



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA.

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN AERODINÁMICA TUNING PARA
FALDONES, ALERONES Y ESTRIBOS DE UN VEHÍCULO
CHEVROLET ESTEEM 2002.”

DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN.

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ.

LATACUNGA - ECUADOR

2012

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.

Yo, DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN.

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN AERODINÁMICA TUNING PARA FALDONES, ALERONES Y ESTRIBOS DE UN VEHÍCULO CHEVROLET ESTEEM 2002”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 03 de mayo del 2012.

DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN.

C.I. 1712855210.

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA.
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.

CERTIFICADO.

ING. FÉLIX MANJARRES (DIRECTOR).
ING. STALIN MENA (CODIRECTOR).

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN AERODINÁMICA TUNING PARA FALDONES, ALERONES Y ESTRIBOS DE UN VEHÍCULO CHEVROLET ESTEEM 2002**” realizado por el sr. DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE-L, en Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan al señor. DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, 03 de mayo del 2012

Ing. Félix Manjarres
DIRECTOR

Ing. Stalin Mena
CODIRECTOR

CERTIFICACIÓN.

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por: DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN, bajo nuestra supervisión.

ING. FÈLIX MANJARRES
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. STALIN MENA
CODIRECTOR DEL PROYECTO

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA.
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.**

AUTORIZACIÓN.

Yo, DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN.

Autorizo a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN AERODINÁMICA TUNING PARA FALDONES, ALERONES Y ESTRIBOS DE UN VEHÍCULO CHEVROLET ESTEEM 2002”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 03 de mayo del 2012.

DANIEL SANTIAGO MOROCHO RAMÓN.
C.I. 1712855210.

DEDICATORIA.

A mi PADRE, Herminio Morocho quien me enseñó respeto y rectitud, y a mi MADRE Elvia Ramón quien me inculco responsabilidad y humildad, ellos estuvieron junto a mi durante todo este duro camino académico y aún más me guiaron en la vía correcta de la vida, me extendieron su mano casi divina para levantarme cuando tropecé con aquellos obstáculos que se interpusieron ante mí y con su aliento más que fraterno me obsequiaron fuerza para seguir adelante y no rendirme ante nada, permanecer con la cabeza en alto y aprender que cada uno de mis errores son una experiencia nueva que se utiliza para no volver a tropezar, gracias a ellos soy la persona que soy y gracias a ellos he llegado hasta donde estoy. Por esto y muchas cosas más este proyecto es dedicado a ellos, mis padres y amigos incondicionales, ya que pase lo que pase sé que puedo contar con ellos y sé también que siempre estarán junto a mí.

DANIEL SANTIAGO

AGRADECIMIENTO.

A DIOS, por darme la vida y darme también esos seres maravillosos que son mis padres, además de permitirme compartir este triunfo con mis seres queridos.

A mis PADRES, que más que ayuda económica, me guiaron durante todo este proceso, me dieron consejos y me proporcionaron su experiencia para permanecer y no rendirme jamás.

A mi HIJA y a ERICA, por estar a mi lado y apoyarme para conseguir esta meta que más que mía es nuestra.

A mis HERMANOS, que me miran como ejemplo y que con su alegría y cariño me dieron aliento para dar este gran pasó en mi vida.

A mis AMIGOS, con quienes compartimos momentos gratos e inolvidables dentro y fuera de las aulas.

A la ESPE-L, la institución que me abrió las puertas y me brindo sus conocimientos y enseñanzas.

A mi DIRECTOR y CODIRECTOR que con sus conocimientos supieron guiarme de manera adecuada en la creación de este proyecto.

DANIEL SANTIAGO

ÍNDICE.

Caratula.	i
Declaración de responsabilidad.	ii
Certificado.	iii
Certificación.	iv
Autorización.	v
Dedicatoria.	vi
Agradecimiento.	vii
Índice.	viii
Índice de tablas.	xii
Índice de figuras.	xiv
Índice de gráficas.	xix
Resumen.	1
Summary.	3

CAPITULO 1

1.INTRODUCCIÓN.	5
1.1. Teoría práctica.	5
1.2.Fuerzas implicadas.	8
1.3.Resistencia y potencia.	12

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO.	14
2.1.Conceptos de aerodinámica y tuning.	14
2.1.1.Aerodinámica.	14
2.1.2.Tuning.	14
2.2.Spoilers.	15
2.2.1.Spoilers traseros.	16

2.2.2.Spoilers delanteros. -----	17
2.2.3.El divisor de flujo. -----	19
2.2.4.Placas de hundimiento. -----	20
2.2.5.Ángulos de seguridad en la nascar. -----	21
2.3.Alerones.-----	22
2.3.1.Carga aerodinámica y criterios de diseño de un alerón. -----	25
2.3.2.Alerones de un solo elemento.-----	26
2.3.3.Alerones de dos elementos. -----	29
2.3.4.Alerones de varios elementos.-----	32
2.3.5.Alerones multiples -----	34
2.3.6.Derivas laterales y perfiles gurney. -----	35
2.4.El efecto suelo. -----	37
2.4.1.Historia-----	37
2.4.2.Difusores. -----	39
2.4.3.Los tuneles.-----	41
2.4.4.Baja resistencia. -----	45
2.5.Efectos del tuning.-----	47
2.5.1.Tuning aerodinámico-----	47
2.5.2.Tuning negativo-----	48
2.5.3.Tuning con responsabilidad. -----	49

CAPITULO 3

3. FORMULAS Y DATOS -----	52
3.1. Obtención de medidas estándar de la carrocería.-----	52
3.2. Configuración de alerón. -----	56

CAPITULO 4

4. DISEÑO Y PRUEBAS-----	59
4.1. Diseño y modelado por software. -----	59

4.1.1. Diseño de alerón posterior. -----	61
4.1.2. Diseño de los estribos laterales. -----	70
4.1.3. Diseño del faldón delantero. -----	71
4.1.4. Diseño de faldón posterior. -----	73
4.2. Pruebas con modelos digitales. -----	74
4.2.1 Estudio aerodinámico del alerón. -----	74
4.2.2. Estudio aerodinámico del estribo lateral. -----	80
4.2.3. Estudio aerodinámico del faldón delantero. -----	81
4.2.4. Estudio aerodinámico del faldón trasero. -----	82
4.2.5. Estudio aerodinámico del automóvil. -----	83
4.2.6. Estudio aerodinámico del automóvil con accesorios instalados. ---	84
4.2.7. Presentación de los accesorios en programa 3d max. -----	86
4.3. Recopilación de datos obtenidos. -----	87
4.3.1. Reporte del alerón. -----	87
4.3.2. Reporte del estribo. -----	91
4.3.3. Reporte del faldón delantero. -----	95
4.3.4. Reporte del faldón trasero. -----	100
4.3.5. Reporte Esteem. -----	104
4.3.6. Reporte Esteem con accesorios. -----	109

CAPITULO 5

5. CONSTRUCCIÓN. -----	115
5.1. Elección de material. -----	115
5.1.1. Planchas de metal. -----	115
5.1.2. Plásticos reforzados -----	116
5.1.3. Otros materiales. -----	117
5.2. Construcción del prototipo. -----	117
5.2.1. Construcción de matrices. -----	117
5.2.2. Construcción de las piezas. -----	121
5.2.3. Inclusión de las piezas en el vehículo. -----	125

5.2.4. Masillado y fondeado primario. -----	127
5.2.5. Lijado primario y fondeado. -----	128
5.2.6. Primera mano de pintura. -----	130
5.2.7. Masillado y lijado final. -----	131
5.2.8. Pintura final y presentación del vehículo. -----	133

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. -----	136
6.1 Conclusiones.-----	136
6.2 Recomendaciones-----	137
Bibliografía.-----	138
Anexos.-----	139
Anexo A “Bocetos iniciales a Mano Alzada”. -----	140
Figura A1: Boceto preliminar del Faldón Delantero. -----	141
Figura A2: Boceto preliminar del Faldón Trasero. -----	141
Figura A3: Boceto preliminar del Alerón. -----	142
Figura A4: Boceto preliminar del Estribo Lateral.-----	142
Anexo B “Planos de los accesorios aerodinámicos”. -----	143
Lámina 1 de 4: Planos del Faldón Delantero. -----	144
Lámina 2 de 4: Planos del Faldón Trasero. -----	145
Lámina 3 de 4: Planos del Alerón. -----	146
Lámina 4 de 4: Planos del Estribo Lateral. -----	147

INDICE DE TABLAS.

Tabla No. 1: Coeficiente de automóviles de competición.-----	12
Tabla No. 2: Velocidad punta de McLaren de F1 y McLaren GT -----	13
Tabla No. 3: Medidas frontales de la carrocería. -----	52
Tabla No. 4: Medidas posteriores de la carrocería. -----	53
Tabla No. 5: Información del archivo por CFX (Alerón) -----	87
Tabla No. 6: Información del mallado por CFX (Alerón) -----	87
Tabla No. 7: Información del dominio físico por CFX (Alerón) -----	88
Tabla No. 8: Límites físicos por CFX (Alerón) -----	88
Tabla No. 9: Límites de Flujo por CFX (Alerón). -----	89
Tabla No. 10: Sustentación y Resistencia por CFX (Alerón). -----	89
Tabla No. 11: Información del archivo por CFX (Estribo)-----	91
Tabla No. 12: Información del mallado por CFX (Estribo)-----	92
Tabla No. 13: Información del dominio físico por CFX (Estribo) -----	92
Tabla No. 14: Límites físicos por CFX (Estribo)-----	92
Tabla No. 15: Límites de Flujo por CFX (Estribo).-----	93
Tabla No. 16: Sustentación y Resistencia por CFX (Estribo).-----	93
Tabla No. 17: Información del archivo por CFX (Faldón Delantero) -----	95
Tabla No. 18: Información del mallado por CFX (Faldón Delantero) -----	96
Tabla No. 19: Información del dominio físico por CFX (F. Delantero). ----	96
Tabla No. 20: Límites físicos por CFX (Faldón Delantero) -----	96
Tabla No. 21: Límites de Flujo por CFX (Faldón Delantero). -----	97
Tabla No. 22: Sustentación y Resistencia por CFX (F. Delantero).-----	98
Tabla No. 23: Información del archivo por CFX (Faldón Trasero)-----	100
Tabla No. 24: Información del mallado por CFX (Faldón Trasero)-----	100
Tabla No. 25: Información de dominio físico por CFX (F. Trasero) -----	100
Tabla No. 26: Límites físicos por CFX (Faldón Trasero)-----	101
Tabla No. 27: Límites de Flujo por CFX (Faldón Trasero).-----	102
Tabla No. 28: Sustentación y Resistencia por CFX (F. Trasero). -----	102
Tabla No. 29: Información del archivo por CFX (Esteem)-----	104

Tabla No. 30: Información del mallado por CFX (Esteem) -----	105
Tabla No. 31: Información del dominio físico por CFX (Esteem) -----	105
Tabla No. 32: Límites físicos por CFX (Esteem)-----	105
Tabla No. 33: Límites de Flujo por CFX (Esteem).-----	106
Tabla No. 34: Sustentación y Resistencia por CFX (Esteem). -----	107
Tabla No. 35: Información del archivo por CFX (Esteem Accesorios) --	109
Tabla No. 36: Información del mallado CFX (Esteem Accesorios). -----	109
Tabla No. 37: Información del dominio físico por CFX -----	109
Tabla No. 38: Límites físicos por CFX (Esteem Accesorios) -----	110
Tabla No. 39: Límites de Flujo por CFX (Esteem Accesorios). -----	111
Tabla No. 40: Sustentación y Resistencia por CFX (E. Accesorios).----	111
Tabla No. 41: Gramos de cobalto por Kg de resina de acuerdo a temperatura. -----	121
Tabla No. 42: Gramos de Peróxido por Kg de resina de acuerdo a temperatura. -----	122

INDICE DE FIGURAS.

