea generado al 100% de su capacidad, la temperatura del fluido también va a transferir al cuerpo una mínima cantidad de calor por lo que el material con el que está manufacturado el cuerpo y la aleta no se ve afectado.

La velocidad del fluido también se ha medido con un anemómetro de tal manera que comparte los mismos resultados de la simulación con un valor de 13,4 m/s a 4500 rpm, siendo el resultado más alto obtenido en la simulación de 13,97 m/s.

La presión que genera en el cuerpo de aceleración estándar que se encuentra en la entrada del múltiple de aire va en un rango de valores entre los 9 psi hasta los 11,253 psi, que es el rango de presiones que predomina en el paso del fluido dentro del conducto como se lo puede apreciar en la Figura 34.

3.3.9.1. Primera Propuesta del Diseño.

Figura 35

Primera propuesta del diseño del cuerpo.

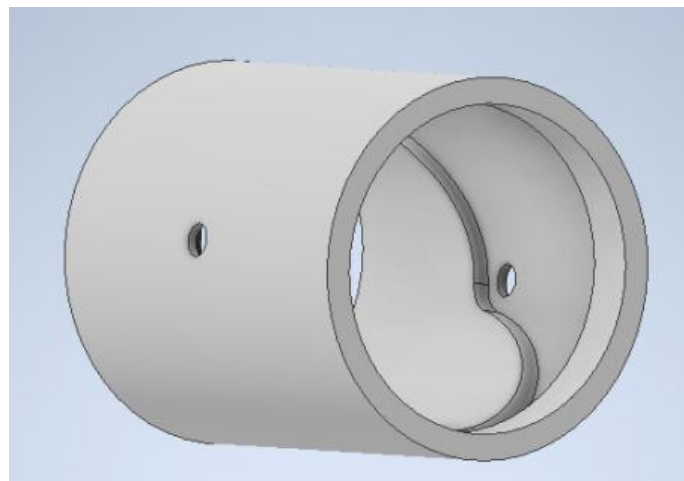
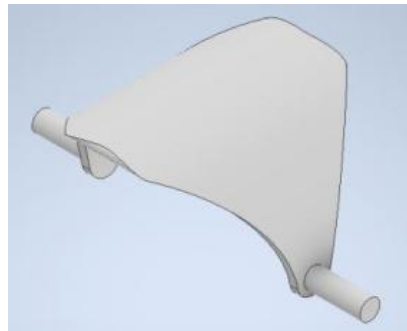


Figura 36

Primera propuesta del diseño de la aleta.

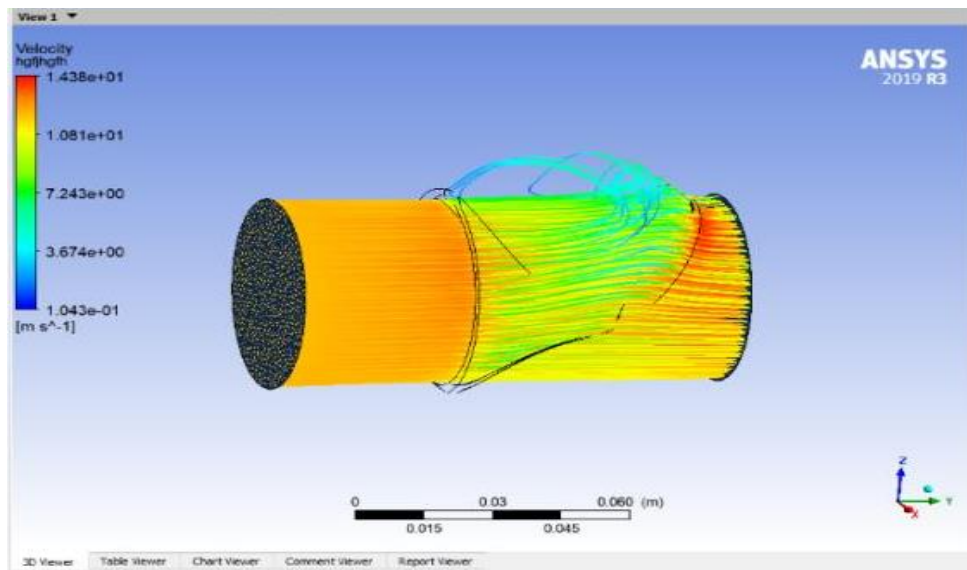


El presente prototipo suponía varios defectos en su funcionamiento ya que al encontrarse en posición cerrada permitía que ingrese demasiado aire haciendo que el ralenti no cumpla con su función, mientras que en la posición totalmente abierto existían interferencias cuando empezaba a abrirse, debido a que su trayectoria generaba una semieférica.

Con dicha configuración se procedió a realizar la comprobación en el software CFX para conocer el comportamiento del fluido dentro del cuerpo obteniendo los siguientes resultados:

Figura 37

Análisis del fluido en ANSYS de la primera propuesta.



Como se visualiza en la simulación en CFX de la Figura 37, se debe corregir la geometría del cuerpo para que la entrada del aire en la posición abierta sea totalmente lineal sin que exista curvaturas.

3.3.9.2. Segunda Propuesta del Diseño.

Figura 38

Segunda propuesta de diseño del cuerpo.

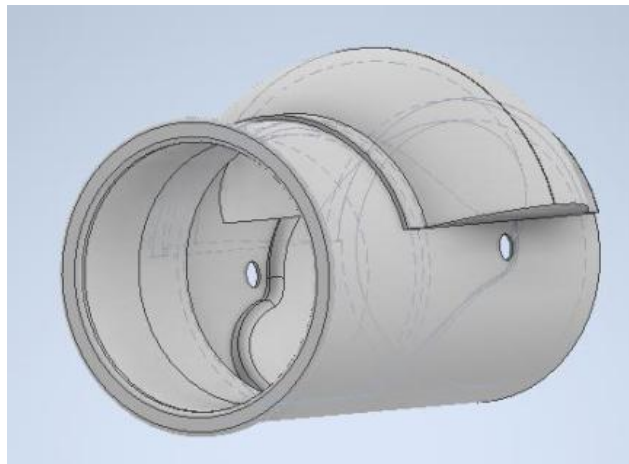
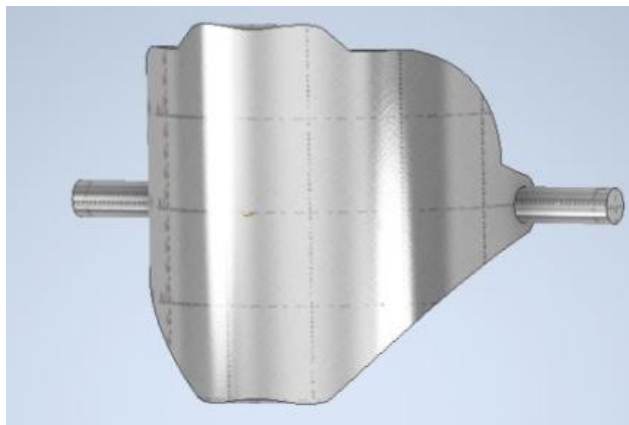


Figura 39

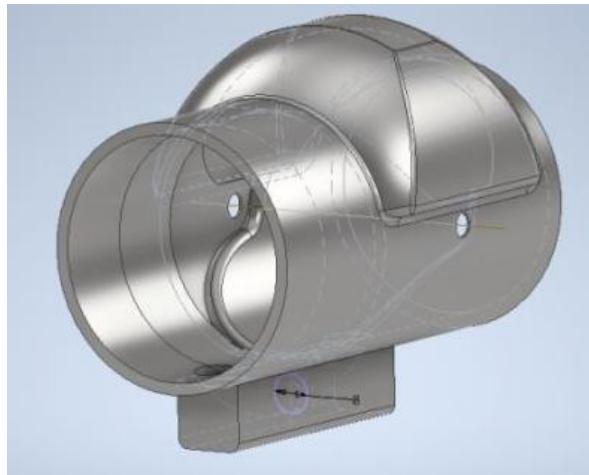
Segunda propuesta del diseño de la aleta.



En este diseño los problemas que se generaron anteriormente fueron corregidos, pero se mantenía el de la entrada de aire en la posición de cierre, por lo cual conviene corregir la configuración geométrica de la aleta.

Figura 40

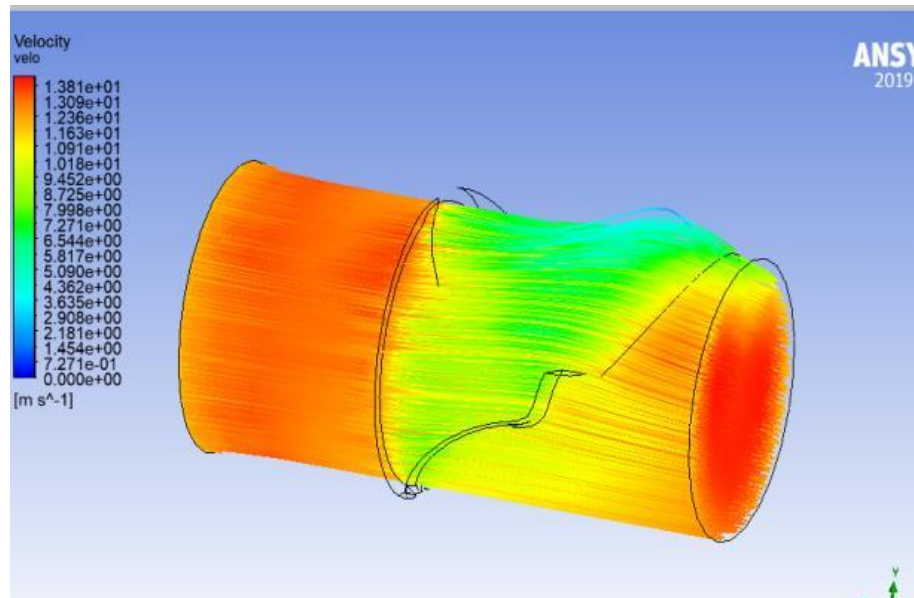
Segunda propuesta de diseño, primera corrección



Con la corrección que se efectuó en la geometría interna del cuerpo de aceleración la gráfica que se obtiene al simularlo en CFX es la siguiente:

Figura 41

Primer análisis en ANSYS del flujo en la segunda propuesta.



En esta simulación se puede observar que el comportamiento del flujo se torna más lineal y el llenado alcanza su totalidad en la salida.

3.3.9.3. Tercera Propuesta del Diseño de la nueva Variante del Cuerpo de Aceleración.

Con la siguiente configuración de la geometría dentro del cuerpo de aceleración se puede obtener un flujo lineal más completo y se aprecia que el llenado del cuerpo es completo y a esto se le suma el aumento en la velocidad del fluido.

Figura 42

Tercera propuesta de diseño con mejoras al interior.

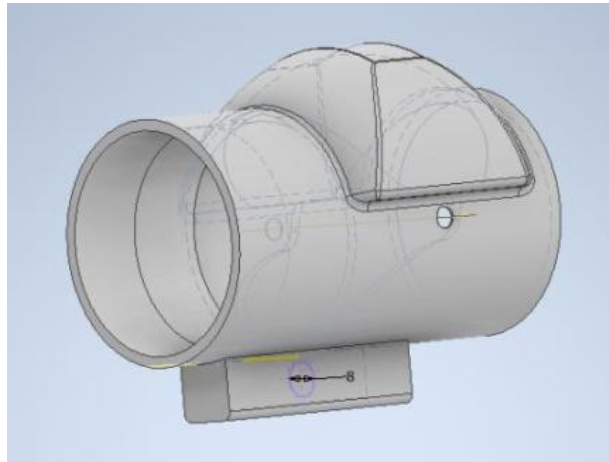
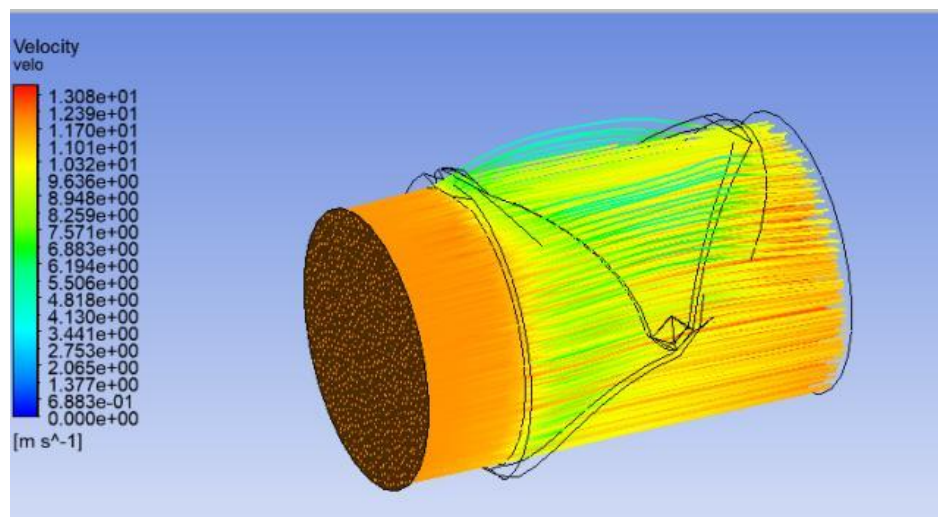


Figura 43

Prueba de flujo en ANSYS de la tercera propuesta.

