



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: INFLUENCIA EN LA POTENCIA DEL MOTOR 1.8L
CHEVROLET OPTRA MEDIANTE LA REINGENIERIA DEL
MÚLTIPLE DE ADMISIÓN**

**AUTORES: DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ
CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL**

DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES

LATACUNGA

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “INFLUENCIA EN LA POTENCIA DEL MOTOR 1.8 L CHEVROLET OPTRA MEDIANTE LA REINGENIERIA DEL MULTIPLE DE ADMISION” realizado por los señores DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ y CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señores DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ y CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de Enero del 2017

**ING. GUIDO TORRES
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ, con cédula de identidad N° 1716049489 y CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL con cédula de identidad N° 1719929802 declaramos que este trabajo de titulación “INFLUENCIA EN LA POTENCIA DEL MOTOR 1.8 L CHEVROLET OPTRA MEDIANTE LA REINGENIERIA DEL MULTIPLE DE ADMISION” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 23 de Enero del 2017

Danny Rafael Peñafiel López

C.C.: 1716049489

Carlos Alexander Zavala Carvajal

C.C.: 1719929802



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
AUTORIZACIÓN**

Nosotros: DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ, y CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL autorizamos a la Universidad de las Fuerzas armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación “INFLUENCIA EN LA POTENCIA DEL MOTOR 1.8 L CHEVROLET OPTRA MEDIANTE LA REINGENIERIA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 23 de agosto del 2016

Danny Rafael Peñafiel López

C.C.: 1716049489

Carlos Alexander Zavala Carvajal

C.C.:1719929802

DEDICATORIA

Este logro lo dedico a mis padres quienes con su esfuerzo lograron sacarme adelante profesionalmente, sin dejar de luchar ni un solo momento para que pueda cumplir mis metas. Dándome su apoyo en los buenos y malos momentos, cada uno de sus consejos para poder tomar las decisiones acertadas y no decaer en ningún momento hasta y cumplir mis objetivos planteados.

A mi hermano que con su apoyo logre cumplir mis objetivos profesionales, gracias a su ejemplo de dedicación y superación personal permitió inspirarme en cada uno de mis pasos a seguir en mi carrera.

A mi familia que me apoyaron en todas las circunstancias buenas y malas pasadas a lo largo de este logro.

DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ

DEDICATORIA

Dedico el presente logro a Dios y a mi familia por el apoyo y la paciencia que me han brindado en cada uno de mis pasos, de mis logros y en mis fracasos; porque no hay mayor experiencia que la aprendida de cada error.

A mi Madre que ha sido madre y padre a la vez que con su esfuerzo ha hecho posible guiarme y formarme, con valores de los que me enorgullezco decir han sido pilares importantes para ser lo que soy. Para mis abuelitos que han sido mis segundos padres; que gracias a su amor incondicional supieron hacer de mí un reflejo de sus actos, de sus consejos y de sus ejemplos, por haberme escuchado y brindado de su experiencia durante los años más duros de mi vida.

A mi querida abuelita que aunque desde arriba recuerdo aun varios de sus consejos que a pesar de que no esté personalmente, sé que espiritualmente ha estado junto a mí, agradezco toda la dedicación que me brindo y el amor infinito del que pudimos gozar juntos. Con mayor énfasis agradezco a mi hermanita que ha sido la personita que me ha motivado en cada una de mis decisiones y la inspiración de mis logros y deseos de superación, así como a mi tía por la confianza brindada, la cual ahora puedo decir orgulloso puedo retribuir siendo un ejemplo para ese ser tan esencial que lleno de alegría nuestras vidas “Stephanie”.

CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL

AGRADECIMIENTO

Para la presente proyecto de investigación deseo agradecer primero a Dios por las bendiciones y las oportunidades de vida que me ha brindado a lo largo de mi trayectoria personal y profesional, por darme la maravillosa familia y buenos amigos que han formado parte importante de mi vida.

Agradezco a mi padre por ser un gran ejemplo de perseverancia y dedicación, por su amor y apoyo incondicional, sin dejar atrás sus consejos y buenos valores que fueron uno de los pilares fundamentales para mi formación de mi desarrollo profesional, su motivación para nunca dejar de lado mis metas y anhelos de superación personal.

A mi madre por ser la persona que ha estado a mi lado apoyándome en cada una de mis decisiones, quien con su firmeza ha logrado implantar en mí la fortaleza de seguir adelante pese a las adversidades existentes en el camino al triunfo, con su infinito amor que ha logrado guiarme y hacer de mí la persona que soy.

Por la confianza y soporte que me ha brindado en cada momento de mi desarrollo como persona agradezco a mi hermano, quien con su ejemplo de superación motivo en mí la confianza de poder cumplir los objetivos planteados a lo largo de mi carrera.

A mis familiares que con sus consejos y bendiciones motivaron mi espíritu de superación.

Agradezco a mis amigos con los cuales llegamos a formar una familia, fueron un gran apoyo para poder cumplir mis objetivos profesionales.

DANNY RAFAEL PEÑAFIEL LÓPEZ

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi familia por el apoyo constante y por ser parte de mi inspiración y mi motivación para crecer como persona y profesional. Por permitirme éste logro y guiarme con cada uno de sus ejemplos, y actualmente sentirme con el afán de ser uno de los ejemplos para uno de los seres más preciados, mi querida hermanita “Stephanie”.

Agradezco a cada uno de los miembros de mi familia, por ser parte de mi vida, de mis logros, e incluso de mis errores; ya que el ser humano crece y aprende más con las derrotas y de las personas que ayudan a levantarse y continuar sin perder el enfoque, esas personas en mi vida sin lugar a duda han sido mis pilares “MI FAMILIA”.

Agradezco al infinito amor que me han brindado, la paciencia y el esfuerzo de mis padres porque éste logro lo culminamos juntos. Agradezco infinitamente a cada uno de mis seres queridos que desde pequeño con cada palabra y caricia han hecho de mí, el ser humano y el profesional que de ahora en adelante retribuiré a ustedes.

CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xxvii
RESUMEN	xxxí
ABSTRAC.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Justificación e importancia.....	8
1.5 Objetivos.....	9
1.5.1 Objetivo general.....	9
1.5.2 Objetivos específicos	9
1.6 Metas.....	10

1.7	Hipótesis	11
1.8	Variables	11
1.8.1	Variables dependientes:.....	11
1.8.2	Variables independientes:.....	11
1.8.3	Operación de variables	12
1.9	Metodología	14
1.9.1	Método experimental	14
1.9.2	Matematización	14
1.9.3	Método deductivo.....	15
1.9.4	Método sintético.....	15
1.9.5	Método comparativo	15

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.2	Sistema de admisión.....	18
2.2.1	Múltiple de Admisión.....	22
2.2.2	Diseño y fabricación en la industria automotriz.....	24
2.3	Diseño del múltiple de admisión	27
2.3.1	Diseño de los conductos.....	28
2.3.2	Características del múltiple de admisión.....	30
2.3.4	Estudio del material utilizado por el fabricante.....	32
2.3.5	Características físicas.....	33
2.3.6	Características mecánicas	34
2.3.7	Características químicas:.....	34
2.4	Especificaciones tomógrafo industrial ZEISS (MIPRO)	37
2.4.1	Especificaciones principales	38

2.4.2	Tecnología de la máquina.....	38
2.4.3.	Sensor.....	38
2.4.4	Funciones tomógrafo industrial ZEISS:.....	42
a.	Análisis de fallos no destructivos dentro de las piezas	42
b.	Análisis de medición y comparación de geometrías	43
c.	Ingeniería inversa - corregir, optimizar, capturar.....	44
2.4.5.	Protocolo de ensayos para la utilización	45
2.4.6	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión	46
2.5.	Presión del aire en los conductos de admisión.	47
2.7.	Velocidad del aire en los conductos de admisión.	47
2.8.	Comportamiento del aire (flujo) dentro de los conductos de.....	48

CAPÍTULO III

REDISEÑO DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

3.1	Diseño del múltiple de admisión.	49
3.1.1	Curvas del Múltiple de Admisión.....	49
3.1.2	Eficiencia del Múltiple de Admisión.....	49
3.2	Factores de influencia para el diseño de un nuevo múltiple	50
3.2.1	Factores internos.	50
3.3	Requisitos a cumplir del múltiple de admisión.	51
3.3.1	Presión del aire a lo largo de los conductos de admisión.....	51
3.3.2	Velocidad del aire a lo largo de los conductos de admisión.....	52
3.3.3	Flujo del aire en el sistema de admisión.	52
3.4	Cálculos de diseño para el múltiple de admisión.	53

3.4.1	Curva de potencia.....	53
3.4.2	Flujo del aire.	54
a.	Método de recarga con ondas de inducción	54
b.	Tipos y propiedades de fluidos	56
c.	Propiedades de los fluidos	57
3.5	Modelado CAD.....	62
3.5.1	Geometría del Colector de Admisión estándar	67
3.5.2	Generación del Mallado de la Geometría del múltiple de Admisión estándar.....	68
3.5.3	Condiciones Iniciales para el Colector de Admisión estándar.....	62
3.5.4	Etapas de Solución CFD para múltiple de Admisión estándar.....	70
3.5.5	Etapas de Post-Procesamiento de Resultados CFD para el múltiple de Admisión estándar.	70
a.	Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión estándar.....	70
b.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 900RPM	71
c.	Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.....	74
d.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 1500RPM	74
e.	Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.....	77
f.	Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.....	80
g.	Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.....	83

3.5.6	Geometría del múltiple de Admisión prototipo 1	87
a.	Etapa de Solución CFD para Colector de Admisión prototipo 1..	89
b.	Etapa de Post-Procesamiento de Resultados CFD para el múltiple de Admisión prototipo 1.	90
c.	Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.	90
d.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 900RPM	91
e.	Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.	93
f.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 1500RPM	95
g.	Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.....	97
h.	Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo.....	100
3.5.8.	Geometría del múltiple de Admisión prototipo 2	108
a.	Etapa de Solución CFD para Colector de Admisión prototipo 2.	110
b.	Etapa de Post-Procesamiento de Resultados CFD para Colector de Admisión prototipo 2.	111
c.	Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.	111
d.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 900RPM	112
e.	Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.	114

f.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500RPM	115
g.	Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.....	118
h.	Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.....	121
i.	Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.....	124
3.5.8.	Geometría del múltiple de Admisión rediseño.....	129
a.	Generación del Mallado de la Geometría del múltiple de Admisión rediseñado.....	130
c.	Condiciones Iniciales para el múltiple de Admisión rediseñado	128
d.	Etapas de Solución CFD para múltiple de Admisión rediseñado.....	132
e.	Etapas de Post-Procesamiento de Resultados CFD para múltiple de Admisión rediseñado.....	132
f.	Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.....	132
g.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 900RPM.....	133
h.	Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.....	136
i.	Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 1500RPM.....	137
j.	Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.....	139
k.	Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.....	142

I.	Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.....	145
----	--	-----

CAPÍTULO IV

REINGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

4.1.	Generalidades.....	151
4.2.	Desmontaje del sistema de admisión original	152
4.3	Medición de diversos parámetros para el diseño.....	154
4.3.1	Medición del espacio físico	154
4.3.2.	Medición del diámetro de las tomas.....	154
4.3.3.	Medición del Angulo de inyección.....	155
4.4.	Impresión 3D - PLA.....	156
4.5.	Limpieza de los elementos.....	156
4.6	Instalación del múltiple de admisión rediseñado.....	158
4.6.1	Generalidades.....	158
4.6.2	Adaptación del múltiple de admisión	159
4.6.3	Montaje de los componentes electrónicos	159
4.6.3.1	Ubicación del sensor TPS.....	159
4.6.3.2	Ubicación del sensor MAP	160
4.6.3.2	Ubicación de los inyectores	160
4.6.4	Instalación del depurador.....	160
4.7	Pruebas de laboratorio.....	161
4.7.1	Generalidades.....	161
4.8	Análisis de resultados	172

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones	175
5.2 Recomendaciones	178
5.3 Bibliografía	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama Causa Efecto.....	7
Figura 2.	Múltiple de Admisión CHEVROLET OPTRA.....	23
Figura 3.	Cabina Metrotón	41
Figura 4.	Análisis de ensayos no destructivos	42
Figura 5.	Análisis de zonas geométricas	43
Figura 6.	Visualización e ingeniería inversa de piezas mecánicas	44
Figura 7.	Curva de potencia.....	53
Figura 8.	Prolongación de una onda de resorte	56
Figura 9.	Vista frontal del múltiple estándar	67
Figura 10.	Vista izquierda del múltiple estándar	68
Figura 11.	Vista Superior del múltiple estándar	68
Figura 12.	Vista isométrica del múltiple estándar.....	68
Figura 13.	Generación de mallado del múltiple estándar.....	69
Figura 14.	Datos del proceso de mallado del múltiple estándar	69
Figura 15.	Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM.....	71
Figura 16.	Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM.....	72
Figura 17.	Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM.....	74
Figura 18.	Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM.....	73
Figura 19.	Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM	73

Figura 20.	Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM.....	75
Figura 21	Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM.....	75
Figura 22	Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM.....	76
Figura 23	Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM	76
Figura 24	Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM.....	78
Figura 24	Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM.....	78
Figura 25	Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM.....	81
Figura 26	Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM.....	79
Figura 27	Distribución número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM.....	79
Figura 28	Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM.....	81
Figura 29	Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM.....	81
Figura 30	Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM.....	85
Figura 31	Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM.....	82
Figura 32	Distribución número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM.....	82

Figura 33. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM.....	84
Figura 34. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM.....	84
Figura 35. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM.....	88
Figura 35. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM.....	85
Figura 36. Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM	85
Figura 37. Vista frontal del múltiple prototipo 1	87
Figura 38. Vista izquierda del múltiple prototipo 1	87
Figura 39. Vista Superior del múltiple prototipo 1	88
Figura 40. Vista isométrica del múltiple prototipo 1.....	88
Figura 41. Generación de mallado del múltiple prototipo 1	89
Figura 42. Datos del proceso de mallado del múltiple prototipo 1.....	89
Figura 43. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM.....	91
Figura 44. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM.....	92
Figura 45. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM.....	96
Figura 46. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM.....	92
Figura 47. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM	93

Figura 48. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión del prototipo 1 a 1500 RPM.....	95
Figura 49. Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM.....	95
Figura 50. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM.....	99
Figura 51. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM.....	96
Figura 52. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM	97
Figura 53. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM.....	98
Figura 54. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM.....	99
Figura 55. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM.....	103
Figura 56. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM.....	99
Figura 57. Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM.....	100
Figura 57. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM.....	101
Figura 58. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM.....	102
Figura 59. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM.....	108
Figura 60. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM.....	102

Figura 61.	Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM	103
Figura 62.	Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM.....	105
Figura 63.	Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM.....	105
Figura 64.	Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM.....	111
Figura 65.	Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM.....	106
Figura 66.	Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM	106
Figura 67.	Vista frontal del múltiple prototipo 2	108
Figura 68.	Vista izquierda del múltiple prototipo 2	108
Figura 68.	Vista Superior del múltiple prototipo 2	109
Figura 69.	Vista isométrica del múltiple prototipo 2.....	109
Figura 70.	Generación de mallado del múltiple prototipo 2.....	110
Figura 71.	Datos del proceso de mallado del múltiple prototipo 2.....	110
Figura 72.	Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM.....	112
Figura 73.	Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM.....	113
Figura 74.	Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM.....	119
Figura 75.	Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM.....	113

Figura 77. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM	114
Figura 78. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM.....	115
Figura 79. Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM.....	116
Figura 80. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM.....	123
Figura 81. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM.....	117
Figura 81. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM	117
Figura 82. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM.....	119
Figura 83. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM.....	119
Figura 84. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM.....	126
Figura 85. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM.....	120
Figura 86. Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM	121
Figura 87. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM.....	122
Figura 88. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM.....	123
Figura 89. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM.....	130

Figura 90. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM.....	123
Figura 91. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM.....	124
Figura 92. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM.....	126
Figura 93. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM.....	126
Figura 94. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM.....	134
Figura 95. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM.....	127
Figura 96. Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM	127
Figura 97. Vista frontal del múltiple rediseñado	129
Figura 98. Vista izquierda del múltiple rediseñado.....	129
Figura 99. Vista Superior del múltiple rediseñado.....	130
Figura 100. Vista isométrica del múltiple rediseñado.....	130
Figura 101. Generación de mallado del múltiple rediseñado	131
Figura 102. Datos del proceso de mallado del múltiple rediseñado.....	131
Figura 103. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM	134
Figura 104. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM	134
Figura 105. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM	142

Figura 106. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM	135
Figura 107. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM.....	135
Figura 108. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM.....	137
Figura 109. Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM	137
Figura 110. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM	146
Figura 111. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM	138
Figura 112. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM	138
Figura 113. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM	140
Figura 114. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM	140
Figura 115. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM	150
Figura 116. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM	141
Figura 117. Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM	141
Figura 118. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM	143
Figura 119. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM	143

Figura 120. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM	149
Figura 121. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM	144
Figura 122. Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM.....	145
Figura 123. Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM	146
Figura 124. Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM	147
Figura 125. Distribución de temperaturas obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM	157
Figura 126. Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM	148
Figura 127. Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM.....	148
Figura 128. Sistema de Admisión Original	152
Figura 129. Desmontaje del Depurador	153
Figura 130. Desmontaje del Riel de Inyectores	153
Figura 131. Múltiple de Admisión desmontado	154
Figura 132. Medición del espacio físico	154
Figura 133. Toma de medidas del Múltiple desmontado	155
Figura 134. Ampliación del diámetro para los espárragos en la Brida... ..	156
Figura 135. Limpieza de la Brida	157
Figura 136. Limpieza del cuerpo de aceleración y válvula IAC.....	158
Figura 137. Múltiple de admisión rediseñado.....	158
Figura 138. Instalación del Múltiple de admisión diseñado	159

Figura 139. Instalación del depurador - filtro de aire.....	161
Figura 140. Colocación de las ruedas motrices en los rodillos del dinamómetro.....	165
Figura 141. Computadora del dinamómetro, la cual muestra velocímetro y tacómetro.....	165
Figura 142. Graficas de datos obtenidos con el múltiple de admisión original	167
Figura 143. Conducción del vehículo en el dinamómetro	169
Figura 144. Computador conectado al dinamómetro	169
Figura 145. Gráficas de datos obtenidos con el múltiple de admisión diseñado	170
Figura 146. Gráficas de datos obtenidos con el múltiple de admisión diseñado	170
Figura 147. Comparación potencia original vs diseño	172
Figura 148. Comparación torque original vs diseño.....	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operación de la variable dependiente.....	12
Tabla 2.	Operación de la variable independiente.....	13
Tabla 3.	Especificaciones Motor Chevrolet Optra	17
Tabla 4.	Dimensiones y capacidades Chevrolet Optra	18
Tabla 5.	Dimensiones y capacidades Chevrolet Optra	29
Tabla 6.	Clasificación de Número de Mach.....	60
Tabla 7.	Datos del mallado del múltiple estándar	69
Tabla 8.	Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple estándar.....	62
Tabla 9.	Tabla de condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple estándar.....	62
Tabla 10.	Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple estándar.....	70
Tabla 11.	Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 900 RPM.....	70
Tabla 12.	Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 1500 RPM.....	74
Tabla 13.	Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 2500 RPM.....	77
Tabla 14.	Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 3500 RPM.....	80
Tabla 15.	Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 5500 RPM.....	83
Tabla 16.	Datos del mallado del múltiple prototipo 1	88

Tabla 17.	Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple del prototipo 1	86
Tabla 18.	Condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple del prototipo 1	86
Tabla 19.	Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple del prototipo 1	89
Tabla 20.	Análisis de datos diseño del prototipo 1 a un régimen de 900 RPM	90
Tabla 21.	Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 1500 RPM	94
Tabla 22.	Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 2500 RPM	97
Tabla 23.	Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 3500 RPM	100
Tabla 24.	Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 5500 RPM	104
Tabla 35.	Datos del mallado del múltiple prototipo 2	110
Tabla 36.	Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple prototipo 2	107
Tabla 37.	Tabla de condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple prototipo 2	107
Tabla 38.	Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple prototipo 2	111
Tabla 39.	Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 900 RPM	111
Tabla 40.	Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 1500 RPM	115

Tabla 41.	Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 2500 RPM.....	118
Tabla 42.	Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 3500 RPM.....	121
Tabla 43.	Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 5500 RPM.....	125
Tabla 44.	Datos del mallado del múltiple rediseñado.....	131
Tabla 45.	Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple rediseñado	128
Tabla 46.	Condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple rediseñado	128
Tabla 47.	Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple rediseñado.....	132
Tabla 48.	Análisis de datos del rediseño a un régimen de 900 RPM.....	133
Tabla 49.	Análisis de datos del rediseño a un régimen de 1500 RPM.....	136
Tabla 50.	Análisis de datos del rediseño a un régimen de 2500 RPM.....	139
Tabla 51.	Análisis de datos del rediseño a un régimen de 3500 RPM.....	142
Tabla 52.	Análisis de datos del rediseño a un régimen de 5500 RPM.....	145
Tabla 53.	Medidas del espacio físico	155
Tabla 54.	Características del motor del Chevrolet Optra	164
Tabla 55.	Registro de datos obtenidos	166

Tabla 56.	Tabla de datos obtenidos con el múltiple de admisión original	175
Tabla 57.	Registro de datos obtenidos	170
Tabla 58.	Datos obtenidos con el múltiple de admisión diseñado.....	177
Tabla 59.	Potencia a diferentes regímenes del motor.....	173
Tabla 60.	Torque a diferentes regímenes del motor	173

GLOSARIO

M.C.I:	Motor de Combustión Interna
CMM:	Centro de Modelamiento Matemático
R.P.M:	Revoluciones por Minuto
MIPRO:	Ministerio de Industrias y Productividad
ZEISS:	International Optical and Optoelectronic Technology
PLA:	Ácido Poliláctico
ABS:	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
DOHC:	Double Overhead Camshaft
PMS:	Punto Muerto Superior
PMI:	Punto Muerto Inferior
CNC:	Control Numérico Computarizado
CFD:	Dinámica de Fluidos Computacional
CAD:	Dibujo Asistido por Computador
ECU:	Unidad de Control de Motor
IAC:	Válvula de Control de Marcha Mínima
MAP:	Sensor Presión Absoluta en el Múltiple
MAF:	Sensor de Flujo de Masa de Aire
TPS:	Sensor de Posición del Acelerador

RESUMEN

El trabajo de titulación se basa en la reingeniería del múltiple de admisión para el motor 1.8 del vehículo Chevrolet Optra, referente al diseño en base a la geometría del múltiple de admisión, simulación bajo diferentes condiciones de funcionamiento como flujo, velocidad y presión de aire a lo largo de la trayectoria de los conductos de admisión hasta la entrada al cilindro, análisis de material idóneo (PLA, ABS) y la construcción e implementación del componente al motor de combustión interna, apoyándose de la recolección de datos e información referentes al tema del proyecto de investigación.

PALABRAS CLAVE:

- **SENSOR DE PRESIÓN DE AIRE**
- **VEHÍCULO CHEVROLET OPTRA**
- **SENSOR DE FLUJO DE AIRE**
- **AUTOMÓVILES - MOTORES**

ABSTRACT

The titling work is based on the intake manifold reengineering for the Chevrolet Optra 1.8 engine, concerning the design based on the intake manifold geometry, simulation under different operating conditions such as flow, speed and air pressure along the trajectory of the inlet ducts to the cylinder entrance, analysis of suitable material (PLA, ABS) and the construction and implementation of component to the internal combustion engine, supported on the data collection and information concerning this research project topic.

KEY WORDS:

- **MANIFOLD AIR PREASSURE.**
- **VEHICLE CHEVROLET OPTRA**
- **MANIFOLD AIR FLOW.**
- **AUTOMOTIVE - ENGINE**

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como propósito la modificación del sistema de admisión de aire en un motor de combustión interna con inyección electrónica de combustible, mediante LA REINGENIERÍA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN, para medir la INFLUENCIA EN LA POTENCIA DEL MOTOR 1.8 L CHEVROLET OPTRA mediante la optimización de la mezcla aire – combustible.

En el capítulo 1 se presenta las generalidades del proyecto, como el antecedente, describiendo proyectos previos, el planteamiento del problema, la justificación y objetivos a cumplir como también la metodología empleada para la realización del proyecto.

Como paso previo para iniciar la reingeniería del múltiple es necesario determinar las especificaciones técnicas del motor y parámetros de funcionamiento del vehículo, es por esto que en capítulo II se determina cada uno de los parámetros para la marca Chevrolet Optra 1.8L, describiendo los conocimientos previos acerca de los sistemas de admisión en especial detallar la forma de diseño y fabricación pruebas y ensayos de los diferentes múltiple de admisión existentes en el medio.

El capítulo III se detalla los conocimientos previos para el rediseño del múltiple de admisión como son los factores internos y externos que influyen en el diseño, con los diferentes cálculos matemáticos para la demostración teórica, y aplicar el diseño del múltiple de admisión en el software CAD-CAE y simulaciones mediante la aplicación de la herramienta Flow Simulation, para simulaciones de flujo dentro del múltiple de admisión; en las cuales se pueden realizar las simulación de las pruebas de presión, velocidad y flujo bajo los diferentes régimen de giro; con el soporte del tubo Pitot Prandlet para la presión, y velocidad, así

como el dinamómetro de rodillos para datos experimentales de potencia del motor.

Se realizará la impresión 3D del rediseño y tratamientos térmicos (SAIS 3D), y así poder investigar los diferentes materiales existentes en el mercado nacional para su fabricación.

En la capítulo IV se detalla el proceso de construcción, en lo que se refiere a la medición, corte, doblaje, soldadura, pulido y ensamblaje de los elementos utilizados para el armado del múltiple de admisión diseñado. Y el proceso de instalación del múltiple en el vehículo, muestra también las adaptaciones realizadas en lo referente a los sensores que intervienen en la admisión de aire y accesorios adicionales del sistema para demostrar experimentalmente los resultados obtenidos y determinar mediante un análisis comparativo las mejoras que se ha obtenido al realizar este rediseño en el múltiple de admisión del vehículo Chevrolet Optra.

Y para finalizar en el capítulo VI se describe las diferentes conclusiones y recomendaciones obtenidas al finalizar el proyecto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La producción automotriz en Ecuador empezó en la década de los años 50, cuando empresas del sector metalmecánico comenzaron la fabricación de carrocerías, asientos para buses, algunas partes y piezas metálicas. En la actualidad, la contribución de la industria automotriz tiene una gran influencia en el aporte económico nacional. De esta manera, la industria de ensamblaje ha brindado la oportunidad de la producción local de componentes, partes, piezas e insumos en general, dentro de los cuales en la actualidad es necesario el desarrollo de autopartes que optimicen los procesos de combustión de los motores, lo que genera a su vez una cadena de fabricación. (Inversiones, 2015)

Para el sistema de admisión de un M.C.I., sin cambiar sus principios básicos (flujo del aire así como la fluctuación de ondas dentro de los conductos de admisión), para incrementar potencia de acuerdo al diseño para el cual fue desarrollado. Estas innovaciones van desde la estructura básica hasta la implementación electrónica aplicada al automóvil. Modificando las estructuras, materiales, procesos de manufactura, formas y diseño basándose en una tecnología (sistemas de modelamiento y simulación virtual) se logra influir en el rendimiento del motor aprovechando la mayor potencia posible que puede generar el motor bajo los diferentes regímenes de giro. (Turmero, 2012)

Debido a la necesidad de abarcar el mercado nacional las industrias automotrices se enfocan en producciones en serie con fines comerciales

por lo que se descuida posibles variantes que influyen en la mejora del desempeño del motor (potencia) bajo diferentes regímenes de giro, como son los múltiples de admisión de geometría variable que permiten modificar la sección de sus conductos de acuerdo a las condiciones de operación del motor (bajas, medias y altas revoluciones). (Sarmiento, 2005)

Pruebas realizadas en un vehículo Chevrolet Corsa Evolution en donde se realizaron modificaciones en el sistema de admisión para un motor de combustión interna con inyección electrónica de combustible, mediante el diseño y construcción de un múltiple, se mejora el llenado del cilindro para obtener mayor flujo de aire y así aumentar la potencia del motor y optimizar la mezcla aire combustible. (Estrella, 2009)

El diseño de este tipo de autopartes optimiza el desempeño del motor logrando un equilibrio (valores proporcionales de potencia) tanto para regímenes de bajas revoluciones como de altas revoluciones, mejorando la mezcla aire combustible con el fin de establecer los parámetros de diseño necesarios en el múltiple de admisión que incremente la potencia del motor. (F. Payri, 2011)

El aire que ingresa al cilindro en cada instante está en relación directa con el rendimiento del motor; el mismo que a su vez es inversamente proporcional a la densidad del aire que está en función de la altitud; por lo que es muy importante tomar en cuenta las condiciones geográficas como son: humedad, temperatura y presión atmosférica. (Rea, 2004)

El rediseño del múltiple de admisión realizado por Toyota en conjunto con AEDEA logra conseguir un aumento de potencia en el motor con la implementación adecuada de las ondas de presión (de acuerdo al diámetro del conducto ya que a menor diámetro del conducto mayor

fluctuación de ondas favoreciendo al desempeño del motor en bajas rpm y viceversa), sin embargo ésta mejora solo es posible en uno solo régimen de operación del motor (altas o bajas revoluciones) para los múltiples de admisión convencionales; de acuerdo a pruebas realizadas (flujo y resonancia) se puede lograr un equilibrio de potencia tanto en bajas como altas revoluciones variando la sección (diámetro de los conductos), en el diseño se logrará múltiples de admisión con geometría variable. Los procesos de admisión y escape van a provocar ondas de presión que se van a transmitir en los conductos del motor esto depende del tipo y diseño del múltiple de admisión. (Toyota, 2005)

Los motores con los que son equipados los vehículos dentro del mercado nacional y cada uno de sus sistemas son desarrollados y producidos generalmente con un enfoque comercial; para lo cual las marcas automotrices buscan un equilibrio entre costo beneficio para sus clientes, dentro de las especificaciones del vehículo que se presenta al cliente constan valores de torque y potencia para un determinado número de revoluciones de acuerdo al diseño de cada automotor; pero se debe tomar en cuenta que este diseño en general es realizado con un enfoque comercial por lo que vehículos y sus motores pueden ser equipados con componentes y/o sistemas que presenten mayores beneficios con el fin de lograr un motor más eficiente. (Álvarez Flores, 2005)

1.2 Planteamiento del problema

El aprovechamiento energético de un M.C.I. se encuentra relacionado con las características geométricas de cada componente (subsistemas), que influyen a mejorar el rendimiento del mismo bajo las diferentes condiciones de giro del motor; dentro de lo cual interviene directamente el diseño de cada componente y en éste caso el múltiple de admisión, por lo

que con cada modificación se logrará obtener una mayor potencia tanto en bajas como en altas revoluciones.