Fig. No. 1: Teoría de la carga aerodinámica de Newton. -----	6
Fig. No. 2: Cómo crea carga aerodinámica un ala. -----	8
Fig. No. 3: Los dos componentes de la fuerza aerodinámica. -----	8
Fig. No. 4: A diferentes formas, diferentes coeficientes (C_x).-----	10
Fig. No. 5: El McLaren F1GTR tiene una forma menos “resistente” que el McLaren de Fórmula 1. -----	10
Fig. No. 6: Método para calcular el área frontal. -----	11
Fig. No. 7: Spoiler trasero de un coche de la Nascar.-----	15
Fig. No. 8: El efecto de un spoiler trasero. -----	16
Fig. No. 9: Spoiler trasero no produce carga aerodinámica.-----	17
Fig. No. 10: Una caja de aire delantera. -----	18
Fig. No. 11: Caja de aire integrada con difusor y divisor de flujo. -----	19
Fig. No. 12: McLaren F1 GTR con divisor de flujo frontal. -----	20
Fig. No. 13: Placas de hundimiento en un Marcos LM600 GT2 -----	20
Fig. No. 14: Flaps en techo de un coche de Nascar. -----	21
Fig. No. 15: Terminología de un alerón. -----	22
Fig. No. 16: Distribución general de la presión alrededor de un ala. -----	23
Fig. No. 17: Ala en pérdida. -----	24
Fig. No. 18: Alerones de Fórmula 1. -----	25
Fig. No. 19: Alerones de Fórmula 750.-----	26
Fig. No. 20: Alerón de un solo elemento. -----	29
Fig. No. 21: Alerón de 2 elementos con configuración de flap externo.---	30
Fig. No. 22: Alerón de 2 elementos con configuración de flap Fowler.---	30
Fig. No. 23: Alerón de dos elementos. -----	31
Fig. No. 24: Alerón de tres elementos. -----	32
Fig. No. 25: Alerón de tres elementos con slat en el borde de ataque. ---	33
Fig. No. 26: Alerón de doble plano en el Benetton B197. -----	35
Fig. No. 27: Efecto de las derivas.-----	36

Fig. No. 28: Vórtice del flap Gurney. -----	36
Fig. No. 29: Lotus 78. -----	37
Fig. No. 30: Fondo plano con ángulo de incidencia negativo. -----	39
Fig. No. 31: Difusor de un coche de Fórmula 1. -----	40
Fig. No. 32: Flujo generalizado a través del centro de un difusor. -----	40
Fig. No. 33: Paneles en el difusor posterior del Mercedes AMG GT3. ----	41
Fig. No. 34: Faldillas deslizantes en un coche con efecto suelo. -----	42
Fig. No. 35: Configuración de doble túnel. -----	43
Fig. No. 36: Configuración de túnel sencillo.-----	43
Fig. No. 37: Coche con túnel y alerón delantero asimétrico. -----	44
Fig. No. 38: Sección transversal de un túnel doble. -----	44
Fig. No. 39: Pontón con labio exterior perfilado en lugar de un faldón. ---	45
Fig. No. 40: Porsche 956. -----	46
Fig. No. 41: Efectos negativos del tuning. -----	48
Fig. No. 42: Canalizaciones necesarias para el flujo de aire.-----	49
Fig. No. 43: Audi TT-----	50
Fig. No. 44: Audi TT con alerón posterior.-----	51
Fig. No. 45: Medidas frontales de la carrocería -----	52
Fig. No. 46: Puntos de medida posteriores de la carrocería. -----	53
Fig. No. 47: Dimensiones del bastidor inferior.-----	54
Fig. No. 48: Dimensiones del bastidor inferior.-----	55
Fig. No. 49: Solido a medida de la cajuela del vehículo. -----	61
Fig. No. 50: Diseño primario superior del Alerón. -----	62
Fig. No. 51: Solido después de la extrucción. -----	62
Fig. No. 52: Boceto lateral. -----	63
Fig. No. 53: Solido después de la extrucción. -----	63
Fig. No. 54: Boceto en la parte frontal. -----	64
Fig. No. 55: Boceto en la parte posterior.-----	64
Fig. No. 56: Boceto en 3D. -----	65

Fig. No. 57: Solido después de solevado. -----	65
Fig. No. 58: Bocetos superiores para detalles en el Alerón. -----	66
Fig. No. 59: Solido después de la extrucción. -----	66
Fig. No. 60: Bocetos inferiores para la creación de bases. -----	67
Fig. No. 61: Solido después de la extrucción. -----	67
Fig. No. 62: Boceto frontal para detalles laterales de Alerón. -----	68
Fig. No. 63: Boceto frontal para detalle inferior de Alerón. -----	68
Fig. No. 64: Solido después de la extrucción. -----	69
Fig. No. 65: Alerón Posterior terminado. -----	69
Fig. No. 66: Solido principal para estribo posterior. -----	70
Fig. No. 67: Estribo Lateral Terminado. -----	71
Fig. No. 68: Solido principal para faldón delantero. -----	71
Fig. No. 69: Diseño izquierdo del Faldón Delantero. -----	72
Fig. No. 70: Faldón Delantero terminado. -----	72
Fig. No. 71: Solido principal para Faldón Posterior. -----	73
Fig. No. 72: Diseño izquierdo del Faldón Posterior. -----	73
Fig. No. 73: Faldón Posterior terminado. -----	74
Fig. No. 74: Pantalla principal de ANSYS. -----	75
Fig. No. 75: Alerón importado y encerado en el túnel de viento virtual.---	75
Fig. No. 76: Alerón mallado dentro del túnel. -----	76
Fig. No. 77: Datos de fibra de vidrio tipo E. -----	77
Fig. No. 78: Alerón en Setup con modificaciones listo para el cálculo. ---	78
Fig. No. 79: Representación de la velocidad del viento en el alerón.-----	79
Fig. No. 80: Representación de la presión generada en el Alerón. -----	79
Fig. No. 81: Representación de la velocidad en el Estribo Lateral -----	80
Fig. No. 82: Representación de la presión en el Estribo Lateral. -----	81
Fig. No. 83: Representación de la velocidad en el Faldón Delantero.-----	81
Fig. No. 84: Representación de la presion en el Faldón Delantero. -----	82
Fig. No. 85: Representación de la velocidad en el Faldón Trasero. -----	82
Fig. No. 86: Representación de la presion en el Faldon Trasero. -----	83
Fig. No. 87: Representación de la velocidad en automovil. -----	84

Fig. No. 88: Representación de la presión en el automóvil. -----	84
Fig. No. 89: Representación de la velocidad en el automovil con los accesorios. -----	85
Fig. No. 90: Representación de la presión en el auto con accesorios. ----	85
Fig. No. 91: Visualización de los accesorios en 3D max.-----	86
Fig. No. 92: Visualización del automóvil modificado en 3D max. -----	86
Fig. No. 93: Preparación de Matriz en Fibra de Vidrio para construcción de Alerón. -----	118
Fig. No. 94: Tratamiento de Matriz de Fibra de vidrio para construcción de Estribos.-----	118
Fig. No. 95: Tratamiento para Matriz de Fibra de Vidrio en la construcción del Faldón Delantero. -----	119
Fig. No. 96: Tratamiento de Matrices de para la construcción del Faldón Delantero.-----	119
Fig. No. 97: Tratamiento de Matrices en Fibra de Vidrio para la construcción de Faldón Trasero.-----	120
Fig. No. 98: Tratamiento de matrices en Fibra de Vidrio para la construcción del Faldón Trasero. -----	120
Fig. No. 99: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de Resina en la matriz tratada y seca por cuatro horas para la creación del Alerón. -----	122
Fig. No. 100: Colocación de fibra de vidrio con mezcla de resina sobre la matriz tratada y seca por cuatro horas para la creación de estribos laterales. -----	123
Fig. No. 101: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina sobre la matriz tratada y seca por cuatro horas para la creación de faldón delantero. -----	123
Fig. No. 102: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina en la matriz tratada y seca por cuatro horas para la construcción del Faldón Delantero.-----	124

Fig. No. 103: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina en la matriz tratada y seca por cuatro horas, para la fabricación del Faldón Trasero. -----	124
Fig. No. 104: Accesorios aerodinámicos con masilla plástica en las imperfecciones. -----	125
Fig. No. 105: Vehículo con los accesorios colocados. -----	126
Fig. No. 106: Fondeado y masillado primario del Alerón. -----	127
Fig. No. 107: Fondeado y masillado primario de Estribos Laterales. ----	127
Fig. No. 108: Fondeado y masillado primario de Faldón Delantero. ----	127
Fig. No. 109: Fondeado y masillado primario de Faldón Trasero. -----	128
Fig. No. 110: Alerón y estribos lijados con lija N.80-----	129
Fig. No. 111: Faldón delantero y trasero lijados con lija N. 80. -----	129
Fig. No. 112: Segunda mano de fondo a estribos y alerón.-----	129
Fig. No. 113: Segunda mano de fondo a Faldón delantero y trasero. ---	130
Fig. No. 114: Alerón y estribos con la primera mano de pintura. -----	130
Fig. No. 115: Faldones delantero y trasero con la primera mano de pintura. -----	131
Fig. No. 116: Faldón Delantero y Trasero con su ultimo masillado. ----	132
Fig. No. 117: Estribos con su último masillado. -----	132
Fig. No. 118: Faldones lijados con lija N.350-----	133
Fig. No. 119: Faldón Delantero con la mano final de pintura. -----	133
Fig. No. 120: Estribos con la mano final de pintura. -----	134
Fig. No. 121: Faldón Trasero y Alerón con la mano final de pintura. ----	134
Fig. No. 122: Vehículo repintado.-----	135
Fig. No. 123: Vehículo Terminado.-----	135

INDICE DE GRAFICAS.