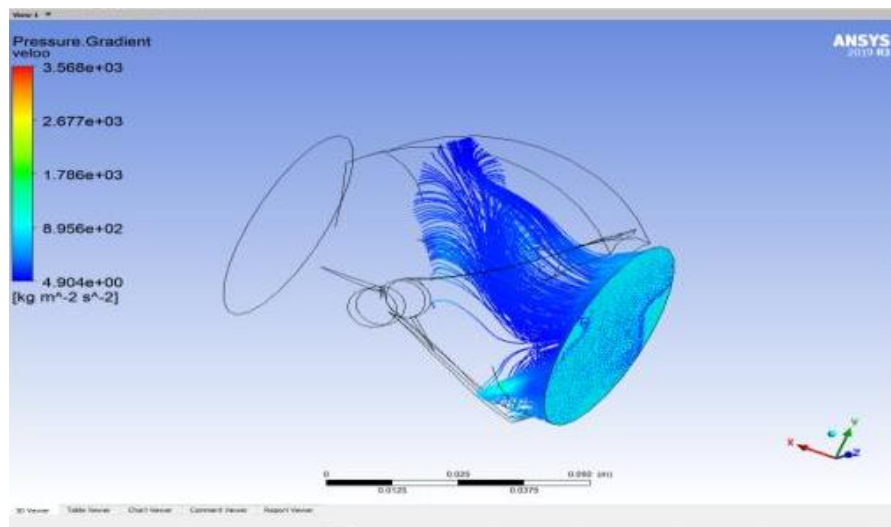


3.3.9.4. Cuarta Propuesta del Diseño de la Nueva Variante del Cuerpo de Aceleración.

Se mejoró el diseño variando las dimensiones en el interior del ducto por el cual circula el aire, esto para mejorar el cierre de la nueva variante y optimizar la presión y la velocidad de circulación, empleando estudios del teorema de Bernoulli y enfocando en la geometría del tubo Venturi.

Figura 44

Simulación en ANSYS de la presión del flujo con la aleta totalmente cerrada.

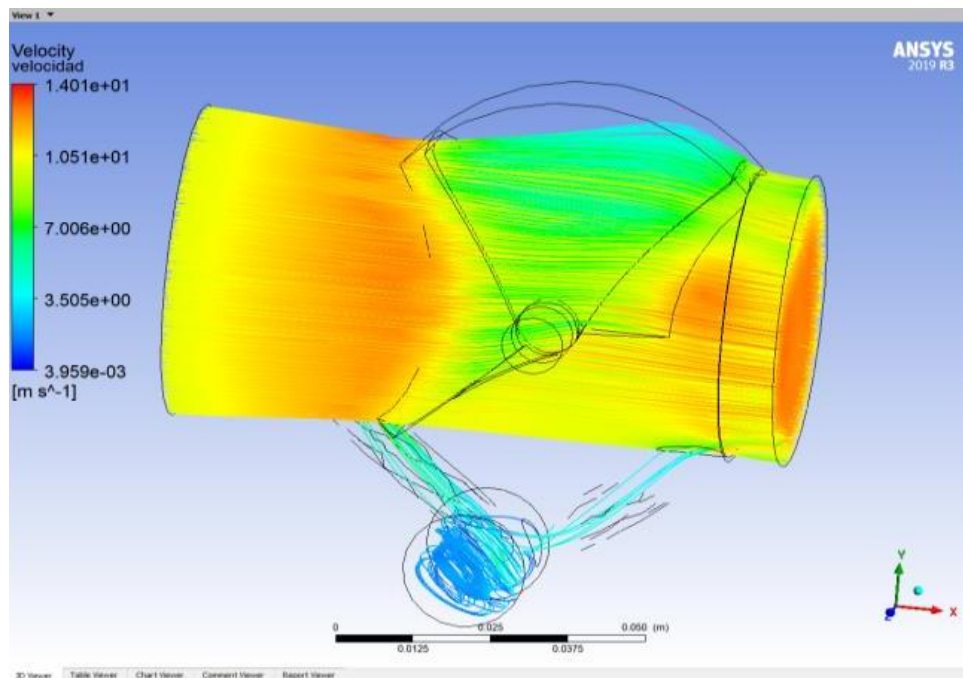


Nota. Simulación de la cuarta propuesta de diseño para la nueva variante de un cuerpo de aceleración, donde se encuentra la aleta de admisión de aire totalmente cerrada y la presión del flujo de aire se encuentra determinado por el software, que es de color azul y se observa como las líneas de presión no completa el recorrido.

En la Figura 44. Se simula la presión del flujo en la cual disminuye la presión al no completar el recorrido generado dentro de la nueva variante, esto se debe a que la aleta de admisión se encuentra totalmente cerrada y por esa condición el valor de presión en la entrada es de 1,0004 atm y en el final de la simulación por el hecho de que la aleta se encuentra cerrada, la presión aumenta a 1,03 atm. Pero se puede apreciar en el gráfico que el flujo de aire se detiene en cierto punto.

Figura 45

Simulación de velocidad del fluido en ANSYS, con la nueva geometría.

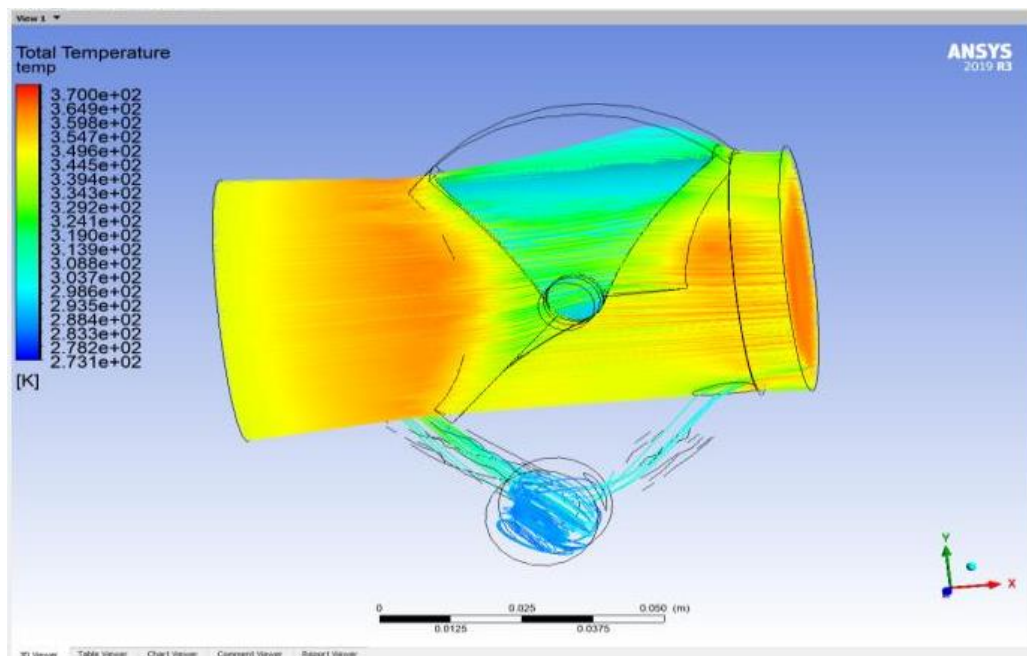


Nota. Se aumento los ductos de la válvula IAC para esta simulación, con el fin de conocer el valor de la velocidad dentro de la nueva variante terminada.

En la Figura 45. Se establece como velocidad media un valor de 10 m/s, mientras que el rango de la velocidad establecido por el simulador es de 0,03 a 14,01 m/s, visualizando los colores generados a cada velocidad que se producen dentro de la variante se puede observar que el color anaranjado predomina en el final del trayecto de la nueva variante, eso determina que la velocidad aumenta 4,01 m/s con respecto a la velocidad media establecida como parámetro en la simulación con la apertura total de la aleta.

Figura 46

Simulación de temperatura del fluido en ANSYS, con la nueva geometría.



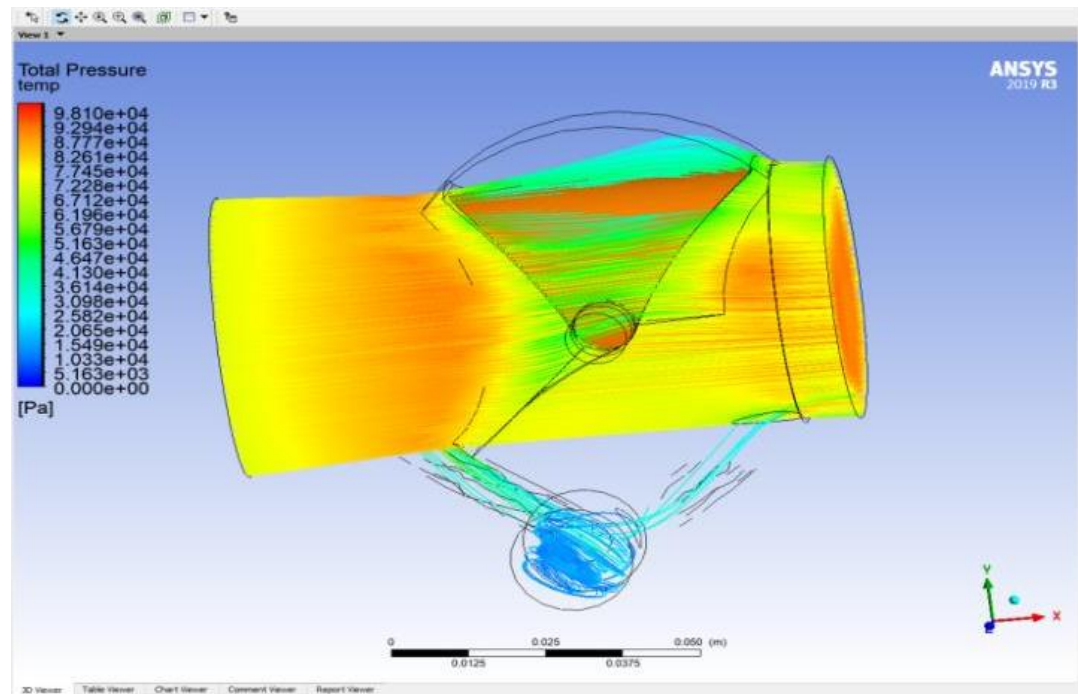
Nota. Se aumentó los conductos de la válvula IAC y se visualiza como circula el aire dentro de la misma, determinando en el paso del flujo de aire la temperatura del fluido en el trayecto dentro de la nueva variante del cuerpo de aceleración.

En la Figura 46. se simuló la temperatura del fluido en el paso dentro de la nueva variante de aceleración en la que se estableció una temperatura media de 25 °C y en el rango generado por el simulador de ANSYS la temperatura va desde 0°C hasta los 96,85 °C. En la paleta de colores que el software establece para determinar entre mayor y menor temperatura, en la simulación se observa que el color predominante es el amarillo y anaranjado, lo que indica una variación de temperatura entre 71,35 °C a 86,65 °C. En el lugar donde se aloja la aleta que se encuentra totalmente abierta, se infiere que las tonalidades de colores son azules o verdes, esto indica que la temperatura en esta sección es de 15,24 °C hasta 66,25 °C lo cual es relativamente baja debido al movimiento que se genera por el fluido.

En la parte de la válvula IAC, se puede apreciar que la temperatura es relativamente baja de 10,15 °C y el paso de aire por el mismo es muy bajo, esto se debe a que la mayor cantidad de aire se dirige a la parte superior que es el canal principal de la aleta.

Figura 47

Simulación de la presión del fluido en ANSYS, con la nueva geometría.



Nota. La presión dentro de la nueva variante del cuerpo de aceleración simulada en el software ANSYS con la aleta totalmente abierta.

En la Figura 47. el valor de presión que se establece como inicial es de 1 atm y el software ANSYS genera un rango desde 0 Pa (0 atm) hasta 98100 Pa (0,96817 atm), para determinar el valor total de la presión, se le suma el valor de 1 atm más lo que está en el rango establecido por el simulador.

El flujo es continuo y casi en su totalidad lineal, se puede ver como a la salida del cuerpo (Parte Derecha) la tonalidad es un poco rojiza con un valor de 1,917246 atm, esto indica que la presión ha aumentado con respecto a la entrada del cuerpo (Parte Izquierda) que es amarillenta con un valor de 1,764372 atm, mientras que la presión en la válvula IAC es baja de tan solo 1,25 atm.

Tabla 16

Valores con la nueva alternativa del cuerpo de aceleración.

MAGNITUD	VALOR	UNIDADES
Velocidad Máx.	14,01	m/s
Velocidad Mín.	0,3959	m/s
Velocidad Med.	10	m/s
Temperatura Máx.	96,85	°C
Temperatura Mín.	0	°C
Temperatura Med.	25	°C
Presión Máx.	14,2282	psi
Presión Mín.	0	psi
Presión Med.	14,6959	psi

Nota. Resultados obtenidos con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración con la aleta totalmente abierta.

Al analizar los valores de las Tabla 15 y Tabla 16 del cuerpo de aceleración estándar y de la alternativa para el cuerpo de aceleración respectivamente, se conoce que la velocidad es ligeramente mayor en la nueva alternativa para el cuerpo con un valor máximo de 14,01 m/s, mientras que en el cuerpo de aceleración estándar este valor disminuye a 13,97 m/s.

En cuanto a temperatura se concluye que los dos cuerpos mantienen las mismas temperaturas relativamente bajas en un rango desde los 20 °C hasta los 35 °C.

Mientras que en las presiones generadas en cada una de los cuerpos de aceleración son similares, se aprecia mediante los resultados arrojados por el simulador ANSYS que en el cuerpo de aceleración original la presión máxima es mayor con un valor de 14,254 psi comparada a la presión de nueva alternativa del cuerpo de aceleración con un valor de 14,2282 psi; pero analizando la Figura 34. que pertenece al cuerpo de aceleración original, respecto a la Figura 47, que hace referencia a la alternativa del cuerpo de aceleración, se aprecia que el rango de presión es más alto y estable con valores de 10,4833 psi hasta 13,4798 psi en todo el trayecto del flujo de aire en la Figura 47, en comparación a la Figura 34 cuyo rango es menor con valores desde 7,5028 psi hasta 11,2534 psi en todo el trayecto del flujo de aire. En efecto la presión máxima es más alta en el cuerpo de aceleración original, mientras que el rango de presiones es más alto y estable en la nueva alternativa del cuerpo de aceleración.

3.3.10. Manufactura

Según Leal (2011) en la actualidad la manufactura se la entiende como la capacidad de generar un producto mediante diferentes procesos mecánicos, químicos y físicos dando como resultado un producto específico que satisfaga las necesidades de trabajo (p. 2).