Los automotores dentro del mercado nacional con el fin de optimizar el espacio del vehículo se han enfocado a utilizar componentes que ocupen el menor espacio posible como es el caso de los múltiples de admisión de longitud corta y grandes diámetros (implementados en los vehículos más vendidos para el año 2014 Chevrolet Aveo, Sail y Optra), con lo que se logra el torque necesario para mover el vehículo en bajas rpm sin tomar en cuenta la potencia generada bajo los diferentes regímenes de giro, enfocando al diseño de un múltiple de admisión de sección variable, permitiendo modificar el diámetro del conducto de admisión de acuerdo a los regímenes de giro del motor y logrando aprovechar el rendimiento (torque y potencia) para las diferentes condiciones (bajas, medias y altas rpm), puesto que para vencer la inercia del vehículo en bajas (ralentí) rpm se necesitan diámetros cortos que aumenten la velocidad del aire en la admisión; por el contrario cuando el vehículo ya se encuentra en movimiento se necesitaran diámetros grandes para una mayor potencia especialmente del motor, generalmente en altas revoluciones.

La potencia de un motor presenta un desfase (variación) tanto en medias (2500 rpm) como altas revoluciones (5000 rpm) de acuerdo al diseño y enfoque del motor, para lo cual con el fin de lograr aprovechar de mejor manera el desempeño del motor (con enfoque en su potencia) se plantea la reingeniería de un múltiple de admisión con geometría variable (variando la sección del diámetro para sus conductos) para un vehículo Chevrolet Otra 1.8. La misión de éstos múltiples de admisión es la de variar sus geometrías, en este caso la sección o diámetro de los conductos con el fin de compensar la velocidad y presión del aire al ingreso del cilindro para bajas y altas rpm del motor.

Los efectos de ondas se utilizan en la admisión para mejorar el llenado del cilindro y con el objetivo de aprovechar los fenómenos de ondas de presión en la admisión en un rango mayor se han desarrollado un serie de colectores de geometría variable en los que es posible cambiar la frecuencia propia del colector logrando un flujo óptimo (laminar) en función de las condiciones de operación del motor.

A continuación en la figura N°1 encontramos un cuadro esquemático los problemas y soluciones del proyecto, para el rediseño del sistema de admisión.

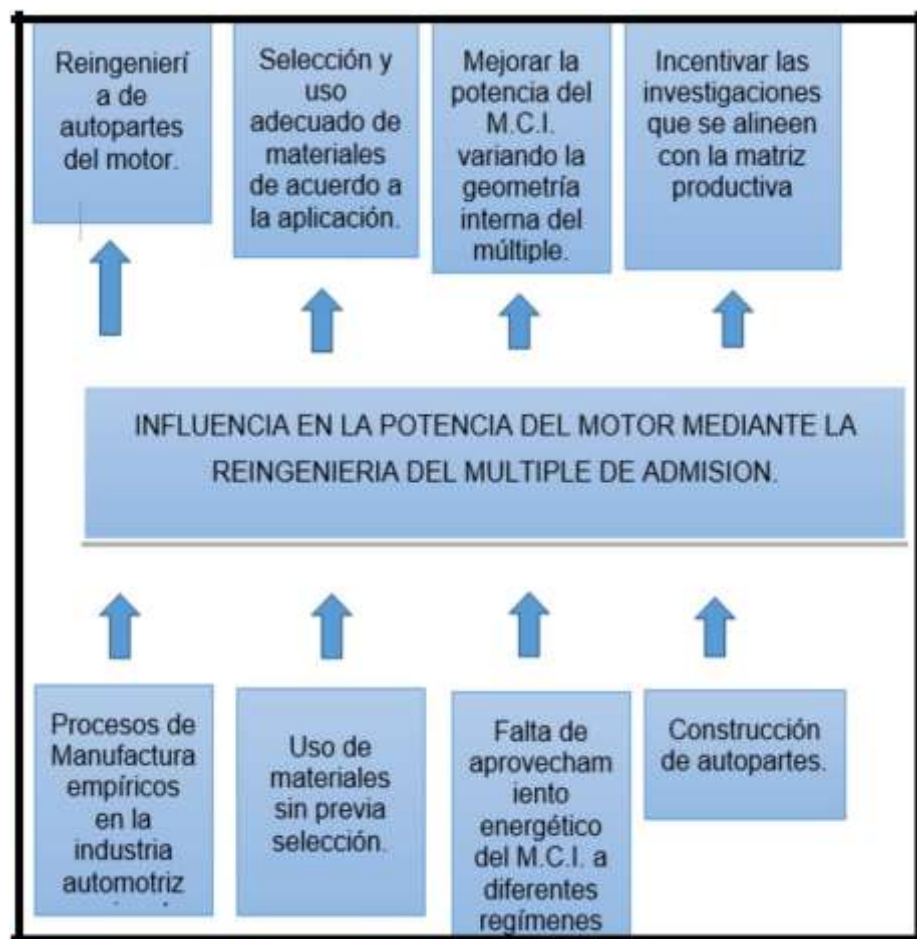


Figura 1: Diagrama Causa Efecto.

1.3 Justificación e importancia

De acuerdo al informe del año 2014 presentado por AEDEA, se encuentra como la marca líder en ventas dentro de la industria automotriz a Chevrolet que ocupa un 44,62% de ventas del mercado nacional, presentando entre sus modelos más vendidos, las marcas: Aveo, Sail, y Optra. (EADE, 2014)

La reingeniería de un múltiple de admisión, simulación y matematización (cálculos de diseño) para analizar el comportamiento del aire que ingresa al múltiple de admisión y la influencia en la potencia del motor es de gran ayuda, ya que las necesidades (presión, velocidad y flujo del aire) del motor bajo los distintos regímenes de operación (bajas y altas rpm) varían de acuerdo a la sección (diámetro) de los conductos en el múltiple de admisión; por lo que se aporta información de sustento para posteriores proyectos. (Gilardi, 1985)

El presente proyecto de investigación apoyará con la propuesta del gobierno de acuerdo con el Plan Del Buen Vivir 2013 al 2017 en el objetivo 10 resalta el Impulsar la Transformación de la Matriz Productiva, que conduce a la universidad e institutos educativos a un enfoque para el desarrollo y producción de piezas, accesorios y componentes, utilizando los recursos disponibles e investigaciones referentes a ésta área. (DESARROLLO, 2013)

El Centro de Desagregación Tecnológico del Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) cuenta con equipos de alta calidad como: Impresora 3D EOS, Tomógrafo industrial ZEISS, medidor de coordenadas tácticas ZEISS, que nos permitirán realizar el proyecto y de

esta manera se brinda la oportunidad para la producción local de componentes, partes, piezas e insumos en general, lo que genera a su vez un encadenamiento productivo en la fabricación de otros productos relacionados a los automotores, maquinarias y herramientas necesarias para producirlos. (PRODUCTIVIDAD, 2014)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar la influencia en la potencia del motor 1.8 L. del vehículo CHEVROLET OPTRA mediante la reingeniería del múltiple de admisión.

1.5.2 Objetivos específicos

- Obtener información técnica inherente al tema de proyecto (diseño, material, procesos de manufactura y pruebas).
- Determinar el material utilizado en el múltiple de admisión original del vehículo, mediante el tomógrafo industrial ZEISS (MIPRO) y aplicar la reingeniería en el diseño con soporte del software Solidwork.
- Realizar pruebas de (presión, velocidad y flujo) en el múltiple de admisión original, mediante la utilización de un termómetro digital (microlife) y el Tubo Pitot Prandlet, estableciendo un protocolo de pruebas.
- Realizar la simulación e impresión 3D del rediseño del múltiple de admisión seleccionando el material idóneo, mediante la utilización

de la casa de la calidad y el software CAD-CAE para la simulación y la impresora 3D (MIPRO).

- Rediseñar el múltiple de admisión para el motor 1.8 L. del Chevrolet Optra.
- Instalar y determinar la influencia que presenta el múltiple en la potencia del motor para el vehículo Chevrolet Optra Estándar, mediante la utilización del dinamómetro de rodillos.

1.6 Metas

- Obtener información técnica inherente al tema de proyecto (diseño, material, procesos de manufactura y pruebas), en un periodo de 4 semanas.
- Determinar el material utilizado en el múltiple de admisión original del vehículo, con ayuda del tomógrafo industrial ZEISS (MIPRO) y aplicar la reingeniería mediante el diseño con soporte del software Solidwork, en un periodo de 2 semanas.
- Realizar pruebas de (presión, velocidad y flujo) en el múltiple de admisión original, mediante la utilización de un termómetro digital (microlife) y el Tubo Pitot Prandlet, estableciendo un protocolo de pruebas, en un periodo de 3 semanas.
- Rediseñar el múltiple de admisión para el motor 1.8 L. del Chevrolet Optra, en un periodo de 4 semanas.

- Realizar la simulación e impresión 3D del rediseño del múltiple de admisión seleccionando el material idóneo, mediante la utilización de la casa de la calidad y el software CAD-CAE para la simulación y la impresora 3D (MIPRO), en un periodo de 4 semanas.
- Instalar y determinar la influencia que presenta el múltiple de geometría variable en la potencia del motor para el vehículo Chevrolet Optra Estándar, mediante la utilización del dinamómetro de rodillos, en un periodo de 4 semanas.

1.7 Hipótesis

Se logrará el incremento de potencia en el M.C.I. para las variaciones de rpm en bajas y altas, modificando la geometría interna del múltiple de admisión.

1.8 Variables

Para el proyecto de investigación de tesis se aplicará las variables como son: variables dependientes y variables independientes.

1.8.1 Variables dependientes:

Torque vs Potencia Motor.

1.8.2 Variables independientes:

Diseño Múltiple de Admisión (Reingeniería) / Material Impresión 3D

1.8.3 Operación de variables

a) Variable Dependiente

Tabla 1
Operación de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	CATEGORÍA	INDICADOR	INSTRUMENTO
	ACADEMICA	Presenta un parámetro de variación al aumentar la velocidad de 0 Km/h a 100Km/h	Información de técnica, mediante la recolección de información.
TORQUE VS POTENCIA MOTOR	ACADÉMICA	Presenta una variación de flujo de aire de acuerdo al aumento de RPM	
	TÉCNICA	Potencia de 121 HP @ 5800 RPM	Dinamómetro.

b) Variable independiente

Tabla 2
Operación de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CATEGORÍA	INDICADOR	INSTRUMENTO
DISEÑO MÚLTIPLE DE ADMISIÓN (REINGENIERÍA) / MATERIAL IMPRESIÓN 3D.	ACADÉMICA	Variación del tiempo para alcanzar temperatura normal de funcionamiento del motor.	Información para técnica, mediante la recolección de información.
		Resistencia mecánica del material PLA	
	TÉCNICA	Geometría del diseño	Temperatura normal de funcionamiento varía entre 80°C y 90°C.

1.9 Metodología

Los métodos que se emplean en la investigación son de gran relevancia, para la recolección de datos útiles, que garanticen la eficiencia y eficacia de la investigación.

1.9.1 Método experimental

Para la elaboración del proyecto de investigación se aplicará el método experimental que implica el diseño del múltiple de admisión en el software CAD-CAE y simulaciones mediante la aplicación de la herramienta Flow Simulation, para simulaciones de flujo dentro del múltiple de admisión; así como las pruebas de presión, velocidad y flujo bajo los diferentes regímenes de giro; con el soporte del tubo Pitot Prandlet para la presión, y velocidad, así como el dinamómetro de rodillos para datos experimentales de potencia del motor.

Con el soporte del tomógrafo industrial ZEISS se determinará el material original para el componente. Se realizará la impresión 3D del rediseño y pos lijado mediante rodillos interiores (SAIS 3D), finalizando el método experimental con la implementación del múltiple de admisión de geometría variable.

1.9.2 Matemización

Se realizará todo lo correspondiente a cálculos matemáticos para la longitud y diámetro de los conductos de admisión, así como también se establecerá matemáticamente la presión, velocidad y flujo del aire a lo largo de toda la trayectoria del múltiple de admisión, con soporte del software Matlab.

1.9.3 Método deductivo

De acuerdo a los datos obtenidos se obtendrá la potencia entregada por parte del motor, tomando en cuenta los datos obtenidos en el método experimental con la implementación de los dos múltiplos de admisión (múltiple de admisión original y el múltiple rediseñado), con lo que se puede deducir el comportamiento del aire en los conductos de admisión (en los dos múltiplos de admisión) y verificar lo calculado con lo experimental.

1.9.4 Método sintético

El método sintético es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de los elementos distinguidos; con la ayuda de los datos experimentales y deductivos detallándose la selección de material y simulaciones con el fin de aportar al desarrollo del rediseño para el múltiple de admisión de geometría variable.

1.9.5 Método comparativo

Se realizará la comparación mediante la tabulación de los valores obtenidos (presión, velocidad, flujo del aire y potencia generada por el M.C.I.) bajos los distintos regímenes de giro del motor con soporte del software SPSS Statics; para proceder con el análisis de resultados para poner en comparación con los valores obtenidos al montar el múltiple de admisión original vs el rediseñado, finalizando con las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Especificaciones

La marca Chevrolet es una de las importantes fábricas de automóviles de todos los tiempos. Fundada en Janesville, estado de Wisconsin en 1911, por Louis Chevrolet; magnífico mecánico y corredor de automóviles de origen Suizo. Con la ayuda de W. Durant, creador de General Motors, que al caer en desgracia en la sociedad, se lanzaron a solidificar una empresa. Actualmente dentro de nuestro país es una de las marcas más comerciales, líderes en el mercado nacional con un gran reconocimiento. (VICENTE, 1969)

El automóvil Chevrolet Optra 1.8 L de acuerdo a las especificaciones del fabricante como se muestra en la Tabla II.1 y Tabla II.2, posee un motor 4 en línea, 16 válvulas; lo que lo hace uno de los vehículos más codiciados comercialmente, debido a su excelente desempeño mecánico, confort y seguridad.

Para mayor detalle se enlista a continuación las especificaciones técnicas del vehículo CHEVROLET OPTRA 1.8L, para ser tomado a consideración.

Tabla 3
Especificaciones Motor Chevrolet Optra

MOTOR:	ADVANCE 1.8 L.
Ajuste Valvular	Automático/Hidráulico
Alimentación	MPFI
Caja de cambios/relación final de eje	4.176
Caja de cambios relaciones 1 ^a	3.545
Caja de cambios relaciones 2 ^a	2.048
Caja de cambios relaciones 3 ^a	1.346
Caja de cambios relaciones 4 ^a	0.971
Caja de cambios relaciones 5 ^a	0.763
Diám. X Carrera (mm)	81.6 x 86
Dirección	Hidráulica de cremallera y piñón.
Frenos	ABS
Llantas	195/55 R15
Material: Bloque Culata	Hierro/Aluminio
Posición	Delantera Transversal
Potencia (HP @ rpm)	121 @ 5800
Relación de Compresión	9,8:1
Reversa	3.333
Tipo	4 CIL DOHC 16V
Tipo/Palanca de cambio	Mecánica 5 Velocidades
Torque kg*m (Nm)@rpm	16.8 (165) @ 4000

Respecto a sus especificaciones, desempeño, dimensiones y capacidades se ubica en el puesto de los vehículos más comerciales ya que se ha caracterizado por ser un sedán familiar con capacidad para 5 personas y un equipamiento de seguridad muy confiable en caso de accidentes.

Tabla 4
Dimensiones y capacidades Chevrolet Optra

DIMENSIONES Y CAPACIDADES	ADVANCE 1.8 L.
Alto	1.180
Alto total (mm)	1.455
Ancho	1.480
Ancho total (mm)	1.725
Área Frontal	2.155
Capacidad baúl	405
Capacidad de carga (Kg)	440
Capacidad de pasajeros	5
Coefficiente de Arrastre (CD)	0.338
Distancia entre ejes (mm)	2.600
Largo Total (mm)	4.500
Longitud Interna	1.925
Peso bruto vehicular (kg)	1.720
Peso vacío (kg)	1.280
Tanque combustible (litros)	60

2.2 Sistema de admisión

El termino admisión hace introducción a la fase inicial del ciclo térmico dentro de un M.C.I.; técnicamente se conoce como el tiempo del motor en que se produce entrada de aire durante la carrera de descenso del pistón, desde el PMS hacia el PMI.

El sistema de admisión es el conjunto de dispositivos que hacen posible el ingreso del aire a los cilindros en el motor de combustión interna. El objetivo principal del sistema de admisión es lograr un flujo adecuado de entrada de aire con el fin de permitir la entrada homogénea

de la carga a cada cilindro. El desempeño adecuado del motor de combustión interna se basa inicialmente de la carga (aire); ya que determina la presión dentro del cilindro y por consiguiente la fuerza de explosión que empujara al pistón durante el ciclo de trabajo.

Este sistema es el encargado de suministrar el aire necesario para la combustión en cuanto a su calidad, empezando con la funcionalidad del filtro de aire o purificador; que es el encargado de retener la mayor cantidad de impurezas del aire exterior para garantizar un mejor desempeño y vida útil del M.C.I., continuando su trayectoria por los conductos de admisión en los cuales encontraremos los sensores MAP(sensor de presión del múltiple de admisión) y MAF (sensor de flujo de aire de admisión) para recolectar la información del aire al ingreso (temperatura, presión y caudal) del sistema y enviar a la ECU para procesar los datos y verificar su correcto funcionamiento.

En la Figura 2.1 Despiece Sistema de Admisión se enumeran todas y cada una de las partes que componen tanto el múltiple de admisión y de escape.

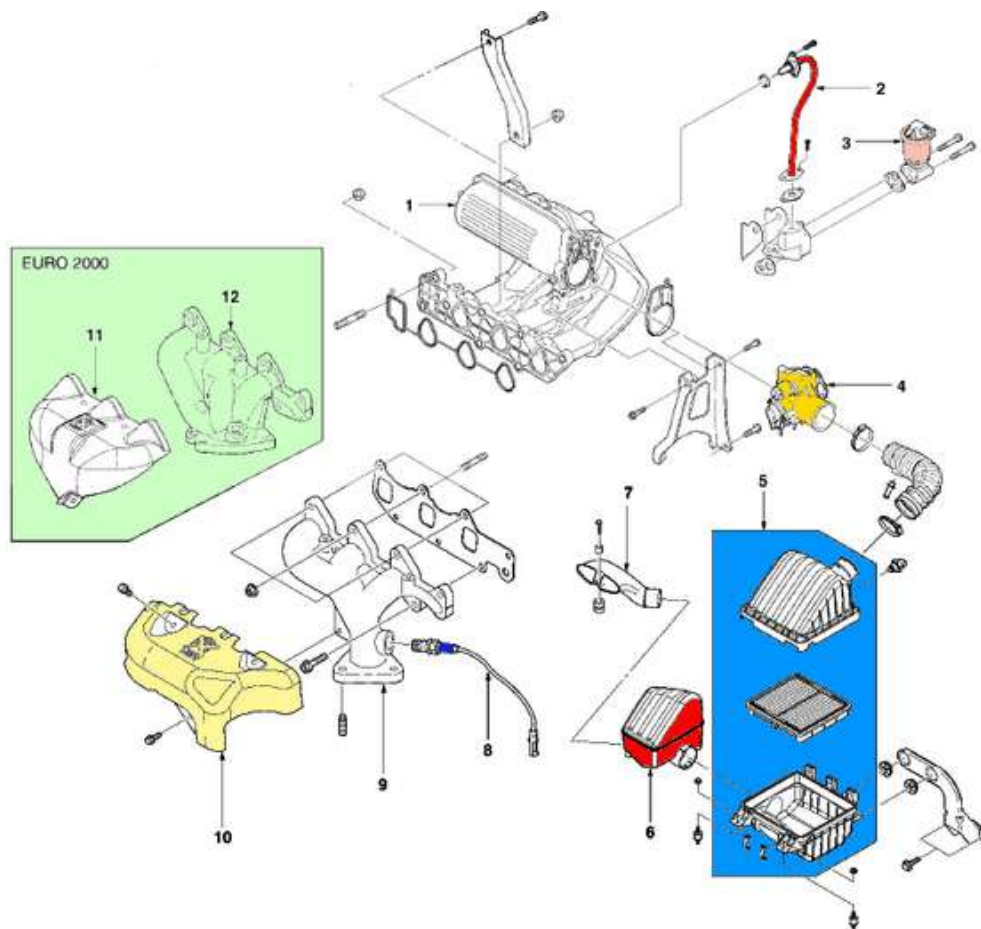


Figura 2 Despiece Sistema de Admisión.

Fuente: (EADE, 2014)

- 1 Múltiple de admisión ó entrada
- 2 Tubo de recirculación de gases de escape (EGR)
- 3 Válvula EGR y solenoide
- 4 Cuerpo de aceleración
- 5 Filtro de aire
- 6 Resonador
- 7 Esnórquel
- 8 Sensor de oxígeno
- 9 Múltiple de escape
- 10 Blindaje del calor del múltiple de escape
- 11 Blindaje de calor del múltiple de escape (Euro III)

12 Múltiple de escape (Euro III)

Dentro de la trayectoria del aire hacia los cilindros del motor se encuentra el cuerpo de aceleración que es el encargado de abrir o cerrar la mariposa para regular la cantidad de aire que ingresará en los conductos del múltiple de admisión de acuerdo a las condiciones de operación (bajas o altas revoluciones), para concluir la trayectoria del aire finaliza en el múltiple de admisión que es el encargado de dar las condiciones adecuadas al aire para el ingreso a los cilindros; ya que de acuerdo al diseño se determina el caudal y flujo más óptimo para su funcionamiento. El sistema de admisión como se enunció es un conjunto de componentes, dentro de los cuales se detallan a continuación:

- **Elementos filtrantes.** - son aquellos elementos diseñados para eliminar contaminantes del aire atmosféricos, y es el componente más fiable para eliminar impurezas.
- **Sensores.** - Son los encargados de verificar el flujo (MAF) y presión (MAP) de entrada del aire atmosférico, para enviar la información a ser procesada por la ECU.
- **Depurador.** - Es un componente que ayuda a la filtración de impurezas más pequeñas y a la vez mediante su diseño permite que se genere la turbulencia en el aire de ingreso.
- **Mariposa de admisión.** - Es una válvula que regula la cantidad de aire que ingresara al M.C.I. de acuerdo a las condiciones de operación del mismo.

- **Cuerpo de aceleración.** - Se conoce a todo el conjunto de componentes incluyendo la mariposa, depósito impulsor, y el sensor de posición de la mariposa.
- **Múltiple de admisión.** - Es el encargado de conducir el aire hacia los cilindros del M.C.I.

Las funciones principales del sistema de admisión son:

- Filtrar el aire atmosférico para eliminar impurezas.
- Medir y regular la cantidad de aire que formara la mezcla aire-combustible.
- Atenuar el ruido procedente del interior del motor.
- Distribuir adecuadamente el aire entre los puertos de admisión del M.C.I.

2.2.1 Múltiple de Admisión

El múltiple de admisión es el encargado de dirigir una cantidad igual de la carga de admisión; hacia cada válvula de admisión. Tomando en cuenta que cada válvula estará regulada igual que el resto de válvulas, para permitir que ingrese la misma cantidad de carga a cada cámara de combustión; desarrollando un funcionamiento parejo del motor de combustión interna.

El múltiple de admisión es aquel componente que conecta el sistema de admisión con los cilindros del M.C.I. ubicados en el block. Es el encargado de entregar aire limpio y filtrado hacia las cámaras de combustión del motor, para que se genere la combustión de la mezcla aire-combustible de acuerdo al diseño del vehículo.

Existen varios diseños para el múltiple de admisión de acuerdo a las necesidades para las cuales fue creado el vehículo; en donde tiene una gran influencia el diseño de los conductos (largo y sección) en el desempeño del M.C.I. La eficiencia de admisión depende de los conductos del múltiple, ya que un múltiple de admisión con conductos de poco diámetro permite generar alta potencia de motor a bajas revoluciones, en cambio, si al mismo motor se le instala un múltiple con pasajes de mayor diámetro la misma potencia se obtendrá a mayor número de revoluciones.

La marca Chevrolet en su gran mayoría utiliza para vehículo livianos el diseño que se presenta en el modelo Optra 1.8 L. de conductos cortos y de gran diámetro; logrando mayor torque a bajas revoluciones para garantizar la salida del vehículo y una potencia máxima en altas revoluciones.



Figura 3 Múltiple de Admisión CHEVROLET OPTRA.

Fuente: (Kbstune, 2001)

En las primeras décadas que se comercializaron los vehículos a nivel nacional e internacional se realizaban los múltiples de admisión de hierro dulce, conforme al avance tecnológico se ha buscado mejorar tanto el diseño y materiales utilizados para reducir costos, peso del vehículo y lograr iguales o mejores prestaciones de cada componente por lo que se

innovo realizando la producción de múltiples de admisión de aluminio para reducir peso y mejorar prestaciones del vehículo, hasta la actualidad que se han logrado la producción de componentes (en algunas marcas automotrices) a base de polímeros que son muchos más ligeros y garantizan el trabajo para el que son construidos.

Así como han variado los materiales de producción para los componentes, también han variado sus diseños y esto se evidencia en los motores actuales; debidos que sus múltiples de admisión no pretenden el diseño convencional. Por lo que aparecen los múltiples de admisión de geometría variable, que a diferencia de un múltiple de admisión convencional permiten variar las condiciones de acuerdo al giro del motor.

2.2.2 Diseño y fabricación en la industria automotriz

Existen varios procesos para la manufactura, unas marcas lo realizan en un número menor de pasos que otras pero de igual manera repercute tanto en los acabados, prestaciones del motor, así como el confort y seguridad de sus usuarios; sin embargo todas las marcas cuentan con los siguientes pasos a detallarse que son la base para la manufactura de autopartes.

Independientemente de la marca automotriz que se encuentre en el mercado, para desarrollar autopartes, se inicia con un modelado virtual previamente con un diseño establecido, que es patentada por las diferentes marcas; es decir, se realiza un componente mediante un software dentro del cual se realizan pruebas de acuerdo a las condiciones que será expuesto dicho componente con el fin de establecer el diseño que cumple a conformidad las necesidades.

Al finalizar satisfactoriamente el modelado virtual se procede con la fabricación para lo cual se genera un número reducido de componentes para verificar los datos obtenidos en el modelado virtual con lo experimental.

Generalmente se realiza mediante una máquina de impresión como es el caso de Nissan que utiliza una maquina CNC de cinco ejes (Laboratorios México) capaz de crear modelos tridimensionales en espuma y arcilla para verificar que su geometría tenga concordancia con el sistema al que será implementado así como también poder manipular y verificar sus dimensiones antes de realizar una producción en serie.

Independientemente de la marca automotriz que se encuentre en el mercado, para desarrollar autopartes, se inicia con un modelado virtual previamente con un diseño establecido, que es patentada por las diferentes marcas; es decir, se realiza un componente mediante un software dentro del cual se realizan pruebas de acuerdo a las condiciones que será expuesto dicho componente con el fin de establecer el diseño que cumple a conformidad las necesidades.

Al finalizar satisfactoriamente el modelado virtual se procede con la fabricación para lo cual se genera un número reducido de componentes para verificar los datos obtenidos en el modelado virtual con lo experimental.

Generalmente se realiza mediante una máquina de impresión como es el caso de Nissan que utiliza una maquina CNC de cinco ejes (Laboratorios México) capaz de crear modelos tridimensionales en espuma y arcilla para verificar que su geometría tenga concordancia con el sistema al que será implementado así como también poder manipular y verificar sus dimensiones antes de realizar una producción en serie.

Una vez obtenido el prototipo de las autopartes a producir y realizado pruebas de laboratorio y experimentales, se realiza una pieza bajo las condiciones del modelado virtual e impreso con el material para el cual fue diseñado a operar, al realizar la producción es esta unidad se implementa en el motor para realizar pruebas experimentales y determinar que satisface las necesidades durante la operación del motor y del vehículo en general. Para la producción en serie de acuerdo a las marcas se puede realizar matrices o moldes para realizar la inyección del material llevar a cabo su producción. Las diferentes marcas automotrices posicionadas en el mercado cuentan con tecnología de punta por lo que la producción y/o manufactura de autopartes no lleva tiempo, lo que diferencia a cada marca automotriz y posiciona en el mercado es la calidad, ya que muchos buscan reducir costos con el fin de obtener mayores clientes por lo que descuidan la calidad que están ofertando al mercado. El proceso de calidad posterior a la producción y refinamiento (acabados) es la fase más importante ya que de esto depende la categorización en el mercado.

El diseño de motores y de sus componentes en general; se puede desglosar de la siguiente manera:

- Por sus ciclos de operación (4T o 2T)
- Tipos de encendido.
- Método de enfriamiento.
- Configuración del motor.
- Arreglo de válvulas.
- Número y ubicación del árbol de levas.

Es necesario tomar cada uno de estos factores previo al diseño de autopartes, debido que cada referente influye directamente en el diseño

para desarrollar motores de mayor potencia o torque de acuerdo a las condiciones y necesidades del mismo.

La potencia que produce un motor esta en proporción directa con la masa o el peso de aire que utiliza, por lo que los diseñadores de motores pueden cambiar la masa de carga de aire.

Alternando el diámetro y la carrera del pistón.

Cambiando el número de ciclos por minuto del M.C.I.

Mejorando el diseño de flujo de aire.

Aumentando el número de cilindros empleados.

Por lo que dentro de las alternativas previstas las más accesibles para mejorar la potencia del M.C.I. son cambiar número de ciclos por minuto ó mejorar el diseño de flujo de aire, siempre y cuando se tome en cuenta los materiales a utilizar para autopartes. Se usan materiales, procesos de fabricación, requisitos de funcionamiento para diseñar las características de operación del motor de acuerdo a cada requerimiento de aplicación.

El diseño de cada componente automotriz se deja a buen criterio del diseñador, con previo estudio y análisis de su juicio. Generalmente los conductos de los múltiples de admisión tienen diferentes tamaños, temperaturas y relaciones de flujo; lo que hace que la cantidad y calidad de carga sean diferentes entre los cilindros (especialmente a bajas revoluciones).

2.3 Diseño del múltiple de admisión

En el campo automotriz las principales marcas realizan el diseño de motores y auto partes enfocados para la economía a funcionamiento

de carga ligera y estrangulación parcial, garantizando la satisfacción de sus clientes.

Al realizar el diseño o reingeniería de componentes automotrices se debe tomar un enfoque dirigido a lo que se desea modificar (ahorro combustible, mayor potencia, mayor torque, entre otras). Por lo que la mayoría de los potenciales clientes en el sector automotriz han buscado, es mejorar las prestaciones del motor, especialmente enfocado en su potencia; para lo cual un componente como el múltiple de admisión es de gran importancia para influir en la potencia de un vehículo.