Grafica No. 1: Potencia absorbida por la resistencia aerodinámica.-----	13
Gráfica No. 2: Sustentación contra ángulo de ataque. -----	27
Gráfica No. 3: Efecto del grosor en la curva de sustentación. -----	27
Gráfica No. 4: Efecto de la curvatura en la sustentación. -----	28
Gráfica No. 5: Curva de sustentación de un alerón de dos elementos.---	31
Gráfica No. 6: Curva de sustentación de un alerón de tres elementos.---	33
Gráfica No. 7: Relación sustentación/resistencia vs C_x -----	58
Gráfica No. 8: C_L vs C_x -----	58
Gráfica No. 9: Presión superior del Alerón. -----	90
Gráfica No. 10: Presión inferior del Alerón. -----	90
Gráfica No. 11: Velocidad en el Alerón.-----	91
Gráfica No. 12: Velocidad en el Estribo. -----	94
Gráfica No. 13: Presión superior del Estribo. -----	94
Gráfica No. 14: Presión inferior del Estribo -----	95
Gráfica No. 15: Velocidad en el Faldón Delantero. -----	98
Gráfica No. 16: Presión superior del Faldón Delantero. -----	99
Gráfica No. 17: Presión inferior del Faldón Delantero. -----	99
Gráfica No. 18: Velocidad en el Faldón Trasero. -----	103
Grafica No. 19: Presión superior del Faldón Trasero. -----	103
Gráfica No. 20: Presión inferior del Faldón Trasero.-----	104
Gráfica No. 21: Presión superior del Vehículo.-----	107
Gráfica No. 22: Presión inferior del Vehículo. -----	108
Gráfica No. 23: Velocidad del viento en el Vehículo. -----	108
Gráfica No. 24: Presión superior en el Automóvil con accesorios.-----	112
Gráfica No. 25: Presión inferior en el Automóvil con accesorios.-----	112
Gráfica No. 26: Velocidad del viento en el Auto con accesorios. -----	113

RESUMEN.

El tuning es la tendencia de hoy, este mundo que ha atraído a principalmente jóvenes pero que también tiene dentro de sus fans a personas de todos los sexos y edades, ha ido creciendo fuertemente en Latinoamérica, por lo tanto Ecuador no podía quedarse fuera de esta para muchos extraña práctica, hemos visto en las calles de nuestro país muchos vehículos modificados o personalizados como se los conoce también y se nos viene a la mente es correcto hacer este tipo de modificaciones, en este proyecto que presento, pretendo responder algunas de estas interrogantes y aclarar que si se puede crear tuning con responsabilidad.

Existen un sin número de modificaciones que se le puede hacer al vehículo pero nosotros nos vamos a centrar principalmente en el tuning estético o tuning aerodinámico.

Dentro del Capítulo 1, conceptualizaremos al tuning, la aerodinámica y las fuerzas que se generan en el automóvil, además de su vinculación con la potencia.

En el Capítulo 2, asociaremos los conceptos de aerodinámica y tuning, del capítulo anterior, además nos adentraremos en el mundo de los accesorios, sus usos y la posibilidad de ser colocados en el vehículo que vamos a modificar en este proyecto.

El Capítulo 3, nos servirá como apoyo para el diseño ya que dentro de este se encuentran medidas principales de la carrocería, las que usaremos para crear los sólidos iniciales de los accesorios, además anotaremos algunos criterios de diseño.

En el Capítulo 4, se crearán todos los accesorios del vehículo en el software de diseño de Autodesk, INVENTOR, además se realizaran los estudios aerodinámicos de las piezas, del vehículo estándar y del automóvil modificado, en el programa de simulación ANSYS, y, para su posterior presentación se utilizara el programa 3ds MAX (también de Autodesk), luego se procesaran todos los resultados y analizaremos las mejoras realizadas.

En el Capítulo 5, enlistaremos los materiales posibles a ser usados en la construcción del prototipo además expondré la elaboración de los accesorios diseñados en fibra de vidrio nuestro material escogido y también la instalación de estos en el automóvil.

Como último en el Capítulo 6, digitare las conclusiones y recomendaciones producidas durante la elaboración de este proyecto.

SUMMARY.

The tuning is the trend today, this world that has attracted mainly young but also has among its fans to people of all sexes and ages, has been growing strongly in Latin America, Ecuador therefore could not stay out of this for many strange practice, we have seen on the streets of our country many modified or custom vehicles as they are known and also comes to mind is right to do such changes in this project that I present, I intend to answer some of these questions and clarify that if you can create tuning responsibly.

There are a number of modifications that can make the vehicle but we will focus mainly on aesthetic or tuning aerodynamic tuning.

In Chapter 1, conceptualize the tuning, aerodynamics and the forces generated in the car, as well as its relationship to power.

In Chapter 2, we associate the concepts of aerodynamics and tuning, the previous chapter, in addition we will enter the world of accessories, their uses and the possibility of being placed in the vehicle that we will modify in this project.

Chapter 3, will serve as support for the design and that within this are key measures of the body, which we use to create the initial solid accessories, also write down some design criteria.

In Chapter 4, will create vehicle accessories design software Autodesk INVENTOR also be conducted aerodynamic studies of the pieces of the standard car and modified car in the ANSYS simulation program, and for subsequent presentation was used 3ds MAX program (also from

Autodesk), then processed all the results and discuss the improvements made.

In Chapter 5, will list the possible materials to be used in the construction of the prototype also will discuss the development of accessories designed fiberglass our chosen material and the installation of these in the car.

As a final in Chapter 6, write the conclusions and recommendations produced during the development of this project.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. TEORÍA PRÁCTICA

Resulta increíble que un monoplaza actual, pueda generar suficiente sustentación negativa, o carga aerodinámica, como para ser capaz de rodar por el techo de una habitación y, mediante su propia carga aerodinámica, mantenerse ahí arriba, cabeza abajo, desafiando la gravedad. Por supuesto, tendría que ser una habitación muy grande, el bólido debería alcanzar la suficiente velocidad, y dejaremos de lado cómo haría para llegar hasta ahí en primer lugar, el principio en si es válido, incluso si la parte práctica debe ser dejada un poco de lado. Entonces, ¿cómo es posible crear tales fuerzas sólo con el aire?

Si estamos viajando en auto y sacamos un brazo por la ventanilla abierta, podemos sentir bastante fuerza haciendo presión sobre nuestro brazo. Si la palma de la mano está abierta e inclinada hacia arriba o hacia abajo, podemos sentir cómo esta fuerza nos empuja en esa dirección a la vez que empuja el brazo hacia atrás.

Entonces, ¿cómo se generan estas fuerzas? Aristóteles, conocido griego que vivió desde el año 384 al 322 A.C., estudió el tema, y, concluyó que cuando un cuerpo se mueve a través del aire, se creaba un vacío que hacía que el cuerpo siguiera en movimiento. Newton en 1726, llegó a unas conclusiones más plausibles cuando observo que el aire y el agua se movían como respuesta a leyes físicas similares, y que estas dependían de la viscosidad y la velocidad del fluido que rodeaba al objeto, también de la forma y el tamaño del mismo.

Esto se acercaba más a lo que conocemos hoy, pero desgraciadamente su primer intento de cuantificar las cosas quedó lejos de lo cierto. Newton asumió que las fuerzas que actúan sobre un objeto están causadas por partículas de aire rebotando sobre el objeto, tal y como se muestra en la figura N0. 1. En este caso, las fuerzas de sustentación y resistencia son el

resultado de la transferencia de la cantidad de movimiento entre las partículas de aire y la placa con la que chocaban.

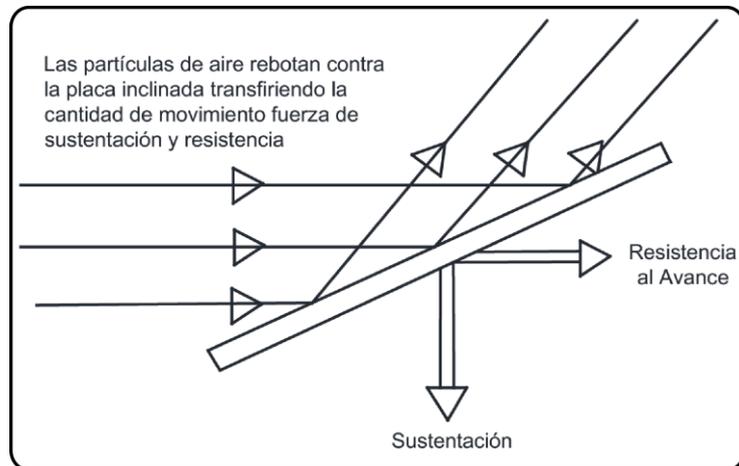


Figura No. 1: Teoría de la carga aerodinámica de Newton.

La resistencia puede ser explicada parcialmente por el efecto de colisión de Newton, pero los cálculos de la sustentación y la resistencia no concordaron.

Alrededor de 150 años más tarde, otro hombre, llamado Rayleigh, relacionó el flujo de aire alrededor de nuestra placa inclinada con el flujo inmediatamente en contacto con la misma placa que se desliza sobre la superficie de un cuerpo de agua. Pero todavía había una larga distancia entre esta teoría y los resultados de los experimentos, en los cuales las fuerzas de sustentación se medían en varios ángulos de inclinación, o ángulos de ataque.

No fue hasta 1907, cuando un ruso llamado Joukowski dedicó atención al problema, las trazadas del flujo fueron visualizados de manera correcta, y la fórmula derivada de las fuerzas de sustentación estaba muy cercana a los resultados de los experimentos, Joukowski se dio cuenta de que la influencia de la placa inclinada se extendía, por los efectos de la viscosidad, dentro del aire a una distancia considerable de la propia placa, lo que le permitió elaborar teorías que concordaran con los resultados

observados. Es interesante destacar que los hermanos Wright consiguieron que su avión se mantuviera en el aire 259,8 metros en 1903, unos cuatro años antes de que Joukowski encontrara dicha Fórmula, lo que sirve para probar que no tienes que saber toda la teoría para hacer funcionar algo en la práctica.

Pero tenemos que retroceder al siglo XVIII, para encontrar las primeras explicaciones de la relación entre flujo y presión en un contexto general de dinámica de fluidos. Daniel Bernoulli, físico italiano, encontró una relación directa entre presión y velocidad en 1738. Pero la ecuación así en honor a Bernoulli, que describe matemáticamente esta relación, fue creada en 1755 por Leonhard Euler.

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{una constante} \quad \text{Ec. 1}$$

p = presión estática (densidad del aire).

v = velocidad de flujo.

$\frac{1}{2}\rho v^2$ = presión dinámica.