En el contexto de la manufactura existen diferentes procesos que brindan un valor agregado al producto final, pero se detallan solo los que han sido empleado en la elaboración de la nueva variante para el cuerpo de aceleración del motor GW491QE, que según Leal (2011) son operación de Formado, el presente proceso es el que, mediante un aumento de temperatura combinado con la aplicación de una fuerza, genera la forma deseada del producto, estos procesos pueden ser el forjado y el fundido entre los más conocidos; operación de Mejoras de Propiedades, este proceso emplea la temperatura a favor de que el material sometido aumente sus propiedades físicas, químicas y mecánicas; proceso de Ensamble, este proceso se lo emplea cuando existe la necesidad de usar tornillos, pernos, tuercas, etc con la finalidad de unir una o

más piezas entre sí. Se usa este proceso ya que posterior a la impresión 3D, se ensambla las partes de la nueva variante del cuerpo de aceleración (p. 2)

En el presente proyecto se emplea la operación de formado al momento de dar la forma deseada al filamento de P.L.A. mediante la impresora 3D que aplica un aumento de temperatura y una fuerza para dar la forma requerida por el programa.

También se emplea el proceso de mejora de propiedades del material al momento de imprimir las partes en P.L.A. ya que el material es sometido a altas temperaturas y de esa manera aumenta su resistencia.

Para la manufactura de la nueva variante de un cuerpo de aceleración para el motor GW491QE, se empleó un termoplástico conocido comercialmente como P.L.A. (Ácido Poliláctico), que gracias a sus propiedades térmicas, físicas y mecánicas es ideal para la manufactura de la nueva variante del cuerpo de aceleración.

El material que se eligió se encuentra especificado en las Tabla 12 y Tabla 13, demuestra que el P.L.A. es un plástico muy resistente a la temperatura y será de gran ayuda, debido a que el nuevo cuerpo se encuentra en el compartimiento del motor mismo que posee temperaturas relativamente elevadas en comparación con el ambiente.

Para determinar la temperatura del material, se realizaron pruebas en un horno industrial el cual mantiene temperaturas de trabajo de 0 °C – 300 °C, la prueba fue llevada a cabo con la pieza totalmente impresa y con un relleno de filamento P.L.A. previamente moldeado al 100%.

Dicha prueba se realiza con el fin de someter a la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración a un ambiente muy parecido al que es común en un motor de gasolina.

Figura 48

Cuerpo de aceleración sometido a altas temperaturas.



Nota. La prueba se realizó con el cuerpo totalmente ensamblada dentro del horno industrial para realizar la prueba de temperatura con valores iniciales en temperatura de 120 °C y por un tiempo de 30 minutos.

Figura 49

Alternativa del cuerpo de aceleración después de la prueba de temperatura.



Nota. Presenta deformación del material después de aproximadamente una hora de pruebas.

Durante la prueba de temperatura se dio inicio con un valor de temperatura un poco elevado de 120 °C en relación con la temperatura media que posee un motor a gasolina 4T que es de 90 °C. En la prueba de temperatura se aumentó la temperatura en 10 °C cada 15 minutos, hasta que presentó alguna deformación en el cuerpo Figura 49.

Tabla 17

Pruebas de temperatura.

Temperatura(°C)	Tiempo(min.)	Deformación
120	15	No
130	15	No
140	15	No
149	15	Si

En la Tabla 17. Se puede ver la variación de temperatura en función del tiempo, dando como resultado que a los 149 °C el cuerpo presenta una deformación en la entrada de aire y en los soportes que regulan la apertura y cierre de la aleta como se muestra en la Figura 49.

Se llegó a la conclusión que el material P.L.A. resiste hasta los 149 °C, temperatura en la que ya presenta alteración y deformación, las propiedades que se presentaron inicialmente en la Tabla 13. Indica que la temperatura promedio del P.L.A. es de 145 °C – 177°C, de esa manera y gracias a las pruebas que se realizaron en la nueva alternativa del cuerpo de aceleración con material PL.A., se comprueba que la resistencia del material está ubicada dentro del rango de especificaciones establecidas por el fabricante.

3.3.10.1. Impresora 3D “Artillery SideWinder X1”. Como principal herramienta para la manufactura de las piezas diseñadas, se dará uso a una impresora 3D “Artillery SideWinder X1”, la cual es una herramienta que está a la vanguardia en tecnología en lo que a impresoras 3D se refiere, esto gracias a su velocidad de impresión, detectores de falta de filamento, calidad de acabado en la impresión y especialmente a su alta gama de materiales que puede emplear.

Tabla 18

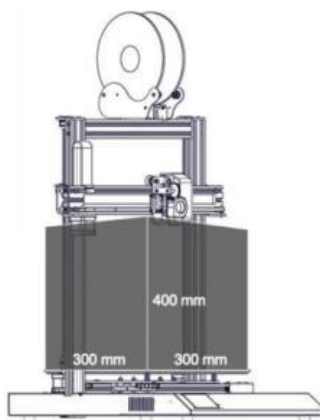
Especificaciones Técnicas de la Impresora 3D "Artillery SideWired X1".

Marca	Artillery
Modelo/Año	SideWired X1/2020
Área de Impresión	300mmX300mmX400mm
Materiales Filamento	PLA, APS, TPU, PET-G, PLA (flexible), PVA, HIPS
Velocidad Mínima de Impresión	60 mm/s
Velocidad Máxima de Impresión	150 mm/s
Temperatura de boquilla Impresión	180 °C – 240 °C
Temperatura de la cama de Impresión	65 °C
Calidad e Impresión	Hasta 50 micras
Superficie de Impresión	Cerámica de Vidrio
Diámetro del Filamento	1,75mm
Calibración	Manual
Consumo de Energía Eléctrica	100V – 240V 600W

Nota. Especificaciones proporcionadas por el fabricante de la impresora 3D. Recuperado de Artillery3D, 2020, (<https://artillery3d.es/artillery-sidewinder-x1/>). Copyright 2020 por la Compañía Artillery3D. Reprinted with permission.

Figura 50

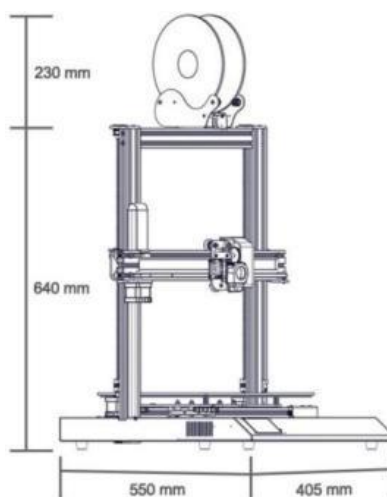
Impresora 3D "Artillery SideWinder X1".



Nota. Espacio de trabajo, largo y ancho de 300mm, mientras que la altura llega a los 400mm. Adaptado de *Artillery Sidewinder X1* [Fotografía], por Artillery3D, 2020, Artillery3d (<https://artillery3d.es/artillery-sidewinder-x1/>) CC BY 2.0

Figura 51

Impresora 3D "Artillery SideWinder X1".



Nota. Dimensiones físicas externas ancho 405mm, largo 550mm, altura de los rieles verticales 640mm y la altura del porta filamento de 230mm. Adaptado de *Artillery Sidewinder X1* [Fotografía], por Artillery3D, 2020, Artillery3d (<https://artillery3d.es/artillery-sidewinder-x1/>) CC BY 2.0

3.4. Construcción.

Se procedió a realizar el armado de las diferentes piezas creadas en la impresora 3D, se toma en cuenta la implementación de empaques en las uniones para el cierre adecuado de la nueva variante del cuerpo de aceleración.

A su vez también se realizó una primera prueba de impresión 3D para verificar fallas y detalles que fueron corregidos al momento de tener la pieza de forma física, la primera impresión se la realizó con filamento para impresoras 3D conocido como P.L.A. (Ácido Poliláctico) el cual es un material muy similar al T.P.U. en cuanto a aspecto físico, acabado de la impresión y resistencia del material en general.

La segunda impresión fue la definitiva para proceder con la instalación en el motor y posterior realizar las pruebas de Torque y Potencia que permite determinar el comportamiento del motor con esta nueva variante del cuerpo de aceleración.

Las dimensiones de los pernos y tornillos se los seleccionó acorde a las medidas del cuerpo y al uso que se las va a dar, como medidas para la unión de las dos partes del cuerpo se emplearán tornillos M4 que poseen un paso de 0,7 mm y un diámetro mayor de 4 mm. Para la unión del sensor electrónico como el T.P.S. (Sensor de Posición de Mariposa) y para la válvula I.A.C. (Válvula Ralentí), se usará tornillos M4 con un paso de rosca de 0,7 mm y un diámetro mayor de 4 mm.

Para determinar las medidas de tornillos y pernos, se adopta las medidas del cuerpo de aceleración estándar de esa manera se evita el sobredimensionamiento y se reduce peso en la nueva variante del cuerpo de aceleración.

3.4.1. Diagrama de Procesos.

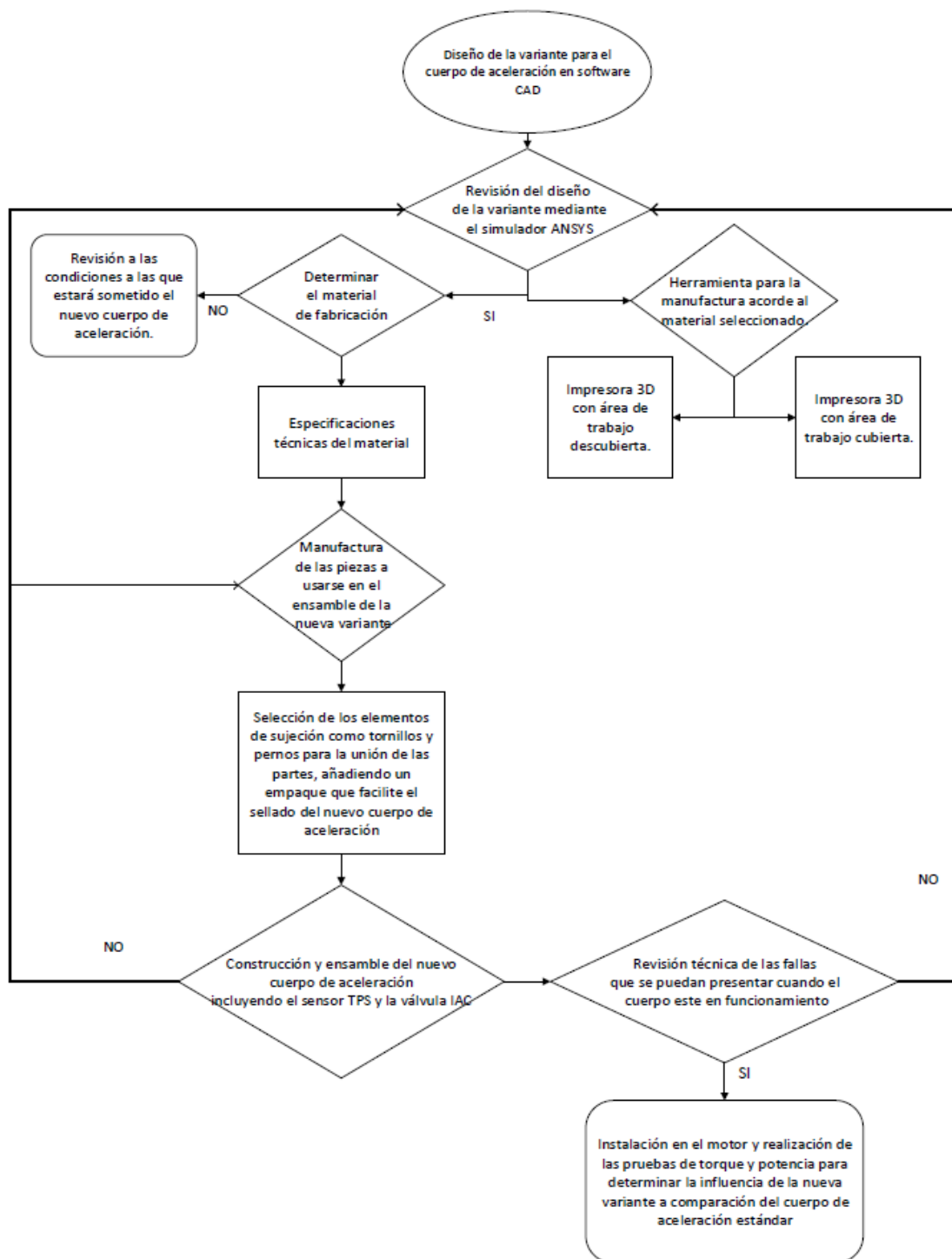
Se tomará en cuenta el proceso desde su inicio, que es el diseño en el software para proseguir con la creación del cuerpo que va a ser manufacturado con un método muy moderno que es la impresión 3D y para lo cual se ha seleccionado un material acorde a las necesidades presentadas en el proyecto, como por ejemplo una resistencia a altas temperatura de un valor considerable, una resistencia a la torsión de igual manera que sea de un valor relativamente alto y que a su vez que dicho material sea resistente a las diferentes condiciones a las que pueda estar sometido el motor.

Posterior a la manufactura con el material seleccionado, se procederá al armado de las piezas con tornillos y pernos para su adecuada sujeción incluyendo entre las uniones un empaque para evitar pérdidas de fluido al momento de su uso.

Siguiendo el proceso, después del ensamble de la pieza con los tornillos, pernos y reguladores de la aleta de la nueva variante, se procede con la instalación en el motor del vehículo de pruebas y se inicia el protocolo de pruebas de Torque y Potencia, en el presente proyecto de investigación se eligió las pruebas en el dinamómetro con rodillos, en el que al vehículo se lo ubica en los rodillos del dinamómetro de tal manera que se encuentren en contacto con las ruedas del eje motriz del vehículo que son las ruedas posteriores las que brindan todo el movimiento en el automotor.

Figura 52

Diagrama de procesos para la manufactura de la pieza.



Nota. Diagrama de procesos en los que se inicia desde el diseño de la pieza en ANSYS y parte hacia la selección del material y la impresora a utilizar.

3.4.2. Fabricación del nuevo cuerpo de aceleración.

En la manufactura y creación de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, se realizó tres pruebas de impresión de cada una de las piezas que se usará en el armado del cuerpo, de esa manera se logra corregir varios errores presentes en el cuerpo de manera física ya que los simuladores ni el software ayudaban a identificar.