Antes de diseñar los múltiples de admisión se deben analizar diferentes factores como son el espacio disponible en el habitáculo y según eso puede variar el tamaño. Deben tener una sección recta bastante grande de tal manera que fluya suficiente carga y así obtener la potencia máxima y eficiencia en la entrega de la mezcla estequiometrica aire – combustible (14.7: 1).

En los vehículos preparados para competencia se diseñan múltiples de admisión grandes de tal manera que puedan alcanzar su máxima potencia. Este tamaño permite que la carga mueva lentamente todas las partículas de combustible (actualmente la mayoría de vehículos todo lo que fluye por los conductos del múltiple es aire), a bajas r.p.m. del motor.

2.3.1 Diseño de los conductos

Dentro de todos los elementos o auto partes que conforman el sistema de admisión, sin lugar a duda, el múltiple de admisión es un componente de especial atención en cuanto a su diseño y análisis por ser el elemento conductor del flujo de aire ya que puede alcanzar velocidades

iguales e incluso superiores a la velocidad del sonido. El diseño de éste componente influye directamente en el flujo de entrada del aire al cilindro, dependiendo indirectamente de la relación de presión entre la entrada y salida de los conductos, se pueden presentar fenómenos como ondas de choque que limiten el flujo máximo de aire por lo que un diseño ideal a la operación del motor es necesario para repotenciar el motor.

En la etapa de diseño conceptual, se realizaron tres configuraciones geométricas preliminares con base en el estudio previo sobre difusores. No obstante, se incorporaron a dichos casos parámetros geométricos de personal interés como el efecto sobre el flujo en la reducción de la distancia entrada-salida, el uso de una tobera divergente tipo spline y diámetro de boca (A).

Para diseño del múltiple de admisión, se evaluaron los siguientes casos, modificando los parámetros geométricos de acuerdo a la siguiente Tabla 5.

Tabla 5
Dimensiones y capacidades de la tobera Chevrolet Optra

Caso	Geom.	(A) mm	(B)mm	(C) mm	(D) mm	(Φ) °
	entrada					
1	recta	52	20	80	200	3
2	spline	52	20	80	200	3
3	spline	52	20	80	200	5
4	spline	52	20	80	200	7
5	spline	52	20	60	200	3
6	spline	52	20	40	200	3
7	spline	52	20	80	200	spline
8	spline	42	20	80	200	3
9	spline	42	20	50	250	3
10	spline	42	20	50	250	Spline

Fuente: (Colchado Argumedo, 2010)

2.3.2 Características del múltiple de admisión

Una de las funciones principales del múltiple de admisión es levantar la carga de admisión desde las tomas de entrada de aire hasta el puerto de admisión (válvulas de admisión). Para los diseños antiguos de múltiples de admisión un factor de gran influencia debido a la presencia de carburadores es la temperatura, ya que ésta modifica la densidad de la carga de entrada ayudando a evaporar las partículas de combustible; actualmente ya no es un factor de importancia debido que en los motores actuales la carga de admisión es simplemente aire, que puede añadirse temperatura con mayor facilidad. Los motores modernos tienen un conducto separado para cada puerto de admisión (válvulas) lo que permite que todos los conductos sean similares en longitud y sección.

Todos los motores ya sean a volumen constante o a presión constante de 4 o más cilindros encienden y se abastecen de combustible de acuerdo al orden de encendido. El flujo de la carga a través del múltiple de admisión depende del número de dobleces agudos del conducto; así como de la tersura de la pared interior (acabados interiores). Las superficies ásperas interiores del conducto generan frenado y turbulencia a la carga de aire, por lo que es necesario generar un acabado adecuado en el interior del múltiple.

Para el diseño del múltiple de admisión una sección redonda será siempre la más favorable, ya que no se presentan aristas que generen un vacío (provocan turbulencia); y a la vez presenta un área estable para el maquinado permitiendo menor resistencia de frenado al aire, permitiendo grandes cantidades de carga.

Los motores que cuenten con un sistema de inyección de combustible (inyección directa), no requieren un cruce térmico de

descarga; porque no existe combustible en la carga que fluye a través del conducto de admisión.

Al momento del arranque en frío el vehículo necesita una mezcla más rica debido a:

- Velocidad baja de la carga.
- Combustible estático y sin evaporación.
- No existe calor dentro del sistema.

2.3.3 Estructura y fabricación

La estructura de cada múltiple depende de sus necesidades, para lo que debemos tomar en cuenta el diámetro o sección de los conductos debido que los múltiples estrechos trabajan bien para bajas velocidades, pero no para altas; más los conductos grandes (ancho), presentan mejor eficiencia volumétrica para elevados regímenes de giro del motor (altas rpm).

Así como para los procesos de fabricación y maquinación del componente se utilizaron inicialmente hierro colado ya que es un material fuerte y absorbe las vibraciones, a más que puede moldearse con facilidad. Tomando en cuenta que la cabeza del cilindro también era de hierro colado, entonces presentaban la misma velocidad de expansión permitiendo sellarse adecuadamente.

Al incrementar el costo de combustible en la década de los 70, el peso y tamaño del vehículo era importante. Se utilizó posteriormente aluminio para los múltiples de admisión como para la cabeza del cilindro.

Los diseñadores mecánicos tratan de ahorrar peso donde sea posible y de esta manera obtener el mejor beneficio de la relación peso potencia y así mantener mejor rentabilidad. Es por esto que en la actualidad se han desarrollado autopartes a base de polímeros para reducir el peso, aportando que son económicos dentro del mercado nacional; garantizando estabilidad económica para la industria y sus potenciales clientes.

2.3.4 Estudio del material utilizado por el fabricante

El material generalmente utilizado por los fabricantes automotrices en los múltiplos de admisión, es en mayor proporción Aluminio. El aluminio es un material de fácil obtención en la naturaleza con características importantes para la industria automotriz que lo hacen uno de los materiales más utilizados en la fabricación de autopartes. El aluminio presenta un color blanco grisáceo que se funde a 600 grados centígrados lo que nos garantiza que es un material adecuado para trabajar en temperaturas de operación del motor.

El aluminio se clasifica según la norma DIN 1712, la cual proporciona 4 calidades de aluminio Al99,8; Al99,7; Al99,5; Al99, este tipo de material puede ser utilizado en el Ámbito automotriz, y Electrotecnia. (Max, y otros, 1980, pág. 80)

El aluminio en su estado puro comparte con otros metales algunas características físicas como las siguientes:

- **Dureza.**

Es duro a temperatura ambiente y en temperaturas frías. Al encontrarse en aleaciones como el duraluminio, su resistencia aumenta significativamente de forma similar a la del acero, o el titanio, siendo más

ligero que estos. Es por ello que se usa en distintas aleaciones destinadas a la construcción de diversos aparatos como automóviles, barcos o fuselajes de aviones, destacándose algunas aleaciones que contienen aluminio por su resistencia a los cambios térmicos y de presión, favoreciéndole su reducida “fatiga del metal”, gracias a sus propiedades físicas y químicas.

- **Maleabilidad.**

El aluminio es un metal muy maleable, propiedad que le permite ser laminado, en capas finas, como las del papel aluminio o el de las latas de aluminio, por ello es uno de los metales que en la actualidad están siendo utilizados cada vez en mayor grado por la industria, ya que se pueden hacer aleaciones más fuertes pero que conserven cierto grado de maleabilidad.

- **Ligereza**

Es uno de los metales más ligeros junto con el titanio, siendo por ello usado en diversas áreas.

- **Resistencia a la corrosión.**

El aluminio se oxida fácilmente, pero al hacerlo se forma una capa de óxido de aluminio que protege la superficie de este a ser atacada por la corrosión.

2.3.5 Características físicas

El aluminio es un elemento muy abundante en la naturaleza, solo aventajado por el oxígeno. Se trata de un metal ligero, con una densidad

de 2700 kg/m³, y con un bajo punto de fusión (660 °C); y un buen conductor eléctrico.

2.3.6 Características mecánicas

Es un material blando y maleable. En estado puro tiene un límite de resistencia en tracción fundido = 90 a 120 N/mm², Laminado puro = 150 a 200N/mm². (Max, y otros, 1980, pág. 80)

Todo ello le hace adecuado para la fabricación de auto partes automotrices y láminas delgadas, pero no como elemento estructural. Para mejorar estas propiedades se realiza aleaciones con otros metales, lo que permite realizar sobre él operaciones de fundición y forja, así como la extrusión del material. También de esta forma se utiliza como soldadura. Para volverlo aún más útil y resistente, se realizan aleaciones de aluminio con cobre, magnesio, silicio, manganeso y otros elementos que lo convierten en un material más fácilmente aplicable.

2.3.7 Características químicas:

Por su estado de oxidación (3 electrones de valencia) hace que reaccione con el oxígeno de la atmósfera formando con rapidez una fina capa gris mate de alúmina Al₂O₃, que recubre el material, aislándolo de ulteriores corrosiones. A pesar de ello es tan estable que se usa con frecuencia para extraer otros metales de sus óxidos.

2.3.8 Estudio del material utilizado para la impresión 3D

Para la impresión 3D de nuestro múltiple de admisión diseñado se ha seleccionado como material para la impresión el PLA (Acrilonitrilo butadieno estireno) es un polímero biodegradable el cual se puede

encontrar en el mercado de comercialización de plásticos. Es uno de los plásticos en mayor estudio y desarrollo por sus múltiples aplicaciones en el mercado debido a que es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%.



Figura 4 PLA granulado
Fuente: (Vicente, 2010)

Este ácido tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos.

El origen de este polímero es el almidón proveniente de vegetales con características biodegradables de la fibra como se representa en la Tabla 6 como son: la remolacha, maíz, trigo, o caña de azúcar, y otros productos ricos en almidón lo que facilita su fuente de extracción alejándola de los procesos de transformación de los hidrocarburos que caracterizan la obtención de otros polímeros.

Tabla 6:
Características biodegradables de la fibra

Característica	PLA DEL CDP	PLA de Kuraray	Rayón	Lyocell	Poliester
Densidad (g/cm ³)	1.25	1.27	1.51	1.52	1.38
Punto de fusión (°C)	120-170	170	Ninguno	Ninguno	260
Cuenta (dtex)	1.7 (e.g.)	1.7	1.7	1.7	1.7
Tenacidad (cN/tex)	50	25-45	20-25	40-45	35-65
Alargamiento (%)	35	N/A	18-22	14-16	15-40
Recobro de la humedad (%)	0.4 - 0.6	0.48	13	12	0.4

Fuente: (Alberto, 2008)

2.3.8.1 Características

- a) **Temperatura de impresión:** La temperatura a la cual se va imprimir oscila entre (190 a 220) °C.
- b) **Resistencia mecánica:** Es un material duro a la vez que frágil. Esto implica que, una vez impresa la pieza no es muy aconsejable realizar tratados mecánicos sobre ellas (taladros, lija,...).
- c) **Temperatura:** Cualquier objeto o autoparte impresa en PLA se vuelve endeble a temperaturas entorno a (60-70)°C.
- d) **Marca del filamento:** Presentan un aspecto translúcido u opaco. El paso de la luz a través de la pieza se reduce cuando el grosor de la misma va aumentando; mientras que los PLAs traslúcidos poseen un determinado brillo cuando la luz incide sobre el material.

- e) **Contracción entre capas:** Permite que las capas intermedias-altas no se agrieten por mala adhesión entre ellas evitando que se produzca el "efecto warping".

- f) **Olor:** Es agradable y no tóxico, puesto que, es proveniente de vegetales ricos en almidón, el PLA se fabrica a partir de maíz. Esto lo hace ideal para impresiones en hogares y sobre todo en entorno frecuentados por muchas personas.

2.4 Especificaciones tomógrafo industrial ZEISS (MIPRO)

Asegurar la calidad mediante el uso de tomografía computarizada, será fundamental en el crecimiento de la industria automotriz, electrónica, médica y de plásticos

La fusión de la metrología y la tomografía, abre nuevas posibilidades hasta ahora desconocidas. Ahora es posible llevar a cabo mediciones de alta precisión y no destructivas de las piezas en zonas donde hasta ahora sólo era posibles realizar una mera verificación o donde no existía el aseguramiento de calidad.

La Metrotomografía se asemeja a la medición en el interior de una pieza: todos los datos registrados se pueden evaluar y aplicar en todos los ámbitos del aseguramiento de calidad. La tecnología de ensayos no destructivos, como por el ejemplo el control de montaje, el análisis de daños y de porosidad, comprobación del material o control de defectos es posible de la misma manera que la evaluación metrológica, las aplicaciones de ingeniería inversa o la comparación de geometrías.

2.4.1 Especificaciones principales

- Tomógrafo computarizado 3D con tubos de rayos X de microfoco y detectores
- Mesa giratoria para amarre y posicionamiento de la pieza de Carl Zeiss Tecnología segura • Cabina de protección integral
- Cumple con la directiva de protección de radiación según DIN 54113 para equipos de protección integral homologada (0,5 mr/h en el revestimiento exterior)
- Diseño ergonómicamente optimizado (posición especial de carga)

2.4.2 Tecnología de la máquina

- Tecnología lineal acreditada
- Componentes relevantes para la precisión de la máquina fabricados por Carl Zeiss
- Compensación de los errores de guía (corrección CAA)
- Mesa giratoria con accionamiento directo original de Carl Zeiss
- Cojinetes de fabricación Zeiss
- Resolución: 0,036''
- Carga máx. (céntrica): 500 N

2.4.3. Sensor

- Tubo de rayos X de microfoco
- Alta tensión: 10 – 225 keV • Corriente del tubo: 5 – 3000 μ A
- Pleno rendimiento: 320 W máx. • Ángulo de radiación: 50° cónicos
- Ángulo de rayo aprovechable: 30° cónicos
- Tamaño del focal: > 7 μ m detector de bancada plana
- Detector con sensibilidad extremadamente elevada
- 1024 x 1024 píxeles a 400 μ m² para 3D-CT

La inspección de calidad siempre ha sido una de las actividades prioritarias para las empresas manufactureras ya que de ello depende asegurar que sus productos no presenten irregularidades ni fallas tanto en estructura como en funcionamiento. Sin embargo, actualmente ha cobrado mayor relevancia debido a que la calidad es un factor primordial de ventaja competitiva dentro del mercado.

La inspección permite examinar, medir y verificar la calidad de los productos, piezas y materiales de los que se componen, a través de instrumentos de medición, patrones de comparación o equipos de pruebas para ver si éstos cumplen o no con las características de seguridad, funcionalidad o normas.

Por esta razón, la inspección de calidad se ha convertido en un reto tanto para los fabricantes de máquinas de medición como para las industrias, ya que representa la exigencia de desarrollar y adquirir mejores herramientas que, además de permitir la obtención de datos con márgenes de error mínimos, lo hagan en el menor tiempo posible. Es por ello que a través de nuestra División de Metrología Industrial trabajamos para innovar en el área de metrología industrial y poner al alcance tecnología que supere retos de este tipo.

Esta tecnología consiste en realizar un análisis a profundidad mediante un proceso no destructivo a través de rayos X, es decir, su valor primordial recae en buscar defectos en la producción desde el interior de la pieza, permitiendo comprender la interacción entre los componentes de un producto lo cual sería imposible visualizar de otra manera.

El tomógrafo industrial ZEISS cuenta con varias opciones de evaluación, desde una visualización en color detallada y fácil de

comprender de la comparativa geométrica hasta un registro de prueba de prototipo detallado.

Con metrotomografía, el mismo conjunto de datos digital se puede utilizar fácilmente para visualizar y medir estructuras que hubiera requerido la destrucción de las piezas para medir con una CMM tradicional.

Realizar análisis de porosidad o daños, análisis de montaje, defectos o materiales; todo es posible con la ayuda del modelo de volumen 3D. La metrotomografía reduce considerablemente el proceso de desarrollo, analiza la calidad del proceso de producción y visualiza los defectos de las piezas de forma inmediata.

Se ha diseñado especialmente para los requisitos de la industria del molde de inyección. Cumple todos los requisitos de empresas de tamaño medio que tengan su actividad en la industria de piezas de plástico, compuestos y cerámica.

Se consiguió mediante el uso de tecnología de tubos de rayos X de micro enfoque sin mantenimiento. Puntos focales sumamente pequeños posibilitan imágenes de proyección bien definidas en el detector, la base para una gran precisión en la medición. El detector METROTOM proporciona casi tres millones de píxeles para el reconocimiento del más mínimo detalle.



Figura 5 Cabina Metrotón

Fuente: (Zeiss, 2015)

Es una máquina de medición de coordenadas basada en CT ideal para una amplia variedad de aplicaciones relacionadas con el tamaño y la densidad de los materiales. El METROTOM 1500 se ha desarrollado especialmente para satisfacer una amplia gama de necesidades y adaptarse a los diversos requisitos diarios de laboratorios de cualificación en medición interna o externa. Piezas de plástico, cerámica, así como magnesio, aluminio y acero se pueden medir dimensionalmente y evaluarse de forma altamente eficiente.

Ofrece siempre una resolución al detalle y una precisión de medición ideales

La ampliación de piezas se selecciona para cada aplicación mediante el posicionamiento gradual de la pieza entre la fuente de rayos X y el detector. El usuario siempre obtiene una resolución en detalle óptima y precisión de medición.

Permite ampliar la vista detallada en mecanismos muy pequeños, así como en piezas de trabajo muy grandes que necesitan ser medidos

con gran precisión. Esto se evalúa en referencia a la pieza completa. Esta función se activa mediante el posicionamiento preciso de la pieza en diferentes direcciones utilizando la mesa giratoria de ajuste vertical.

La tecnología abierta de tubo de rayos X utilizada posibilita una vida de servicio prácticamente ilimitada. Con su carcasa de protección anti radiación, el METROTOM 1500 cumple los requisitos de una máquina de protección total. El sistema puede además configurarse prácticamente en cualquier sitio. No existe ningún riesgo de exposición a la radiación para el entorno o para el operador. La puerta de la máquina está motorizada.

2.4.4 Funciones tomógrafo industrial ZEISS:

Los sistemas de tomografía computarizada son siempre punteros, tanto en hardware como en software, permiten realizar varias funciones como se las detalla a continuación:

2.4.4.1 Análisis de fallos no destructivos dentro de las piezas



Figura 6 Análisis de ensayos no destructivos

Fuente: (Zeiss, 2015)

Además de una inspección convencional con rayos X, ofrece una amplia gama de interesantes métodos de análisis. El examen con tomografía computarizada sienta las bases para

- Análisis de porosidad/inclusión
- Análisis de fallos y daños
- Detección de fracturas muy finas
- Pruebas de esfuerzo con carga de temperatura, presión o electricidad
- Pruebas de ensamblaje
- Análisis de desgaste

2.4.4.2 Análisis de medición y comparación de geometrías

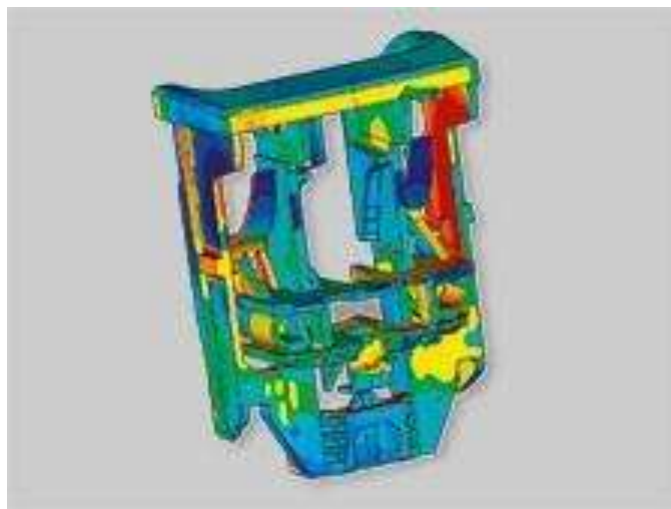


Figura 7 Análisis de zonas geométricas

Fuente: (Zeiss, 2015)

El sistema de CT captura toda la pieza. Esto permite representar todos los contornos interiores y muescas, además de comparar geometrías, como planificada/real (por ejemplo, en comparación con un proyecto CAD o matriz) o real/real (por ejemplo, en comparación con otras

cavidades). La orientación no importa. Las desviaciones se muestran con imágenes de colores, para determinar cada zona de riesgo.

Mediciones 2D y 3D directamente en los datos de volumen – sin necesidad de conversión en nubes de puntos o datos STL.

Medición de todos los tipos de características y funciones, tolerancias (forma y ubicación).

Obtención inicial de muestras de sus piezas

2.4.4.3 Ingeniería inversa - corregir, optimizar, capturar

Si se detectan desviaciones con respecto a la referencia conocida, pueden emplearse específicamente para corregir las geometrías de las herramientas. Nuestro especialista le ayudará a generar los datos CAD correctos conforme a sus especificaciones y problemas.

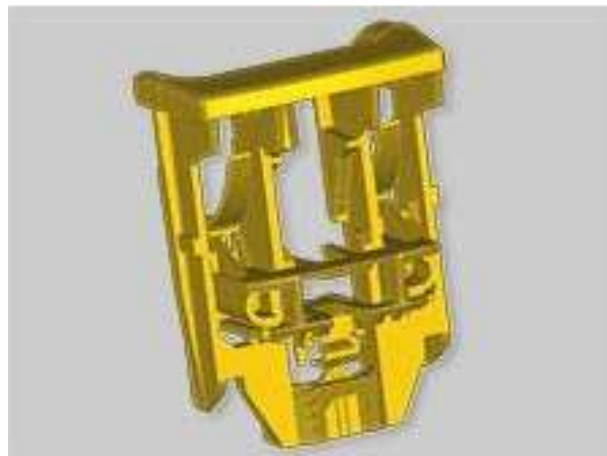


Figura 8 Visualización e ingeniería inversa de piezas mecánicas.

Fuente: (Zeiss, 2015)

Ingeniería de superficies inversa Corrección de herramientas

Se encuentra configurado para brindar los siguientes métodos de reducción:

- Modelo de superficie
- Modelo de volumen
- Totalmente paramétrico (modelo CAD con elementos geométricos)
Reducción del error invertido y ampliado para corregir la herramienta Comunicación directa con sistemas CAD

2.4.5. Protocolo de ensayos para la utilización del tomógrafo industrial ZEISS (MIPRO)

Para la utilización correcta del Tomógrafo industrial Zeiss (MIPRO), se ha desarrollado proceso sucesivo para determinar los ensayos no destructivos a realizarse en el múltiple de admisión:

- Desmontar el múltiple de admisión original, del vehículo CHEVROLET OPTRA 1.8 L.
- Limpiar el múltiple de admisión para eliminar impurezas y lograr la eficiencia esperada por el tomógrafo industrial ZEISS.
- Determinar una muestra del múltiple de admisión.
- Eliminar impurezas dentro de la cámara del tomógrafo industrial.
- Utilizar los implementos de seguridad.
- Introducir la muestra del múltiple de admisión en la cámara del tomógrafo industrial, centrando de acuerdo al margen del láser.
- Encendemos el software de METROTON para proceder con las pruebas no destructivas.
- Seleccionamos el tipo de trabajo a realizar del panel de herramientas
- “ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS”

- Seleccionamos las pruebas a realizar, “DENSIDAD”, “TIPO DE MATERIAL”, “RESISTENCIA”, “RUGOSIDAD”, “PORCENTAJES DE CONCENTRACION DE CADA MATERIAL EN EL MULTIPLE DE ADMISIÓN”, Y “MODELADO”
- Se introduce las medidas de la muestra 1 en el software para realizar las pruebas de densidad, material, y resistencia y rugosidad.
- Al finalizar obtenemos un informe digital de los datos obtenidos.
- Procedemos a sacar la muestra e introducir la pieza total (múltiple de admisión).
- Seleccionamos la opción modelados CAD.
- Finalizado se obtiene digitalmente el modelado en formato STEP / SLDAM para ser introducido en el software CAD-CAE y evidenciar la totalidad del implemento.

2.4.6 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión

Las pruebas virtuales a realizarse en el múltiple de admisión original, son pruebas referentes al flujo de aire, velocidad y caudal, por toda la trayectoria de los conductos. Dentro de lo cual se detalla a continuación el protocolo a seguir:

- Iniciar el software CAD-CAE.
- Abrir el archivo del modelado CAD.
- Importar el modelado CAD a la herramienta Flow Simulation.
- Verificar que el modelado se encuentre en perfecto estado.
- Establecer los parámetros de funcionamiento.
- Delimitar el las entras y salidas del flujo de aire.
- Verificar las presiones a la salida y entrada del múltiple.
- Verificar los valores esperados.

2.5. Presión del aire en los conductos de admisión.

La presión de aire en los conductos del múltiple de admisión es esencial, debido a que la presión a la que ingresa el aire, determina si la depresión generada en el motor para el tiempo de admisión es de un valor considerable, cuanto el valor de la depresión es menor, el motor realiza menos fuerza y esto aumenta el rendimiento del motor.

El la presión en un flujo de aire afecta directamente en la velocidad del flujo de aire y el tipo de flujo del aire que se requiere (flujo laminar y flujo turbulento), debido a que la presión de aire varia conforme a la posición geográfica en la cual esté funcionando el vehículo, razón por la cual se realiza los cálculos de presión en los puntos críticos máximos de altitud.

La temperatura del fluido afecta en la presión en los conductos, ya que al aumentar la temperatura en fluidos gaseosos este se expande por consiguiente en una tubería aumenta la presión en todo el circuito.

2.7. Velocidad del aire en los conductos de admisión.

La velocidad en los conductos de admisión depende específicamente de la presión en la entrada y salida del conducto, la geometría del sistema de conductos, los cambios de dimensiones en el circuito de tuberías y los accesorios que se utiliza dentro del circuito.

Si la presión a la entrada del circuito es mayor a la presión de la salida el fluido dentro del circuito es mayor a la que se encuera en la atmosfera, si la presión a la entrada no menor que a la presión salida la velocidad dentro del circuito es menor o igual a ala la velocidad en la atmosfera.

Si la geometría y los accesorios no son los adecuados y existen mucha variación de dimensiones en los conductos la velocidad y presión se ven afectada considerable a existir muchas pérdidas de energía en los cambios de dimensiones y uso excesivo de accesorios

2.8 Comportamiento del aire (flujo) dentro de los conductos de admisión.

El comportamiento varía dependiendo de la presión, temperatura, variación de geometría y tipo de acabado del conducto interno, dentro del comportamiento existen de dos tipos flujo laminar y el flujo turbulento. El flujo laminar ocurre cuando no existen cambios de e dimensiones en todo el trayecto, el acabado interno del conducto es lizo y la presión es la misma en toda la trayectoria del conducto. El flujo turbulento es todo lo contrario, ocurre cuando existen variaciones en las dimensiones de conducto, el acabado interior del conducto es áspero y existen cambios de presión en el circuito, debido a las diferencias de presiones y cambios de dimensiones en un múltiple de admisión en la mayoría existe tipo de flujo turbulento.

CAPÍTULO III

REDISEÑO DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

3.1 Diseño del múltiple de admisión.

La intención del diseñador es disponer de la mayor superficie posible dentro del múltiple, de manera que la gasolina que se adhiere a los pasajes exponga su masa de la forma más extendida posible al flujo de aire y al calor. Un tubo de diámetro circular presenta menos superficie interior que uno de sección cuadrada del mismo ancho y largo. Los múltiples de admisión eficientes combinan en sus ductos secciones circulares y cuadradas. Al contrario de lo que se piensa, las superficies extremadamente lisas y pulidas no favorecen la distribución homogénea de la mezcla.

3.1.1 Curvas del Múltiple de Admisión

La presión del combustible aumenta en la parte externa de las curvas del caño de alimentación. Esto genera acumulación de combustible en el exterior de la curva. La medida del radio de curvas de un múltiple de admisión no debe ser menor al 75% del diámetro máximo del ducto.

3.1.2 Eficiencia del Múltiple de Admisión

El largo y la forma del múltiple de admisión influyen en el desempeño de un motor. La eficiencia de admisión depende en buena parte de los pasajes del múltiple. Utilizando fenómenos naturales, cuando un gas se desplaza velozmente dentro de un tubo, el múltiple de admisión termina por homogeneizar la mezcla que llega al cilindro. Un múltiple de

admisión con pasajes de poco diámetro permite generar alta potencia de motor a bajas revoluciones, en cambio, si al mismo motor se le instala un múltiple con pasajes de mayor diámetro la misma potencia se obtendrá a mayor número de revoluciones.

3.2 Factores de influencia para el diseño de un nuevo múltiple de admisión.

Existen dos tipos de factores que pueden afectar en el diseño del múltiple de admisión, factores internos y factores externos, el primero son los que se encuentran dentro del esquema del diseño, mientras que el segundo son los que se encuentran fuera de esquema del diseño.

3.2.1 Factores internos.

- Tipo de motor (gasolina diésel).
- Cilindrada del motor.
- Tipo de encendido del motor.
- Cantidad de cilindros.
- Material a utilizar.
- Relación de compresión del motor.
- Tipo de combustible.
- Acaba internos de los conductos de admisión.
- Ubicación del múltiple de admisión.
- Sujeciones del múltiple.
- Accesorios fijados al múltiple de admisión.

3.2.2. Factores externos.

- Condiciones climáticas.

- Cantidad de aire.
- Presión atmosférica.
- Humedades del aire.

3.3 Requisitos a cumplir del múltiple de admisión.

Mejorar la velocidad de entrada y salida de aire en el múltiple de admisión es esencial en un rediseño ya que al aumentar la velocidad de salida permite un mejor llenado en el cilindro lo cual mejora la potencia de salida del motor.

Mayor hermetismo para conservar la temperatura del aire y de esta manera no provocar auto explosión ni perder las propiedades del aire que son indispensables para una detonación eficiente.

Evitar la resistencia de flujo de aire a la entrada, dentro del múltiple y a la salida del múltiple, mediante la modificación de acabado interno, geometría, variación de dimensiones y modificación de presión en el circuito del múltiple de admisión.

Coincidir los puntos de fijación del múltiple al motor y al cuerpo de aceleración, coincidir los soportes de los accesorios fijados al múltiple original del vehículo así como las entradas y fijaciones de los inyectores, tomas de aire.

3.3.1 Presión del aire a lo largo de los conductos del sistema de admisión.

La presión que se debe considerar son las presiones que el fluido ejerce sobre las paredes del conducto de admisión, ya que influye con la

presión de inyección combustible para lograr una mezcla homogénea y de esta depende que gane o pierda velocidad el aire dentro del sistema.

La presión que se genera a la entrada del múltiple nos indica la fuerza a la cual ingresa el aire al sistema, y está sujeta también a la dimensión del pasaje de entrada al múltiple de admisión a lo que depende también del filtro de aire, la mariposa de aceleración y la válvula IAC generalmente si no posee sistemas auxiliares de recirculación de gases.

La presión generada en la salida del múltiple de admisión y entrada al motor depende del flujo de la mezcla aire - combustible, el tipo de sección, la depresión generada por el pistón en el tiempo de admisión y las dimensiones del conducto en el cabezote, por consiguiente si existen menos restricciones mejor es el llenado de los cilindros.