Entonces, si la velocidad del flujo se incrementa, la presión local debe disminuir. Observe que la ecuación es válida a lo largo de una línea aerodinámica dada.

Este principio es aplicable a la sección de un ala, en su configuración invertida destinada a producir carga aerodinámica, como se ve en la figura No. 2. El aire que fluye bajo el ala, donde se encuentra la máxima curvatura, tiene que viajar una distancia mayor para llegar desde el borde de ataque al borde de salida que el aire que va por encima del ala. Así que, el aire que toma el camino más largo se acelera y adquiere mayor velocidad, esto causa una reducción en la presión, que en esta ocasión actúa en la parte inferior del ala, creando carga aerodinámica, mediante la succión del ala hacia abajo.

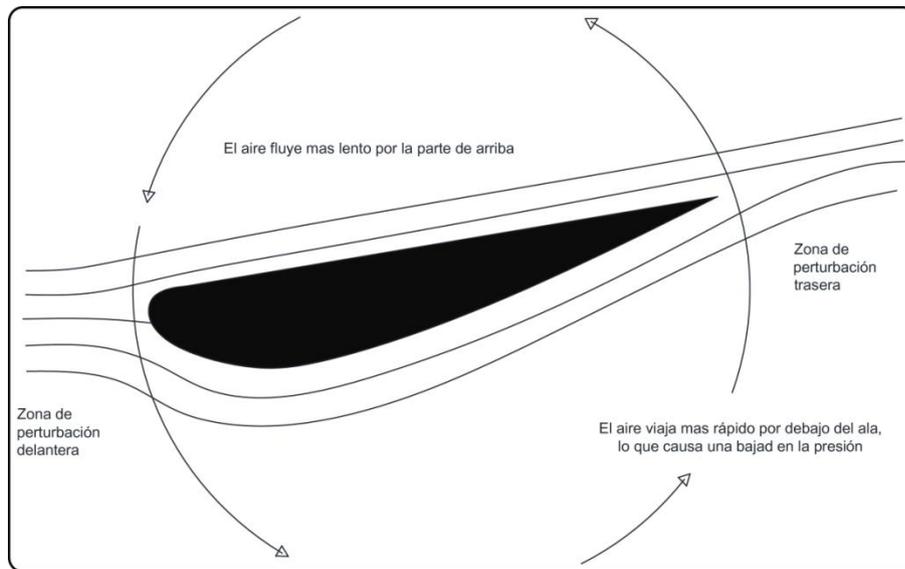


Figura No. 2: Cómo crea carga aerodinámica un ala.

Las líneas aerodinámicas se comportan como si hubiera un cilindro de aire rotando y moviéndose, un vórtice cilíndrico por así decirlo, alineado con el eje del ala. Las fuerzas de sustentación, de hecho, pueden ser calculadas mediante la fuerza del vórtice.

1.2. FUERZAS IMPLICADAS

Los dos componentes de la fuerza aerodinámica son *resistencia* y *sustentación*. Éstas se combinan entre sí como vectores para dar la *fuerza aerodinámica total* resultante, y éste es el principio básico de todas las presiones que actúan sobre un cuerpo, tales como un ala (fig. No. 3).

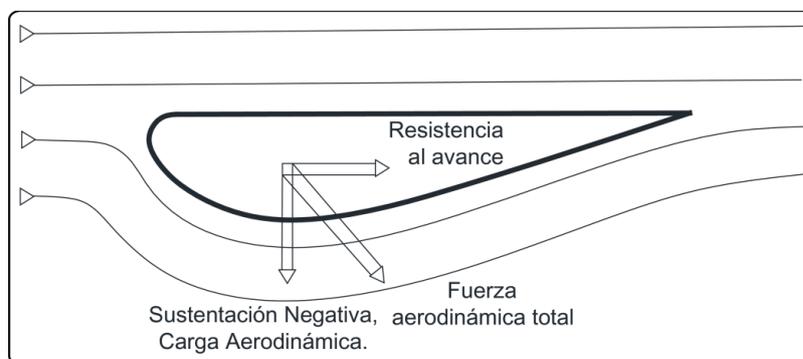


Figura No. 3: Los dos componentes de la fuerza aerodinámica.

Las diferencias de presión pueden expresarse matemáticamente como el coeficiente de presión multiplicado por la presión dinámica, o sea:

$$p = C_p * \frac{1}{2} \rho v s^2 \quad \text{Ec. 2}$$

Para convertir una presión en una fuerza, es necesario multiplicarla por el área sobre la que la presión está actuando, ya que:

$$\text{presión} = \text{fuerza}/\text{área} \quad \text{Ec. 3}$$

Así que, de la ecuación para la presión, podemos establecer ecuaciones para sustentación y resistencia del siguiente modo:

$$\text{Sustentación} = C_L * \frac{1}{2} \rho v^2 * A \quad \text{Ec. 4}$$

$$\text{Resistencia} = C_x * \frac{1}{2} \rho v^2 * A \quad \text{Ec. 5}$$

C_L = coeficiente de sustentación.

C_x = coeficiente de penetración o de resistencia.

A = es el área. (Para un ala siempre se torna la superficie de planta, pero en el caso de un vehículo entero, se utiliza el área frontal tanto para sustentación como para resistencia.)

Los coeficientes de sustentación y resistencia al avance son medidas relativas de cuanta sustentación y resistencia puede generar un cuerpo. Si miramos a la resistencia, intuimos que una placa con forma plana, puesta perpendicular a la corriente de aire, creará más resistencia que un objeto con forma de lágrima (fig. No. 4). Pero no podemos decir, sólo con mirarla, que la placa tiene un coeficiente (C_x) de quizás 1,25, y que el objeto con forma de lágrima, tiene un C_x de alrededor de 0,12. Pero,

normalmente, mirando a un coche podemos decir si tiene un C_x alto o bajo.

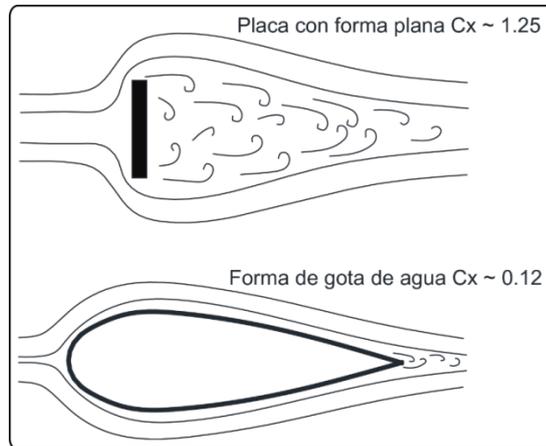


Figura No. 4: A diferentes formas, diferentes coeficientes (C_x).

Sin embargo con los coeficientes de sustentación, los juicios subjetivos no resultan tan fáciles.

Si observamos en las ecuaciones de resistencia y sustentación, encontramos en ambas presente el Área, por tanto concluiremos que un vehículo con mayor área frontal (fig. No. 6), tendrá mayor resistencia con el mismo C_x (a la misma velocidad) que otro con área menor.

En la figura No. 5 podemos observar que el vehículo de fórmula 1 tiene mayor resistencia al avance que el GTR, debido a que el monoplaza tiene más apéndices resistentes al aire.



Figura No. 5: El McLaren F1GTR tiene una forma menos “resistente” que el McLaren de Fórmula 1.

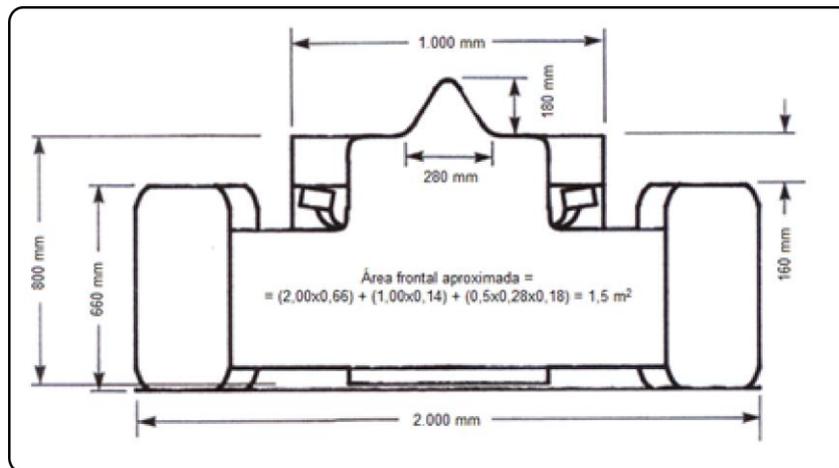


Figura No. 6: Método para calcular el área frontal.

Es interesante hacer la misma comparación con la carga aerodinámica generada por las dos clases de coche, y calcular los valores generales de C_L .

Matemáticamente los valores de C_L deberían tener signos negativos delante de ellos para demostrar que están generando sustentación negativa y no positiva, pero como estaremos hablando de carga aerodinámica, trataremos a esta como normal y la diferenciaremos de la sustentación positiva con un signo + cuando sea necesario.

La relación entre la sustentación aerodinámica con la resistencia al avance (L/X) es, a menudo, tomada como una medida de la eficiencia aerodinámica de un ala o cuerpo aerodinámico. En los ejemplos de la figura 1.5, el coche de Fórmula 1 tiene una relación de 3,1:1, y el coche de GT es de 0,6:1. Esto significa que el monoplaza es cinco veces más eficaz aerodinámicamente que el coche de sport. Sin embargo, éste es un modo simple de ver las cosas, la relación L/X es interesante para comparar los coches de una misma categoría y quizá para estudiar cómo un fabricante desarrolla un coche con el paso del tiempo, pero no debería ser utilizada para comparar vehículos de diferentes categorías, ya que cada uno tiene diferentes normas y propósitos que seguir en sus respectivas pistas.

1.3. RESISTENCIA Y POTENCIA

Existe una relación matemática directa entre la velocidad punta y la potencia disponible de un motor, que está basada en la fórmula para calcular la fuerza de resistencia al avance. En términos simplificados es:

$$CV \text{ absorbidos por la resistencia} = \frac{C_x * A * v^3}{1.225} \quad \text{Ec. 6}$$

A Está expresado ahora en m²

v Está expresado en metros por segundo (Para convertir en kilovatios, multiplicar por 0,746).

Los CV de resistencia son un parámetro muy sensible a la velocidad. Ahora, la cifra que usa esta ecuación es la potencia disponible en las ruedas. O sea, la potencia que está disponible para acelerar el vehículo y para superar la resistencia al avance, en la tabla No.1 observaremos unos valores muy útiles con la que se puede estimar la potencia disponible conociendo los CV en el volante motor. Las correcciones están aquí expresadas para una serie de categorías de competición:

Tabla No. 1: Coeficiente de automóviles de competición.