3.4.2.1. Primera Prueba de Impresión: En la primera impresión que se realizó, se trabajó con el material elegido que es el P.L.A., en este caso de una tonalidad un poco amarilla, a su vez también se procedió con el armado de las partes con pernos y tornillos para lograr una sujeción firme.

Figura 53

Primera prueba de impresión de la parte superior para la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.



Nota. La pieza mostrada, pertenece a la parte superior de la nueva alternativa ubicada sobre una superficie de vidrio para evitar que el material se pegue, se puede visualizar el mecanismo de impresión y como se forma la pieza por capas de material.

Figura 54

Primera prueba de impresión de la parte inferior de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.



Nota. Se inicio la segunda prueba de impresión sobre una superficie de vidrio, para evitar que el material se pegue, se muestra el motor de la boquilla que va trazando el diseño con el material P.L.A.

Figura 55

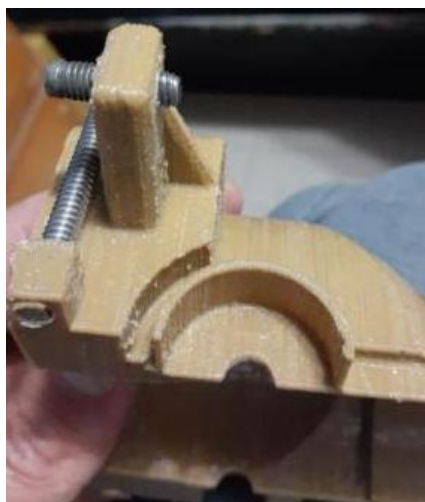
Primera prueba de impresión con todas las piezas terminadas.



Nota. Las piezas se las imprimió con relleno del material al 100%, para que sea resistente a las condiciones que se lo ha sometido.

Figura 56

Primera prueba de impresión terminada al 100% de material PLA.



Nota. Se colocó los pernos regulables para la apertura y cierre de la aleta a su vez que se ubica también los pernos que sujetaran firmemente la parte superior con la inferior.

Figura 57

Primera prueba armada con todos sus componentes.



Nota. Armado completo de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, incluido el resorte de la aleta con pernos de sujeción y los que ayudaran a regular la apertura y cierre de la aleta.

Al realizar la primera impresión de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, se visualiza que el juego que se presentaba entre la aleta y las paredes del cuerpo era muy elevado, producto de ello el aire pasaba en gran cantidad hacia el motor, lo cual provoca que en ralentí el régimen de giro sea elevado.

El acabado que se obtuvo con la primera impresión fue muy rugoso y áspero, lo que genera cierta resistencia en el aire o algún tipo de alteración; también se presentaron fallas en la parte de la válvula IAC y del sensor TPS, en caso de la válvula IAC estaba muy sobredimensionada lo cual provoco que al momento de la instalación en el motor no entrara en su totalidad la parte en la que se pretendía colocar la válvula. Mientras que en el caso del sensor TPS, el eje de la aleta no coincidía con la ranura que posee el sensor por defecto no se pudo sentir el movimiento de apertura y cierre de la aleta.

3.4.2.2. Segunda Prueba de Impresión: En esta segunda prueba se realizaron varias mejoras en el cuerpo y en la aleta que son la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, con las nuevas mejoras se logró reducir el tamaño longitudinal del cuerpo en 2 cm.

Figura 58

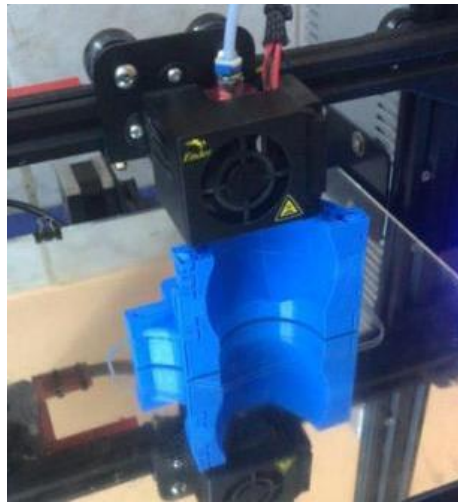
Segunda impresión de la parte inferior del cuerpo.



Nota. Impresión de la parte inferior, adquiriendo mejoras en el acabado de la pieza y en el relleno de esta con el fin de lograr una mayor resistencia.

Figura 59

Segunda impresión de la parte superior del nuevo cuerpo.



Nota. Impresión de la parte superior del cuerpo con mejora en las dimensiones de los topes que regularan la apertura y cierre de la aleta y la altura se redujo 2 cm.

Figura 60

Segunda impresión de la aleta.



Nota. Impresión de la aleta, con mejoras en su acabado de impresión y con un relleno más robusto en su interior para brindar más resistencia al momento de apertura y cierre.

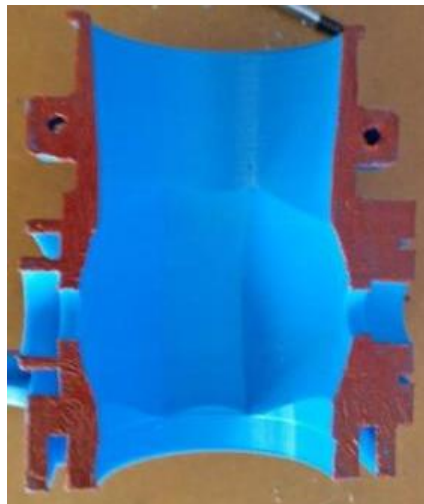
Se seleccionó a la segunda impresión como la definitiva para el posterior ensamble de sus partes y componentes electrónicos, debido a que los resultados que obtuvo en las pruebas de simulación en el software ANSYS, arrojó resultados positivos en el paso de fluido dentro del cuerpo y también brindó un mejor cierre en la aleta, esto permite que no existan fugas de aire y no se altere las revoluciones del motor en el estado de reposo o ralentí.

3.4.3. Ensamble de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.

Una vez obtenidas todas las piezas impresas, se procede con el ensamble de dichas partes usando tornillos para sujetar la parte superior con la inferior, la medida seleccionada para los tornillos es de 4 mm de diámetro y 30 mm de largo, a su vez se colocó tuercas para asegurar de mejor manera las dos partes del cuerpo y evitar que por efecto de las vibraciones del motor se aflojen los tornillos.

Figura 61

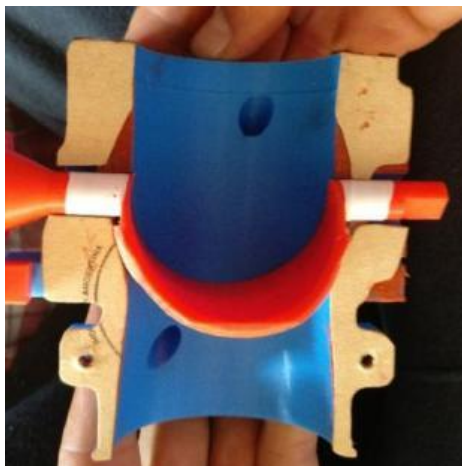
Preparación de las uniones de la parte superior del cuerpo con adición de silicona.



Nota. Se adiciona silicona resistente a la temperatura para que ayude al cierre de las dos partes que conforman el cuerpo de la nueva alternativa, de esa manera se reduce las fugas que pueda presentar.

Figura 62

Ubicación de la aleta en la parte inferior del cuerpo.



Nota. Para un mejor sellado del cuerpo se adiciona “papel victoria” ubicado en la unión entre las dos partes del cuerpo, a su vez se colocó la aleta con un poco de teflón en sus ejes para reducir desgaste y mejorar el sellado.

Figura 63

Ensamble de todas las partes de la nueva alternativa del cuerpo de aceleración.



Nota. Se emplearon tornillos de 4 mm de diámetro y 30 mm de largo, para sujetar la parte superior e inferior y adicional a esto se colocó una tuerca para un mejor apriete y sellado con el empaque.

Figura 64

Alternativa para el cuerpo de aceleración ensamblado.



Nota. Ensamblaje de todas las partes de la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, aumentando el resorte en la aleta que permitirá la apertura y cierre de la misma.

3.4.4. Montaje de los componentes electrónicos.

Una vez ensamblado totalmente la nueva alternativa del cuerpo de aceleración, se procede con la instalación de el sensor de posición de la mariposa (T.P.S.), que es el que manda la señal a la computadora de que se genera la apertura y cierre de la aleta; También se instaló la válvula IAC o ralentí como generalmente se conoce.

Figura 65

Instalación de la Válvula IAC.



Nota. Para realizar el ajuste en la válvula, se emplean tornillos de la misma medida que los estandar del cuerpo de aceleración original.

Figura 66

Instalación del sensor TPS.



Nota. Se instaló el sensor TPS, calibrando de acuerdo con la nueva aleta y para el ajuste se emplearon los tornillos con la misma medida que llevaba en el cuerpo de aceleración estándar.

CAPÍTULO IV
IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA PARA EL DISEÑO DE LA MARIPOSA
DE ACELERACIÓN CONVENCIONAL

4.1. Pruebas del M.C.I. con el Cuerpo de Aceleración Convencional en el Dinamómetro de Rodillos.

Para determinar los parámetros característicos del motor usado en el proyecto, se inicia un protocolo de pruebas en un dinamómetro de rodillos ubicado en los laboratorios del CICCEV, entidad que brindo soporte técnico antes y durante las pruebas de Torque – Potencia, tanto con el cuerpo de aceleración convencional como con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración convencional.

4.1.1. Primera Prueba con el Cuerpo de Aceleración Convencional.

Tabla 19

Datos obtenidos en la Prueba #1.

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda}[HP]	P_{motor}[HP]	P_{Normal}[HP]	M_{Normal}[lbf·ft]
1800	31,1	14,5	21,7	31,2	91,1
1900	32,8	14,2	21,8	31,4	86,9
2000	34,5	14,8	22,9	33,0	86,7
2100	36,2	16,0	24,7	35,6	89,0
2200	38,0	18,4	27,6	39,7	94,8
2300	39,7	20,9	30,6	44,1	100,8
2400	41,4	22,7	33,0	47,6	104,1
2500	43,1	21,5	32,4	46,8	98,3
2600	44,9	18,7	30,3	43,6	88,1
2700	46,6	18,1	30,3	43,7	84,9
2800	48,3	17,4	30,3	43,7	81,9
2900	50,0	17,1	30,6	44,1	79,8
3000	51,8	16,5	30,6	44,1	79,8
3100	53,5	15,6	30,5	44,0	74,6
3200	55,2	15,3	31,0	44,7	73,3
3300	56,9	15,1	31,5	45,4	72,3
3400	58,7	16,0	32,9	47,5	73,3
3500	60,4	17,3	34,5	49,7	74,6

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [lbf·ft]
3600	62,1	18,2	35,6	51,3	74,9
3700	63,8	19,3	37,4	53,9	76,5
3800	65,6	20,9	40,6	58,5	80,9
3900	67,3	23,0	43,8	63,2	85,1
4000	69,0	23,3	45,2	65,1	85,5
4100	70,7	22,0	44,9	64,8	83,0
4200	72,5	21,4	45,4	65,4	81,8
4300	74,2	22,4	47,2	68,1	83,2
4400	75,9	26,6	52,5	75,7	90,3
4500	77,6	30,8	57,7	83,2	97,1
4600	79,4	32,2	60,2	86,8	99,1

Nota. Resultados después de haber sometido al motor en 4^{ta} marcha directa en el dinamómetro con rodillos, los datos en color anaranjado muestran los “Valores Máximos”, mientras que los datos en color celeste muestran los “Valores Mínimos”

La prueba se realiza en 4^{ta} marcha directa para obtención de datos que se muestran en la Tabla 19. las revoluciones del motor se encuentra en un régimen inicial de revoluciones con un valor de 1800 rpm, siendo este dato el valor referencial para obtener los valores iniciales del motor como la velocidad que tiene un valor de 31,1 Mph(50,05 km/h), con una potencia normal de 31,2 HP y un torque o par de 98,0256 N.m; Tambien se aprecia que los valores máximos presentados en la primera prueba no son iguales a los datos brindados por el fabricante como se puede comparar en la Tabla 3, los datos generados en la prueba a 4600 rpm de la potencia son de 86,8 HP además de un torque de 141,14 N.m a 2400 rpm.

Tabla 20

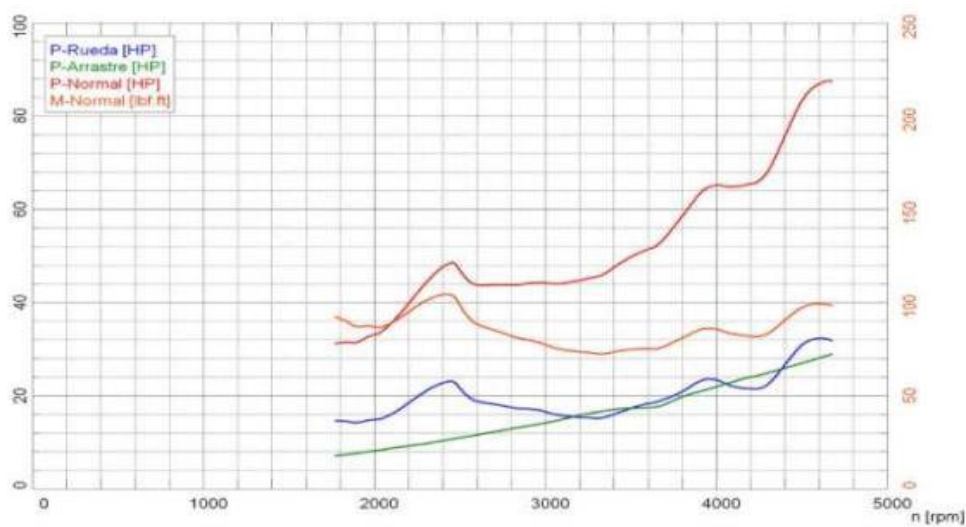
Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 1.