3.3.2 Velocidad del aire a lo largo de los conductos del sistema de admisión.

Con el rediseño se pretende ganar mayor velocidad del flujo de aire de lo que existía en el múltiple original, al momento de ganar mayor velocidad conseguiremos una mezcla homogénea aire – combustible y un mejor llenado en los cilindros para mejorar la potencia de salida del motor.

3.3.3 Flujo del aire en el sistema de admisión.

El flujo de aire debe ser lo más constante posible en el arranque, pero se debe conseguir un flujo estable para que nos permita ganar la mayor potencia del vehículo en bajas y altas RPM, para lo cual se debe modificar las dimensiones de entrada del múltiple de admisión.

3.4 Cálculos de diseño para el múltiple de admisión.

La potencia (P) desarrollada por el par motor (T) viene dada por la siguiente expresión:

$$P = T \cdot \omega$$

Donde:

P = es la potencia motor, en W;

T = es el par motor, en N·m;

n = son las revoluciones por minuto de giro del motor (r.p.m.)

3.4.1 Curva de potencia

En la siguiente gráfica se representa de nuevo la curva conjunta de potencia (P) y par motor (T), en función de la velocidad de giro (n) en r.p.m. para un motor tipo.

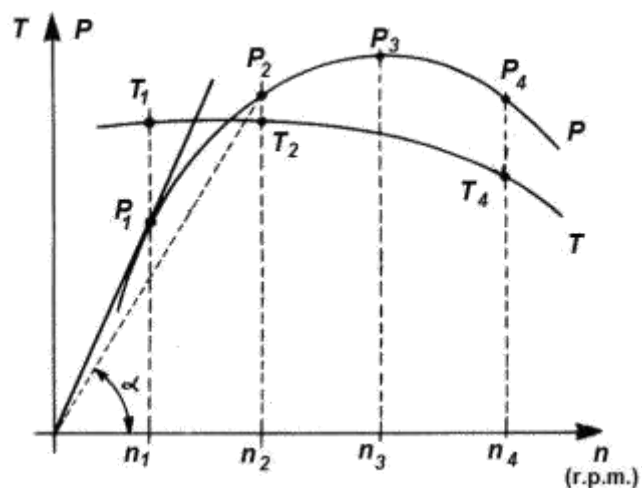


Figura 9 Curva de potencia
Fuente: (Colchado Argumedo, 2010)

3.4.2 Flujo del aire.

3.4.2.1 Método de recarga con ondas de inducción

Cuando el motor se encuentra funcionando, el aire debe pasar a través del múltiple de admisión para introducirse en el cilindro cada vez que la válvula de admisión se abre. Cuando esto sucede, la presión dentro del cilindro disminuye y produce una onda de presión negativa que se propaga, a la velocidad del sonido, a través del flujo de aire desde el puerto de entrada al cilindro hasta el punto del múltiple donde se encuentra libre a la atmósfera. Tan pronto la onda de presión llega al final del ducto de admisión, provoca una reducción repentina en la densidad del aire que rodea dicha área y se produce una depresión. Inmediatamente, el aire circundante tratará de reducir dicha depresión y por lo tanto se genera una onda de presión positiva debido a la inercia del flujo de aire, misma que viajará de regreso hacia el puerto de admisión hacia el cilindro. Si es correctamente sincronizada, la onda de presión positiva puede ayudar a introducir una cantidad mayor de carga en el cilindro hacia el final de la etapa de admisión. Cuando la onda de presión llega de nuevo a la válvula de admisión es reflejada y cambia de dirección hacia el punto de entrada de aire al sistema o múltiple de admisión. Por lo tanto, las ondas positivas y negativas de presión van y vienen continuamente desde la entrada de aire hacia el múltiple de admisión, y el puerto de entrada hacia el cilindro pero con una amplitud que va decayendo conforme se cierra la válvula de admisión.

Para aprovechar al máximo este fenómeno el pulso de presión debe ser sincronizada de tal forma que la primera onda de presión positiva llegue cuando el pistón se encuentra en el PMI, hacia el final del periodo de admisión en su amplitud mayor. Por lo tanto, es importante saber el tiempo que toma una onda de presión en transmitirse a través de

la columna de aire hasta el punto de apertura y reflejarse para retornar al puerto de admisión. Dicho tiempo puede ser calculado de la siguiente forma:

$$t = \frac{2L}{1000C}$$

Donde:

t = tiempo que tarda un pulso en recorrer de ida y regreso el canal de admisión (s).

L= distancia del conducto desde el punto de apertura a la cabeza de la válvula de admisión (mm).

C = velocidad del sonido en el aire (aprox. 330m/s)

La rotación del cigüeñal durante el mismo lapso puede ser calculada de la siguiente forma:

$$\theta_t = t \times \frac{360}{60} N$$

Donde:

θ_t =Desplazamiento angular del cigüeñal (grados)

N= velocidad angular del cigüeñal (rev/min)

El fenómeno de inducción por inercia del fluido y el método de inducción por pulsos de presión siempre coexisten, pero cada uno tendrá predominancia sobre el otro dependiendo de la velocidad del motor,

apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración y las dimensiones de la garganta de admisión.

Una analogía sobre cómo funciona el fenómeno de inducción de carga por medio de ondas de presión, puede ser mejor comprendida si imaginamos un resorte helicoidal al que se le ocasiona una perturbación en uno de sus extremos, entonces el espacio entre las helicoides cercanas al extremo perturbado se reduce momentáneamente y se transmite por todo el resorte hacia el extremo no perturbado

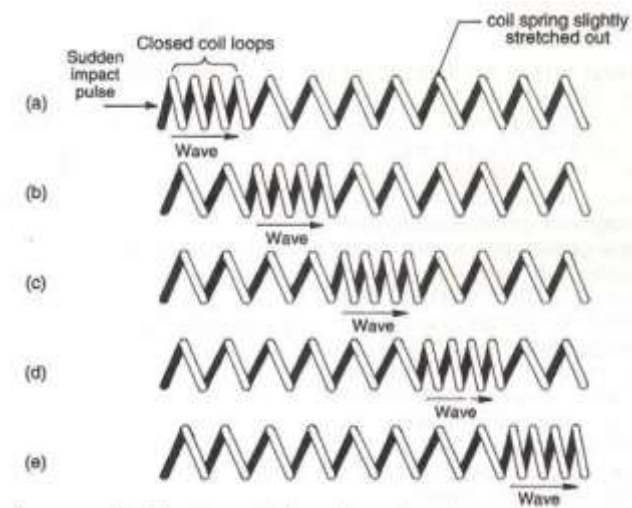


Figura 10 Prolongación de una onda de resorte
Fuente:(Colchado Argumedo, 2010)

3.4.2.2 Tipos y propiedades de fluidos

- **Fluidos incompresibles**

Un líquido es un fluido incompresible donde las moléculas están más cercanas entre sí debido a las fuerzas de atracción. A una presión y temperatura establecidas ocupan un volumen determinado adoptando la forma del recipiente que lo contiene.

En los fluidos incompresibles el volumen no varía considerablemente por fuerzas externas, por lo que en la resolución de problemas en ingeniería se asume como un caso ideal, es decir no sufre ninguna variación de volumen.

- **Fluidos compresibles**

Un fluido compresible es un gas formado por moléculas que se mueven en todas las direcciones y a una presión y temperatura determinada ocupa todo el volumen del recipiente que los contiene, pero en libertad estos se expansionan hasta ocupar un volumen definido por un recipiente contenedor. En el fluido compresible el volumen varía de acuerdo a la presión y temperatura a la que está sometido.

3.4.2.3 Propiedades de los fluidos

Densidad (ρ)

Es la masa de una sustancia por unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = Densidad en [Kg/m³]

m = Masa en [Kg]

V = Volumen en [m³]

La densidad también puede ser relativa, en un líquido cuando se compara con la densidad del agua, y en un gas cuando es comparada con la del aire, es adimensional.

- **Densidad en los gases**

Está relacionada con la presión, temperatura, volumen y obedece a la ecuación:

$$P \cdot V = R \cdot T$$

Donde:

P = Presión en [kg/m²]

V = Volumen en [m³]

R = Constante universal de los gases [KJ/Kg.k]

T = Temperatura absoluta en [K]

- **Peso específico (γ)**

Es el peso de una sustancia por unidad de volumen. Se puede expresar de dos formas:

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Donde:

γ = Peso específico en [N/m³]

P = Peso en [N]

V = Volumen

- **Caudal o flujo volumétrico (Q)**

Es el volumen de un fluido que pasa a través de una sección transversal en un tiempo dado. La unidad de caudal es [m³/s]. Las ecuaciones de caudal son:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

V= velocidad en [m/s]

A= área de la sección transversal [m²]

También:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

t= tiempo en segundo

- **Gasto másico**

Es la cantidad de masa de un fluido que pasa por un tiempo dado. [Kg/s]

$$\dot{m} = Q \cdot \rho$$

Donde:

Q= Caudal [m³/seg]

p= densidad

- **Número de Match**

El número de Match es el parámetro dominante en el análisis de flujos compresibles, con efectos distintos dependiendo de su magnitud. Los estudiosos de la aerodinámica suelen distinguir entre los diferentes

rangos del número de Mach, siendo la siguiente clasificación aproximada de uso extendido como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7:
Clasificación de Número de Mach

NUMERO MACH	TIPO FLUJO	EFFECTOS
MA<0.3	Incompresible	Densidad despreciable
3.0 MA 1.2	Subsónico	Densidad con variación importante.

Fuente: (Colchado Argumedo, 2010)

3.4.2.4 Longitud de los conductos de admisión.

La longitud establecida para los conductos debe ser la apropiada para lograr el menor tiempo posible en el que el fluido (aire) recorra la distancia total de los conductos para lograr un llenado eficiente de la cámara de admisión. Debido a que el tiempo es directamente proporcional a la distancia de los conductos se necesita establecer una longitud menor para obtener menor tiempo de recorrido en los conductos.

Adicional a esto se debe tomar en cuenta una distancia acorde al diseño del vehículo, así como el tipo de flujo necesario para la homogenización de las partículas dentro de la cámara de combustión. Por lo que se debe llegar a un equilibrio entre la longitud de los conductos y el tipo de flujo a la salida, debido que al proponer una distancia corta de los conductos se genera un flujo turbulento; por lo contrario al generar una mayor distancia el flujo logrado al final de los conductos tiende a ser más ideal (laminar), teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$L = \frac{t1000C}{2}$$

Donde:

t = tiempo que tarda un pulso en recorrer de ida y regreso el canal de admisión (s).

L= distancia del conducto desde el punto de apertura a la cabeza de la válvula de admisión (mm).

C = velocidad del sonido en el aire (aprox. 330m/s)

3.4.2.5 Selección del material para el múltiple de admisión

El material utilizado para el diseño del múltiple de admisión es un material termoplástico derivado de recursos renovables, ya que se debe centralizar en la conservación del medio ambiente y es uno de los materiales reciclados más utilizados en el medio de producción.

La resistencia que posee el PLA es de una temperatura de 98 a 110 °C en su punto máximo de fusión, este punto puede variar dependiendo al porcentaje de concentración del material en el cual se encuentra impreso; la resistencia elástica a la presión generada externamente va de un rango de 2,7 a 16 GPa.

En la impresión el material es un plástico de mayor facilidad de impresión que otros, ya que tiene un porcentaje superior de maleabilidad lo que logra un acabado más uniforme con menor rugosidad

CAPÍTULO IV

4.1 Condiciones Iniciales para el múltiple de Admisión estándar

Para realizar el análisis del múltiple de admisión mediante el modelo CFD, se indica las condiciones iniciales como se muestra en la Tabla 8. La presión de ingreso (P1) se tomó como dato la presión atmosférica.

Tabla 8:
Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple estándar

Presión de entrada	14,6 PSI
--------------------	----------

Se determina la velocidad en los conductos de la cámara como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9:
Tabla de condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple estándar

Revoluciones	Velocidad en los conductos de la cámara de forma experimental
900	1,73 m/s
1500	3,2m/s
2500	4,522m/s
3500	5,304m/s
5500	10,988m/s

4.2 Cálculos

Área de salida total

$$A_s = 0.123 \text{ (m}^2\text{)}$$

MÚLTIPLE ORIGINAL

$$Q_{(900\text{RPM})} = A_s \cdot V$$

$$Q_{(900\text{RPM})} = 0.21279$$

$$Q_{(2000\text{RPM})} = A_s \cdot 3.2$$

$$Q_{(2000\text{RPM})} = 0.3936$$

$$Q_{(3000\text{RPM})} = A_s \cdot 4.522$$

$$Q_{(3000\text{RPM})} = 0.556206$$

$$Q_{(3500\text{RPM})} = A_s \cdot 5.304$$

$$Q_{(3500\text{RPM})} = 0.652392$$

$$Q_{(5500\text{RPM})} = A_s \cdot 10.988$$

$$Q_{(5500\text{RPM})} = 1.35152$$

$$\delta = 1.14$$

$$D_i = 0.0197$$

$$N_{RC} = (\delta \cdot D_i \cdot V) / \mu$$

$$N_{RC} = (1.14 \times 0.0197 \times 1.73) / 0.000205$$

$$N_{RC} = 488.65$$

$$N_{RC} \text{ 900rpm} < 500 \text{ (*laminar*)}$$

$$F = 64 / N_{RC}$$

$$F = 64 / 488.65$$

$$F = 0.130973$$

$$M_{(1000\text{RPM})} = VF / VS$$

$$M_{(1000\text{RPM})} = 3.2 / 330$$

$$M_{(1000\text{RPM})} = 0.00969697$$

$$M < 0.7 \text{ (*SUBSONICO*)}$$

$$M_{(5500\text{RPM})} = 0.033297$$

$$M < 0.7 \text{ (*SUBSONICO*)}$$

MÚLTIPLE REDISEÑO

Área de salida total

$$A_s = 0.123 \text{ (*m}^2\text{*)}$$

$$Q_{(900\text{RPM})} = A_s \cdot V$$

$$Q_{(900\text{RPM})} = A_s \cdot 3.7$$

$$Q_{(900\text{RPM})} = 0.4549$$

$$Q_{(2000\text{RPM})} = A_s \cdot 3.9$$

$$Q_{(2000\text{RPM})} = 0.4797$$

$$Q_{(3000\text{RPM})} = A_s \cdot 4.7$$

$$Q_{(3000\text{RPM})} = 0.5781$$

$$Q_{(3500\text{RPM})} = A_s \cdot 5.35$$

$$Q_{(3500\text{RPM})} = 0.65805$$

$$Q_{(5500\text{RPM})} = A_s \cdot 11.01$$

$$Q_{(5500\text{RPM})} = 1.35423$$

$$\delta = 1.14$$

$$D_i = 0.0197$$

$$N_{RC} = (\delta \times D_i \times V) / \mu$$

$$N_{RC} = (1.14 \times 0.00985 \times 3.66) / 0.000205$$

$$N_{RC} = 200.479$$

$$N_{RC} \text{ 900rpm} < 500 \text{ (*laminar*)}$$

$$F = 64 / N_{RC}$$

$$F = 64 / 200.469$$

$$F=0.319$$

$$M_{(2000\text{RPM})} = VF/VS$$

$$M_{(2000\text{RPM})} = 5.33 / 330$$

$$M_{(2000\text{RPM})} = 0.0161515$$

$$M < 0.7 \text{ (*SUBSONICO*)}$$

$$M_{(5500\text{RPM})} = 10.05/330$$

$$M_{(5500\text{RPM})} = 0.0304545$$

$$M < 0.7 \text{ (*SUBSONICO*)}$$

MÚLTIPLE ORIGINAL

$$\eta_{\text{VOL}} = M/VP$$

$$\eta_{\text{VOL}} = 390/450$$

$$\eta_{\text{VOL}} = 0.87 \rightarrow 87$$

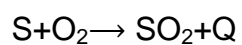
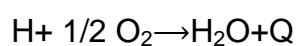
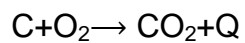
MÚLTIPLE REDISEÑO

$$\eta_{\text{VOL}} = M/VP$$

$$\eta_{\text{VOL}} = 397/450$$

$$\eta_{\text{VOL}} = 0.882 \rightarrow 88.2 \text{ (DISEÑO OPTIMO)}$$

DETERMINACIÓN DE AIRE MÍNIMO PARA LA COMBUSTIÓN



OXÍGENO (MASA PARA 1 Kg DE COMBUSTIBLE):

$$O_{2\text{ MIN}} = \frac{35 \text{ KG } \frac{O_2}{\text{Kmol}}}{12.011 \text{ KG } \frac{C}{\text{Kmol}}} \times \frac{C1\text{KG C}}{\text{KG COM}} + \frac{16 \text{ KG } \frac{O_2}{\text{Kmol}}}{2.16 \text{ KG } \frac{H_2}{\text{Kmol}}}$$

SEGÚN DATOS DE TESIS UPS:

85.6% → C

14.4% → H₂

Entonces:

$$O_{2\text{ MIN}} = \frac{35}{12.011} \times 0.856 + \frac{16}{2.16} \times 0.144$$

$$O_{2\text{ MIN}} = 3,56105$$

El aire se encuentra con un contenido de 23.2% de O₂ y 76.8% N₂ según datos tesis ups por lo que:

$$1\text{Kg}_{\text{AIRE}} \rightarrow 0.232 \text{ KG } O_2$$

$$X \rightarrow 3.3472 \text{ Kg } O_2$$

$$X = 14.75 \text{ Kg AIRE / Kg DECOMBUSTIBLE}$$

$$M_{\text{AIRE MINIMO}} = 14.75 \text{ Kg AIRE / Kg DECOMBUSTIBLE}$$

$$PV = NRT$$

$$n = \frac{0.7584 \times 0.45}{0.082 \times 293}$$

$$n = 0.0142046$$

$$1 \text{ mol aire} \rightarrow 28.84 \text{ g}$$

$$0.014 \text{ mol aire} \rightarrow x$$

$$X = 0.014 \times 28.84$$

$$X = 0.40376 \text{ (*AIRE NECESARIO TEORICO MINIMO*)}$$

PRESIÓN ATMOSFÉRICA QUITO

$$\text{QUITO} = 717.7 \text{ (*hPa*)}$$

MÚLTIPLE REDISEÑO

$$M_A = 0.014 / 0.000001034$$

$$M_A = 13539.651837524178 \text{ (*Kg/ S*)}$$

$$M_A = 0.014 / 0.00000063$$

$$M_A = 22222.223 \text{ (*Kg/S*)}$$

4.3 Modelado CAD

4.3.1 Geometría del Colector de Admisión estándar

La geometría del Colector de Admisión se representa a continuación mediante un modelado geométrico en 3 dimensiones (3D), en sus diferentes vistas



Figura 11 Vista frontal del múltiple estándar



Figura 12 Vista izquierda del múltiple estándar

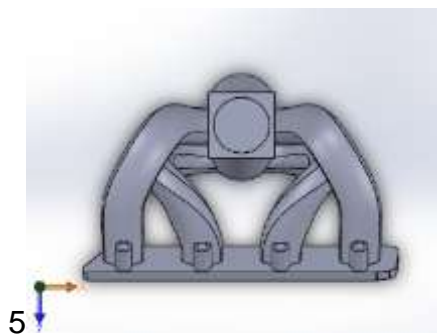


Figura 13 Vista Superior del múltiple estándar



Figura 14 Vista isométrica del múltiple estándar

4.3.2 Generación del Mallado de la Geometría del múltiple de Admisión estándar.

La utilidad Análisis de geometría del software CAD-CAE identifica las pequeñas operaciones de geometría de una pieza que quizás falle al mallar. Se procede a realizar el mallado de la geometría del múltiple de forma automática del programa para disminuir tiempo y errores como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10:
Datos del mallado del múltiple estándar

Cells	26553
Fluid cells	11114
Solid cells	15439
Partial cells	7613



Figura 15 Generación de mallado del múltiple estándar

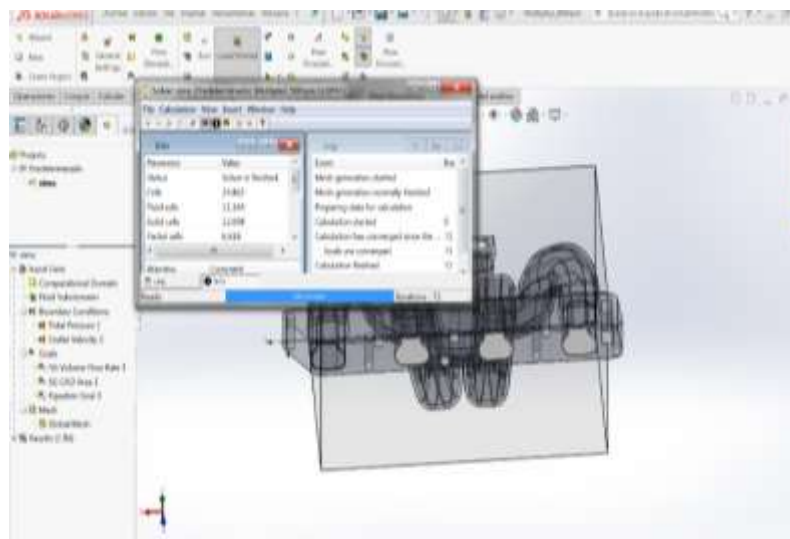


Figura 16 Datos del proceso de mallado del múltiple estándar

4.3.3 Etapa de Solución CFD para múltiple de Admisión estándar.

Se ejecuta el mallado del modelo de forma automática aquí se detalla los tiempos en cada solución como se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11:
Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple estándar

Revoluciones	Tiempo del cálculo computacional
900	138 segundos
1500	138 segundos
2500	138 segundos
3500	138 segundos
5500	138 segundos

4.3.4 Etapa de Post-Procesamiento de Resultados CFD para el múltiple de Admisión estándar.

Se ejecuta el Pos - Procesamiento de Resultados en donde se puede determinar los valores que son requeridos, tales como la presión, densidad, temperatura, etc.

4.3.4.1 Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión estándar.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12.
Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 900 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15

CONTINÚA 

Pressure [PSI]	6.02	6.51
Temperature [K]	307.36	307.47
Temperature (Fluid) [K]	307.36	307.47
Velocity [m/s]	0	13.574
Velocity (X) [m/s]	-11.792	11.680
Velocity (Y) [m/s]	-12.797	5.138
Velocity (Z) [m/s]	-11.802	10.034
Mach Number []	0	0.04
Velocity RRF [m/s]	0	13.574
Velocity RRF (X) [m/s]	-11.792	11.680
Velocity RRF (Y) [m/s]	-12.797	5.138
Velocity RRF (Z) [m/s]	-11.802	10.034
Vorticity [1/s]	0.32	1925.39
Relative Pressure [Pa]	-166.45	7.74
Shear Stress [Pa]	0	1.58
Bottleneck Number []	4.3573003e-007	1.0000000
ShortCut Number []	0.0000205	1.0000000

4.3.4.2 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 900RPM

a) Densidad

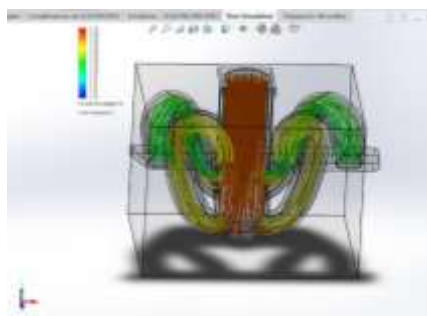


Figura 17 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.15 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

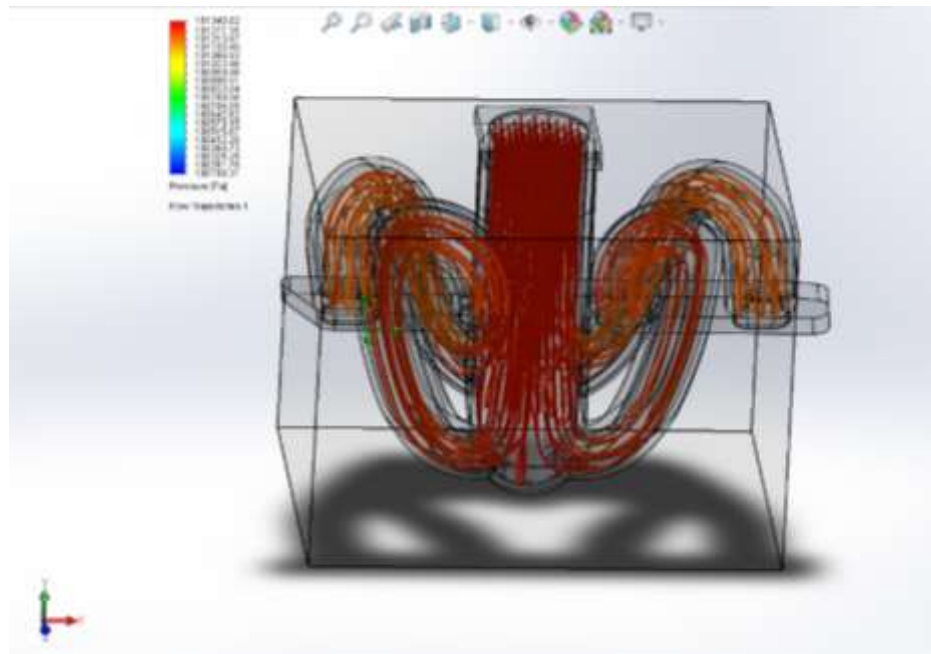


Figura 18 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 14,6PSI. Esta varía desde 6,02PSI, en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 6,51, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

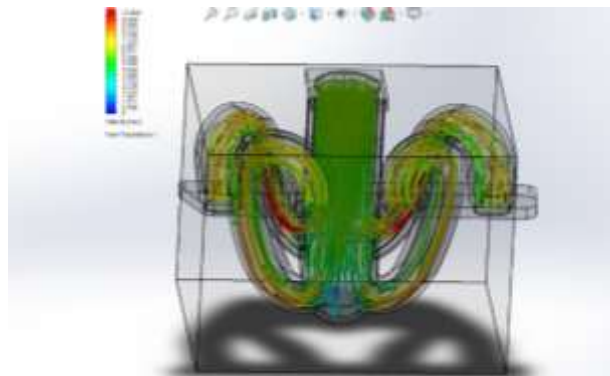


Figura 19 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

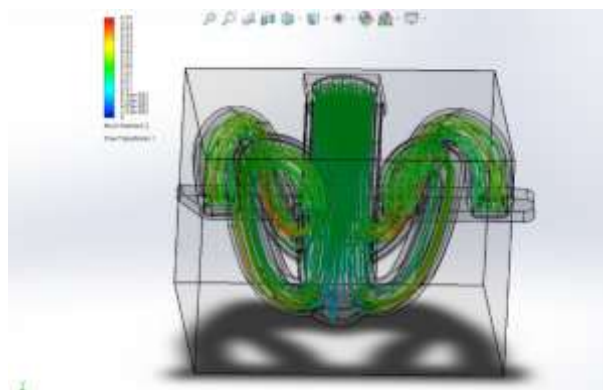


Figura 20 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 900 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada

conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.3.4.3 Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la Tabla 13:

Tabla 13:
Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 1500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.13	1.16
Pressure [PSI]	6.92	7.11
Temperature [K]	312.93	312.95
Temperature (Fluid) [K]	312.93	312.95
Velocity [m/s]	0	5.812
Velocity (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Mach Number []	0	0.02
Velocity RRF [m/s]	0	5.812
Vorticity [1/s]	0.17	1200.43
Relative Pressure [Pa]	-29.20	1.07
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	6.0795663e-007	1.0000000
ShortCut Number []	0.0000351	1.0000000

4.3.4.4 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 1500RPM

a) Densidad

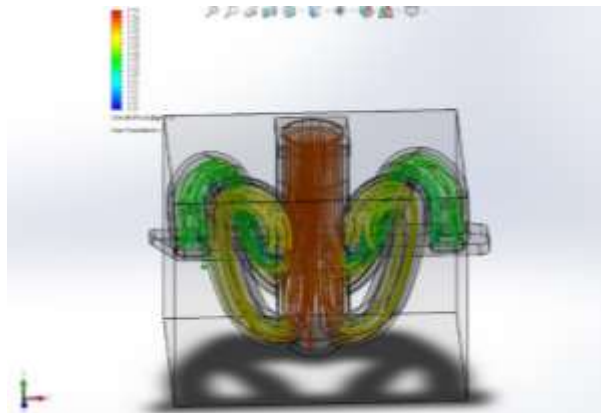


Figura 21 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

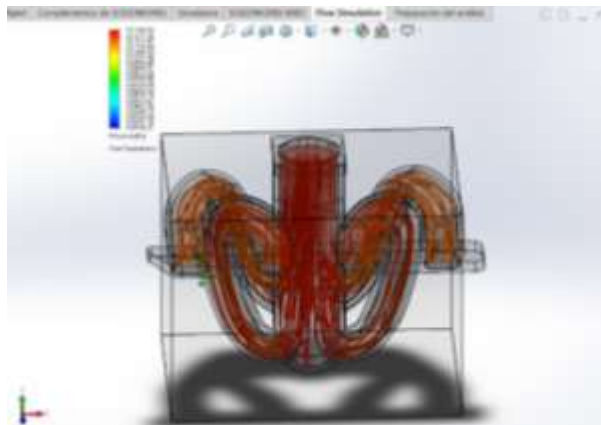


Figura 22 Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa . Esta varía desde $101136,43 \text{ Pa}$, en los conductos de cada cámara hasta un máximo de $101330,11 \text{ Pa}$, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

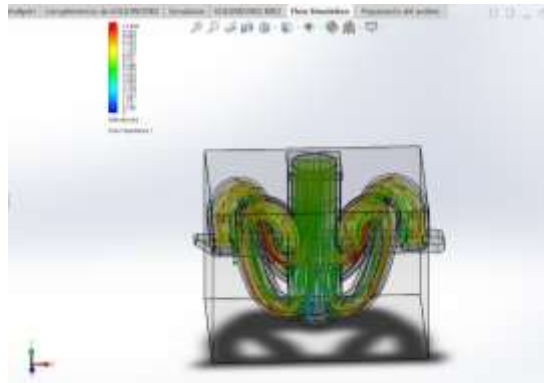


Figura 23 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

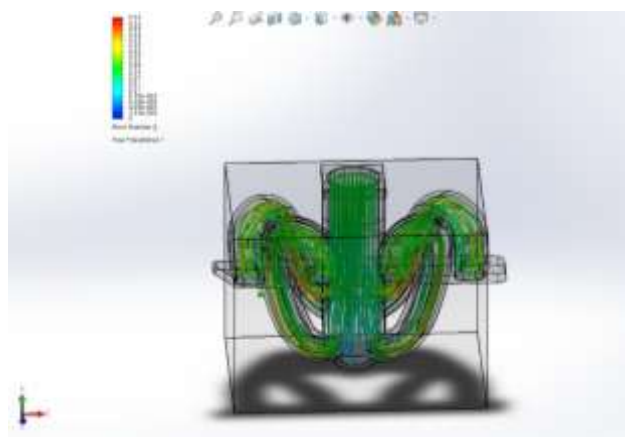


Figura 24 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 1500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.3.4.5 Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 14:

Tabla 14:
Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 2500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.14	1.14
Pressure [PSI]	8.95	9.02
Temperature [K]	312.93	312.95
Temperature (Fluid) [K]	312.93	312.95
Velocity [m/s]	0	5.812
Velocity (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Mach Number []	0	0.02
Velocity RRF [m/s]	0	5.812
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity RRF (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity RRF (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Vorticity [1/s]	0.17	1200.43
Relative Pressure [Pa]	-29.20	1.07
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	6.0795663e-007	1.0000000

CONTINÚA 

ShortCut Number []	0.0000351	1.0000000
---------------------	-----------	-----------

4.3.4.6 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 2500RPM

a) Densidad

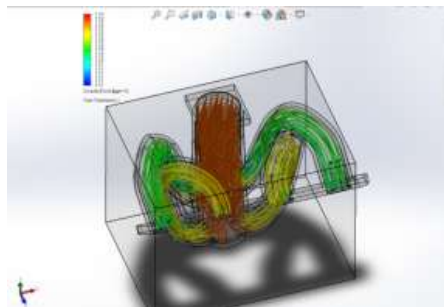


Figura 25 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

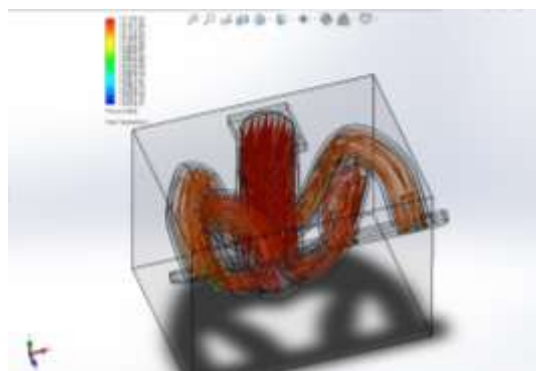


Figura 26 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa.

c) Velocidad

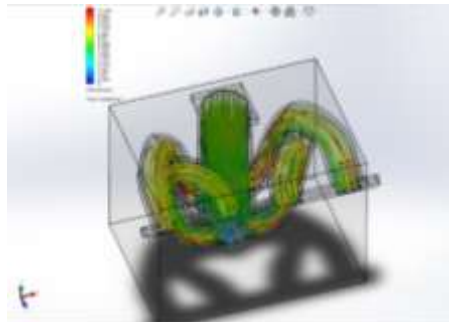


Figura 27 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Numero de Mach

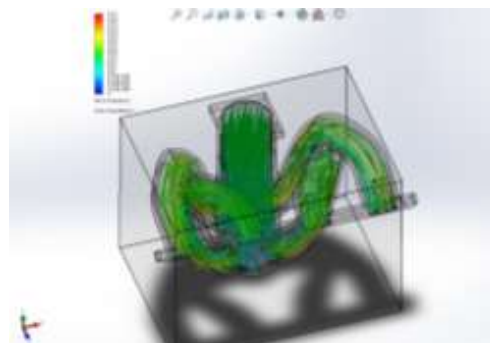


Figura 28 Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 2500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.3.4.7 Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 15:

Tabla 15:
Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 3500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.16	1.16
Pressure [PSI]	11.94	12.01
Temperature [K]	312.93	312.93
Temperature (Fluid) [K]	312.93	312.93
Velocity [m/s]	0	5.812
Velocity (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Mach Number []	0	0.02
Velocity RRF [m/s]	0	5.812
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity RRF (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity RRF (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Vorticity [1/s]	0.17	1200.43
Relative Pressure [Pa]	-29.20	1.07
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	6.0795663e-007	1.0000000

4.3.4.8 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 3500RPM

a) Densidad

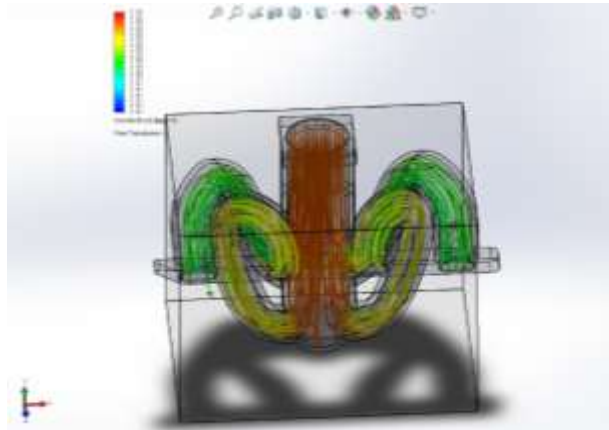


Figura 29 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

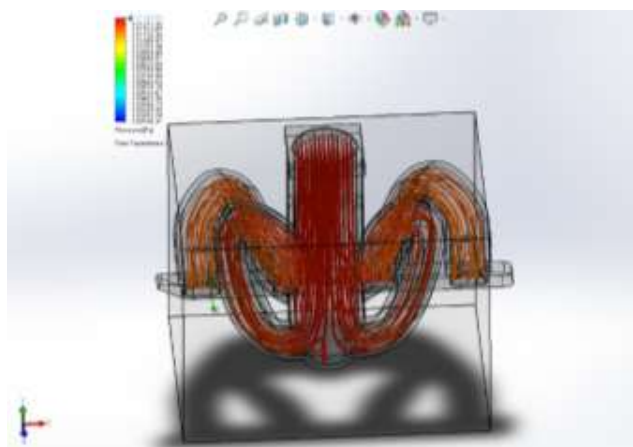


Figura 30 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

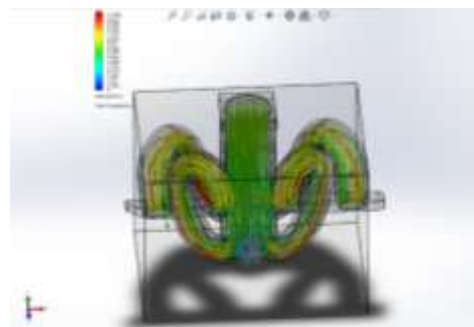


Figura 31 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

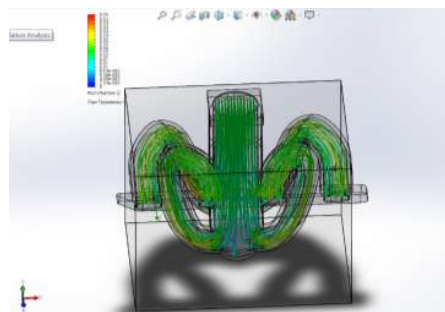


Figura 32 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 3500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.3.4.9 Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión estándar.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 16:

Tabla 16:
Análisis de datos diseño estándar a un régimen de 5500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	14.03	14.19
Temperature [K]	314.12	315.12
Temperature (Fluid) [K]	314.12	315.12
Velocity [m/s]	0	5.812
Velocity (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Mach Number []	0	0.02
Velocity RRF [m/s]	0	5.812
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.021	5.011
Velocity RRF (Y) [m/s]	-5.490	2.215
Velocity RRF (Z) [m/s]	-4.802	4.244
Vorticity [1/s]	0.17	1200.43
Relative Pressure [Pa]	-29.20	1.07
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	6.0795663e-007	1.0000000
ShortCut Number []	0.0000351	1.0000000

4.3.4.10 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión estándar a 5500RPM

a) Densidad

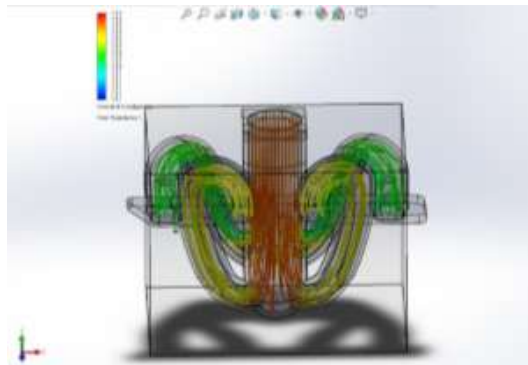


Figura 33 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura que se genera dentro de las interacciones en los conductos del múltiple de admisión.

b) Presión

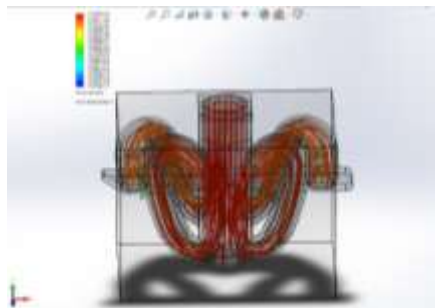


Figura 34 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

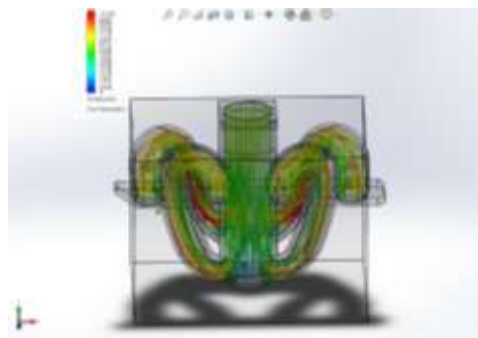


Figura 35 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada 11 ducto.

d) Numero de Mach

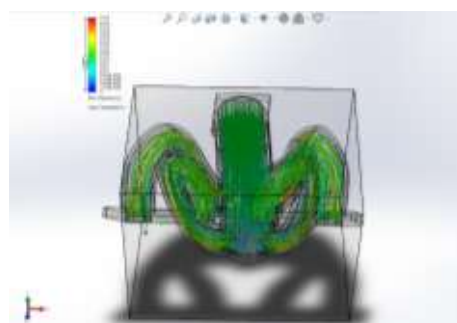


Figura 36 Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión estándar a 5500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.4 Condiciones Iniciales para el múltiple de Admisión prototipo 1

Para realizar el análisis del múltiple de admisión mediante el modelo CFD, se indica las condiciones iniciales. La presión de ingreso (P1) se tomó como dato la presión atmosférica como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17:
Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple del prototipo 1

Presión de entrada	14,6PSI
--------------------	---------

Se determina la velocidad en los conductos de la cámara como se muestra en la Tabla 18:

Tabla 18:
Condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple del prototipo 1

Revoluciones	Velocidad en los conductos de la cámara de forma experimental
900	1,73 m/s
1500	3,2m/s
2500	4,522m/s
3500	5,304m/s
5500	10,988m/s

4.4.1 Geometría del múltiple de Admisión prototipo 1

La geometría del múltiple de Admisión del prototipo 1, se representa a continuación mediante un modelado geométrico en 3 dimensiones (3D), en sus diferentes vistas



Figura 37 Vista frontal del múltiple prototipo 1

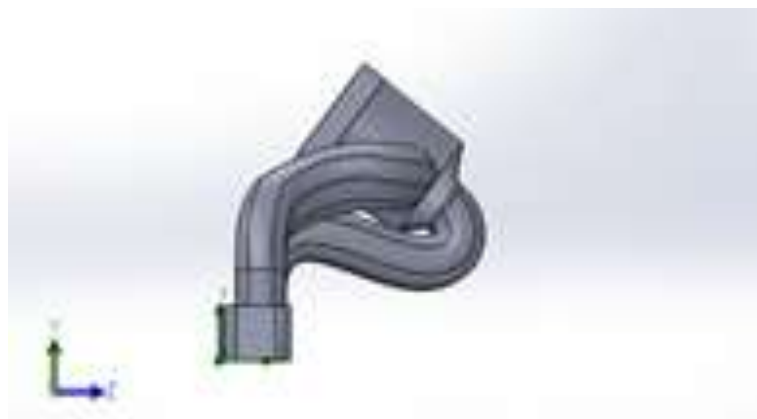


Figura 38 Vista izquierda del múltiple prototipo 1



Figura 39 Vista Superior del múltiple prototipo 1



Figura 40 Vista isométrica del múltiple prototipo 1

4.4.2 Generación del Mallado de la Geometría del múltiple de Admisión prototipo 1.

Se procede a realizar el mallado de la geometría del múltiple del prototipo, de forma automática del programa para disminuir tiempo y errores como se muestra en la Tabla 18:

**Tabla 18:
Datos del mallado del múltiple prototipo 1**

Cells	24862
Fluid cells	11164
Solid cells	13698
Partial cells	6618



Figura 41 Generación de mallado del múltiple prototipo 1

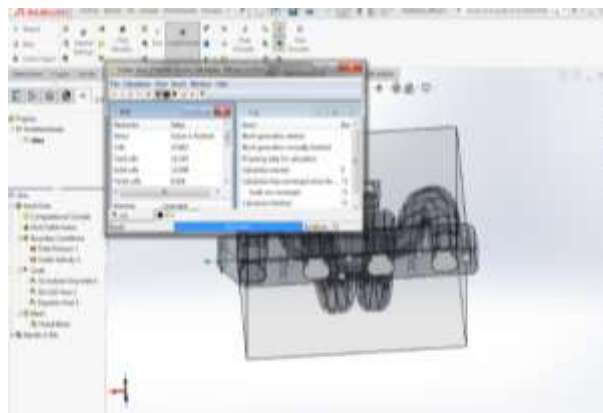


Figura 42 Datos del proceso de mallado del múltiple prototipo 1

4.4.3 Etapa de Solución CFD para Colector de Admisión prototipo 1.

Se ejecuta el mallado del modelo de forma automática aquí se detalla los tiempos en cada solución como se muestra en la siguiente tabla 19:

**Tabla 19:
Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple del prototipo 1**

Revoluciones	Tiempo del cálculo computacional
900	138 segundos
1500	138 segundos
2500	138 segundos
3500	138 segundos

CONTINÚA



5500

138 segundos

4.4.4 Etapa de Post-Procesamiento de Resultados CFD para el múltiple de Admisión prototipo 1.

Se ejecuta el Pos - Procesamiento de Resultados en donde se puede determinar los valores que son requeridos, tales como la presión, densidad, temperatura, etc.

4.4.5 Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 20.

Tabla 20

Análisis de datos diseño del prototipo 1 a un régimen de 900 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.16	1.16
Pressure [PSI]	3.64	3.89
Temperature [K]	307.44	307.45
Temperature (Fluid) [K]	307.44	307.45
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784

CONTINÚA 

Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000
ShortCut Number []	6.2225118e-006	1.0000000

4.4.5.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 900RPM

a) Densidad

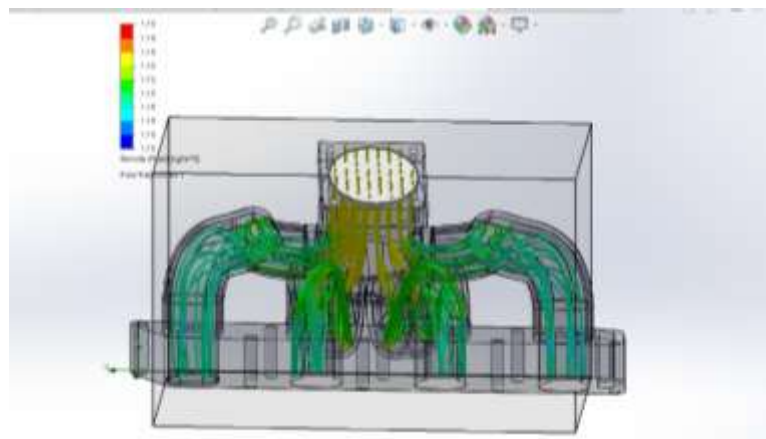


Figura 43 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

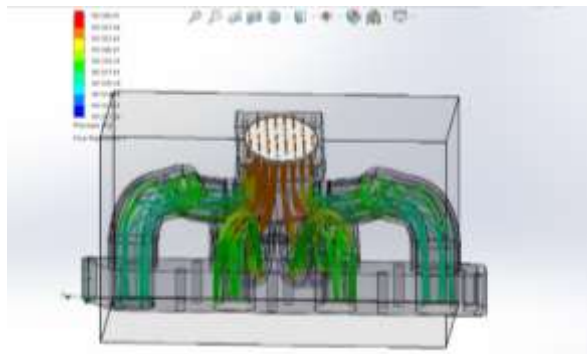


Figura 44 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11 Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

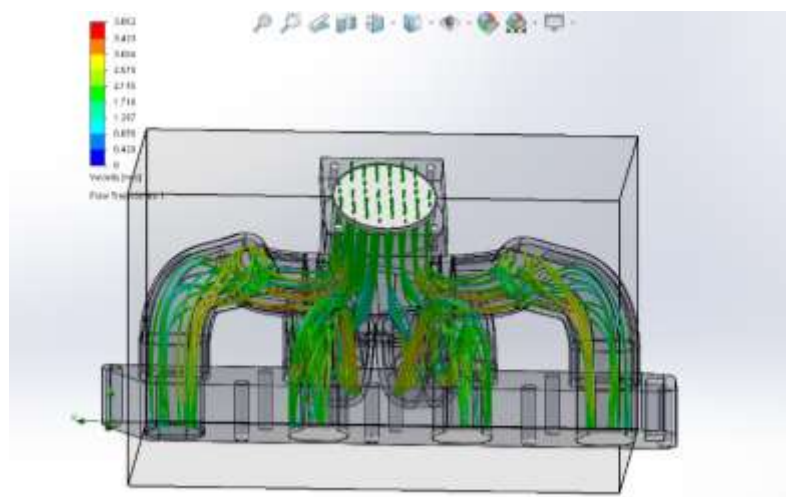


Figura 45 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el doblez de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

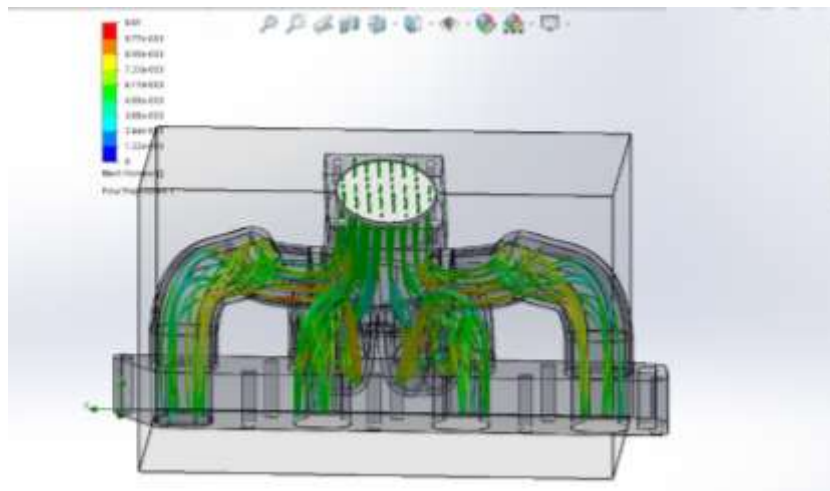


Figura 46 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 900 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.4.6 Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 21:

Tabla 21**Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 1500 RPM**

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	5.12	5.18
Temperature [K]	308.43	309.3
Temperature (Fluid) [K]	308.43	309.3
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000
ShortCut Number []	6.2225118e-006	1.0000000

4.4.6.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 1500RPM

a) Densidad

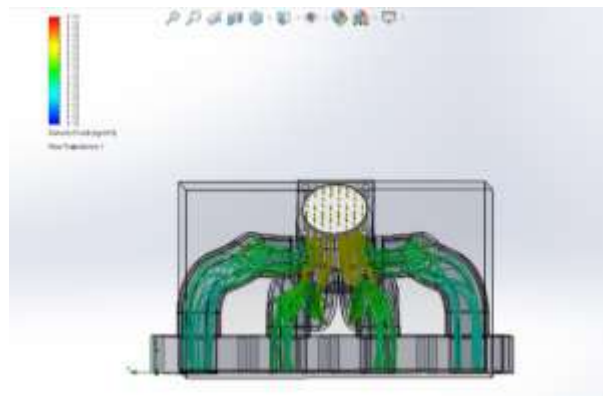


Figura 47 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión del prototipo 1 a 1500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

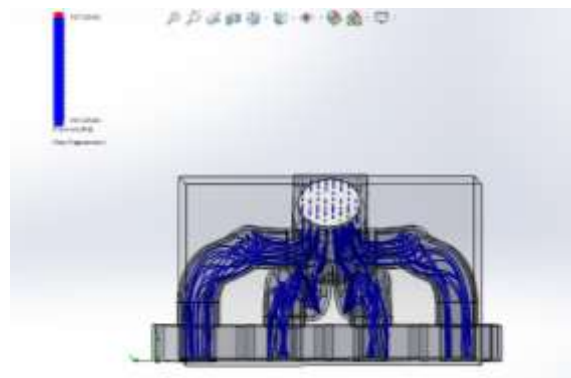


Figura 48 Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

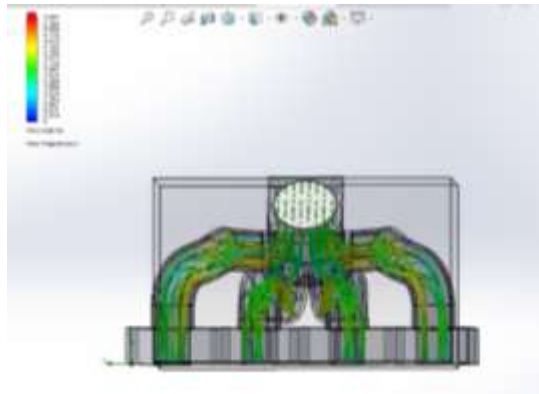


Figura 49 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

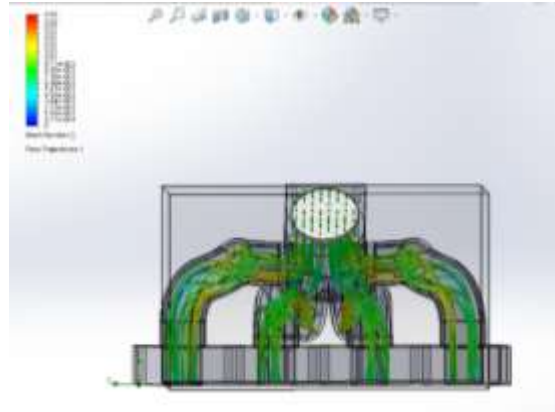


Figura 50 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 1500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.4.7 Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 22.

Tabla 22

Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 2500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	7.11	7.98
Temperature [K]	309.5	309.76
Temperature (Fluid) [K]	309.5	309.76
Velocity [m/s]	0	5.145

CONTINÚA ➡

Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000

4.4.7.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 2500 RPM

a) Densidad

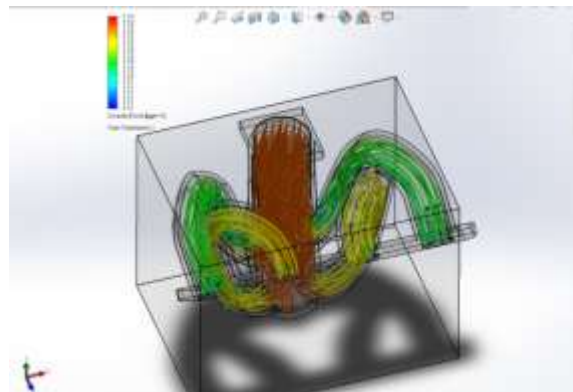


Figura 51 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

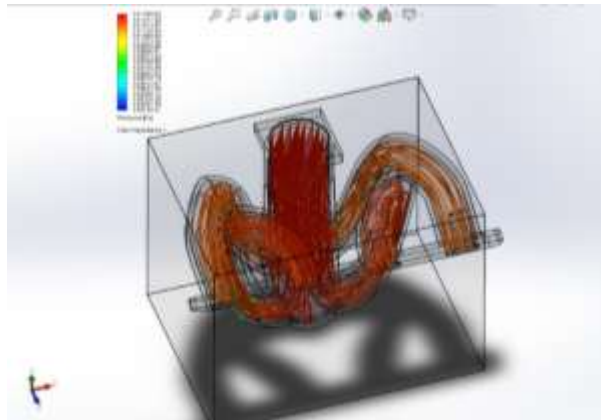
b) Presión

Figura 52 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11 Pa., en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

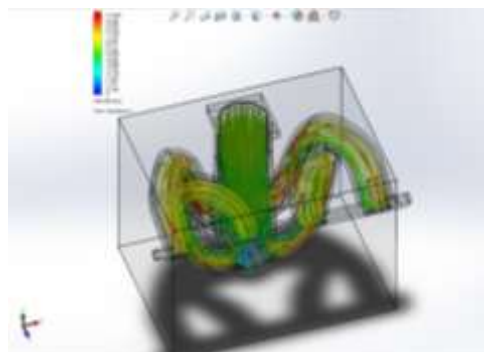
c) Velocidad

Figura 53 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el

dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Numero de Mach

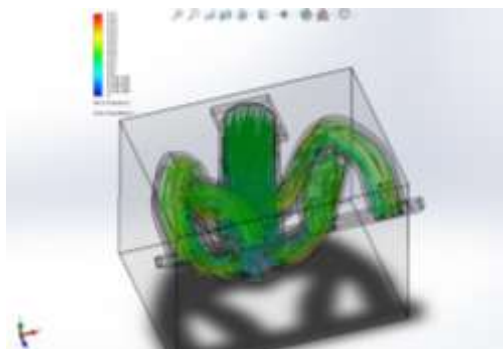


Figura 54 Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 2500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.4.8. Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 23.

**Tabla 23:
Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 3500 RPM**

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	11.6	11.7
Temperature [K]	309.87	309.99

CONTINÚA ➡

Temperature (Fluid) [K]	309.87	309.99
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000
ShortCut Number []	6.2225118e-006	1.0000000

4.4.8.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 3500 RPM

a) Densidad

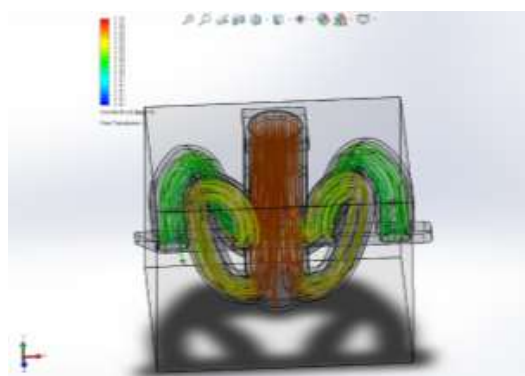


Figura 55 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

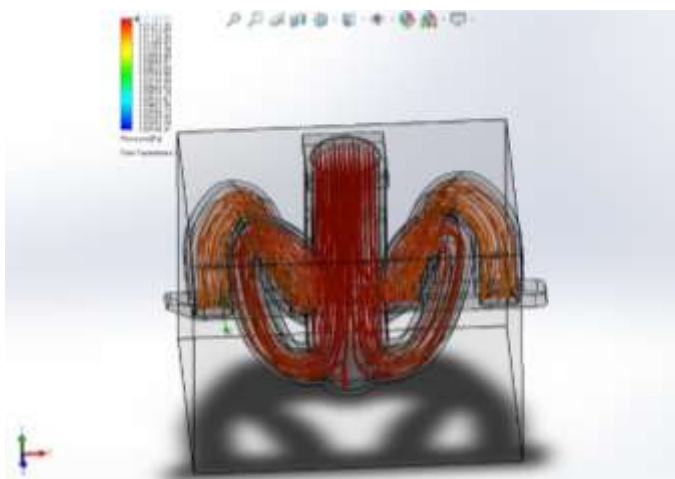


Figura 56 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa . Esta varía desde $101136,43 \text{ Pa}$., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11 Pa ., en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

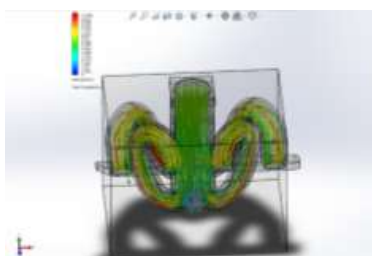


Figura 57 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

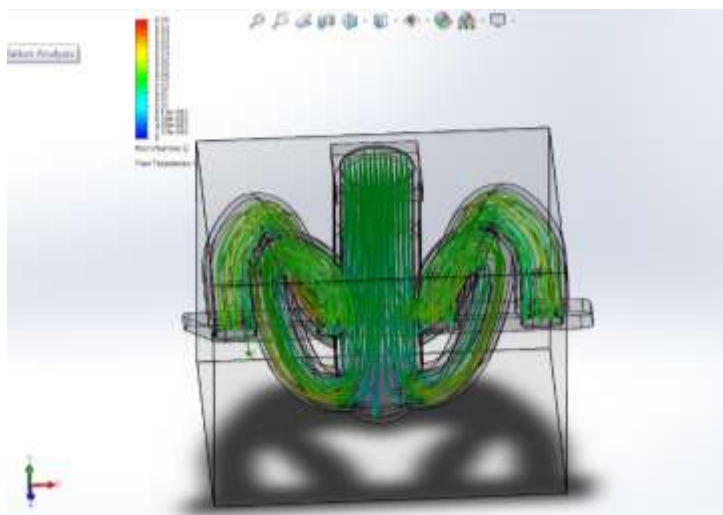


Figura 58 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 3500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.4.9 Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 1.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 24.