TIPO DE COCHE	Multiplicar los CV del volante motor por
Monoplaza con motor trasero con neumáticos estrechos o fríos (Formula Ford, pequeño coche de montaña).	0,91
Monoplaza para circuito con neumáticos anchos o calientes (Formula 1, Formula 3000, Formula 3).	0,875
Turismo/coche de sport con motor en el mismo eje que las ruedas motrices (Le Mans, Imp, Mini).	0,85
Coche de competición con motor delantero y tracción trasera (Turismos de serie).	0,82

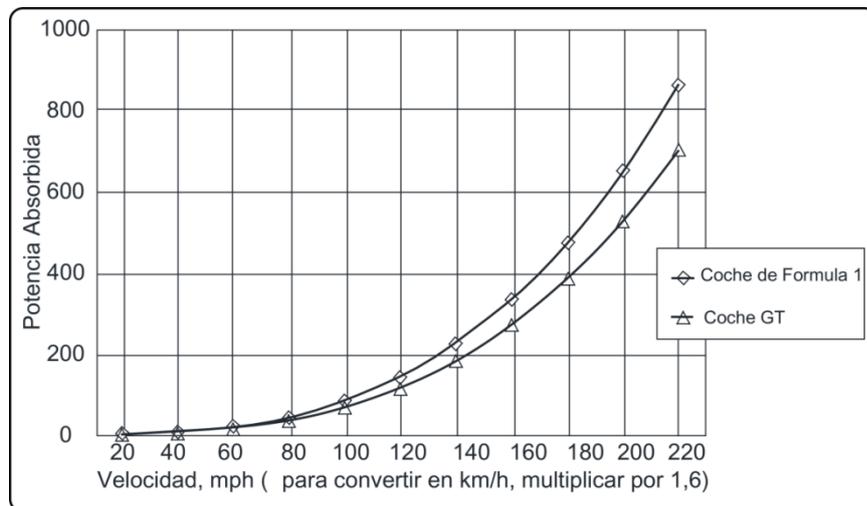
Si calculamos las velocidades puntas de nuestros coches del ejemplo, el Fórmula 1 y el McLaren GTR, obtenemos lo siguiente (grafica No.1):

Tabla No. 2: Velocidad punta de McLaren de F1 y McLaren GT

Coche	C_x	A	CV	Potencia Disponible	Velocidad punta
Formula 1	0,75	16	700	812.5	314,5 km/h
McLaren GT	0,60	19,5	600	510	317,0 km/h

La A se encuentra en pies al cuadrado, y los valores de CV utilizados son los facilitados a la prensa, por lo que sirven para ilustrar.

La mayoría de equipos de competición no tienen el lujo de poder acceder a un túnel de viento (real), lo que significa, que los valores de C_x son, más o menos, estimados a ojo. Sin embargo, si se cuenta con una pista de pruebas en la que se puede alcanzar la velocidad máxima del vehículo, y conociendo todas las relaciones de la caja de cambios para obtener esa velocidad, entonces es posible estimar el C_x una vez medida el área frontal.



Gráfica No. 1: Potencia absorbida por la resistencia aerodinámica.

Pero, aunque es un ejercicio académicamente interesante, la velocidad punta tiene poca importancia en la mayoría de las categorías (con la excepción obvia de las carreras en circuitos ovals). Aunque, es beneficioso ser capaz de estimar el C_x cuando se trata de calcular qué cantidad de resistencia adicional, puede ser tolerada en algunos circuitos, o cuánta hay que quitar en otros.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS DE AERODINÁMICA Y TUNING.

2.1.1. AERODINÁMICA.

La aerodinámica es una rama de la aeromecánica, que al mismo tiempo constituye una parte de la llamada mecánica de fluidos. La misma se encarga del estudio de las acciones que aparecen sobre cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre estos y el fluido que los rodea, siendo este un gas (aire). El estudio aerodinámico del vehículo constituye una fase muy importante del proyecto para la fabricación del mismo. La variación de las cargas que gravitan sobre las ruedas, las reacciones del vehículo al viento lateral y la disminución de la resistencia al avance son factores determinantes al momento de diseñar un auto. En efecto, es justamente la disminución de la resistencia al avance el primer objetivo que afrontaron los constructores de automóviles, puesto que se halla en relación directa con la velocidad máxima y la potencia del motor. De este modo, será planteando la distinta evolución que han tenidos estos vehículo de la mano del avance científico, que el hombre fue realizando paralelamente para complementarlos.

2.1.2. TUNING.

El Tuning es, en el mundo del automóvil, sinónimo de la personalización de un vehículo motorizado a través de diferentes modificaciones de la mecánica para mayor rendimiento, y también aplicado popularmente a cambios exteriores de la carrocería e incluso interiores de la cabina aunque esto último en realidad no sería "Tuning" sino "Custom". Se identifica así a los automóviles personalizados y se pretende lograr una originalidad del vehículo, apartándose de su apariencia de serie y orientándolo al gusto propio. Es por la modificación de las características

mecánicas y de la apariencia, no siempre homologada para circular legalmente, porque todo vehículo de motor modificado debe ser homologado legalmente para poder circular por las calles.

El origen del tuning es impreciso. Algunos lo atribuyen a Europa, concretamente en Alemania entre 1960 y 1970. Otros indican que tendencias de modificación del automóvil como los "lowrider" se comenzaron a popularizar en Estados Unidos durante los años cincuenta. Se citan a los Hot Rods y al movimiento surgido en California luego de la Gran Depresión de los años treinta.

Existen diversas tendencias, pero los estilos actualmente más influyentes son los de Estados Unidos y Japón, gracias a un gran desarrollo de mercado de autopartes y accesorios.

Este fenómeno se ha expandido enormemente, especialmente entre los jóvenes. Hoy en día hay una gran cantidad de concentraciones de fanáticos, prensa especializada, tiendas de accesorios y eventos. Los medios, especialmente la televisión han influido considerablemente en la aceptación del concepto tuning como moda y estilo de vida.

2.2. SPOILERS.

Para propósito de este proyecto consideraremos que un spoiler es un apéndice que se alarga desde la superficie del coche, sin espacios entre el propio spoiler y la carrocería del coche.



Figura No. 7: Spoiler trasero de un coche de la Nascar.

La palabra spoilers proviene del verbo del inglés spoil, que significa arruinar o estropear, entonces la función del spoiler es la de estropear el libre paso del aire para que este no genere sustentación positiva en el vehículo.

2.2.1. SPOILERS TRASEROS.

El spoiler trasero al extenderse verticalmente por encima de la parte posterior del vehículo, provoca que el flujo se separe generando una burbuja de separación antes de la parte trasera (fig. No. 8).

Este efecto produce una disminución drástica de la velocidad del flujo de aire sobre la superficie y reduce la sustentación. Ahora, el colocar un spoiler trasero no significa que aumente la resistencia, en los años 60 descubrieron que al aumentar la altura del spoiler no necesariamente se obtenía mayor resistencia al aire, incluso mejoraron algunos tiempos de vuelta, aunque pudo haber sido un beneficio derivado del mayor agarre y la estabilidad.

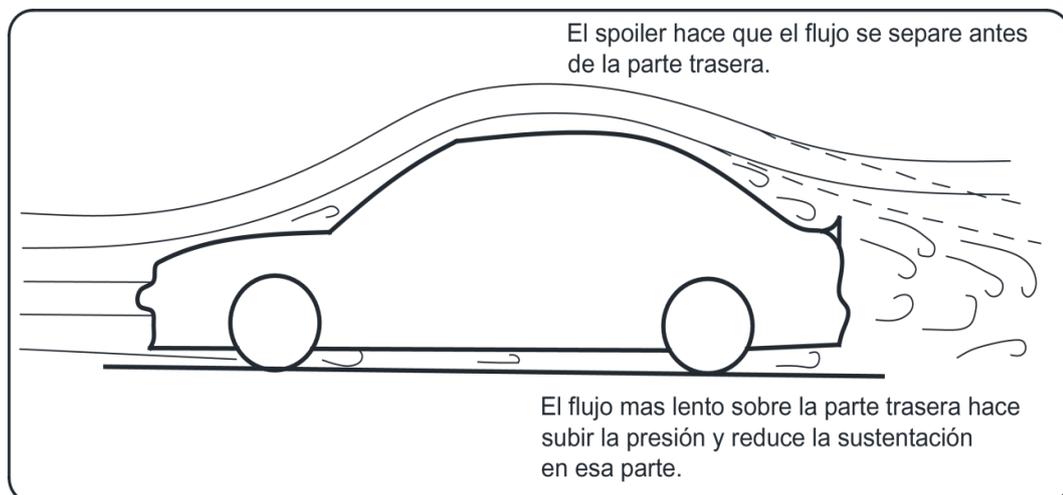


Figura No. 8: El efecto de un spoiler trasero.

Pero lamentablemente no se puede generalizar, lo que funciona para un auto no necesariamente lo hace en otro, en la figura No. 9 vemos un caso en el que el spoiler no produce ningún tipo de ayuda aerodinámica.

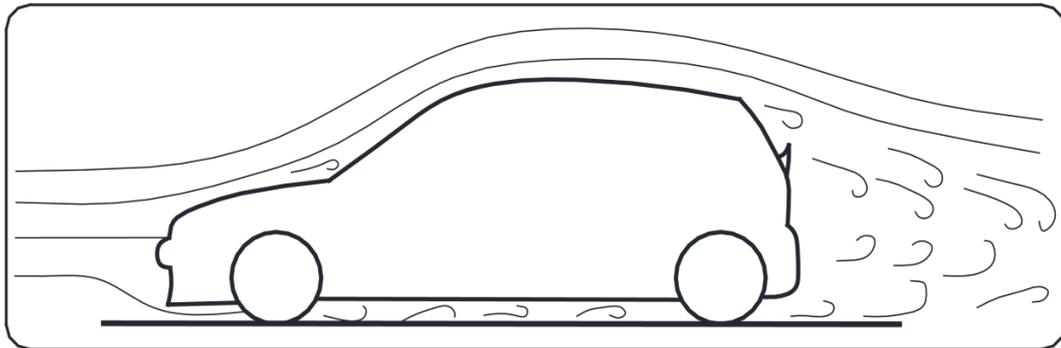


Figura No. 9: Spoiler trasero no produce carga aerodinámica.

Incrementar el agarre sólo en la parte trasera puede no ayudar tanto como esperábamos, es más probable, que se cree más sustentación en la parte delantera del coche, y por eso tenemos que ver los métodos de combatir, y si es posible invertir, esa sustentación con el fin de mejorar el agarre en la parte delantera.