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Potencia Normal	87,5	HP
Potencia Rueda	31,9	HP
Potencia Arrastre	28,8	HP
Torque o Par	141,41	N.m
Temperatura Ambiente	19,27	°C
Temperatura Aire Aspirado	17,270	°C
Presión Aire	732,7	hPa

En la Figura 67 Se detalla las curvas de Torque y Potencia resultado de la prueba realizada en el dinamómetro, en la cual se obtiene cuatro curvas de diferentes colores, la curva de color azul representa la potencia de la rueda con un valor máximo de 31,9 HP, la curva de color verde representa el arrastre generado con un valor de 28,8 HP, la curva de color rojo representa la potencia normal con un valor de 87,5 HP y finalmente la curva en color naranja que representa el torque o par generado con un valor de 141,41 Nm (104,3 lbf.ft)

Figura 67

Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 1.



Nota. Prueba realizada con el motor en 4^{ta} marcha directa.

4.1.2. Segunda Prueba con el Cuerpo de Aceleración Convencional.

Tabla 21

Datos obtenidos en la Prueba #2.

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [lbf.ft]
1800	31,1	17,5	24,3	35,1	102,3
1900	32,8	18,3	25,5	36,8	101,7
2000	34,5	19,4	27,1	39,1	102,8
2100	36,2	21,0	29,2	42,1	105,2
2200	38,0	23,2	31,9	46,0	109,8
2300	39,7	25,2	34,4	49,6	113,3
2400	41,4	27,0	36,8	53,1	116,1
2500	43,1	28,1	38,4	55,4	116,4
2600	44,9	29,0	40,0	57,6	116,4
2700	46,6	29,5	41,0	59,2	115,1
2800	48,3	29,9	42,0	60,5	113,5
2900	50,0	30,3	43,0	62,0	112,2
3000	51,8	30,7	44,0	63,5	111,2
3100	53,5	31,1	45,2	65,2	110,4
3200	55,2	31,5	46,4	66,9	109,8
3300	56,9	32,0	47,4	68,4	109,8
3400	58,7	32,5	48,6	70,1	108,2
3500	60,4	32,9	49,2	71,0	106,5
3600	62,1	33,1	49,5	71,5	104,3
3700	63,8	34,2	51,5	74,3	105,5
3800	65,6	35,5	54,3	78,4	108,3
3900	67,3	37,5	57,2	82,6	111,2
4000	69,0	37,2	57,5	83,2	109,3
4100	70,7	36,1	57,1	82,3	105,4
4200	72,5	35,6	57,2	82,5	103,2
4300	74,2	35,5	58,0	83,7	102,2
4400	75,9	36,1	59,5	85,8	102,4
4500	77,6	36,6	60,8	87,8	102,4
4600	79,4	36,2	61,4	88,5	101,1
4700	81,1	35,2	61,3	88,5	98,9

Nota. Resultados después de haber sometido al motor en 4^{ta} marcha directa en el dinamómetro con rodillos, los datos en color anaranjado muestran los “Valores Máximos”, mientras que los datos en color celeste muestran los “Valores Mínimos”

Al igual que en la primera prueba, la prueba se realiza en 4^{ta} marcha directa para poder obtener los datos que se muestran en la Tabla 21, las revoluciones del motor se encuentran a 1800 rpm, siendo este dato el valor mínimo o referencial para obtener los valores iniciales del motor, como la velocidad que tiene un valor de 31,1 Mph(50,05 km/h), con una potencia normal de 35,1 HP y un torque o par de 134,09 N.m; Tambien se observa que los valores máximos presentan los datos a un régimen de 4700 rpm con un valor de la potencia de 88,5 HP y a 2600 rpm un torque de 157,82 N.m

Tabla 22

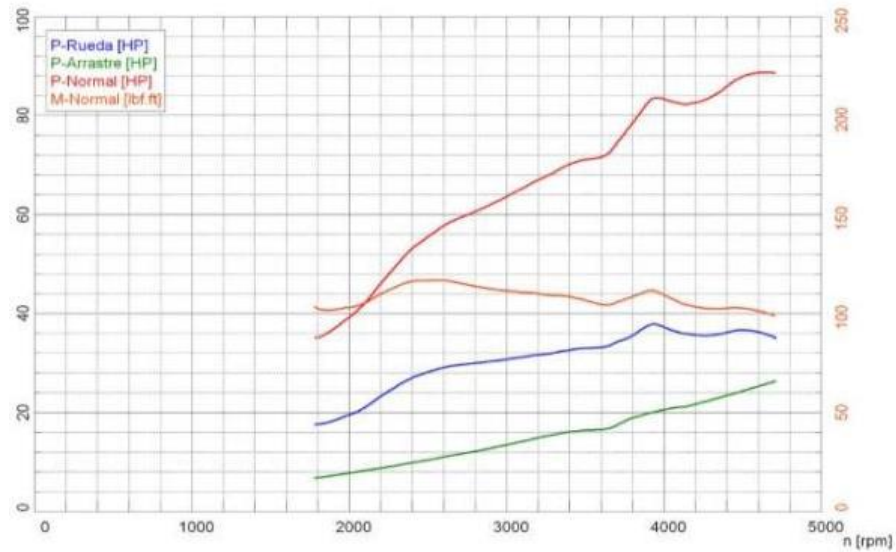
Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 2.

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Potencia Normal	88,6	HP
Potencia Rueda	35,6	HP
Potencia Arrastre	25,8	HP
Torque o Par	157,95	Nm
Temperatura Ambiente	20,24	°C
Temperatura Aire Aspirado	17,6	°C
Presión Aire	732,7	hPa

En la Figura 68 Se detalla las curvas de Torque y Potencia resultado de la prueba realizada en el dinamómetro, en la cual se obtiene cuatro curvas de diferentes colores, la curva de color azul representa la potencia de las ruedas con un valor máximo de 35,6 HP, la curva de color verde representa el arrastre generado con un valor de 25,8 HP, la curva de color rojo representa la potencia normal con un valor de 88,6 HP y finalmente la curva en color naranja que representa el torque o par generado con un valor de 157,95 N.m (116,5 lbf.ft)

Figura 68

Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 2.



4.1.3. Tercera Prueba con el Cuerpo de Aceleración Convencional.

Tabla 23

Datos obtenidos en la Prueba #3.

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [lbf.ft]
1800	31,1	13,6	19,9	28,7	83,9
1900	32,8	14,1	20,9	30,1	83,1
2000	34,5	15,5	22,7	32,7	86,0
2100	36,2	16,7	24,4	35,1	87,8
2200	38,0	18,7	26,8	38,6	92,3
2300	39,7	21,3	29,9	43,1	98,4
2400	41,4	23,5	32,6	47,0	103,0
2500	43,1	22,6	32,3	46,5	97,7
2600	44,9	21,7	31,9	46,0	92,8
2700	46,6	21,4	32,3	46,4	90,3
2800	48,3	21,2	32,6	47,0	88,1
2900	50,0	20,6	32,6	47,0	85,2
3000	51,8	20,2	32,9	47,4	83,1
3100	53,5	19,8	33,1	47,8	80,9
3200	55,2	19,6	33,5	48,3	79,2
3300	56,9	19,9	34,3	49,5	78,8

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [lbf·ft]
3400	58,7	18,2	33,1	47,8	73,8
3500	60,4	17,2	32,4	46,7	70,1
3600	62,1	18,0	33,2	48,0	70,0
3700	63,8	18,9	35,2	50,8	72,1
3800	65,6	22,9	40,6	58,6	81,0
3900	67,3	29,5	48,1	69,4	93,4
4000	69,0	35,6	55,2	79,6	104,6
4100	70,7	35,6	56,3	81,2	104,0
4200	72,5	35,1	57,0	82,3	102,9
4300	74,2	34,8	58,3	84,1	102,7
4400	75,9	35,4	59,9	86,5	103,2
4500	77,6	36,9	62,4	90,1	105,1
4600	79,4	37,4	64,0	92,4	105,5

Nota. Resultados después de haber sometido al motor en 4^{ta} marcha directa en el dinamómetro con rodillos, los datos en color anaranjado muestran los “Valores Máximos”, mientras que los datos en color celeste muestran los “Valores Mínimos”

Los datos que se muestran en la Tabla 23. Las revoluciones se encuentra a 1800 rpm siendo este el valor referencial para obtener los valores iniciales del motor, como la velocidad que tiene un valor de 31,1 Mph(50,05 km/h), con una potencia normal de 28,7 HP y un torque o par de 94,90 N.m a 3600 rpm; los datos máximos a un régimen de 4600 rpm con un valor de la potencia de 92,4 HP y un torque de 143,04 N.m

Tabla 24

Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 3.

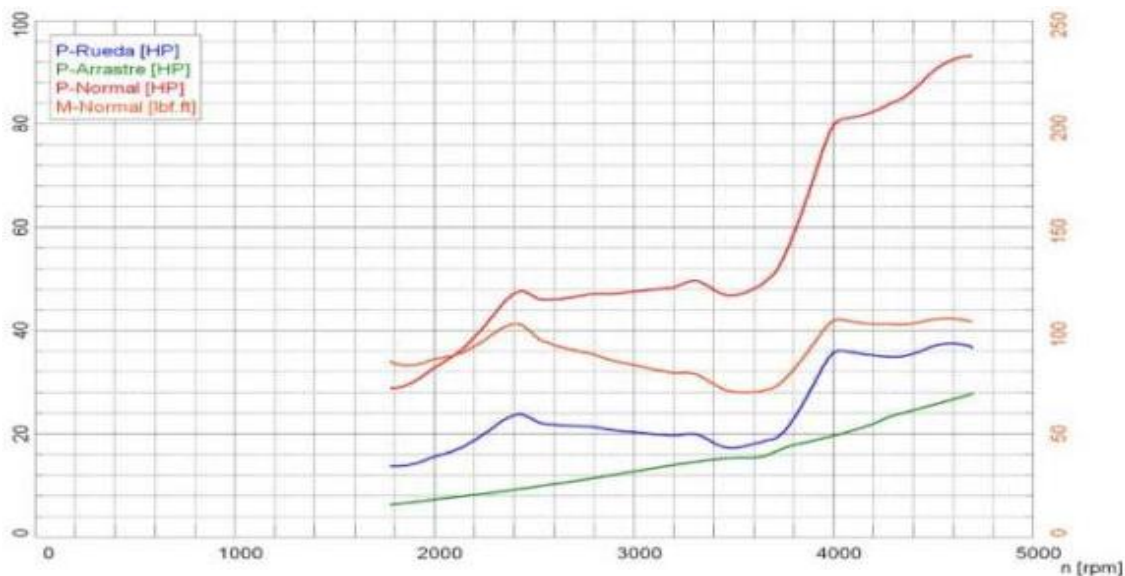
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Potencia Normal	93	HP
Potencia Rueda	36,8	HP
Potencia Arrastre	27,6	HP

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Torque o Par	143,17	Nm
Temperatura Ambiente	20,5	°C
Temperatura Aire Aspirado	17,88	°C
Presión Aire	732,7	hPa

En la Figura 69. Se detalla las curvas de Torque y Potencia resultado de la prueba realizada en el dinamómetro, en la cual se obtiene cuatro curvas de diferentes colores, la curva de color azul representa la potencia de la rueda con un valor máximo de 36,8 HP, la curva de color verde representa el arrastre generado con un valor de 27,6 HP, la curva de color rojo representa la potencia normal con un valor de 93 HP y finalmente la curva en color naranja que representa el torque o par generado con un valor de 143,17 N.m (105,6 lbf.ft)

Figura 69

Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 3.



4.1.4. Conclusiones y Resultados Obtenidos con el Cuerpo de Aceleración Convencional.

Tabla 25

Resultados obtenidos en todas las pruebas en la primera condición.

Parámetros Unidades	Potencia			Torque		
	kw	HP	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
Prueba 1	65,2	87,5	4665	141,41	104,3	2420
Prueba 2	66,2	88,6	4665	157,95	116,5	2585
Prueba 3	69,4	93,0	4685	143,17	105,6	4570
Norma de Corrección	ISO 1585					

Nota. Datos obtenidos en todas las pruebas con el cuerpo de aceleración convencional, sometiendo el motor en 4^{ta} marcha en el dinamómetro.

Con el cuerpo de aceleración estándar se realizan tres pruebas en la que los resultados son mostrados en la Tabla 25 aplicando la norma ISO 1585, en función de los datos anteriormente establecidos se infiere que la potencia máxima obtenida está en la prueba tres con 93,0 HP y un régimen de revoluciones de 4685 rpm, mientras que el torque máximo se encuentra en la prueba dos con un valor numérico de 157,95 N.m a 2585 rpm.

Al verificar los datos de la potencia máxima y del torque máximo, se puede concluir que los valores de las magnitudes presentadas son menores a los valores dados por el fabricante que son de 98 HP/ 4600 rpm para la potencia y de 180 N.m/ 2400 – 2800 rpm.

4.2. Proceso de Instalación de la Alternativa para el Cuerpo de Aceleración Convencional.

Figura 70

Ubicación de los empaques que van en la entrada del múltiple de admisión.



Nota. Los empaques fueron fabricados en papel victoria, que es un tipo de papel que se emplea como empaque para diversos trabajos en la mecánica.

Figura 71

Instalación de la nueva alternativa del cuerpo de aceleración en el motor.



Nota. Se procedió a instalar el nuevo cuerpo de aceleración, empleando los pernos que también se usa en el cuerpo estándar.

Figura 72

Ajuste del cable del pedal de aceleración.



Nota. Se calibro el cable del pedal de aceleración de acuerdo con la apertura de la aleta, también procedió con la conexión de los sensores y la válvula.

4.3. Pruebas del M.C.I. con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración en el Dinamómetro de Rodillos.

Antes de iniciar las pruebas con la nueva alternativa para la aleta del cuerpo de aceleración, se la instaló y se verificó que su funcionamiento sea el adecuado para posteriormente ubicarlo en el dinamómetro de rodillos el cual va a someter al motor a un régimen de giro muy elevado en la 4^{ta} marcha de forma directa, dando como resultado la potencia y el torque que se adquiere con esta nueva alternativa para el cuerpo de aceleración.

Los resultados son comparados con los del cuerpo de aceleración convencional, de esa manera se puede comprobar el comportamiento del motor al alterar la geometría original del cuerpo de aceleración.

4.3.1. Primera Prueba con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración.

Tabla 26

Datos obtenidos en la Prueba 1.