Tabla 24**Análisis de datos diseño prototipo 1 a un régimen de 5500 RPM**

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	12.4	12.48
Temperature [K]	309.99	310.1
Temperature (Fluid) [K]	309.99	310.1
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000
ShortCut Number []	6.2225118e-006	1.0000000

4.4.9.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión del prototipo 1 a 5500 RPM

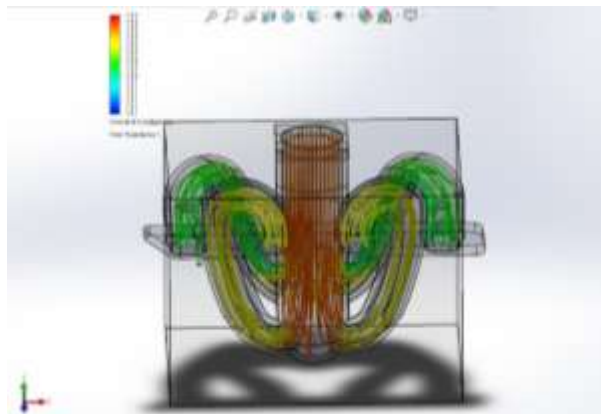
a) Densidad

Figura 59 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

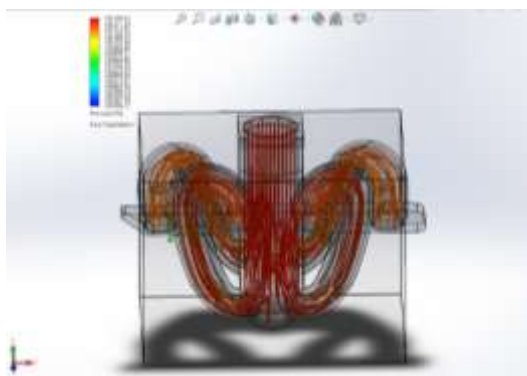
b) Presión

Figura 60 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa . Esta varía desde $101136,43 \text{ Pa}$., en los conductos de cada cámara hasta

un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

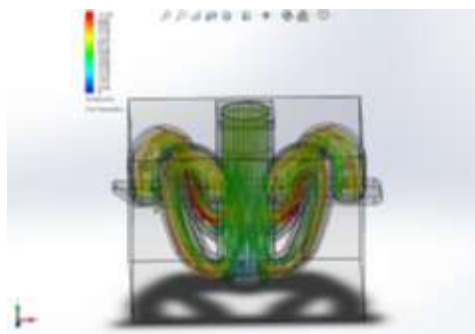


Figura 61 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Numero de Mach

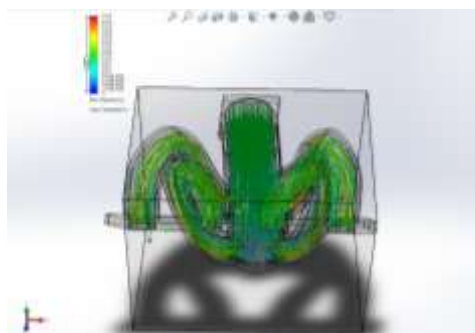


Figura 62 Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 1 a 5500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.5 Condiciones Iniciales para el múltiple de Admisión prototipo 2

Para realizar el análisis del múltiple de admisión del prototipo 2, mediante el modelo CFD, se indica las condiciones iniciales

La presión de ingreso (P1) se tomó como dato la presión atmosférica como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25

Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple prototipo 2

Presión de entrada	14,6PSI
--------------------	---------

Se determina la velocidad en los conductos de la cámara como se muestra en la siguiente Tabla 26.

Tabla 26

Tabla de condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple prototipo 2

Revoluciones	Velocidad en los conductos de la cámara de forma experimental
900	1,73 m/s
1500	3,2m/s
2500	4,522m/s
3500	5,304m/s
5500	10,988m/s

4.5.1 Geometría del múltiple de Admisión prototipo 2

La geometría del múltiple de admisión se representa a continuación mediante un modelado geométrico en 3 dimensiones (3D), en sus diferentes vistas

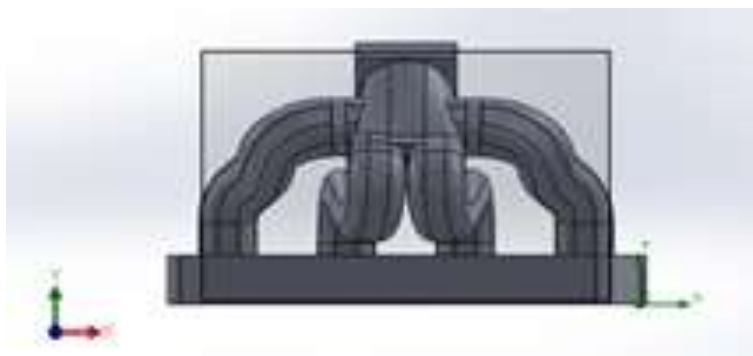


Figura 63 Vista frontal del múltiple prototipo 2



Figura 64 Vista izquierda del múltiple prototipo 2



Figura 65 Vista Superior del múltiple prototipo 2



Figura 66 Vista isométrica del múltiple prototipo 2

4.5.2 Generación del Mallado de la Geometría del múltiple de Admisión prototipo 2.

Se procede a realizar el mallado de la geometría del múltiple de forma automática del programa para disminuir tiempo y errores como se presentan a continuación en la siguiente Tabla 27.

Tabla 27
Datos del mallado del múltiple prototipo 2

Cells	26829
Fluid cells	11898
Solid cells	14931
Partial cells	7033



Figura 67 Generación de mallado del múltiple prototipo 2

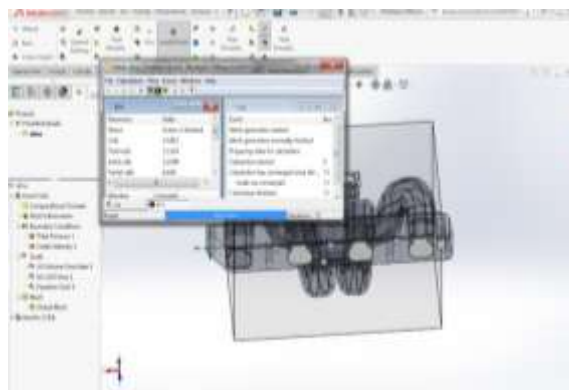


Figura 68 Datos del proceso de mallado del múltiple prototipo 2

4.5.3 Etapa de Solución CFD para Colector de Admisión prototipo 2.

Se ejecuta el mallado del modelo de forma automática como se muestra en la Tabla 28 se detalla los tiempos en cada solución:

Tabla 28
Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple prototipo 2

Revoluciones	Tiempo del cálculo computacional
900	32 segundos
1500	32 segundos
2500	32 segundos
3500	32 segundos
5500	32 segundos

4.5.4 Etapa de Post-Procesamiento de Resultados CFD para Colector de Admisión prototipo 2.

Se ejecuta el Pos - Procesamiento de Resultados en donde se puede determinar los valores que son requeridos, tales como la presión, densidad, presión relativa, velocidad y número de Mach.

4.5.5 Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29
Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 900 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.16	1.16
Pressure [PSI]	3.80	3.89
Temperature [K]	307.44	307.45
Temperature (Fluid) [K]	307.44	307.45
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749

CONTINÚA 

Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000
ShortCut Number []	6.2225118e-006	1.0000000

4.5.5.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 900RPM

a) Densidad

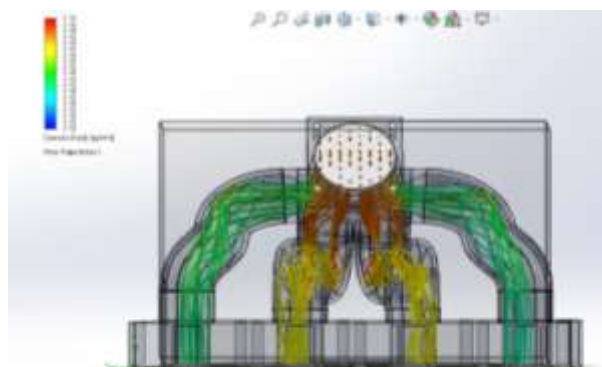


Figura 69 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

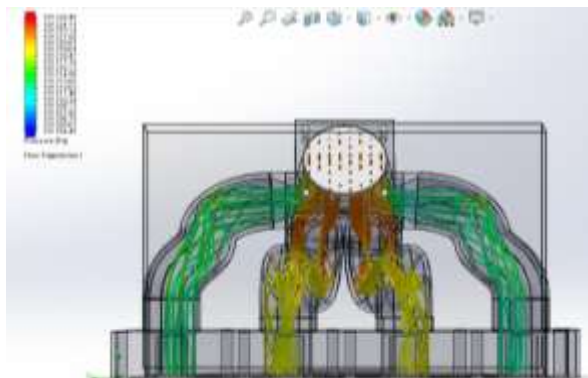


Figura 70 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

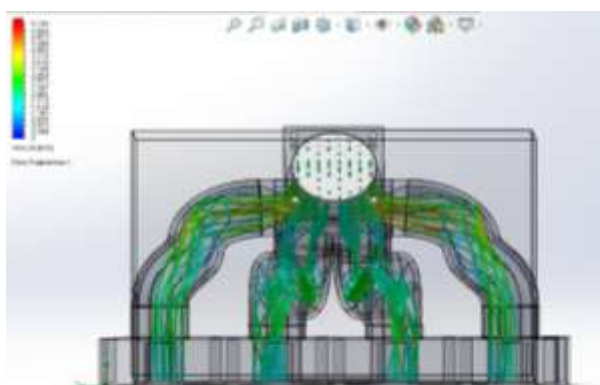


Figura 71 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros

iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

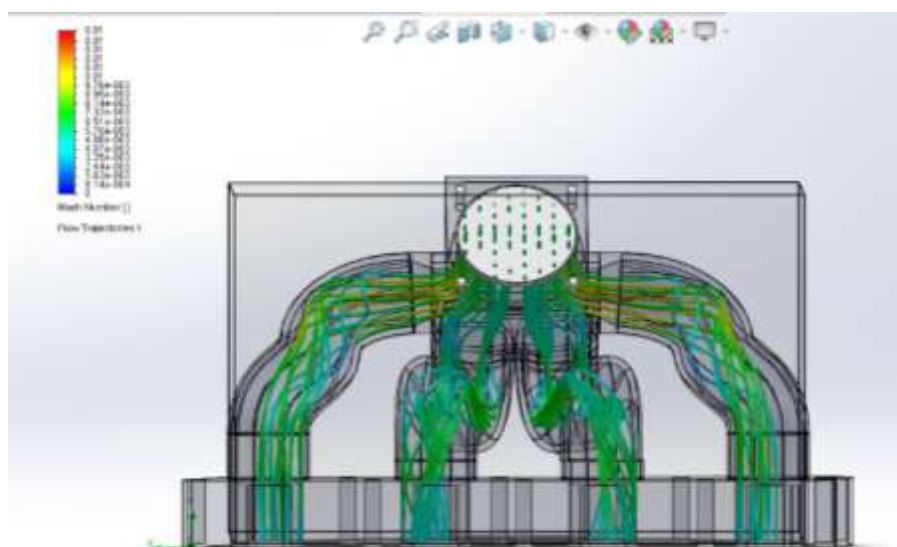


Figura 72 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 900 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.5.6 Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 30.

Tabla 30**Análisis de datos diseño prototipo 2a un régimen de 1500 RPM**

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	5.18	5.90
Temperature [K]	308.43	309.3
Temperature (Fluid) [K]	308.43	309.3
Velocity [m/s]	0	5.895
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000

4.5.6.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500RPM

a) Densidad

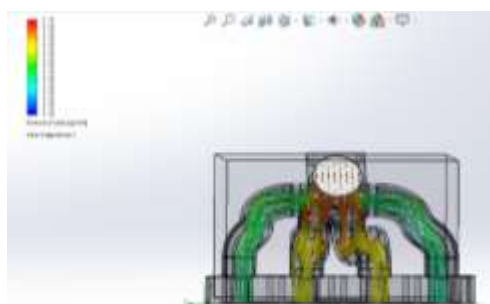


Figura 73 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

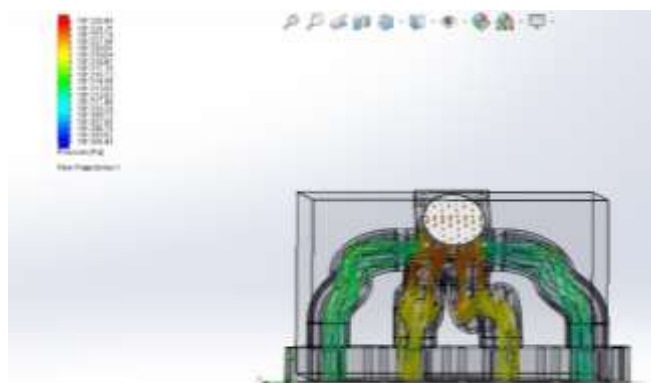


Figura 74 Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa . Esta varía desde $101136,43 \text{ Pa}$., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11 Pa ., en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

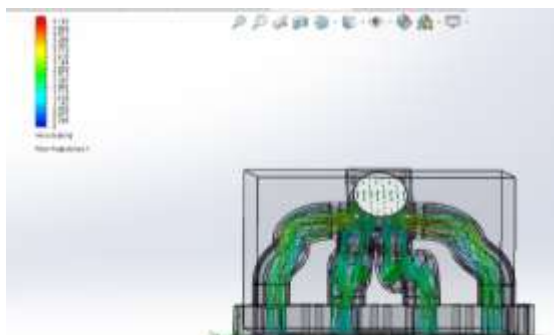
c) Velocidad

Figura 75 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobléz de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

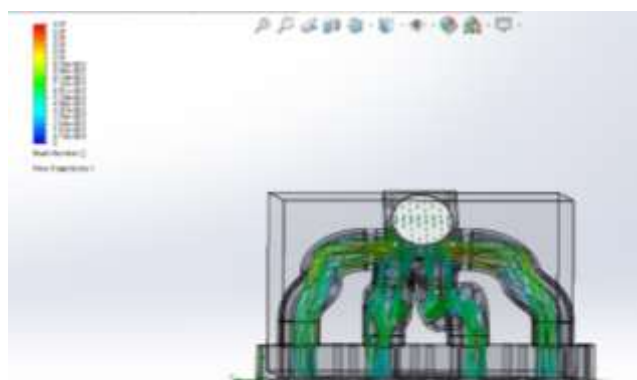
d) Número Mach

Figura 76 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 1500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.5.7 Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 31.

Tabla 31
Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 2500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	7.41	8.28
Temperature [K]	309.5	309.76
Temperature (Fluid) [K]	309.5	309.76
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000

CONTINÚA 

ShortCut Number []

6.2225118e-006

1.0000000

4.5.7.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500RPM

a) Densidad

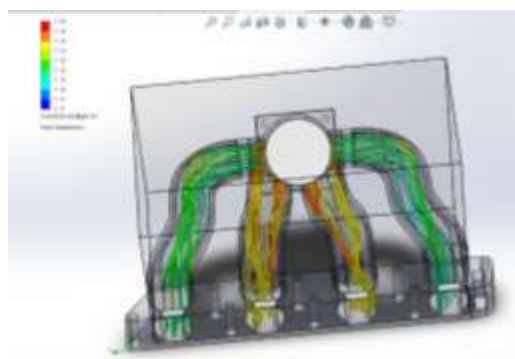


Figura 77 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

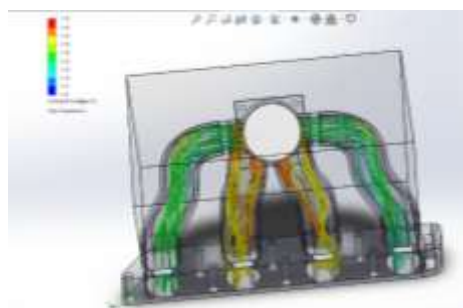


Figura 78 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325Pa. Esta varía desde 101136,43Pa, en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

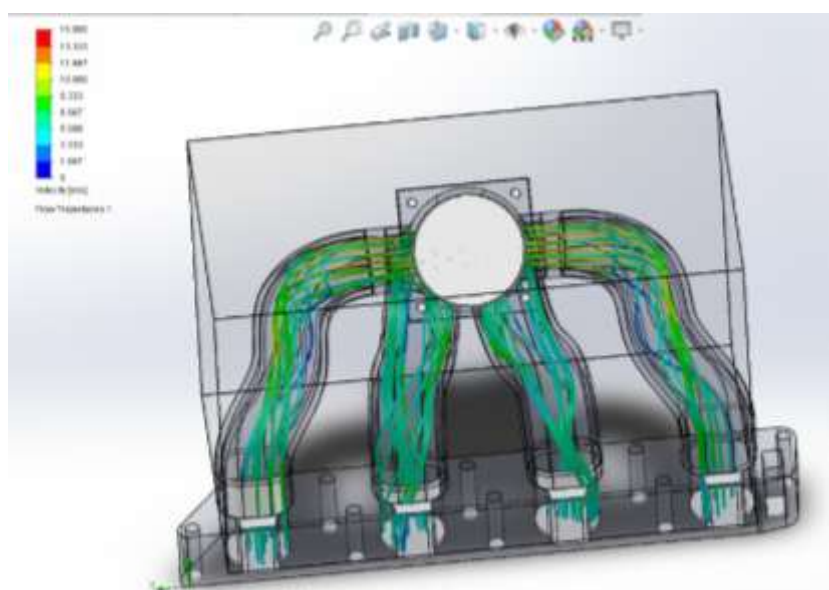


Figura 79 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número de Mach

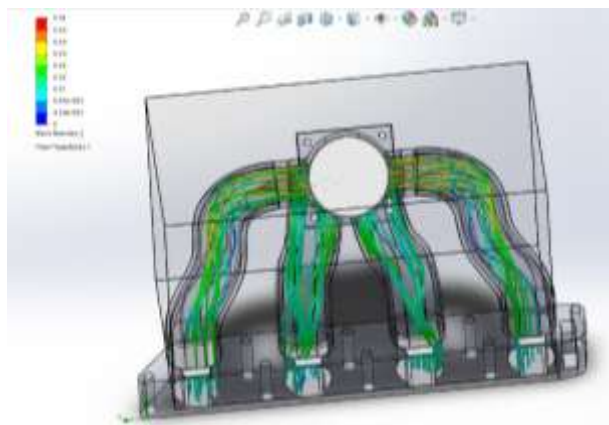


Figura 80 Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 2500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobles de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.5.8 Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 32.

Tabla 32
Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 3500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	12.6	13.7
Temperature [K]	309.87	309.99
Temperature (Fluid) [K]	309.87	309.99
Velocity [m/s]	0	5.145

CONTINÚA 

Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36

4.5.8.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500RPM

a) Densidad

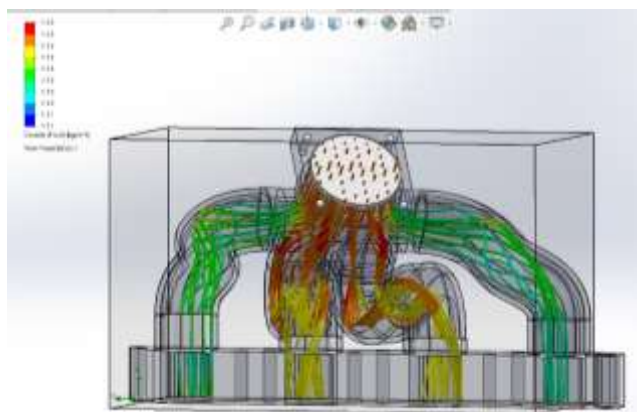


Figura 81 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a

que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

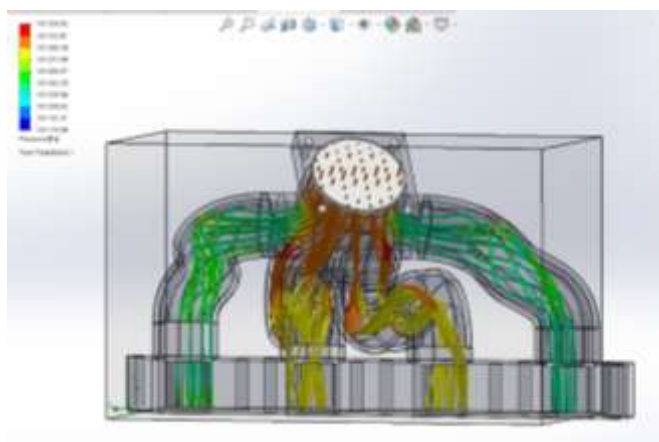


Figura 82 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

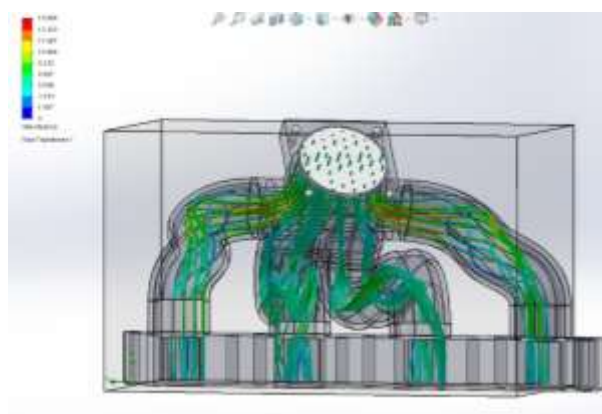


Figura 83 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

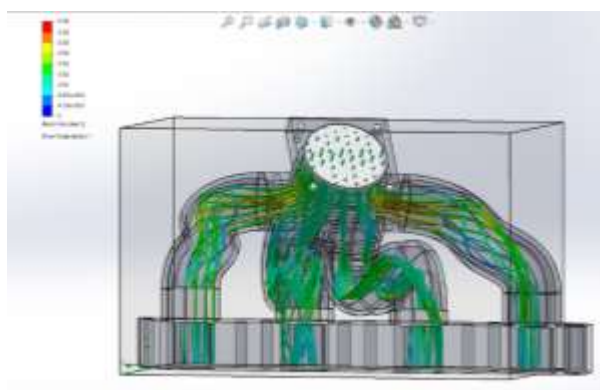


Figura 84 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 3500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.5.9 Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión prototipo 2.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 33.

Tabla 33**Análisis de datos diseño prototipo 2 a un régimen de 5500 RPM**

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.15	1.15
Pressure [PSI]	12.4	12.48
Temperature [K]	309.99	310.1
Temperature (Fluid) [K]	309.99	310.1
Velocity [m/s]	0	5.145
Velocity (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Mach Number []	0	0.01
Velocity RRF [m/s]	0	5.145
Velocity RRF (X) [m/s]	-5.002	4.749
Velocity RRF (Y) [m/s]	-2.927	2.011
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.662	3.784
Vorticity [1/s]	0.07	803.98
Relative Pressure [Pa]	-20.55	0.48
Shear Stress [Pa]	0	0.36
Bottleneck Number []	2.2287982e-006	1.0000000
ShortCut Number []	6.2225118e-006	1.0000000

4.5.9.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500RPM

a) Densidad

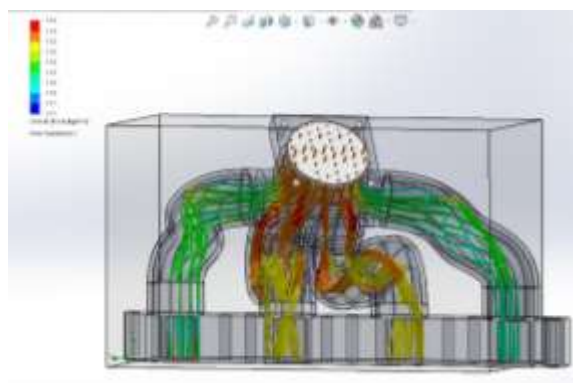


Figura 85 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

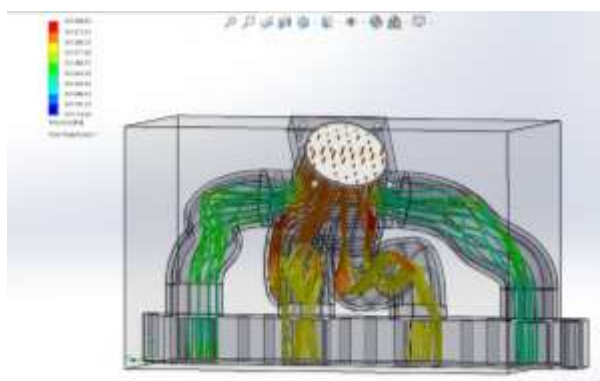


Figura 86 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11 Pa., en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

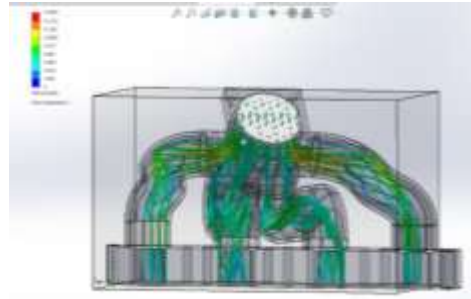


Figura 87 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Numero de Mach

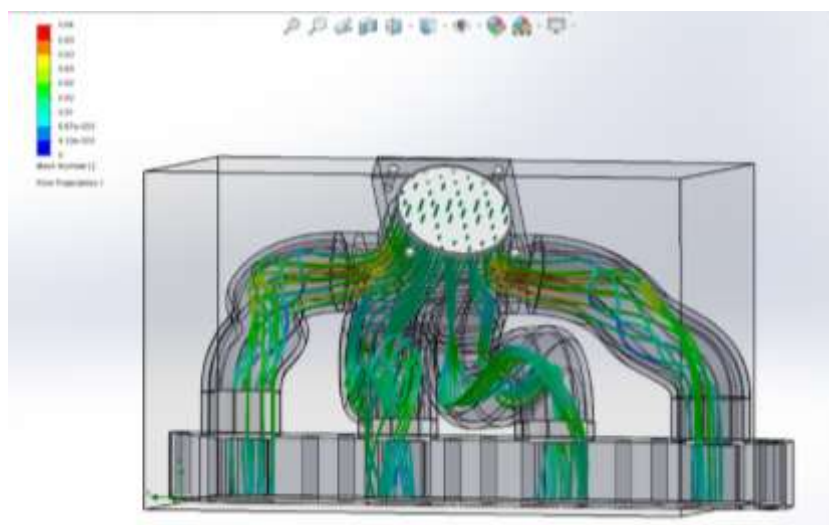


Figura 88 Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión prototipo 2 a 5500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.6 Condiciones Iniciales para el múltiple de Admisión rediseñado

Para realizar el análisis del múltiple de admisión rediseñado, mediante el modelo CFD, se indica las condiciones iniciales

La presión de ingreso (P1) se tomó como dato la presión atmosférica como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34
Datos de presión de condiciones iniciales para el múltiple rediseñado

Presión de entrada	14,6 PSI
--------------------	----------

Se determina la velocidad en los conductos de la cámara como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35
Condiciones iniciales de velocidad a diferentes RPM para el múltiple rediseñado

Revoluciones	Velocidad en los conductos de la cámara de forma experimental
900	1,73 m/s
1500	3,2m/s
2500	4,522m/s
3500	5,304m/s
5500	10,988m/s

4.6.1 Geometría del múltiple de Admisión rediseño

La geometría del múltiple de admisión rediseñado se representa a continuación mediante un modelado geométrico en 3 dimensiones (3D), en sus diferentes vistas

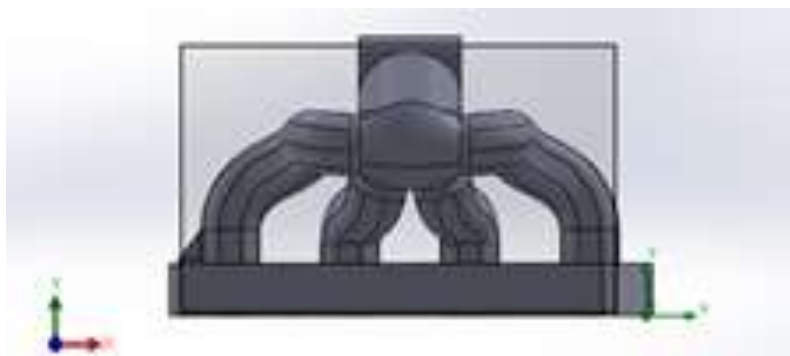


Figura 89 Vista frontal del múltiple rediseñado

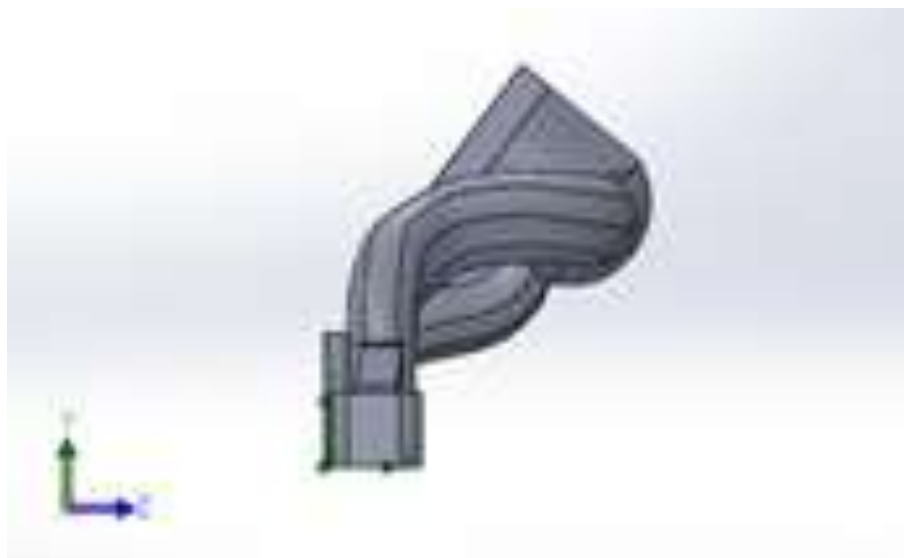


Figura 90 Vista izquierda del múltiple rediseñado



Figura 91 Vista Superior del múltiple rediseñado



Figura 92 Vista isométrica del múltiple rediseñado

4.6.2 Generación del Mallado de la Geometría del múltiple de Admisión rediseñado

Se procede a realizar el mallado de la geometría del múltiple de forma automática del programa para disminuir tiempo y errores como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36
Datos del mallado del múltiple rediseñado

Cells	22406
Fluid cells	10052
Solid cells	12354
Partial cells	6063



Figura 93 Generación de mallado del múltiple rediseñado

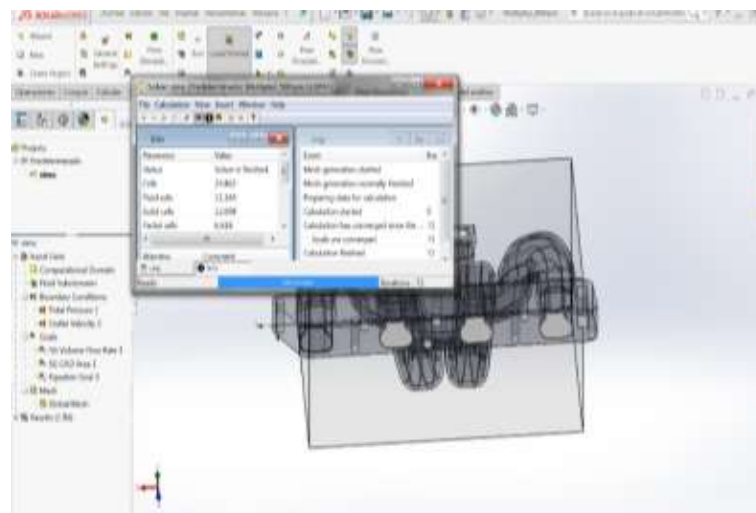


Figura 94 Datos del proceso de mallado del múltiple rediseñado

4.6.3 Etapa de Solución CFD para múltiple de Admisión rediseñado.

Se ejecuta el mallado del modelo de forma automática aquí se detalla los tiempos en cada solución como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37
Tiempo del cálculo para la solución del programa para el múltiple rediseñado

Revoluciones	Tiempo del cálculo computacional
900	29 segundos
1500	29 segundos
2500	29 segundos
3500	29 segundos
5500	29 segundos

4.6.4 Etapa de Post-Procesamiento de Resultados CFD para múltiple de Admisión rediseñado.

Se ejecuta el Pos - Procesamiento de Resultados en donde se puede determinar los valores que son requeridos, tales como la presión, densidad, temperatura, etc.