2.2.2. SPOILERS DELANTEROS.

Los spoilers delanteros varían de acuerdo a la complejidad de sus diseños, estos pueden ser extensiones casi verticales llamados tipo faldón o mandíbula, y las más estilizadas cajas de aire, con dimensiones extendidas para coches de competición.

Un spoiler es una extensión hacia abajo de la parte frontal que disminuye la libre circulación de aire por la parte inferior del vehículo en circulación (fig. No. 10), existen dos ventajas potenciales con el uso de estos spoilers, la parte inferior de los vehículos de turismo tienen mucha resistencia debido a las formas de los escapes, cajas, dirección, neumáticos, etc., al disminuir la entrada de aire debido al uso de spoilers se reducirá también la resistencia inferior del auto.

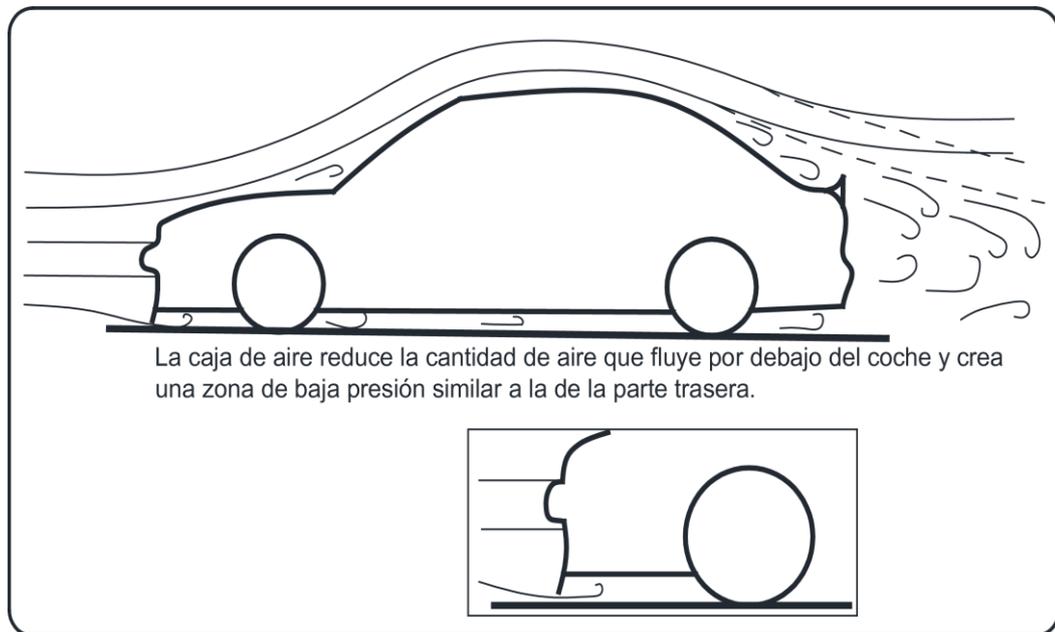


Figura No. 10: Una caja de aire delantera.

El segundo beneficio es la reducción de presión debido al uso de spoilers, con el uso de estos, el flujo de aire se asemeja a la estela posterior del auto es decir estará turbulento.

La efectividad del spoiler delantero mejorara con el uso de faldas laterales, debido a que el flujo lateral intentara mezclarse con el inferior que tiene menor presión y al hacerlo las ventajas aerodinámicas conseguidas anteriormente se disminuirán, el uso de estas faldas sellan la parte inferior e impedirán que se genere este inconveniente. Entonces, con esto vemos que los beneficios conseguidos en la parte delantera pueden ser afectados por la forma del resto del vehículo.

Otro asunto muy importante que debemos tomar en cuenta al colocar una caja de aire o faldón es la refrigeración, y no solo la del radiador sino también la de la transmisión y los frenos, etc., por lo que la forma del spoiler no debe impedir esta importante función cumple el aire, en ciertas partes mecánicas del automóvil.

2.2.3. EL DIVISOR DE FLUJO.

También llamado splitter, se trata de una extensión inferior horizontal, que se expande hacia adelante y puede generar mucha carga aerodinámica sin casi prácticamente aumentar la resistencia debido a que se introduce en la zona de alta presión (fig. No. 11), los vehículos cerrados tienen un morro muy brusco y delante de este se forma una zona llamada de estancamiento, después el aire se dirige hacia abajo, arriba o lo laterales y un poco también es absorbido por el sistema de refrigeración, el divisor colabora con la función del spoiler e impide que una mayor cantidad de aire ingrese en la parte inferior y la redirecciona hacia los lados.

La cantidad de carga aerodinámica puede ser controlada por la distancia del splitter pero solo hasta cierto punto.

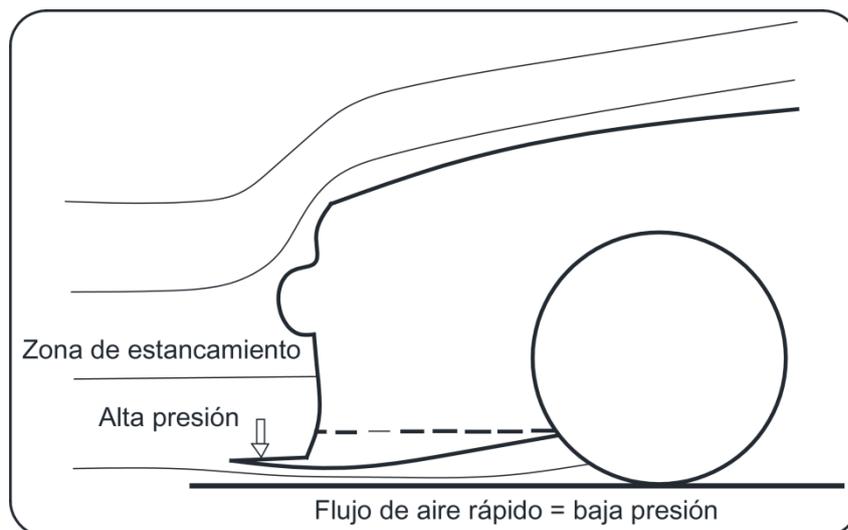


Figura No. 11: Caja de aire delantera integrada con difusor y divisor de flujo.

Resulta evidente que debemos incorporar un divisor con una longitud determinada ya que si se extiende más allá de la zona de estancamiento no conseguiremos beneficios adicionales, además sabremos por lógica que un splitter no tendrá mucho efecto en vehículos donde el morro no sea brusco, ya que solo estos poseen zona de estancamiento.



Figura No. 12: McLaren F1 GTR con divisor de flujo frontal.

2.2.4. PLACAS DE HUNDIMIENTO

Llamado también plano de hundimiento, se trata de placas planas inclinadas hacia adelante, fijadas a ambos lados en la parte delantera, estos dispositivos tiene la función de aumentar la carga aerodinámica aunque no se puede esperar que este sea considerable. Pero han existido casos en la que la carga general ha aumentado debido a la incorporación de estos elementos en el morro frontal.



Figura No. 13: Placas de hundimiento en un Marcos LM600 GT2

Esto puede conducir a una producción más eficiente de carga aerodinámica en el fondo del coche con la simple incorporación de una

placas de hundimiento, estas placas se han mutado en varias formas más complejas, con el paso de los años como podemos observar en la figura No. 13.

2.2.5. ÁNGULOS DE SEGURIDAD EN LA NASCAR.

Los vehículos de competición en circuitos ovaes alcanzan velocidades extremadamente altas en donde la sustentación positiva generada era perfectamente controlada por los diferentes dispositivos de carga aerodinámica colocados en los automotores, siempre y cuando estos sean conducidos en forma correcta. Pero hubo un problema que la Nascar descubrió que ocurría con frecuencia en este tipo de circuito y era, que cuando el vehículo daba un trompo y comenzaba a rodar marcha atrás este despegaba del suelo, cuando alcanzaba velocidades de alrededor de 260 km/h.

Fueron propuesta varias soluciones hasta que se dio con algo que solo existe en este tipo de categorías. La idea era incorporar unos flaps de 510 por 205 mm que se levantaban del mismo modo que un maletero debido a la baja presión generada cuando el vehículo se hallaba a 140° en dirección contraria al sentido de manejo (fig. No.14).

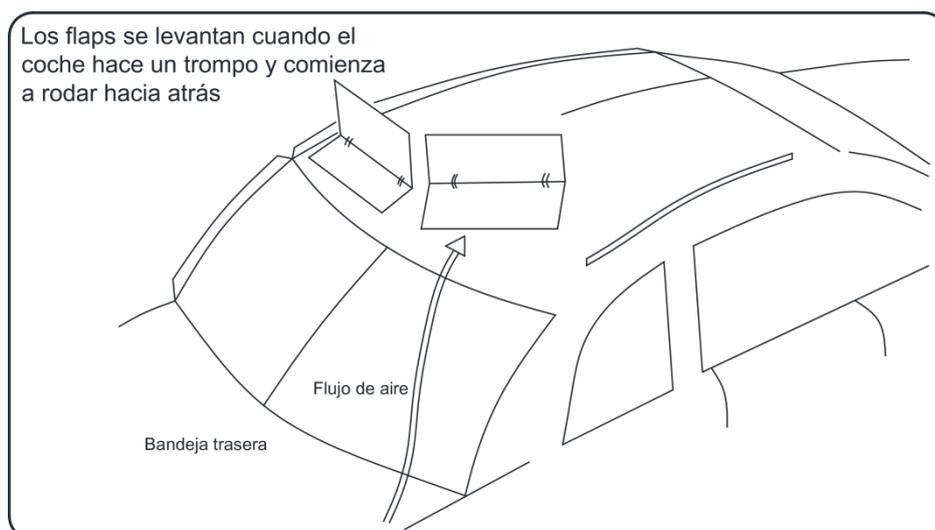


Figura No.14: Flaps en techo de un coche de Nascar.

2.3. ALERONES.

La terminología de los alerones proviene del mundo de la aeronáutica, Alerón es otra forma de decir ala y es un cuerpo de tal forma que cuando el aire pase sobre él, genere sustentación o en nuestro caso, carga aerodinámica sin provocar resistencia excesiva.