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [<i>lbf</i> ·ft]
1800	31,1	16,3	23,7	34,3	100,0
1900	32,8	17,1	25,0	36,1	99,7
2000	34,5	18,0	26,4	38,2	100,2
2100	36,2	19,3	28,3	40,9	102,3
2200	38,0	21,5	31,0	44,8	106,9
2300	39,7	23,6	33,7	48,7	111,2
2400	41,4	25,2	35,9	51,9	113,6
2500	43,1	26,4	37,7	54,5	114,5
2600	44,9	27,4	39,3	56,8	114,7
2700	46,6	27,7	40,3	58,3	113,3
2800	48,3	28,0	41,4	59,7	112,0
2900	50,0	28,1	42,2	60,9	110,3
3000	51,8	21,8	36,7	53,0	92,7
3100	53,5	21,8	37,5	54,1	91,7
3200	55,2	25,5	41,8	60,4	99,1
3300	56,9	28,5	45,5	65,7	104,6
3400	58,7	29,6	47,1	68,0	105,0
3500	60,4	30,1	47,9	68,0	105,0
3600	62,1	30,8	48,9	70,7	103,1
3700	63,8	32,1	51,4	74,3	105,5
3800	65,6	33,2	54,1	78,1	108,0
3900	67,3	34,6	56,4	81,4	109,7
4000	69,0	34,0	57,0	82,3	108,1
4100	70,7	32,9	57,5	83,0	106,3
4200	72,5	32,2	58,6	84,6	105,8
4300	74,2	32,3	59,9	86,5	105,6
4400	75,9	32,6	61,4	88,7	105,8
4500	77,6	32,7	62,8	90,7	105,8
4600	79,4	31,0	62,3	90,0	102,8

Nota. Resultados después de haber sometido al motor en 4^{ta} marcha directa en el

dinamómetro con rodillos, los datos en color anaranjado muestran los “Valores Máximos”,

mientras que los datos en color celeste muestran los “Valores Mínimos”

La prueba se realiza en 4^{ta} marcha directa para poder obtener los datos que se muestran en la Tabla 26, las revoluciones del motor se encuentra a 1800rpm, siendo este dato el valor referencial para obtener los valores iniciales del motor como la velocidad que tiene un valor de 31,1 Mph(50,05 km/h), con una potencia normal de 34,3 HP y un torque o par de 124,33 N.m a 3100 rpm. Tambien se observa que los valores máximos presentados en la primera prueba no son iguales a los datos brindados por el fabricante como se puede comparar en la Tabla 3, los datos generados en la prueba a 4600 rpm de la potencia son de 90,7 HP y un torque de 155,51 N.m a 2600 rpm.

Tabla 27

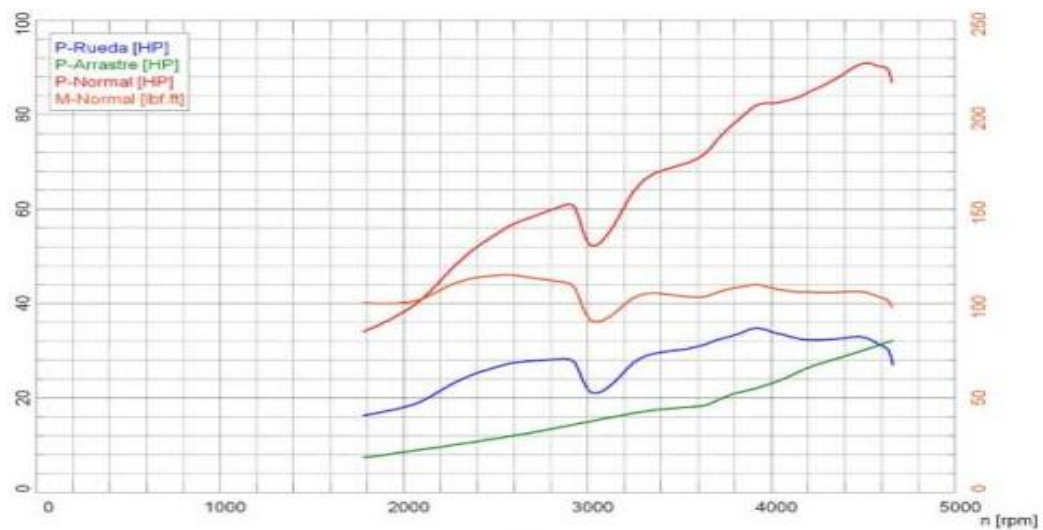
Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 1.

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Potencia Normal	90,8	HP
Potencia Rueda	32,5	HP
Potencia Arrastre	30,3	HP
Torque o Par	155,78	Nm
Temperatura Ambiente	21,38	°C
Temperatura Aire Aspirado	18,38	°C
Presión Aire	732,7	hPa

En la Figura 73. Se detalla las curvas de Torque y Potencia resultado de la prueba realizada en el dinamómetro, en la cual se obtiene cuatro curvas de diferentes colores, la curva de color azul representa la potencia de la rueda con un valor máximo de 32,5 HP, la curva de color verde representa el arrastre generado con un valor de 30,3 HP, la curva de color rojo representa la potencia normal con un valor de 90,8 HP y finalmente la curva en color naranja que representa el torque o par generado con un valor de 155,78 Nm (114,9 lbf.ft)

Figura 73

Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 1.



4.3.2. Segunda Prueba con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración.

Tabla 28

Datos obtenidos en la Prueba 2.

n [rpm]	v[mph]	$P_{rueda}[HP]$	$P_{motor}[HP]$	$P_{Normal}[HP]$	$M_{Normal}[lbf.ft]$
1800	31,1	18,1	24,8	35,9	104,6
1900	32,8	18,7	25,8	37,3	103,1
2000	34,5	18,6	26,2	37,8	99,3
2100	36,2	20,8	29,0	41,9	104,8
2200	38,0	24,1	32,8	47,3	113,0
2300	39,7	26,2	35,4	51,1	116,7
2400	41,4	28,1	37,9	54,6	119,6
2500	43,1	29,5	39,7	57,3	120,5
2600	44,9	30,3	41,1	59,4	119,9
2700	46,6	30,5	41,9	60,5	117,6
2800	48,3	30,8	42,9	62,0	116,2
2900	50,0	31,2	44,0	63,5	115,0
3000	51,8	31,4	44,9	64,8	113,5
3100	53,5	31,8	45,9	66,2	112,1
3200	55,2	32,2	46,9	67,7	111,0
3300	56,9	32,8	48,1	69,4	110,4
3400	58,7	32,9	48,9	70,5	108,9

n [rpm]	v[mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [lbf·ft]
3500	60,4	33,3	49,5	71,5	107,3
3600	62,1	34,3	50,6	73,0	106,5
3700	63,8	35,5	52,7	76,1	108,0
3800	65,6	36,8	55,5	80,1	110,7
3900	67,3	38,6	58,3	84,1	113,3
4000	69,0	38,3	58,9	85,0	111,6
4100	70,7	36,9	58,2	84,0	107,6
4200	72,5	36,3	58,0	83,8	104,8
4300	74,2	36,3	58,6	84,6	103,3
4400	75,9	36,3	59,5	85,9	102,5
4500	77,6	37,1	61,1	88,3	103,0
4600	79,4	37,0	62,0	89,5	102,2

Nota. Resultados después de haber sometido al motor en 4^{ta} marcha directa en el dinamómetro con rodillos, los datos en color anaranjado muestran los “Valores Máximos”, mientras que los datos en color celeste muestran los “Valores Mínimos”

Los datos obtenidos en la Tabla 28, se encuentran en un régimen de giro inicial de 1800rpm, siendo este dato el valor referencial para obtener los datos iniciales del motor, como la velocidad que tiene un valor de 31,1 Mph (50,05 km/h), con una potencia normal de 35,9 HP y un torque o par de 134,63 N.m a 2000 rpm; Tambien se observa que los valores máximos presenta los datos a un régimen de 4600 rpm con un valor de la potencia de 89,5 HP y a 2510 rpm un torque de 163,37 N.m

Tabla 29

Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 2.

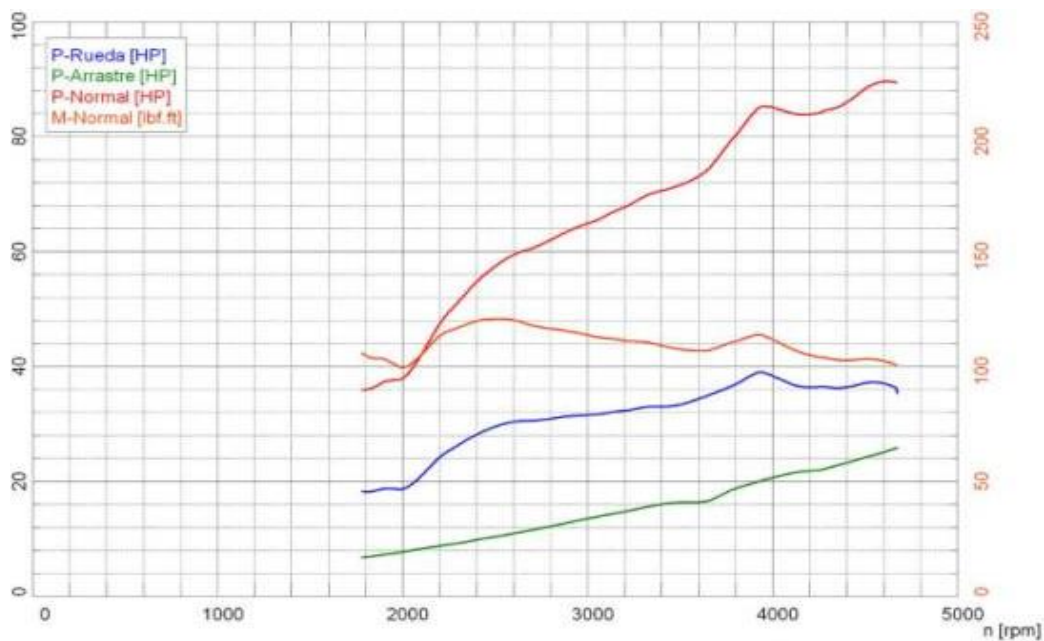
MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Potencia Normal	89,5	HP
Potencia Rueda	36,8	HP
Potencia Arrastre	25,2	HP
Torque o Par	163,37	Nm

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Temperatura Ambiente	21,27	°C
Temperatura Aire Aspirado	18,22	°C
Presión Aire	732,7	hPa

En la Figura 74 Se detalla las curvas de Torque y Potencia resultado de la prueba realizada en el dinamómetro, en la cual se obtiene cuatro curvas de diferentes colores, la curva de color azul representa la potencia de la rueda con un valor máximo de 316,8 HP, la curva de color verde representa el arrastre generado con un valor de 25,2 HP, la curva de color rojo representa la potencia normal con un valor de 89,5 HP y finalmente la curva en color naranja que representa el torque o par generado con un valor de 163,37 Nm (120,5 lbf.ft)

Figura 74

Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 2.



4.3.3. Tercera Prueba con la Nueva Alternativa del Cuerpo de Aceleración.

Tabla 30

Datos obtenidos en la Prueba 3.

n [rpm]	v [mph]	P_{rueda} [HP]	P_{motor} [HP]	P_{Normal} [HP]	M_{Normal} [lbf·ft]
1800	31,1	11,6	18,3	26,5	77,2
1900	32,8	11,1	18,2	26,3	72,8
2000	34,5	10,4	18,0	26,1	68,4
2100	36,2	11,2	19,4	28,0	69,9
2200	38,0	15,7	24,3	35,1	83,9
2300	39,7	22,7	31,9	46,1	105,3
2400	41,4	28,0	37,7	54,4	119,1
2500	43,1	29,9	40,1	57,9	121,7
2600	44,9	30,7	41,5	59,9	121,1
2700	46,6	31,0	42,4	61,2	119,1
2800	48,3	31,2	43,2	62,4	117,0
2900	50,0	31,5	44,2	63,8	115,6
3000	51,8	31,8	45,1	65,1	114,0
3100	53,5	32,4	46,3	66,9	113,3
3200	55,2	33,0	47,7	68,8	113,0
3300	56,9	33,4	48,7	70,3	111,8
3400	58,7	33,9	49,7	71,8	110,9
3500	60,4	34,2	50,3	72,7	109,1
3600	62,1	35,0	51,5	74,4	108,5
3700	63,8	36,3	54,1	78,1	110,9
3800	65,6	37,7	56,5	81,5	112,7
3900	67,3	39,0	58,6	84,6	113,9
4000	69,0	38,8	59,1	85,4	112,1
4100	70,7	37,9	58,8	84,9	108,7
4200	72,5	37,2	58,9	85,0	106,3
4300	74,2	37,1	59,7	86,2	105,3
4400	75,9	37,6	61,1	88,2	105,3
4500	77,6	38,1	62,5	90,2	105,3
4600	79,4	25,2	50,6	73,0	83,4

Nota. Resultados después de haber sometido al motor en 4^{ta} marcha directa en el

dinamómetro con rodillos, los datos en color anaranjado muestran los “Valores Máximos”,

mientras que los datos en color celeste muestran los “Valores Mínimos”

Los datos que se muestran en la Tabla 30, en la que se determina que las revoluciones del motor se encuentra a 1800 rpm, siendo este dato el valor referencial para obtener los valores iniciales del motor, como la velocidad que tiene un valor de 31,1 Mph (50,05 km/h), con una potencia normal de 26,1 HP y un torque o par de 92,7379 N.m a 2000 rpm.

Tambien se observa que los valores máximos presentan los datos a un régimen de 4500 rpm con un valor de la potencia de 90,2 HP y un torque de 165,14 N.m a 2510 rpm.