4.6.5 Resultados Obtenidos a 900 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 38.

Tabla 38
Análisis de datos del rediseño a un régimen de 900 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.10	1.15
Pressure [PSI]	6.65	6.81
Temperature [K]	305.46	319.18
Temperature (Fluid) [K]	305.46	319.18
Velocity [m/s]	0	14.695
Velocity (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Mach Number []	0	0.04
Velocity RRF [m/s]	0	14.695
Velocity RRF (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity RRF (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity RRF (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Vorticity [1/s]	0.99	5256.82
Relative Pressure [Pa]	-203.98	45.14
Shear Stress [Pa]	0	2.03
Bottleneck Number []	4.7742681e-007	1.0000000
ShortCut Number []	8.9835823e-007	1.0000000

4.6.5.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 900RPM

a) Densidad

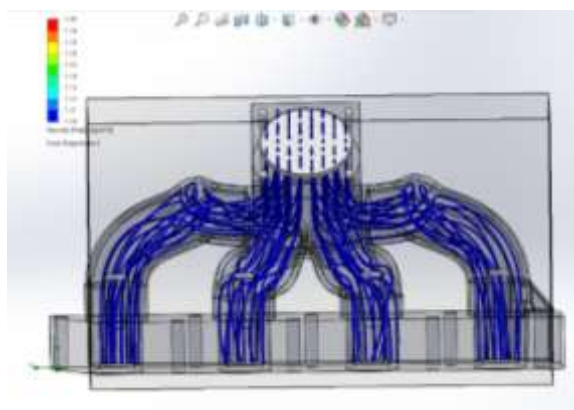


Figura 95 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

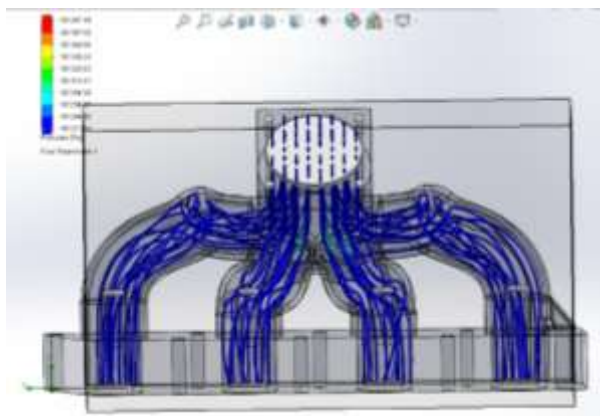


Figura 96 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa . Esta varía desde $101136,43 \text{ Pa}$., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11 Pa ., en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

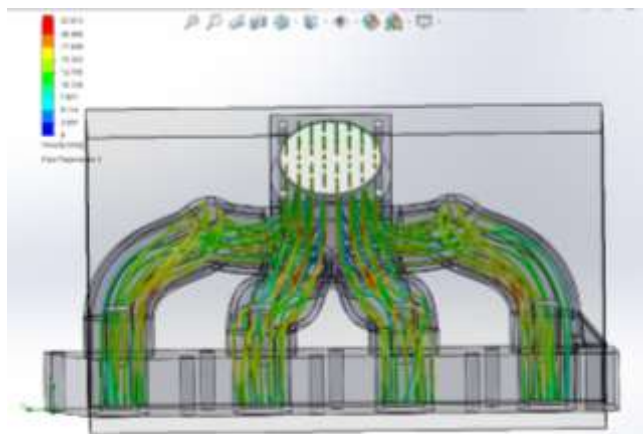


Figura 97 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

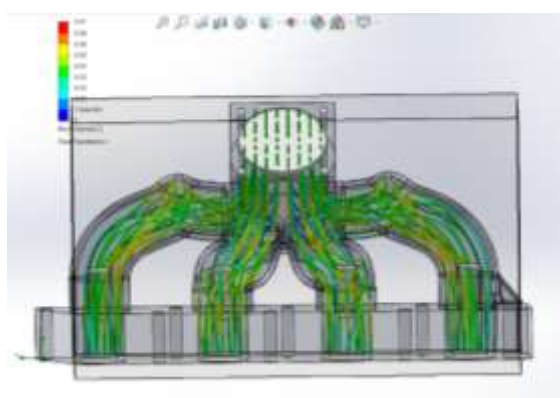


Figura 98 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 900 RPM

El número de Mach es 0,02 a la entrada aumentando a 0,04 (densidad despreciable).

4.6.6 Resultados Obtenidos a 1500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 39.

Tabla 39
Análisis de datos del rediseño a un régimen de 1500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.10	1.15
Pressure [PSI]	7.15	7.27
Temperature [K]	319.2	321.8
Temperature (Fluid) [K]	319.2	321.8
Velocity [m/s]	0	14.695
Velocity (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Mach Number []	0	0.04
Velocity RRF [m/s]	0	14.695
Velocity RRF (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity RRF (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity RRF (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Vorticity [1/s]	0.99	5256.82
Shear Stress [Pa]	0	2.03
Bottleneck Number []	4.7742681e-007	1.0000000
ShortCut Number []	8.9835823e-007	1.0000000

4.6.6.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 1500RPM

a) Densidad

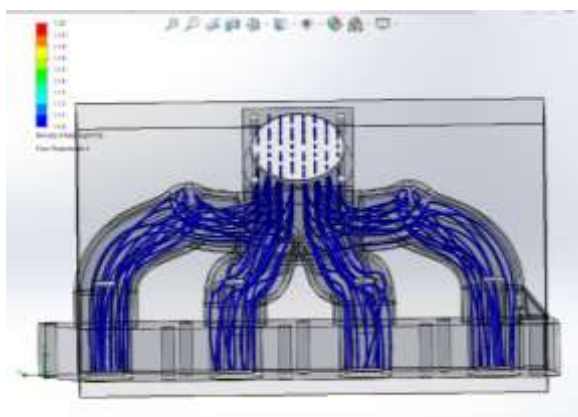


Figura 99 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

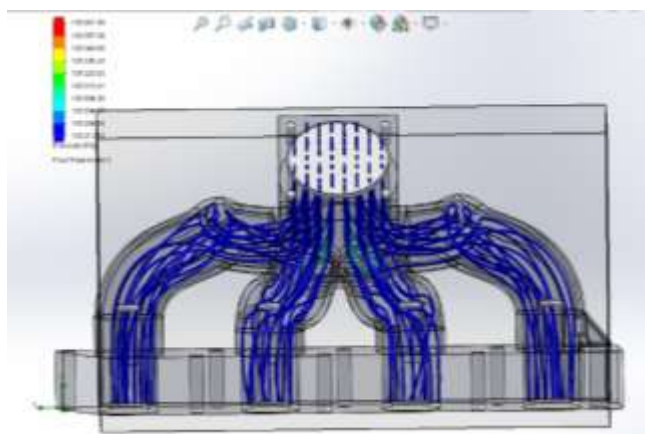


Figura 100 Distribución presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

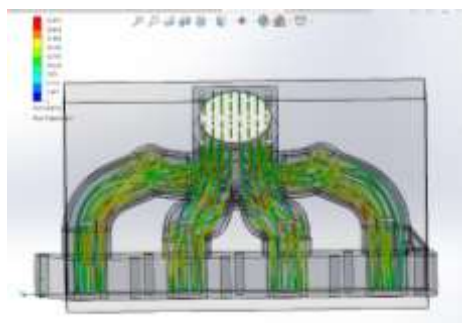


Figura 101 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto

d) Número Mach

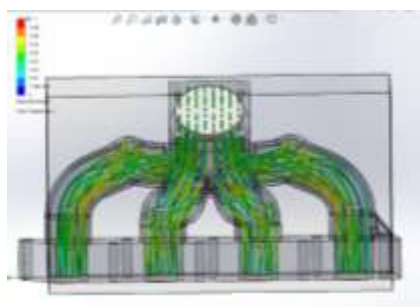


Figura 102 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 1500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.6.7 Resultados Obtenidos a 2500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 40.

Tabla 40:
Análisis de datos del rediseño a un régimen de 2500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.10	1.15
Pressure [PSI]	9.13	9.18
Temperature [K]	321.2	322.1
Temperature (Fluid) [K]	321.2	322.1
Velocity [m/s]	0	14.695
Velocity (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Mach Number []	0	0.04
Velocity RRF [m/s]	0	14.695
Velocity RRF (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity RRF (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity RRF (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Vorticity [1/s]	0.99	5256.82
Relative Pressure [Pa]	-203.98	45.14
Shear Stress [Pa]	0	2.03
Bottleneck Number []	4.7742681e-007	1.0000000
ShortCut Number []	8.9835823e-007	1.0000000

4.6.7.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 1500RPM

a) Densidad

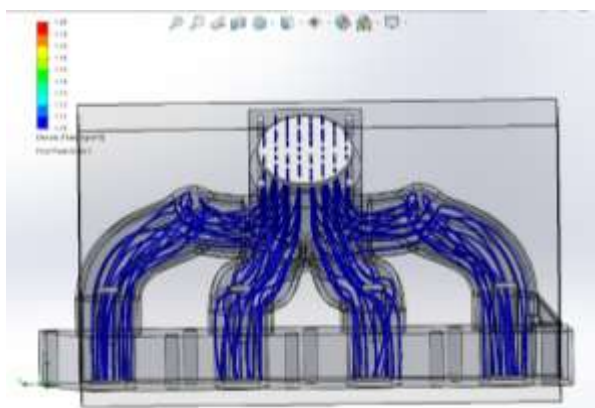


Figura 103 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

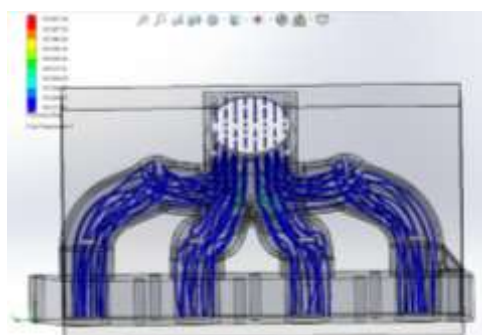


Figura 104 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

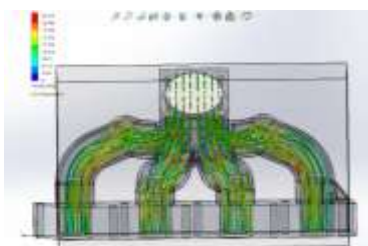


Figura 105 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Numero de Mach

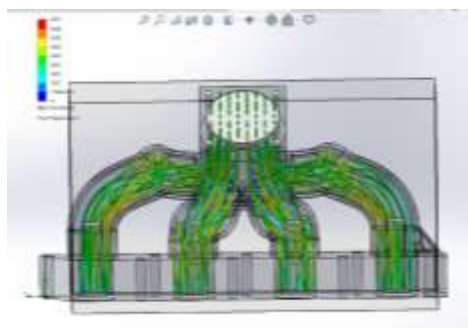


Figura 106 Distribución de numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 2500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.6.8 Resultados Obtenidos a 3500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 41.

Tabla 41
Análisis de datos del rediseño a un régimen de 3500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.10	1.15
Pressure [PSI]	12.02	12.87
Temperature [K]	322.45	367.4
Temperature (Fluid) [K]	322.45	367.4
Velocity [m/s]	0	14.695
Velocity (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Mach Number []	0	0.04
Velocity RRF [m/s]	0	14.695
Velocity RRF (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity RRF (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity RRF (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Vorticity [1/s]	0.99	5256.82
Shear Stress [Pa]	0	2.03
Bottleneck Number []	4.7742681e-007	1.0000000
ShortCut Number []	8.9835823e-007	1.0000000

4.6.8.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 3500RPM

a) Densidad

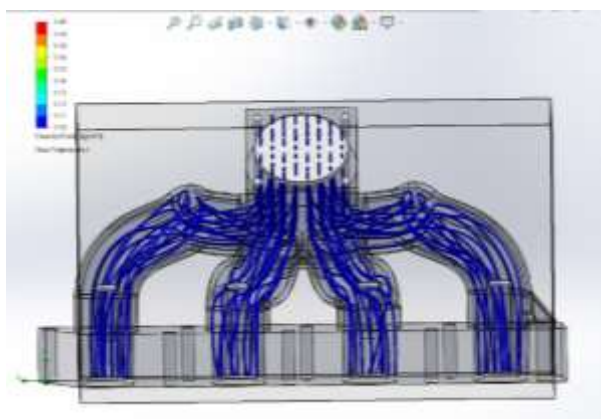


Figura 107 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

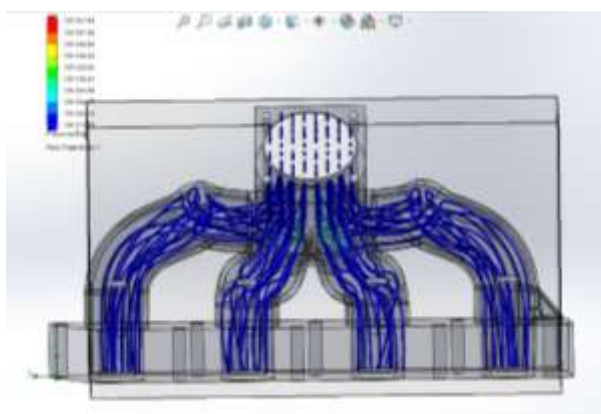


Figura 108 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa. Esta varía desde 101136,43 Pa., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de 101330.11Pa, en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

c) Velocidad

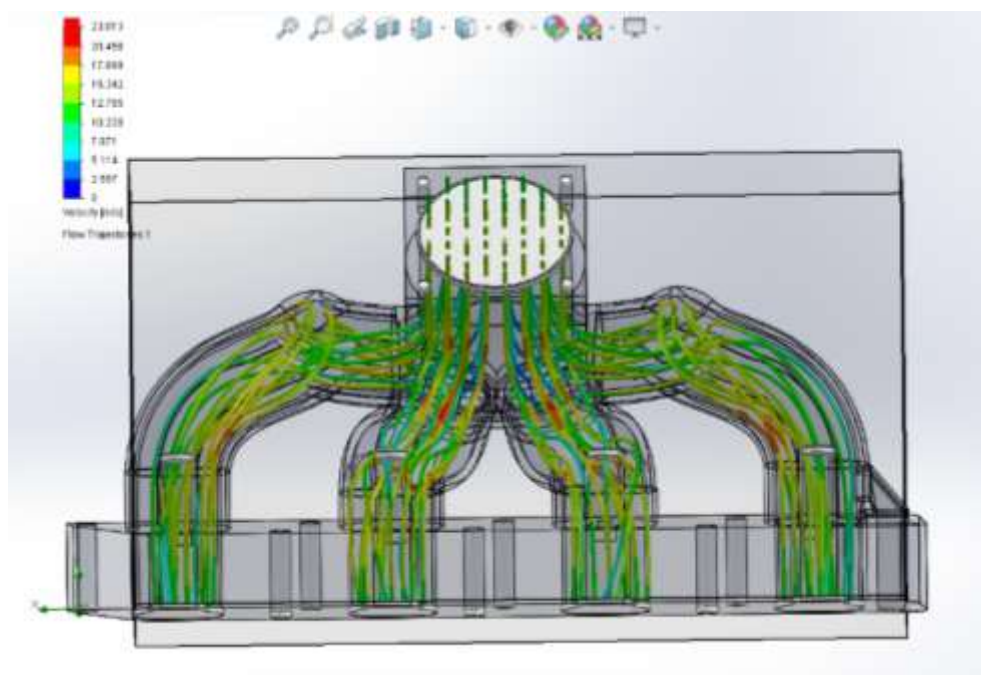


Figura 109 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para cada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

d) Número Mach

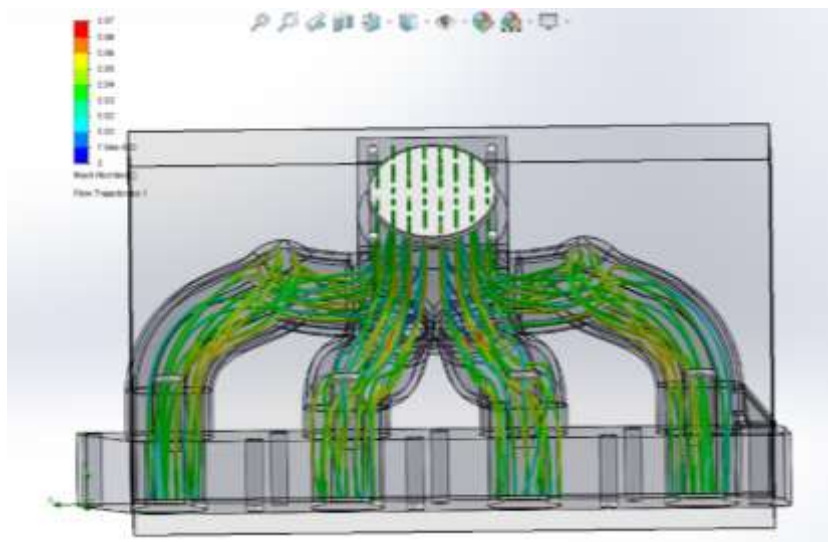


Figura 110 Distribución del número de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 3500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobles de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.6.9 Resultados Obtenidos a 5500 RPM para el múltiple de Admisión rediseñado.

Los resultados que se obtienen mediante la aplicación del modelo CFD se presentan a continuación en la siguiente Tabla 42.

Tabla 42

Análisis de datos del rediseño a un régimen de 5500 RPM

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	1.10	1.15
Pressure [PSI]	14.21	14.21
Temperature [K]	357.45	400.01

CONTINÚA ➡

Temperature (Fluid) [K]	357.45	400.1
Velocity [m/s]	0	14.695
Velocity (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Mach Number []	0	0.04
Velocity RRF [m/s]	0	14.695
Velocity RRF (X) [m/s]	-10.149	10.693
Velocity RRF (Y) [m/s]	-12.189	5.506
Velocity RRF (Z) [m/s]	-13.225	9.680
Vorticity [1/s]	0.99	5256.82
Relative Pressure [Pa]	-203.98	45.14
Shear Stress [Pa]	0	2.03
Bottleneck Number []	4.7742681e-007	1.0000000
ShortCut Number []	8.9835823e-007	1.0000000

4.6.9.1 Protocolo de pruebas virtuales para el múltiple de admisión rediseñado a 1500RPM

a) Densidad

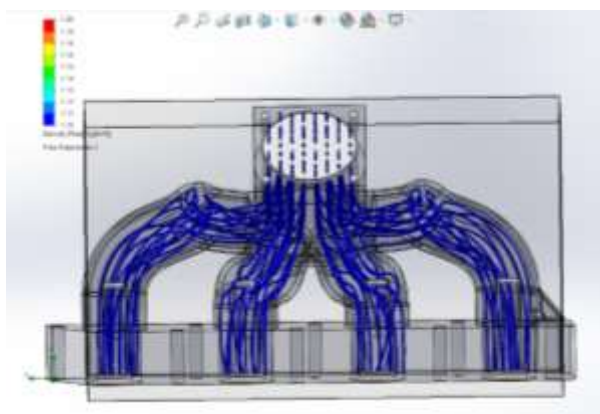


Figura 111 Distribución de densidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM

La densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.12 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

b) Presión

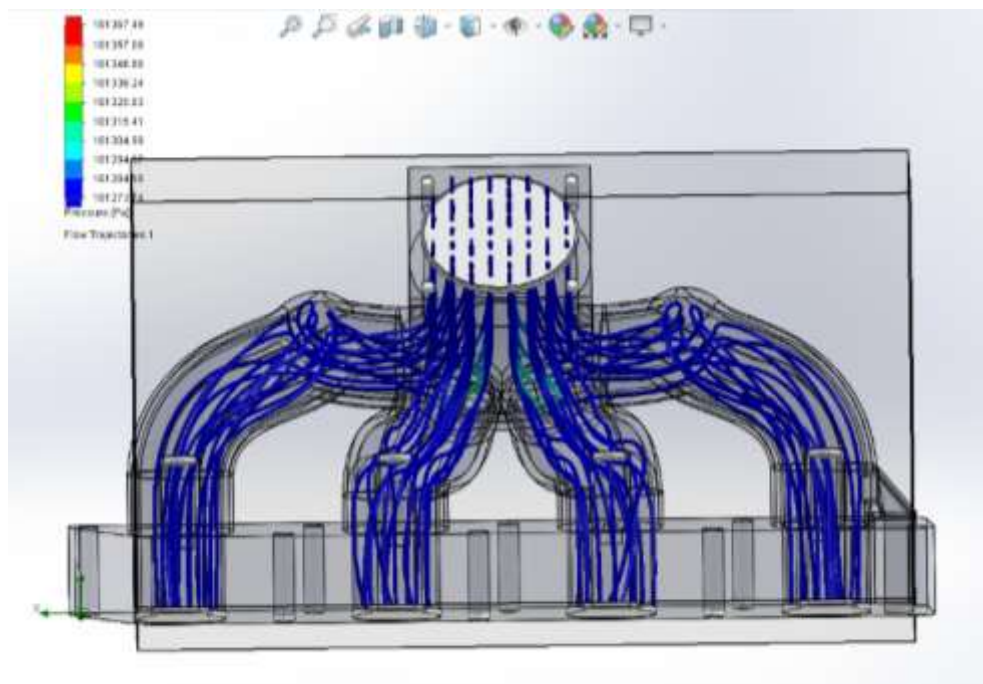


Figura 112 Distribución de presiones obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 101325 Pa . Esta varía desde $101136,43 \text{ Pa}$., en los conductos de cada cámara hasta un máximo de $101330,11 \text{ Pa}$., en la cavidad de ingreso de aire de admisión que se encuentra a la presión atmosférica.

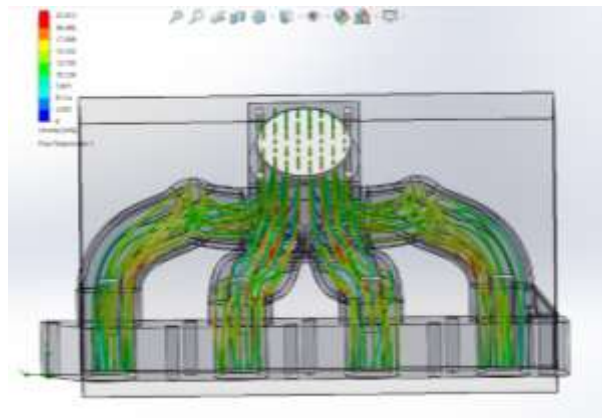
c) Velocidad

Figura 113 Distribución de velocidades obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM

La velocidad máxima que alcanza en la base de los conductos de admisión para dada cámara es de 1,73 m/s que es los parámetros iniciales de funcionamiento de la simulación desde una velocidad de 5 m/s en la cavidad de ingreso de aire disminuyendo a 0 m/s al chocar en el dobles de cada conducto y aumentando hasta 12,99 m/s antes de comenzar la segunda curvatura de cada ducto.

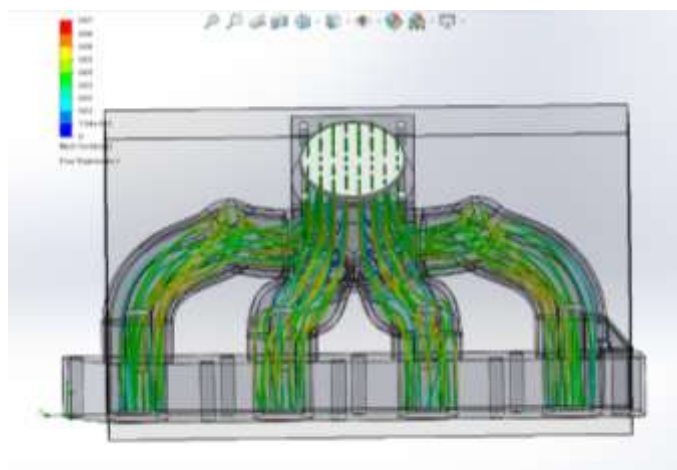
d) Numero de Mach

Figura 114 Distribución del Numero de Mach obtenidas en el múltiple de admisión rediseñado a 5500 RPM

El número de Mach al realizar la simulación es de 0,02 a la entrada del cavidad de admisión que aumenta a 0,04 en los dobleces de cada conducto para cada cámara esto nos indica que al ser menor a 0,3 este flujo es incompresible y los efectos de la densidad son despreciables.

4.7 Selección del múltiple de admisión diseño 3D

Para realizar el análisis del múltiple de admisión mediante el modelo CFD, se indica las condiciones iniciales la presión de ingreso ($P_1 = 101,325$ Kpa presión atmosférica); se determina la velocidad en los conductos de la cámara de forma experimental

Se ejecuta el Pos - Procesamiento de Resultados en donde se puede determinar los valores que son requeridos, entre los más importantes densidad, presión, temperatura y velocidad de flujo del múltiple de admisión original vs prototipo 1 - prototipo 2 - rediseño; de manera que se la densidad a la entrada del múltiple de admisión es de 1.15 Kg/m^3 , que se mantiene constante hasta los conductos de cada cámara, debido a que la densidad del aire de admisión no cambia cuando no se varía los parámetros de temperatura.

La presión a la entrada del múltiple de admisión es de 6,02 PSI. Esta varía desde 3,64 PSI perteneciente al prototipo 1, hasta 6,81 PSI prototipo 3 (rediseñado), motivo por el cual se va descartando al prototipo 1 y 2.

En el diseño del múltiple de admisión con ayuda del software CAD-CAE con simulaciones mediante la aplicación de la herramienta Flow Simulation, se realizó simulaciones de flujo dentro del múltiple de admisión; así como las pruebas de presión, velocidad, temperatura y flujo bajo los diferentes regímenes de giro observando un incremento en la

densidad, presión y velocidad del flujo de aire. Como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 43
Análisis de valores en cada simulación

REGIMEN					
DE GIRO	SIMULACIÓN	ORIGINAL		DISEÑO 3D	
SIMULACION No. 01					
900 RPM		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
	DENSIDAD	1.15	1.15	1.10	1.15
	kg/m ³				
	PRESION PSI	6.02	6.51	6.65	6.81
	TEMPERATURA	307.36	307.46	305.46	319.18
	° K				
	VELOCIDAD m/s	0	13.574	0	14.695
SIMULACION No. 02					
1500 RPM	DENSIDAD	1.13	1.16	1.10	1.15
	kg/m ³				
	PRESION PSI	6.92	7.11	7.17	7.27
	TEMPERATURA	312.93	312.95	319.2	321.8
	° K				
	VELOCIDAD m/s	0	5.812	0	14.695
SIMULACION No. 03					
2500 RPM	DENSIDAD	1.14	1.14	1.10	1.15
	kg/m ³				
	PRESION PSI	8.95	9.02	9.13	9.18
	TEMPERATURA	312.93	312.95	321.2	322.1
	° K				
	VELOCIDAD m/s	0	5.812	0	14.695
SIMULACION No. 04					
	DENSIDAD	1.16	1.16	1.10	1.15
	kg/m ³				

	PRESION PSI	11.94	12.01	12.02	12.87
3500 RPM	TEMPERATURA	312.93	312.93	322.45	367.4
	° K				
	VELOCIDAD m/s	0	5.812	0	14.695
SIMULACION No. 05					
	DENSIDAD	1.15	1.15	1.10	1.15
	kg/m3				
5500 RPM	PRESION PSI	14.03	14.19	14.21	14.21
	TEMPERATURA	314.12	315.12	357.45	400.01
	° K				
	VELOCIDAD m/s	0	5.812	0	14.695

Se puede observar en los datos obtenidos en la simulación un aumento considerable en la presión y velocidad de flujo del múltiple de admisión original vs el diseñado. Razón por la cual se ha seleccionado este diseño ya que en función de este análisis de simulación se observa el comportamiento del fluido que varía según el diseño interno y el material de impresión ya que aumenta la presión y velocidad de flujo debido a que las paredes internas no tienen irregularidades reduciendo la fricción del aire a su ingreso al cilindro.

4.8 Reingeniería y construcción del múltiple de admisión.

4.8.1 Generalidades

En este capítulo se puede observar de manera detallada los pasos a seguir en la construcción de un sistema de admisión de aire con tomas independientes para un vehículo con motor 1.8 L Chevrolet Optra, teniendo en consideración los parámetros de simulación y los calculados

en el capítulo III, las limitaciones físicas en lo que a espacio se refiere y medidas del sistema de admisión original de ciertos elementos.

4.8.2 Desmontaje del sistema de admisión original

En lo que a la construcción se refiere es necesario desmontar en su totalidad el sistema de admisión de aire original (figura 4.105) a fin de establecer el espacio físico que dispone el vehículo Chevrolet Optra dentro del habitáculo del motor para la instalación del nuevo múltiple de admisión de aire a diseñar.



Figura 115 Sistema de Admisión Original

Para el efecto se procede a desmontar el depurador y aflojar las abrazaderas de la manguera que conecta el depurador con el cuerpo de aceleración tal como se muestra en la figura. 4.106.



Figura 116: Desmontaje del Depurador

Una vez concluido el protocolo anterior es necesario desconectar todo el cableado del TPS, IAC, MAF, MAP e inyectores y las cañerías de ingreso de combustible al riel de inyectores. Aflojando los pernos de sujeción retirar la flauta de inyectores (figura.4.107).



Figura 117 Desmontaje del Riel de Inyectores

Para tener mayor accesibilidad al área de trabajo es necesario retirar el alternador situado en la parte posterior izquierda del motor.

Seguidamente se retira el cuerpo de aceleración, y se procede al desmontaje de las tuercas y pernos de fijación que unen el múltiple de admisión al motor y se desmonta el múltiple de admisión original.



Figura 118 Múltiple de Admisión desmontado

4.8.3 Medición de diversos parámetros para el diseño

4.8.3.1 Medición del espacio físico

Para seguir con el diseño se hace necesario tomar las dimensiones del espacio disponible para la instalación del sistema de admisión dentro del habitáculo del motor.



Figura 119 Medición del espacio físico

4.8.3.2 Medición del diámetro de las tomas

Otro aspecto de gran importancia que se debe considerar dentro del diseño es el diámetro de los conductos, los cuales se los debe medir de forma precisa a fin de seleccionar un tubo de diámetro adecuado.