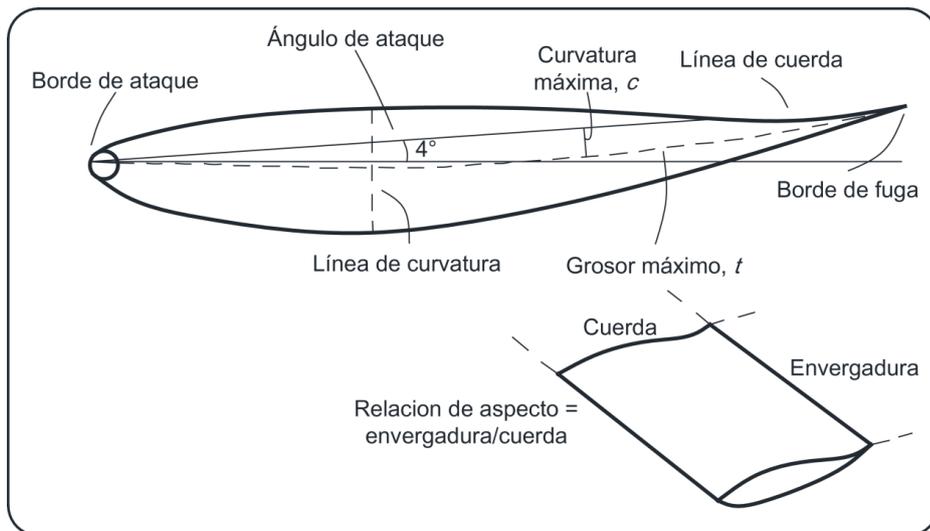


Figura No. 15: Terminología de un alerón.

Sus componentes son:

Borde de ataque, o BA, es la parte delantera de un ala, y normalmente tiene una forma poco refinada, con forma radial.

Borde de fuga, o BF, se encuentra en la otra esquina del alerón, y normalmente es una zona estrecha.

Línea de cuerda, es la línea recta que une el BA y el BF.

Distancia de cuerda, o c , es la dimensión de la línea de cuerda.

t , es el grosor máximo de un alerón y se expresa como un porcentaje o fracción decimal de la dimensión de una cuerda. Así, si un ala tiene una dimensión de cuerda de 305 mm, y $t = 0,18c$, el grosor máximo es $305 \times 0,18 = 54,9$ mm.

La posición del máximo grosor se expresa normalmente con una fracción decimal de la cuerda, medida desde el BA, por lo que si t_{max} , es $0,3c$, se

encontrará a 91,4 mm desde el BA de un alerón con una cuerda de 305 mm.

La sección de un ala puede ser simétrica o asimétrica, y si se trata del segundo caso se dice que tiene *curvatura*, lo que significa que su superficie inferior (en un coche de carreras) está más curvada que la parte superior.

Línea mediana o línea de curvatura, es la línea que pasa por los puntos medios de un ala, desde el BA al BF.

La cantidad de curvatura presente es a menudo definida como la distancia máxima entre la línea de curvatura y la línea de cuerda, expresada una vez más como una fracción decimal de la dimensión de la cuerda.

La localización de la curvatura máxima se define del mismo modo que el grosor máximo, también como una fracción de c .

Envergadura, es el ancho de un ala.

Relación de aspecto, es la relación de la envergadura con la cuerda.

El ángulo de ataque o ángulo de incidencia, es el ángulo entre el flujo de aire y la línea de cuerda del ala. Es tentador pensar que el flujo de aire que pasa por el coche es paralelo al suelo, puede ser cierto en los alerones delanteros (no necesariamente), pero casi nunca es cierto en los alerones traseros.

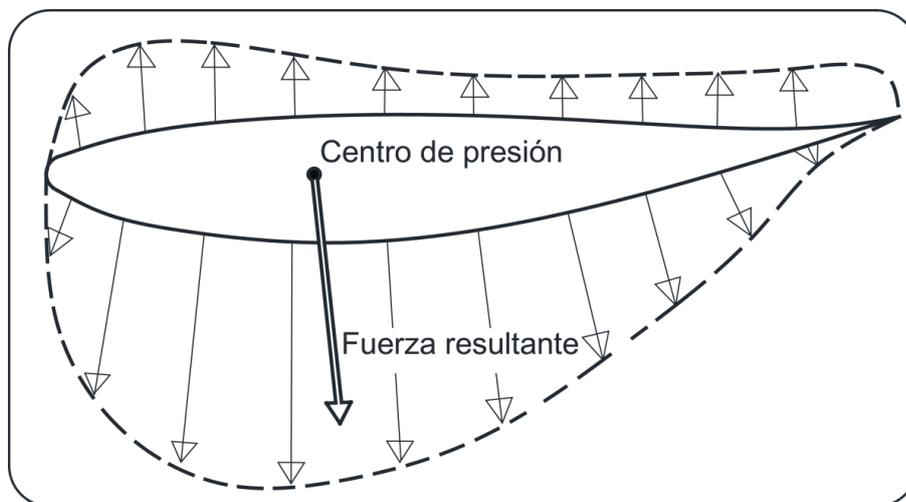
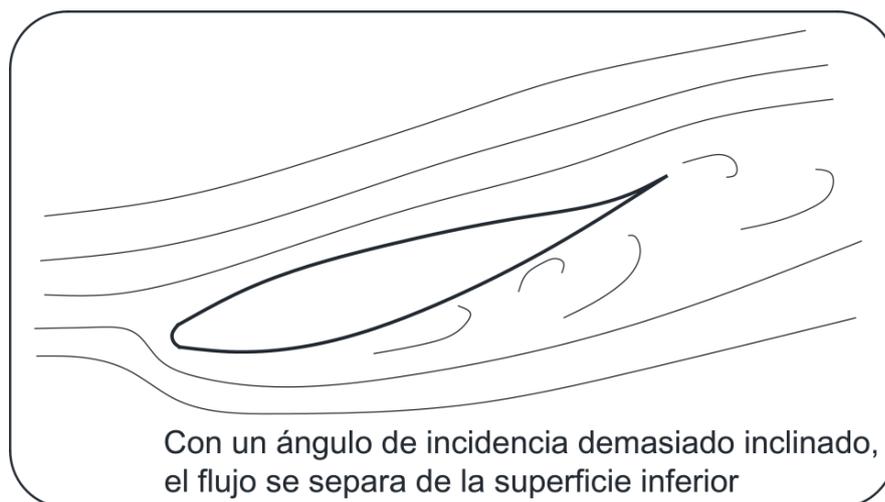


Figura No. 16: Distribución general de la presión alrededor de un ala.

El objetivo de un alerón es reducir la presión en el *lado de succión* de la parte inferior, y aumentar la presión del aire en la parte superior o *lado de presión* (fig. No. 16), el resultado de esto es que se producen tanto carga aerodinámica como resistencia. En el caso de los alerones de coches, la carga aerodinámica y los coeficientes de penetración, - C_L y C_x , se interpretan en relación con la superficie en planta de un ala, o sea, para un alerón rectangular, la envergadura multiplicada por la cuerda, en lugar del área frontal, que es la referencia para un coche completo.

La *relación sustentación/resistencia* (L/X) se utiliza una vez más como medida de la eficiencia aerodinámica. La carga aerodinámica y la resistencia generalmente aumentan con un ángulo de ataque más pronunciado. Sin embargo, existe un cierto ángulo, en el cual el flujo de aire se desvía por el lado de succión del ala y en lugar de fluir suavemente, se vuelve muy inestable y se separa de la superficie del alerón (fig. No. 17). Este efecto es acompañado por una pérdida repentina de carga aerodinámica y un aumento de igual tamaño de la resistencia. Se dice entonces que el alerón está en pérdida. Así que trataremos de no caer en este ángulo con todas las pruebas que haremos.



Con un ángulo de incidencia demasiado inclinado, el flujo se separa de la superficie inferior

Figura No. 17: Ala en pérdida.

2.3.1. CARGA AERODINÁMICA Y CRITERIOS DE DISEÑO DE UN ALERÓN.

Los alerones de los coches de competición pueden tener un solo elemento, dos elementos o múltiples elementos, dependiendo de la categoría en la que compitan y las configuraciones que permita el reglamento, así como de las necesidades de cada circuito y la tolerancia de un coche a la carga aerodinámica y la resistencia. Algunos coches incorporan alerones sencillos porque tienen que hacerlo, como los GT de la FIA, mientras que otros los montan pequeños porque no pueden tolerar grandes cantidades de resistencia, tales como los Fórmula 750 de Inglaterra (fig. No. 19).

Otros coches utilizan alerones con varios elementos debido a que su tolerancia a la resistencia es mayor, y la necesidad de grandes cantidades de carga aerodinámica es vital. Un buen ejemplo de esta categoría de apéndice alar sería un Fórmula 1 (fig. No. 18). Un punto crucial que hay que recordar es que el ambiente en el que trabaja el alerón de un coche de carreras es totalmente diferente al del ala de un avión. Así que, aunque mucha de la información procede del mundo de la aviación, hay que tener en cuenta que las cosas ocurren de manera diferente, y de forma menos eficaz, en los coches de carreras.



Figura No. 18: Alerones de Fórmula 1.



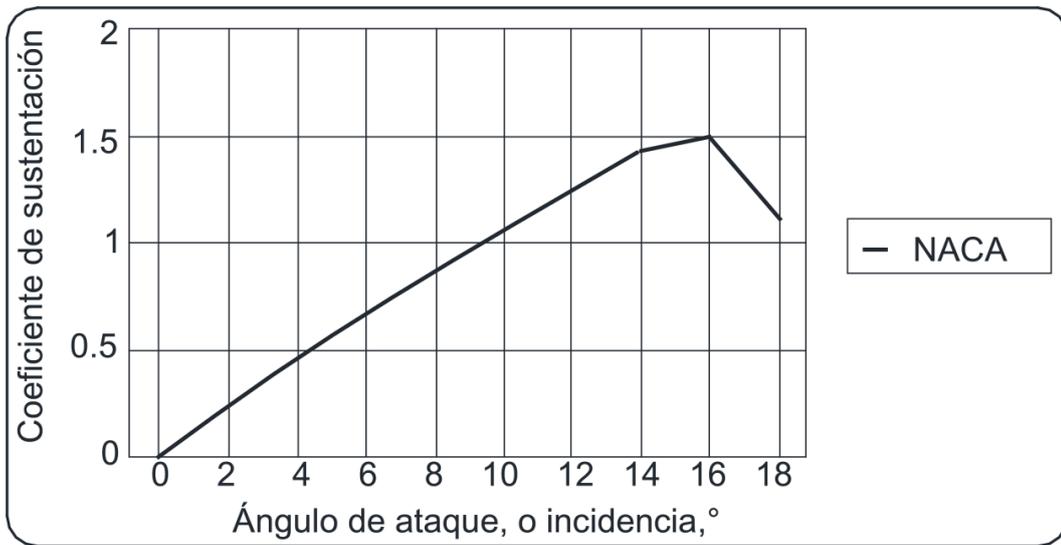
Figura No. 19: Alerones de Fórmula 750.