Tabla 31

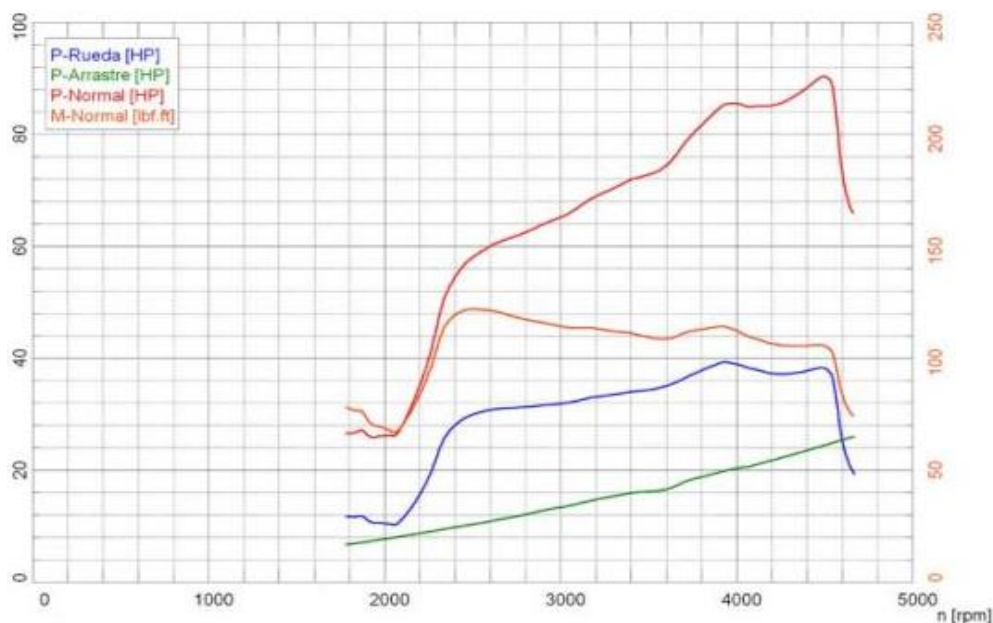
Resultados de las curvas de Torque y Potencia en la Prueba 3.

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
Potencia Normal	90,2	HP
Potencia Rueda	38,2	HP
Potencia Arrastre	24,3	HP
Torque o Par	165,14	Nm
Temperatura Ambiente	21,28	°C
Temperatura Aire Aspirado	18,27	°C
Presión Aire	732,7	hPa

En la Figura 75 Se detalla las curvas de Torque y Potencia resultado de la prueba realizada en el dinamómetro, en la cual se obtiene cuatro curvas de diferentes colores, la curva de color azul representa la potencia de la rueda con un valor máximo de 38,2 HP, la curva de color verde representa el arrastre generado con un valor de 24,3 HP, la curva de color rojo representa la potencia normal con un valor de 90,2 HP y finalmente la curva en color naranja que representa el torque o par generado con un valor de 165,14 N.m (121,8 lbf.ft)

Figura 75

Gráficas de Torque y Potencia en la Prueba 3.



4.3.4. Conclusiones y Resultados Obtenidos con el Cuerpo de Aceleración Convencional.

Tabla 32

Resultados obtenidos en todas las pruebas en la segunda condición.

Parámetros	Potencia			Torque			
	Unidades	kw	HP	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
Prueba 1		67,7	90,8	4525	155,78	114,9	2560
Prueba 2		66,7	89,5	4615	163,37	120,5	2535
Prueba 3		67,3	90,2	4495	165,14	121,8	2510
Norma de Corrección				ISO 1585			

Nota. Datos obtenidos en todas las pruebas con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, sometiendo el motor en 4^{ta} marcha en el dinamómetro.

Al ser implementado el nuevo cuerpo de aceleración se realizaron tres pruebas en las cuales se obtuvieron los datos de la Tabla 32 y se aplicó la normativa ISO 1585, en función de los datos anteriormente mencionados se observa que la mayor potencia obtenida se ubica en la primera prueba con 90,8 HP con un régimen de giro de 4525 rpm, mientras que el torque máximo lo tiene la tercera prueba con 165,14 N.m a 2510 rpm.

4.5. Análisis del Consumo Específico de Combustible (Teórico).

Según Palomo Palomo & Pilataxi Yungan (2012) para las 4600 rpm se toma en cuenta un tiempo “t” de 25,6 segundos y para las 1800 rpm un tiempo de 60 segundos, para efecto del cálculo se mide cuanto tarda en consumirse 100 cm³ (p. 57) sabiendo esto la fórmula para determinar el consumo específico de manera teórica está representada por:

$$Ce = \frac{m \cdot d}{P \cdot t} \left[\frac{g}{kW} \cdot h \right]; \quad (28)$$

m, es volumen de combustible a consumir [100cm³]

d, es la densidad de la gasolina [0,73 $\frac{g}{cm^3}$]

P, es la potencia en [kWatt]

t, es el tiempo empleado expresado [horas] (p.34)

Para los presentes cálculos, se tomará en cuenta los valores máximos y mínimos de potencia y torque, tomando en cuenta el régimen de giro que se encuentran en cada una de las pruebas con los dos cuerpos de aceleración.

4.5.1 Análisis de Consumo Específico (Teórico) en el Cuerpo de Aceleración Convencional.

- **Primera Prueba.**

Tomando como datos los valores obtenidos en la Tabla 19, los valores para la potencia máxima y mínima son:

$$P_{max} = 86,8 \text{ HP} \approx 64,73 \text{ kWatt}$$

$$P_{min} = 31,2 \text{ HP} \approx 23,26 \text{ kWatt}$$

Sustituyendo en la Ecuación 28, los valores de potencia máxima y mínima obtenidos de la Tabla 19, se tiene como resultado los valores para el consumo específico de:

$$Ce_{1max} = 158,59 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

$$Ce_{1min} = 188,306 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

- **Segunda Prueba.**

Tomando como datos los valores obtenidos en la Tabla 21, los valores para la potencia máxima y mínima son:

$$P_{max} = 88,5 \text{ HP} \approx 65,99 \text{ kWatt}$$

$$P_{min} = 35,1 \text{ HP} \approx 26,17 \text{ kWatt}$$

Sustituyendo en la Ecuación 28, los valores de potencia máxima y mínima obtenidos de la Tabla 21, se tiene como resultado los valores para el consumo específico de:

$$Ce_{2max} = 155,56 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

$$Ce_{2min} = 167,36 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

- **Tercera Prueba.**

Tomando como datos los valores obtenidos en la Tabla 23, los valores para la potencia máxima y mínima son:

$$P_{max} = 92,4 \text{ HP} \approx 68,9 \text{ kWatt}$$

$$P_{min} = 28,7 \text{ HP} \approx 21,4 \text{ kWatt}$$

Sustituyendo en la Ecuación 28, los valores de potencia máxima y mínima obtenidos de la Tabla 23, se tiene como resultado los valores para el consumo específico de:

$$Ce_{3max} = 148,99 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

$$Ce_{3min} = 204,67 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

4.5.2. Análisis de Consumo Específico (Teórico) en la Alternativa para el Cuerpo de Aceleración.

- **Primera Prueba.**

Tomando como datos los valores obtenidos en la Tabla 26, los valores para la potencia máxima y mínima son:

$$P_{max} = 90,7 \text{ HP} \approx 67,63 \text{ kWatt}$$

$$P_{min} = 34,3 \text{ HP} \approx 25,58 \text{ kWatt}$$

Sustituyendo en la Ecuación 28, los valores de potencia máxima y mínima obtenidos de la Tabla 26, se tiene como resultado los valores para el consumo específico de:

$$Ce_{4max} = 152,97 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

$$Ce_{4min} = 171,22 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

- **Segunda Prueba.**

Tomando como datos los valores obtenidos en la Tabla 28, los valores para la potencia máxima y mínima son:

$$P_{max} = 89,5 \text{ HP} \approx 66,74 \text{ kWatt}$$

$$P_{min} = 35,9 \text{ HP} \approx 26,77 \text{ kWatt}$$

Sustituyendo en la Ecuación 28. los valores de potencia máxima y mínima obtenidos de la Tabla 28, se tiene como resultado los valores para el consumo específico de:

$$Ce_{5max} = 153,815 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

$$Ce_{5min} = 163,61 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

- **Tercera Prueba.**

Tomando como datos los valores obtenidos en la Tabla 30, los valores para la potencia máxima y mínima son:

$$P_{max} = 90,2 \text{ HP} \approx 67,26 \text{ kWatt}$$

$$P_{min} = 26,1 \text{ HP} \approx 19,46 \text{ kWatt}$$

Sustituyendo en la Ecuación 28, los valores de potencia máxima y mínima obtenidos de la Tabla 30, se tiene como resultado los valores para el consumo específico de:

$$Ce_{6max} = 152,63 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

$$Ce_{6min} = 225,07 \left[\frac{g}{\text{kWatt}} \cdot h \right]$$

Tabla 33

Datos del consumo específico teórico.

# Prueba	Condición 1		# Prueba	Condición 2	
	Consumo Pot.Máx [g/Kw.h]	Consumo Pot.Mín [g/Kw.h]		Consumo Pot.Máx [g/Kw.h]	Consumo Pot.Mín [g/Kw.h]
Prueba 1	158,59	188,306	Prueba 1	152,97	171,22
Prueba 2	175,93	167,36	Prueba 2	179,94	163,61
Prueba 3	148,99	204,67	Prueba 3	152,63	225,07
Promedio	161,17	186,79	Promedio	161,85	186,63

De la Tabla 33, se infiere que el consumo de combustible será inversamente proporcional al régimen de giro del motor, es decir cuando es más elevado el consumo óptimo de combustible las revoluciones de giro son más bajas.

4.4. Comparación de Resultados entre los Dos Cuerpos de Aceleración.

Tabla 34

Comprobación de los resultados entre los dos tipos de cuerpos de aceleración.

# Prueba	Condición 1		# Prueba	Condición 2	
	Potencia [HP]	Torque [N.m]		Potencia [HP]	Torque [N.m]
Prueba 1	87,5	141,41	Prueba 1	90,8	155,78
Prueba 2	88,6	157,95	Prueba 2	89,5	163,37
Prueba 3	93,0	143,17	Prueba 3	90,2	165,14
Promedio	89,7	147,51	Promedio	90,16	161,43

Nota. La condición 1 es con el cuerpo de aceleración convencional, mientras que la condición 2 es con la alternativa del cuerpo de aceleración.

Como se evidencia en la Tabla 34, se recopilan los datos de las dos pruebas a las que fue sometido el vehículo tanto en la condición 1, que es con el cuerpo de aceleración estándar como para la condición 2 que es con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración convencional, dando como resultado que el valor de potencia máxima en promedio es 90,16 HP, con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración y demostrando que la potencia que existe entre las tres pruebas realizadas es más estable.

Refiriéndose al torque entre las dos condiciones, se comprueba que el valor del torque en cada prueba es mayor en la condición 2, es decir con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración da como resultado un torque en promedio de 161,43 N.m para la condición 2; Mientras que el valor en promedio de torque para la condición 1 es de 147,51 N.m, estableciendo así que la diferencia de torque en promedio es mayor a 15 puntos entre las dos condiciones.

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

Se da a conocer los recursos económicos, logísticos y humanos empleados en el desarrollo del proyecto análisis y estudio de alternativas para el diseño de la mariposa de aceleración convencional y su influencia en el comportamiento de los parámetros característicos de un motor GW491QE 2200 cm³, también se conoce las conclusiones y recomendaciones presentes en la elaboración del estudio realizado.

5.1. Viabilidad.

Para la ejecución del proyecto de titulación, se determinó la factibilidad y las mejoras en los recursos económicos, humanos y tecnológicos los cuales son esenciales para el avance de la investigación.

5.2. Recursos

Con la finalidad de que el proyecto de investigación se desarrolle de manera óptima, se requiere de materiales, instrumentos tecnológicos y recursos económicos; de esa manera intentar cumplir con las metas y objetivos planteados inicialmente en la investigación

5.2.1. Recursos Humanos

El recurso humano que intervendrá en la ejecución de la investigación es el siguiente:

Tabla 35

Recursos humanos empleados en la investigación.

Identificación	Función
Ing, Henry Heriberto Iza Tobar	Director del proyecto de titulación
Paredes Yopez Brandon Isaac	Investigador
Solís Córdova Álvaro Josué	Investigador

5.2.2. Recursos Tecnológicos – Equipos

Para el desarrollo de la investigación son necesarios elementos y componentes que se detallan a continuación:

Tabla 36

Recursos tecnológicos y equipos.

Cantidad	Detalle	Función
2	Computadoras Portátiles	Permite realizar simulaciones, análisis e ingresar los datos requeridos en el trabajo escrito.
1	Vehículo	Permite usar el motor que posee para realizar las pruebas.
1	Anemómetro	Permite medir la velocidad y temperatura del aire.
1	Impresora 3D	Permite imprimir el diseño creado en el software CAD.
1	Dinamómetro de rodillos	Permite obtener los datos de torque y potencia.

5.2.3. Recursos Materiales.

Los materiales principales que se usaron para el desarrollo del proyecto son los presentados en la Tabla 37.

Tabla 37

Recursos materiales empleados en la investigación.

Cantidad	Nombre	Función
2	Rollos de Filamento PLA	Permite imprimir piezas con la impresora 3d.
1	Documentación	Impresiones del trabajo escrito y papeleo del proyecto.
11 gal.	Gasolina	Para el traslado del vehículo hacia el lugar de pruebas.
1	Juego de Herramientas Automotrices	Para la instalación y armado del nuevo cuerpo.

Cantidad	Nombre	Función
1	Materiales Armado	Permite que el nuevo cuerpo este firme y realice un buen trabajo.
1	Sensor TPS	Permite ver la señal de apertura y cierre de la aleta.

5.2.4. Recursos Económicos.

El costo final de todo el proyecto de investigación, sin tomar en cuenta el costo de la impresora 3d y de las computadoras portátiles es de 812,48 USD.

Tabla 38

Recursos económicos usados en la investigación.

Ord.	Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Gasolina	11 Gl	1,81\$	20,00\$
2	Documentación	1	100,00\$	100,00\$
3	Anemómetro	1	28,00\$	28,00\$
4	Impresiones 3d	4	71,12\$	284,48\$
5	Materiales Armado	1	20,00\$	20,00\$
6	Pruebas CICCEV	1	336,00\$	336,00\$
7	Sensor TPS	1	25,00\$	25,00\$
TOTAL				812,48\$

5.3. Conclusiones.

- Los parámetros característicos del motor, al ser determinados por el dinamómetro de rodillos dio como resultado un valor de potencia máxima de 93 HP a 4685 rpm, el cual es inferior al establecido por el fabricante como se muestra en la Tabla 3, dando como valor referencial de 98 HP a 4600 rpm. Eso demuestra que el vehículo por factores como el mantenimiento y al uso que le han dado, ha sufrido alteraciones en su potencia y por consiguiente en su desempeño.