Figura 120 Toma de medidas del Múltiple desmontado

Una vez que se ha realizado todas las mediciones los datos que se han obtenido son los indicados en la Tabla 44:

Tabla 44
Medidas del espacio físico

ITEM	MEDIDA [mm]
Altura del habitáculo:	250
Ancho del habitáculo	350
Profundidad del habitáculo:	250
Área ducto de admisión	0.121 m ²

4.8.3.3 Medición del Angulo de inyección.

Para no variar el ángulo de pulverización de los inyectores dentro de la cámara de combustión en el nuevo sistema de admisión, se debe tomar el ángulo correcto que forma la toma con los bocines donde se aloja los inyectores en el múltiple de admisión original utilizando un goniómetro transportador de ángulos el mismo que nos indica que tiene un ángulo de 58°.

4.8.4 Impresión 3D - PLA

Ya con los datos obtenidos tanto en el diseño, como en las mediciones se procede a la impresión 3D y nos concentraremos en los filamentos para la impresión más utilizados, el ABS vs PLA los cuales son los más utilizados por los usuarios de las impresiones 3D del mercado. En la impresión de nuestro nuevo diseño del múltiple de admisión se seleccionó el filamento PLA (material biodegradable) debido a que es el más utilizado por su facilidad de uso en la impresión de piezas.



Figura 121 Ampliación del diámetro para los espárragos en la Brida.

Con la impresión en 3D utilizando el filamento PLA de color blanco se procedió a instalar el múltiple de admisión diseñado; surgiendo el primer inconveniente por lo cual agrandamos los orificios del múltiple donde ingresan los espárragos de sujeción utilizando una broca calibre 5/16" y se los perfora de acuerdo a lo señalado en el trazado de la brida como indica la figura 4.111.

4.8.5 Limpieza de los elementos

Una vez con la brida y las tomas listas se procede a darle una limpieza superficial externo como interno en ambos casos antes de realizar la instalación del cuerpo de aceleración.

Con la ayuda de una lija de agua 1200 se retira cualquier imperfección que pueda presentarse en la brida perforada (figura 4.112).



Figura. 122 Limpieza de la Brida.

Concluida la limpieza del múltiple de admisión tenemos las partes listas para realizar el trabajo montaje, no sin antes haber verificado que los cuatro orificios de las tomas como los de los espárragos coincidan de manera exacta con el múltiple original.

Cabe recalcar que antes de instalar el múltiple de admisión se debe realizar una limpieza del cuerpo de aceleración como de la válvula IAC.



Figura 123 Limpieza del cuerpo de aceleración y válvula IAC.

En la figura 4.114 que veremos a continuación se puede observar que tenemos el múltiple de admisión rediseñado listo para la instalación en el vehículo Chevrolet Optra 1.8 L.



Figura 124 Múltiple de admisión rediseñado.

4.8.6 Instalación del múltiple de admisión rediseñado.

4.8.6.1 Generalidades

Concluidos todos los protocolos en lo que a la construcción del múltiple de admisión se refiere, se procede a la adaptación de todos los elementos que intervienen tanto en la admisión de aire, como en la

inyección electrónica de combustible a fin de no alterar el funcionamiento normal del motor, y para esto es necesario adaptar todos los componentes originales en el nuevo sistema de admisión de aire diseñado.

4.8.6.2 Montaje de los componentes mecánicos.

Adaptación del múltiple de admisión

Para la adaptación del múltiple de admisión diseñado al motor Chevrolet Optra es necesario haber verificado que los cuatro orificios de las tomas como los de los espárragos coincidan de manera exacta con el múltiple original.



Figura 125 Instalación del Múltiple de admisión diseñado.

4.8.6.3 Montaje de los componentes electrónicos.

Ubicación del sensor TPS

Debido a la configuración y al modo de operación del sensor de posicionamiento del estrangulador (TPS), que se encarga de monitorear la posición de la mariposa de la garganta de entrada de aire hacia el

motor, entregando una señal hacia el ECM que es usado para controlar los tiempos de inyección de combustible hacia las cámaras de combustión. Se debe empezar a conectar todo el cableado electrónico para que no genere códigos de falla y posteriormente se pueda realizar las pruebas respectivas en el dinamómetro.

Ubicación del sensor MAP

Para la adaptación del sensor de Presión Absoluta en el múltiple (MAP) se realiza una perforación de 10mm de diámetro en cuyo extremo se coloca el soporte para el sensor MAP, a fin de captar la presión total ejercida en el múltiple de admisión.

Ubicación de los inyectores

Para tener un resultado óptimo sobre la influencia en la potencia del motor 1.8 L. Chevrolet Optra real se realizó en los cuatro inyectores una limpieza por ultrasonido y por mantenimiento preventivo se sustituyó los micro filtros. Los inyectores una vez montados en el riel de inyección se procedieron a conectar los conectores e instalar la toma de ingreso de combustible al riel.

4.8.6.4 Instalación del depurador

A efecto de conseguir que el aire que ingrese al motor sea lo más limpio posible, se instala el depurador sustituyendo el filtro de aire para lograr que el aire que ingrese no tenga una resistencia al flujo de aire.



Figura 126 Instalación del depurador - filtro de aire.

Una vez que se ha realizado todas las instalaciones y adaptado los elementos complementarios en el sistema, tenemos el múltiple de admisión listo para realizar las pruebas de funcionamiento y determinar la influencia en la potencia del motor 1.8 L Chevrolet Optra con la ayuda del dinamómetro.

4.8.7 Pruebas de laboratorio

4.8.7.1 Generalidades

Se trata de visualizar la influencia en la potencia del motor del Chevrolet Optra de 1.8L, mediante la reingeniería del múltiple de admisión, sobre sus principales parámetros de funcionamiento, con aceleración y velocidad variable.

Las pruebas que se describen a continuación nos permitirán realizar las gráficas más relevantes de los parámetros de funcionamiento, para de esta forma efectuar el respectivo análisis, comparando gráficamente los resultados obtenidos con el múltiple de admisión original

y los obtenidos al utilizar el múltiple de admisión diseñado y construido para el Chevrolet Optra.

PRUEBA No.1

TEMA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE VELOCIDAD DELMOTOR A DIFERENTES REGÍMENES DE REVOLUCIONES CON EL MULTIPLE DE ADMISION ORIGINAL.

OBJETIVO

Mediante la ejecución del método experimental, se trata de establecer los parámetros de funcionamiento del vehículo Chevrolet Optra 1.8 L de prueba con el sistema de admisión de aire original.

TEORÍA

Potencia del motor

El combustible que se introduce en el interior de los cilindros, posee una energía química, que en contacto con el oxígeno produce una reacción exotérmica transformándose en energía calorífica, de la cual, una parte es convertida en trabajo mecánico. Este trabajo es el producto de una fuerza por un espacio recorrido bajo la aplicación de la misma. Por ejemplo, si se empuja a un pistón desde el P.M.S. al P.M.I. con una fuerza constante de una tonelada y la carrera del mismo es de 80 mm, el trabajo desarrollado es:

$$W = F \times S = 1.000 \text{ kg} \times 0,08 \text{ m} = 80 \text{ kgm}$$

Suponiendo que este trabajo se realice en una décima de segundo, la potencia desarrollada es:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{80 \text{ kgm}}{0,1\text{s}} = 800 \text{ kgm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Torque

Indica la fuerza torsional que es capaz de proporcionar un motor desde su eje principal, hasta el diferencial del vehículo. El torque es igual a la fuerza multiplicada por el brazo de palanca:

$$T = F \times l$$

Donde:

T = Torque (N.m)

F = Fuerza (N)

l = Brazo de palanca (m)

Potencia disipada

Indica la potencia que se pierde por los elementos que se mantienen en movimiento para que el motor realice un trabajo, esto se refiere: bandas, poleas, bomba de agua, bomba de aceite, etc.

Potencia a la rueda

Indica la potencia que generada por el motor es transmitida a las ruedas y comprobada con equipos especiales como el dinamómetro.

MOTOR UTILIZADO

En la Tabla 45 se detalla las características del motor Chevrolet Optra.

Tabla 45
Características del motor del Chevrolet Optra

MOTOR CHEVROLET OPTRA	
Número de cilindros	4 en línea de montaje transversal
Diámetro interior del cilindro	80,5 mm
Carrera del pistón	88,2 mm
Cilindrada	1799 cm ³
Max. Potencia a la rueda	62.0 c.v a 5500 rpm
Max. Torque a la rueda	9.8 Kg.m a 3400 rpm
Dinamómetro	De rodillos basado en la fuerza sobre la masa inercial

PROCEDIMIENTO

Como una normativa de seguridad antes de realizar las pruebas en el dinamómetro se tiene que asegurar el vehículo que se va a probar con cadenas, para evitar cualquier accidente, dado que las ruedas del vehículo giran a grandes velocidades.

En el dinamómetro se colocan las ruedas motrices del vehículo en unos rodillos muy grandes, tal como se muestra en las figuras 4.117.



Figura 127 Colocación de las ruedas motrices en los rodillos del dinamómetro.

A continuación se procede a acelerar el vehículo, de manera normal hasta llegar a la cuarta velocidad; dado que esta es la marcha directa entre el motor y la caja de cambios, elevamos las revoluciones del vehículo hasta las 6000 rpm, en este número de revoluciones se corta la inyección del vehículo y se procede a la revisión de los resultados que nos proporciona la computadora del dinamómetro, como se muestra en la figura 4.118.



Figura 128 Computadora del dinamómetro, la cual muestra velocímetro y tacómetro.

TABULACIÓN DE DATOS

En la Tabla 46 se registran los datos obtenidos con el múltiple de admisión estándar y en las siguientes condiciones de operación.

Tabla 46
Registro de datos obtenidos

Aceleración:	100%
Combustible:	Gasolina súper
Densidad:	688,7 kg/m ³
Presión atmosférica	732.81 hPa
T° ambiente:	17 °C
Medida rueda	195 / 55 R15
Marcha de prueba	3 ^{ra} velocidad
Tiempo de aceleración	22.30 seg.
Reducción final:	4.0
Relación total:	2.1

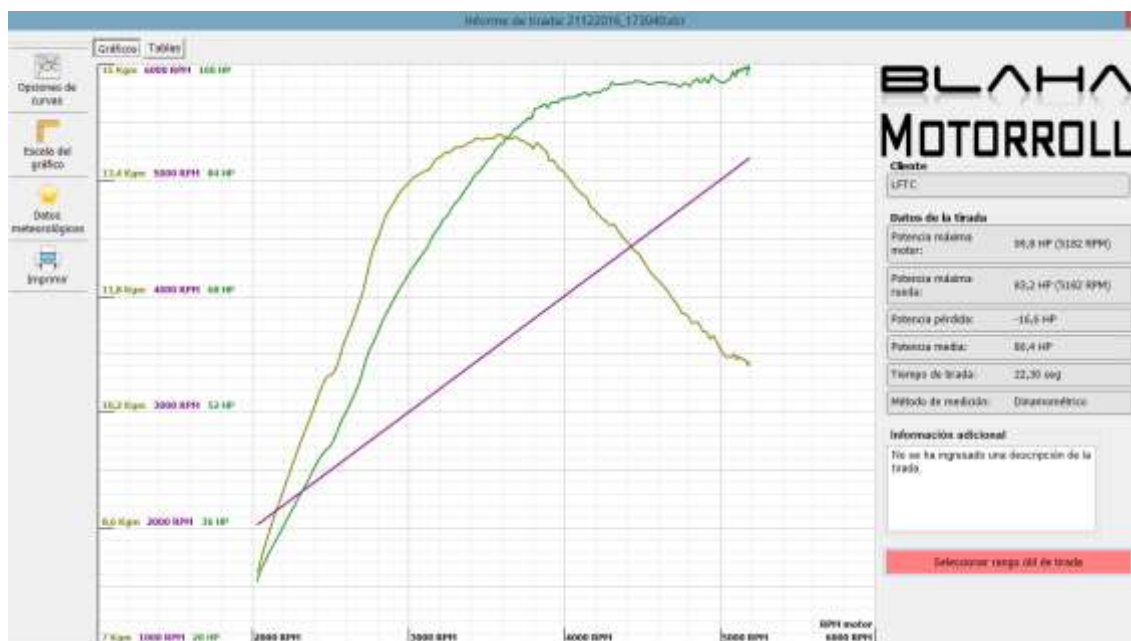


Figura 129 Graficas de datos obtenidos con el múltiple de admisión original

Informe de prueba: 21122016_173040dat

Gráficos Tablas

Opciones de curvas

Escala del gráfico

Datos meteorológicos

Imprimir

Tiempo	RPM motor	Torque	Potencia motor
0,00 Seg	2000 RPM	7,94 kgm	20,1 HP
2,23 Seg	3600 RPM	11,25 kgm	32,2 HP
4,40 Seg	3032 RPM	13,44 kgm	32,2 HP
6,59 Seg	2255 RPM	13,40 kgm	32,4 HP
8,44 Seg	3502 RPM	13,42 kgm	32,8 HP
9,82 Seg	3628 RPM	14,30 kgm	33,6 HP
11,15 Seg	3807 RPM	15,73 kgm	34,6 HP
13,36 Seg	4151 RPM	15,14 kgm	35,9 HP
15,61 Seg	4456 RPM	12,45 kgm	37,7 HP
17,84 Seg	4800 RPM	11,51 kgm	37,1 HP
20,07 Seg	5066 RPM	10,86 kgm	36,3 HP
21,85 Seg	5161 RPM	10,89 kgm	36,3 HP
22,21 Seg	5182 RPM	10,86 kgm	36,4 HP
22,30 Seg	5175 RPM	10,84 kgm	36,5 HP

Opciones

Cantidad de filas: 10

Colorar filas

Mayor y menor

Figura 130 Graficas de datos obtenidos digital con el múltiple de admisión original.

PRUEBA No.2

TEMA: CARACTERSTICAS ECTERNAS DE VELOCIDAD DEL MOTOR A DIFERENTES REGIMENES DE ROVOLUCIONES MEDIANTE LA REINGENIERIA DEL MULTIPLE DE ADMISIÓN.

OBJETIVO

Determinar los parámetros de funcionamiento del vehículo de prueba con el múltiple de admisión y comparar estos parámetros con los obtenidos en la práctica anterior y establecer la influencia en la potencia del motor 1.8 L Chevrolet Optra mediante la reingeniería del múltiple de admisión.

EQUIPO UTILIZADO

Para realizar una comparación de las gráficas debemos trabajar bajo las mismas condiciones iniciales que en la prueba anterior y utilizar el mismo equipo (dinamómetro) es decir son las mismas que las mostradas en la Figura 4.119 y Tabla IV.40.

PROCEDIMIENTO

Antes de realizar las pruebas en el dinamómetro, se procede a poner cadenas en los soportes del vehículo, para evitar cualquier tipo de accidente. Se colocan las ruedas motrices del vehículo en los rodillos del dinamómetro.

Luego se procede a conducir el vehículo de forma normal, hasta que llega a la cuarta velocidad, debido que ahí se tiene una transmisión directa entre el motor y la caja de cambios, se acelera al 100% y se llega

hasta las 6000 r.p.m. ahí se corta la inyección de combustible, tal como se muestra en la figura 4.120.



Figura 131 Conducción del vehículo en el dinamómetro

Procedemos a revisar los datos obtenidos de la prueba del dinamómetro en una computadora, dado que está conectada con el dinamómetro, como se muestra en la figura 4.121.

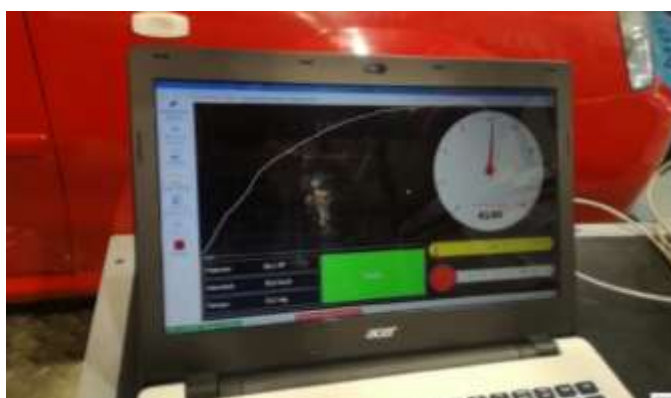


Figura 132 Computador conectado al dinamómetro

TABULACIÓN DE DATOS

En la Tabla 47 se registran los datos obtenidos con el múltiple de admisión diseñado y en las condiciones mostradas:

Tabla 47

Registro de datos obtenidos

Aceleración:	100%
Combustible:	gasolina super
Densidad:	688,7 kg/m ³
Presión atmosférica	732.81 hPa
T° ambiente:	17 °C
Medida rueda	195 / 55 R15
Marcha de prueba	4 ^{ta} velocidad
Tiempo de aceleración	24.61 seg.
Reducción final :	4.0
Relación total	2.1

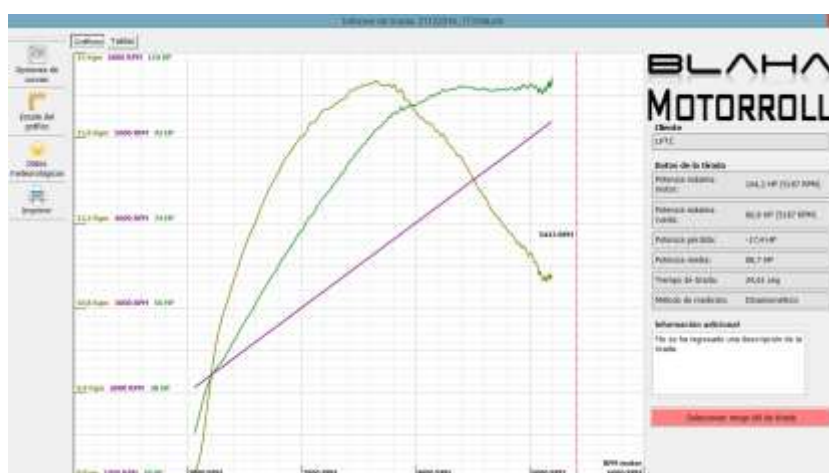


Figura 133 Graficas de datos obtenidos con el múltiple de admisión diseñado

Informe de prueba: 21122016_17346.txt

Gráficos Tablas

Tiempo	RPM motor	Torque	Potencia motor
0,46 Seg	2963 RPM	8,08 kgm	28,4 HP
2,46 Seg	2945 RPM	13,49 kgm	70,5 HP
4,02 Seg	3381 RPM	14,25 kgm	85,3 HP
7,02 Seg	3654 RPM	18,55 kgm	93,9 HP
7,38 Seg	3683 RPM	14,48 kgm	84,4 HP
9,84 Seg	3928 RPM	14,22 kgm	88,8 HP
12,39 Seg	4166 RPM	13,75 kgm	100,9 HP
14,77 Seg	4434 RPM	13,18 kgm	103,0 HP
17,23 Seg	4724 RPM	12,38 kgm	102,5 HP
18,69 Seg	4984 RPM	11,68 kgm	102,6 HP
20,35 Seg	5125 RPM	11,28 kgm	102,6 HP
24,18 Seg	5187 RPM	11,33 kgm	104,1 HP
24,52 Seg	5183 RPM	11,32 kgm	104,1 HP
24,61 Seg	5185 RPM	11,32 kgm	102,8 HP

Opciones de curvas

Escala del gráfico

Datos meteorológicos

Imprimir

Opciones

Cantidad de filas

10

Colorar filas

Mayor y menor

Figura 134 Graficas de datos obtenidos digital con el múltiple de admisión diseñado

GRÁFICOS

En función de las revoluciones del motor se obtienen las curvas características tanto para el sistema original como para el sistema diseñado y estas se muestran a continuación para cada uno de los parámetros indicados



Figura 135 Comparación potencia original vs diseño

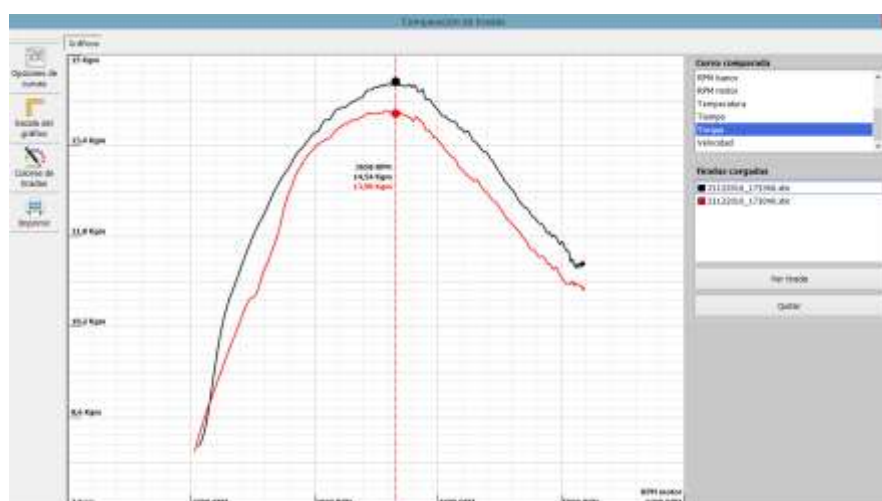


Figura 136 Comparación torque original vs diseño

4.2.8 Análisis de resultados

1 POTENCIA

La potencia producida en el motor desde los primeros inicios es mayor con las tomas de aire individuales que la estándar, con un incremento de 0.8 HP debido a que el aire ingresado por las tomas de

aire individuales tiene menor resistencia al fluir por los conductos, a cualquier régimen del motor.

A medida que se empieza acelerar y por ende al aumento de las revoluciones (rpm), el motor empieza a desarrollar mejor, debido que se abren las aletas de aceleración al 100%, esto se justifica porque la resistencia del aire al entrar a los cilindros del motor es menor y el llenado es más eficiente para todos los cilindros en forma igual y la curva producida es más uniforme que la estándar.

Tabla 48
Potencia a diferentes regímenes del motor

Tiempo	RPM motor	Potencia motor	Múltiple de admisión
22.30 seg	5192 RPM	99.8 HP	Estándar
24.61 seg	5193 RPM	104.2 HP	Diseño

2 TORQUE

El torque mejora desde los primeros regímenes del motor, recuerde que el torque es proporcional a la potencia, es decir si la potencia aumento por las tomas de aire individuales el toque también va aumentar; mejorando de esta forma los dos más importantes parámetros del motor que son potencia y torque.

Tabla 49
Torque a diferentes regímenes del motor

Tiempo	RPM motor	Torque	Múltiple de admisión
22.30 seg	5192 RPM	14.03 kgm	Estándar
24.61 seg	5193 RPM	14.55 kgm	Diseño

3 POTENCIA DISIPADA

Al aumentar la potencia y el torque, la potencia disipada aumenta también; dado que esta potencia es la que se pierde por todos los elementos que se encuentran en movimiento para que el motor realice el trabajo, así como; poleas, bandas, bomba de agua, bomba de aceite, etc.

Dado que estos elementos giran a mayor velocidad debido al aumento de potencia; las pérdidas por fricción se elevan de manera significativa, si no hubiese este tipo de pérdidas el aumento de la potencia sería mucho mayor y mejoraría la eficiencia del motor.

Potencia perdida: -17.4 HP.

4 POTENCIA A LA RUEDA

Este parámetro se refiere a la potencia que se encuentra en la rueda misma del vehículo; debido a que una cosa es, las revoluciones del motor y otra son las revoluciones que se tengan en las ruedas del vehículo, en nuestro caso las pruebas se realizan en la cuarta marcha, dado que esta tiene una relación directa entre el motor y la caja de cambios teniendo una relación de transmisión de 2:1; es decir que las ruedas giran a la mitad de revoluciones del motor. Potencia máxima rueda: 86.8 HP a 5187 RPM.

Al tener un aumento de la potencia y del torque, se tiene por consiguiente un aumento de la potencia a la rueda, debido a que toda la potencia y torque generado por el motor, tiene que ser transmitido de manera final a las ruedas.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- Mediante el método teórico - práctico se ha logrado demostrar que con tomas de aire individuales y que de acuerdo a las características físicas tanto en forma como en dimensiones mediante la reingeniería del múltiple de admisión, se ha conseguido que el flujo de la masa de aire que ingresa al cilindro sea mayor en condiciones de flujo turbulento (número de mach)lo que produce una reacción exotérmica más eficiente lo que se ve traducido en términos automotrices a un importante aumento de potencia par motor, lo que se corrobora con el método experimental realizando las pruebas con el dinamómetro.
- Al disminuir la longitud de las tomas de ingreso de aire se ha logrado aumentar la presión de llenado (original: 6,51 PSI - diseño: 6,81 PSI) debido a que a las pérdidas originadas por la fricción se han disminuido mediante la reingeniería del múltiple de admisión en un 5 % comparándolo con el sistema de admisión de aire original.
- Con la adaptación de las tomas de aire individuales al motor 1.8 L Chevrolet Optra y con la ayuda del dinamómetro de rodillos para obtener datos experimentales se logró un aumento de potencia de 4.4 HP, dado que el motor en condiciones estándar tenía una potencia máxima de 99.8 HP a 5192 r.p.m. mientras que con las tomas de aire se llegó a obtener 104.2 HP a 5193 r.p.m. teniendo un aumento de potencia del 6% aproximadamente..

- Al poseer la toma de admisión de aire un ángulo de 90° influye perjudicialmente ya que generan pérdidas de presión por la fricción que se origina en dicho punto, pero a su vez benefician en la formación del flujo turbulento que es el que se desea obtener justo antes de la cámara de combustión.
- Con el aumento considerable en la potencia se demuestra la influencia del múltiple de admisión diseñado en el motor 1.8 L Chevrolet Optra y la eficiencia mediante la reingeniería del múltiple de admisión ya que los parámetros escogidos fueron los mejores, dado que al incrementar las revoluciones el motor reacciona de manera óptima y eso se puede observar en las curvas de resultados torque vs potencia mostrado en el capítulo de pruebas.
- En el método experimental las potencias obtenidas en las pruebas realizadas en el dinamómetro de rodillos representan la potencia final disipada en las ruedas del vehículo, más no la potencia neta del motor. En el diseño del múltiple de admisión en el software CAD-CAE con simulaciones mediante la aplicación de la herramienta Flow Simulation, se realizó simulaciones de flujo dentro del múltiple de admisión; así como las pruebas de presión, velocidad y flujo bajo los diferentes regímenes de giro observando un incremento en la densidad, presión y velocidad del flujo de aire.
- Para la impresión 3D de nuestro múltiple de admisión diseñado se ha seleccionado como material para la impresión el PLA que se vuelve endeble a temperaturas de $60^\circ - 70^\circ$ C y es un polímero biodegradable.

- En el proceso de la reingeniería del múltiple de admisión al realizar el análisis CFD se realiza una tabla comparativa de los resultados obtenidos en la simulación llegando a la conclusión de que el prototipo 3 tiene un aumento significativo en la presión (Original: 6.51 PSI - Diseño: 6.81 PSI) y velocidad de flujo (Original: 13.574 m/s- Diseño: 14,695 m/s) razones por la cual se selecciona ese diseño para la impresión 3D.
- Los métodos que se emplean en la investigación son de gran relevancia para que el diseño sea el más apropiado, ya que se ha demostrado tanto en la teoría como en la práctica que con esta metodología se logra demostrar la influencia en la potencia y torque del vehículo, y que además se lo puede aplicar para cualquier tipo de vehículos con inyección electrónica de combustible, siempre y cuando posean sensores MAP, puesto que en el múltiple de admisión es donde se quiere reducir las pérdidas por fricción del aire.
- El diseño del múltiple de admisión tanto en forma y dimensiones de las tomas de aire individuales debe basarse principalmente en las dimensiones de espacio físico disponible dentro del habitáculo del motor 1.8 L Chevrolet Optra, partiendo de este principio se puede realizar el rediseño del múltiple de admisión más adecuado que permita optimizar el llenado del cilindro.

5.2 Recomendaciones

- Antes de realizar la reingeniería del múltiple de admisión, se tiene que investigar el tipo de motor, espacio disponible en el habitáculo para la ubicación de las tomas de aire y con qué sensores y actuadores trabaja ese motor, dado que no en todos los motores se puede realizar este tipo de adaptación.
- En lo que al diseño y construcción se refiere es necesario analizar las características físicas, mecánicas y químicas del material a usarse teniendo en consideración la dureza, maleabilidad, ligereza y resistencia a la corrosión del mismo a fin de poder realizar sin problemas posteriores trabajos de doblaje y soldadura.
- Al colocar la base del múltiple de admisión diseñado se debe ajustar bien las tuercas que unen el motor con las tomas de aire individuales para que no existan fugas de aire por el empaque y así aprovechar al máximo el ingreso de aire al motor.
- Se debe realizar una limpieza de las tomas de aire, debido a que por efecto del pulido queda limalla pegada en el interior de los conductos de admisión de aire y si no se la limpia puede afectar los componentes internos del motor.
- La adaptación de los componentes electrónicos se la debe realizar sin alterar la posición y modo de funcionamiento del sistema original, es decir que mediante la reingeniería del múltiple de admisión se debe adaptar sensores y actuadores para que trabajen de forma normal y que la señal que generen sea la correcta evitando así la generación de códigos de falla.

- Ésta tesis se puede tomar como matriz para la generación de autopartes mediante la reingeniería de múltiples de admisión, así los futuros diseños pueden llegar a tener una mayor potencia y par motor

5.3 Bibliografía

- Celigüeta Lizarza, J. (2008). Método de elementos finitos para análisis estructural. San Sebastián: UNICOPIA C.B.
- Fishman, G. (1978). Principles of Discrete Event Simulation. Londres. Wiley.
- Huang, M. (2002). Vehicle crash mechanics. New York, New York, United States of America: CRC press.
- Jones, N. (2012). Structural Impact (Segunda ed.). New York: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. Manjarrés Arias, F. J., & Santillán Mariño, E. R. (2016). Análisis estructural a cargas de impacto frontal de un bus tipo interprovincial mediante el Método de Elementos Finitos. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Matuttis, H., & Chen, J. (2014). Understanding The Discrete Element Method (Primera ed.). Singapore, Japan: Wiley.
- Norton, R. L. (2011). Diseño de Máquinas (Cuarta ed.). (A. Enríquez Brito, 125 Trad.) México, D.F: Prentice Hall.
- Shen, W., & GU, L. (2012). Introduction to the Explicit Finite Element Method for Nonlinear Transient Dynamics (Primera ed.). New Jersey, United States: John Wiley & Sons.
- Szuladzinski, G. (2010). Formulas for Mechanical and Structural Shock and Impact (Primera ed.). Boca Raton, United States: Taylor & Francis Group, LL

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores,
**CARLOS ALEXANDER ZAVALA CARVAJAL Y DANNY RAFAEL
PEÑAFIEL LOPEZ.**

En la ciudad de Latacunga a los: **20 días del mes de Febrero del 2017.**

**Ing. Guido Torres
DIRECTOR DEL PORYECTO**

Aprobado por:

**Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE CARRERA**

**Dr. Juan Carlos Díaz
SECRETARIO ACADÉMICO**