- Para seleccionar la nueva alternativa se tomaron en cuenta varios parámetros como el costo, diseño, estanqueidad, mantenimiento, etc., dado estos puntajes la válvula que mejor se adaptó a los requerimientos del proyecto fue la válvula de tipo esférica, se seleccionó dicha válvula gracias a su funcionamiento ya que, en su apertura total, no tiene ningún obstáculo que genere turbulencia o altere de alguna manera el paso de fluido.
- Las simulaciones que se realizaron en el software ANSYS del paso del fluido dentro del cuerpo ayudaron a determinar la velocidad, temperatura y presión que el flujo de aire posee teóricamente, al comparar los dos cuerpos de aceleración que fueron sometidos al simulador del software ANSYS bajo los mismos parámetros y características del fluido, dando como resultado que la velocidad de aire en la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración es superior en 0,04 m/s. Con los mismos resultados de la simulación se concluye que la presión que adquiere el flujo de aire en el interior mantiene valores más estables en el trayecto.
- Al diseñar la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración, se mantuvieron las mismas dimensiones del cuerpo de aceleración convencional, la medida que fue alterada se encuentra al inicio del nuevo cuerpo que permitirá una mayor ingreso de flujo de aire, se adopta el funcionamiento de la válvula tipo esférica pero realizando mejoras en el diseño que dieron como resultado una aleta que regule adecuadamente el paso de aire sin que sea muy robusta y pesada, se consideró a la nueva alternativa como un elemento de pared gruesa ya que el cociente entre el espesor de la pared y el diámetro interno es superior a 0,01 de esa manera se determina que los cálculos para el factor de seguridad serán tomados en base a las fórmulas requeridas para elementos de estas

características, dando como resultado el valor del factor de seguridad es de 4,12 lo cual indica que es un valor establecido como confiable.

- Para implementar el nuevo cuerpo, las piezas fueron impresas en filamento PLA, se sometieron a pruebas de temperatura que determinaron de mejor manera el punto de deformación del material, el cual fue muy superior a los establecido por el fabricante dando como resultado una temperatura de deformación de 149 °C, una vez listas las piezas se procede con la instalación en el motor, se usó la medida de agujeros y pernos igual al cuerpo de aceleración estándar, en los tornillos para los sensores se usaron tornillos de 3 mm de diámetro y largo 15 mm, mientras que para la unión de la parte superior e inferior del cuerpo, se emplearon tornillos de medida M4 con diámetro de 4 mm y largo de 25 mm, adicional a esto en las uniones se colocó silicona y un empaque, de esa manera evitar fugas.
- Las pruebas realizadas en el dinamómetro de rodillos dieron como resultado una potencia máxima con la nueva alternativa de 90,8 HP a 4525 rpm, siendo más estable entre cada prueba realizada y un torque máximo de 165,14 a 2510 rpm, siendo este dato más elevado con la nueva alternativa para el cuerpo de aceleración en comparación con el cuerpo de aceleración convencional.

5.4. Recomendaciones

- Al imprimir las piezas no se lo debe configurar con el 100% de relleno del material, esto se debe a que la pieza va a ser muy robusta y pesada, pero el acabado no será el requerido para la pieza, al configurar adecuadamente la impresora dará como resultado una pieza con excelente relleno y excepcional acabado, de esa manera se logra tener una pieza resistente a cualquier condición que vaya a ser sometida.

- Considerar el tipo de pared que posee el elemento diseñado, esto se debe a que las fórmulas matemáticas en diseño son diferentes tanto para elementos con pared delgada como elementos con pared gruesa.
- Para comprobar los resultados de la velocidad de aire en la entrada del cuerpo, emplear un anemómetro digital para determinar valores de velocidad y temperatura de aire adquirida.
- Realizar pruebas de temperatura para las piezas impresas en el material requerido, con el fin de conocer la temperatura de deformación que existe en la pieza ya que no es la misma que se especifica en los catálogos del fabricante.
- Configurar la inyección del combustible mediante un análisis de la ECU para mejorar la combustión dentro del cilindro, con el fin de que el motor no se apague al instante de que la aleta se encuentre totalmente abierta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambacar. (2015). *Camioneta doble cabina Wingle 5 2.2 4x2*. de Ambacar.ec:
<https://www.ambacar.ec/autos-nuevos/great-wall/camionetas/wingle-5-cabina-doble-gasolina-2-2> Recuperado el 07 de agosto del 2020.
- Artillery3D. (2020). *Artillery Sidewinder X1 2020*. <https://artillery3d.es/artillery-sidewinder-x1/>
 Recuperado el 01 de julio del 2020.
- Baer, A. (2017). *Motor de Explosión de 4 Tiempos - Qué es, cómo funciona un motor de explosión de 4 tiempos*. <https://espaciocoche.com/motor-de-explosion-de-4-tiempos/> Recuperado el 05 de junio del 2020.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. In R. A. del Bosque Alayón, P. E. Roig Vázquez, & L. Campa Rojas (Eds.), *Diseño en ingeniería mecánica* (Octava). McGraw-Hill.
<https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf> Recuperado el 07 de junio del 2020.
- Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. Obtenido de, *Revista Politécnica*, 39(1), 1–2.
<https://doi.org/10.33333/rp.v39i1.719>. Recuperado el 12 de agosto del 2020 Recuperado el 07 de junio del 2020.
- Castro Mediavilla, J. J., & Estrella Velástegui, F. X. (2006). Diseño y construcción de colectores de admisión de aire con tomas individuales para cada cilindro del motor de un vehículo Chevrolet corsa evolution. [Tesis]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. In *INNOVA Research Journal* (Vol. 1, Issue 12). <https://doi.org/10.33890/innova.v1.n12.2016.86>
 Recuperado 07 de junio del 2020.
- Cavero, M. (2016). Sistemas de sobrealimentacion. *I.E.S. Sierra de Guara*, 1, 1–4.
http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/Manuales_autodidacticos/Sistemas_de_sobrealimentacion_libro_de_clase.pdf
 Recuperado el 07 de junio del 2020.
- Chucuyan, C. (2016). *Análisis de funcionamiento del sistema de acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail*. [Tesis]. Universidad Internacional del Ecuador.

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf> Recuperado el 13 de agosto del 2020.

COMEVAL Valve Systems. (2020). *Válvulas Industriales, Glosario y Definiciones*. Obtenido de: https://www.comeval.es/formacion/formacion-valvulas-idustriales-glosario-definiciones/?fbclid=IwAR298uSm2bNjhsZgHs4qHgwinZvZf8XE-ZluT6ZqwQJZ5_Joylrz8u-ljb8 Recuperado el 04 de junio del 2020.

Correa, J. (2015). *Recipientes y tubos, apuntes técnicos*. Obtenido de Yumpu: <https://www.yumpu.com/es/document/read/31452771/recipientes-y-tubos-apuntes-taccnicos-para-todos> Recuperado el 27 de julio del 2020.

Crane. (1985). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. (C. Reza García (ed.)). McGraw-Hill. <https://es.scribd.com/document/375842120/Flujo-de-fluidos-en-valvulas-accesorios-y-tuberias-Crane-pdf> Recuperado el 12 de agosto del 2020.

Dickenson, C. (1999). *Valves, piping & Pipelines Handbook*. (tercer). Elsevier Advanced Technology. http://marineman.ir/wp-content/uploads/2015/07/T.C._Dickenson_Valves_Piping_and_Pipelines_HandBookFi.org_.pdf Recuperado el 07 de agosto del 2020.

Emerson. (2017). *Guía de válvulas de control* (Quinta Edi). Emerson Automation Solutions. <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-de-v%E1lvulas-de%A0control-control-valve-handbook-es-5459932.pdf> Recuperado el 13 de agosto del 2020.

Flórez Díaz, E. O., & León Pérez, O. E. (2015). Diseño de un módulo didáctico de válvulas industriales para el laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana. [Tesis]. Universidad Pontificia Bolivariana. In *Metrología* (Vol. 53, Issue 5). <https://doi.org/10.1590/s1809-98232013000400007> Recuperado el 07 de junio del 2020.

Gallo Jiménez, J. C., & Iza Casa, L. F. (2017). Análisis y aplicación de la metodología de Ingeniería concurrente para la construcción de una carrocería autoportante, para un vehículo prototipo biplaza urbano, para la ciudad de Latacunga. [Tesis]. In *Universidad de las Fuerzas Armadas*. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13297?locale=de> Recuperado el 07 de junio del 2020.

- García, R. (2013). *Los Diferentes Tipos de Válvulas*. Obtenido de Ingenieromarinero: https://ingenieromarinero.com/valvulas-a-bordo/?fbclid=IwAR1a3XVue8Tge_SpRIDmMQhtM6ACmbuAZ68UJVYCXxMitnvlJnC255u96K0 Recuperado el 24 de julio del 2020.
- Granell, A. (2015, January 13). *Tipos de motores que existen y sus características*. Obtenido de Ro-Des. <https://www.ro-des.com/blog/tipos-de-motores-y-sus-caracteristicas/> Recuperado el 23 de julio del 2020.
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Sámchez, C. A. (2006). Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento. *Universidad de Castilla - La Mancha Universidad de Antioquia*, 17(n°5-2006), 21–30. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642006000500005> Recuperado el 15 de junio del 2020.
- Leal, T. (2011). Procesos de manufactura, viruta, herramientas de corte y reciclaje. In *Phys. Rev. E*. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/377/4/Muñoz_Zapata_Adriana_Patricia_Artículo_2011.pdf Recuperado el 12 de agosto del 2020.
- Martínez Villegas, A. (2007). Motor de Combustión Interna. *IES Baix Montseny*, 4(2), 4. <https://doi.org/10.1515/dmvm-1996-0202> Recuperado el 04 de junio del 2020.
- Molina Gutierrez, F., Crespí Adrover, X., Valero Pardo, C., & Ibáñez Felip, I. (2019). *Propiedades del PLA(Ácido Poliláctico)*. Obtenido de Universidad de Jaume I. <https://sites.google.com/view/poliacidolactico-coma/poliácido-láctico/propiedades-del-pla> Recuperado el 27 de julio del 2020.
- MotorGiga. (2020). *FILTRO DE AIRE - Definición - Significado*. <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/filtro-de-aire-definicion-significado/gmx-niv15-con194160.htm> Recuperado el 05 de junio del 2020.
- Nebot Ainsa, D. (2018). *Diseño, optimización y fabricación de un sistema de admisión para un motor MClA de Fórmula Student*. [Tesis]. Obtenido de Universidad de Jaume I. http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/180403/TFG_David_Nebot_Ainsa.pdf;jsessionid=C1E65D6DF77AA5581F12B010F6B79AE2?sequence=1 Recuperado el 12 de agosto del 2020.

Ocaña Ocaña, A. (2000). *Tratado del Automóvil*. Dossat.

https://www.iberlibro.com/servlet/BookDetailsPL?bi=14662950806&cm_sp=rec-_pd_hw_o_1-_bdp&reftag=pd_hw_o_1 Recuperado el 23 de julio del 2020.

Palomo Palomo, K. S., & Pilataxi Yungan, E. V. (2012). Diseño Y Construcción De Un Sistema De Medición De Consumo Específico De Combustible Con La Utilización De Un Software Para La Optimización Del Dinamómetro Del Laboratorio De Motores Diesel- Gasolina. [Tesis]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. In *Diseño de Calderas con Regeneracion*. <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/8105/1/T-ESPEL-0980.pdf> Recuperado el 10 de agosto del 2020.

Peñañiel López, D. R., & Alexander, Z. C. C. (2017). Influencia en la potencia del motor 1.8lt Chevrolet Optra mediante la reingeniería del múltiple de admisión. [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. In *Universidad de las Fuerzas Armadas*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13202/1/T-ESPEL-MAI-0582.pdf> Recuperado el 07 de junio del 2020.

Rodríguez Galbarro, H. (2020). *Potencia y Par Motor. Cadena Cinemática. Estabilidad en los Vehículos*. Ingmeccanica. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html> Recuperado el 05 de junio del 2020.

Rojas Lazo, O., & Rojas Rojas, L. (2014). Diseño asistido por computador. *Industrial Data*, 9(1), 2. <https://doi.org/10.15381/idata.v9i1.5709> Recuperado el 12 de agosto del 2020.

Roydisa. (2018). *Qué es y cuándo se usa una válvula de compuerta - Roydisa*. <https://www.roydisa.es/archivos/5474> Recuperado el 07 de junio del 2020.

Sevilla, U. (2015). *Ciclo Otto que sigue un refrigerador*. Obtenido de Universidad de Sevilla - Departamento de Física Aplicada III. http://laplace.us.es/wiki/index.php/Refrigerador_que_sigue_un_ciclo_Otto Recuperado el 05 de junio del 2020.

Sierra Soraluze, A. (2017). *Diseño, construcción y caracterización de un material auxético*. [Tesis]. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid http://oa.upm.es/49139/1/TFG_ANDRES_SIERRA_SORALUCE.pdf Recuperado el 28 de julio del 2020.

- UL Prospector. (2020). *Ácido poliláctico (PLA) Propiedades típicas*. Prospector Web Page. <https://plastics.ulprospector.com/es/generics/34/c/t/acido-polilactico-pla-properties-processing?fbclid=IwAR1bnj-v6zEwVuAdFGfB2oOxxak6VU9SbZAZm5MRc8VzdPlu7IUWG9n178> Recuperado el 28 de julio del 2020.
- Valvias. (2013a). *Válvula de Bola*. Valvias Web Page. http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-bola.php?fbclid=IwAR2blwqTfYgkNEfhybp8DR6KNp46PuE1NizgOAwdo-2_6idmRz9OdbOqiRk Recuperado el 23 de julio del 2020.
- Valvias. (2013b). *Válvula de Mariposa*. Valvias Web Page. <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-mariposa.php> Recuperado el 23 de julio del 2020.
- Villarroel, L. (2013). *Diseño de válvula de admisión tipo mariposa con diámetro nominal de 750 mm para una central hidroeléctrica de 34,7 m de salto neto*. [Tesis]. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4997> Recuperado el 13 de agosto del 2020.

ANEXOS