2.3.2. ALERONES DE UN SOLO ELEMENTO

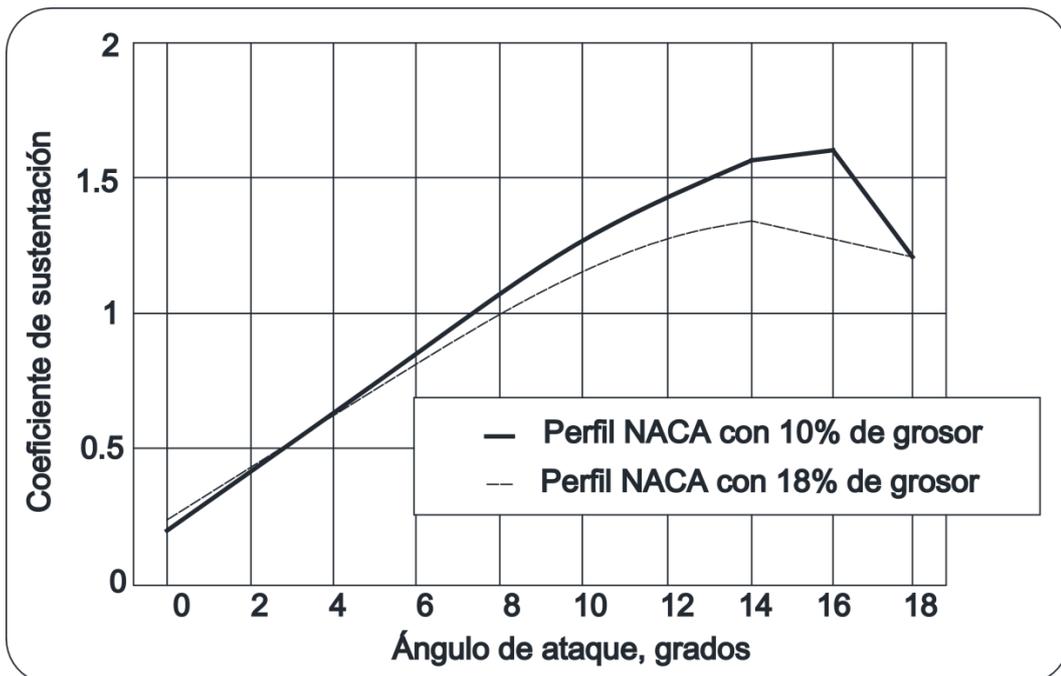
Sabemos que la carga aerodinámica creada en un auto es mayor cuanto mayor es el ángulo de ataque, hasta el ángulo conocido como de pérdida. Un alerón simétrico de un solo elemento no produce carga con un ángulo de incidencia cero, sin embargo la carga aumenta casi de forma lineal al aumentar el ángulo de ataque hasta los 14° - 16° (gráfica No. 2), pero el ángulo de pérdida varía dependiendo de la sección del ala y las condiciones de flujo.

El grosor, t , afecta la carga, y según el grosor llegue hasta $0,12c$, el ángulo de ataque llega más tarde, permitiendo mayor cantidad de carga aerodinámica (gráfica. No. 3). Si el valor esta encima de $0,12c$, el valor $-C_L$ puede bajar entonces este valor puede ser interpretado como un parámetro de diseño para un alerón de un solo elemento.

Los perfiles de ala muy delgados tienen pérdidas causadas por la separación del flujo en el borde de ataque lo que quiere decir que el aumento en el grosor en más de un 12% tiene poco efecto en el C_{Lmax} .



Gráfica No. 2: Sustentación contra ángulo de ataque.

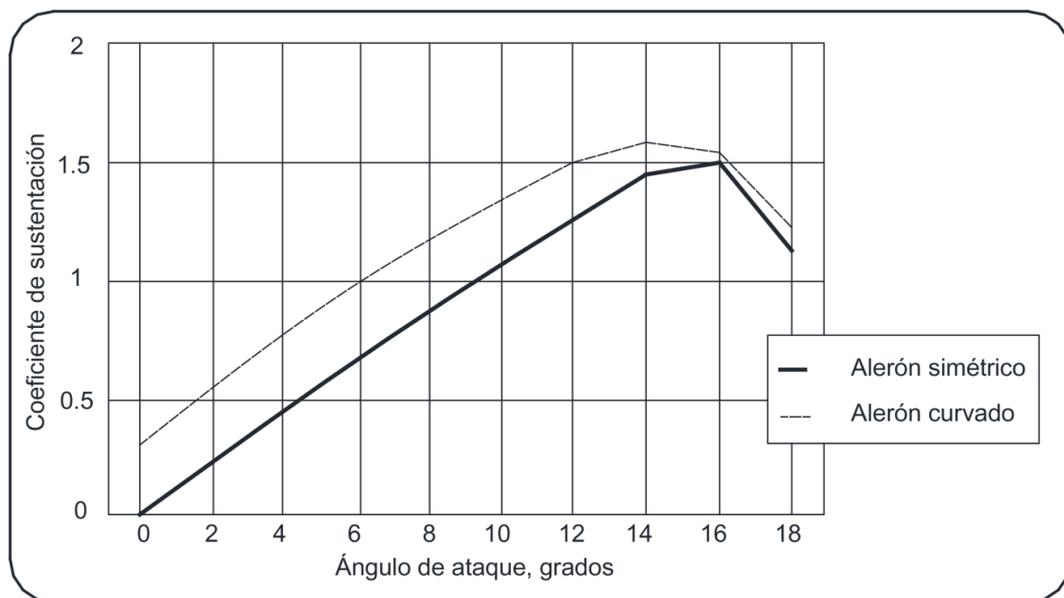


Gráfica No. 3: Efecto del grosor en la curva de sustentación.

Agregar curvatura a un perfil es diferente a cambiar el grosor, añadir curvatura al alerón nos permite generar mayor carga incluso con ángulos de ataque de 0°. La curvatura hacia atrás tiene mayor efecto en la creación de carga aerodinámica y produce pérdida más gradual, mientras

que la curvatura hacia adelante tiene más aplicaciones en configuraciones con poca resistencia y ángulo de ataque bajo (gráfica No. 4).

Con el radio de borde de ataque también encontramos referencias contradictorias con un borde afilado con una sección de ala estrecha causa separación del borde de ataque creando disminución de carga cerca del ángulo de pérdida. Pero con un ángulo de ataque bajo el mismo borde mantiene una capa límite más estrecha mejorando la eficacia, ambos efectos pueden ocurrir en el mismo alerón con diferente ángulo de ataque.



Gráfica No. 4: Efecto de la curvatura en la sustentación.

En la figura No. 20 podemos observar un alerón trasero asimétrico de un solo elemento en un vehículo de fórmula GTR.



Figura No. 20: Alerón de un solo elemento.

2.3.3. ALERONES DE DOS ELEMENTOS

Si se necesita una mayor cantidad de carga aerodinámica, y además se puede tolerar la consiguiente resistencia adicional, entonces puede ser necesaria la utilización de alerones más complejos como el alerón de dos elementos, donde el plano principal va acompañado de un flap.

Pueden ocurrir muchas cosas si se añade un flap a un alerón de un solo elemento.

- Aumenta el área de planta.
- La curvatura efectiva del área aumenta.
- Genera más carga mediante la modificación del flujo de aire en el lado de la succión del alerón.

Existen dos geometrías para alerones de dos elementos, la de “flap externo” (fig. No. 21), y la de “flap de ranura”, o “flap tipo Fowler” (fig. No. 22). El segundo tipo es más complejo en su forma, su flap es una pieza móvil que puede subir y bajar así como rotar, la forma del plano tiene que albergar al flap tanto en su forma horizontal como cuando se encuentra más elevado. El flap externo tiene una forma más sencilla de construir y el

plano principal también aunque se consigue mejoras en el $-C_L$ y el C_x con la configuración del Fowler.



Figura No. 21: Alerón de dos elementos con configuración de flap externo.

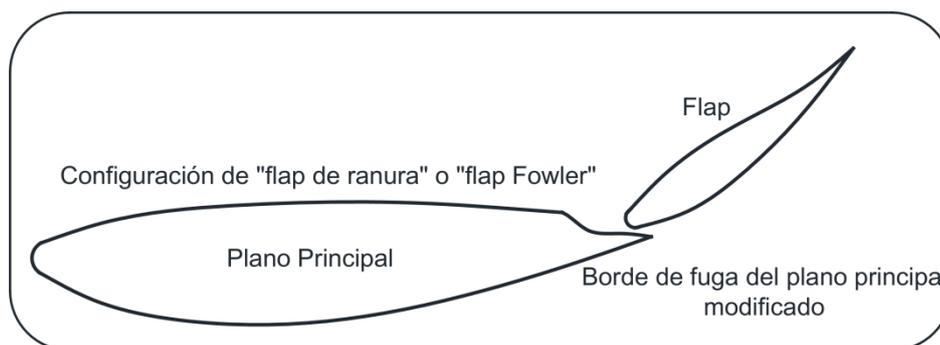
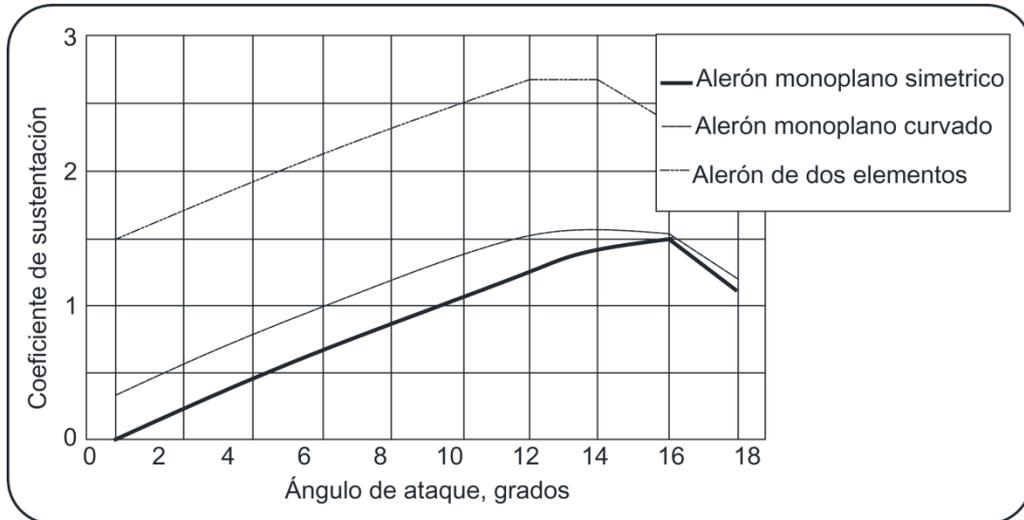


Figura No. 22: Alerón de dos elementos con configuración de flap Fowler.

Es importante mencionar ciertos puntos del tamaño y la posición del flap. En general la forma del flap es una versión a escala del plano principal y su cuerda va de 25-30% de la cuerda general, pero también se puede utilizar un perfil sencillo y funcionar perfectamente, pero la consideración más importante es la posición del flap con respecto al plano principal, la clave es formar una ranura entre el borde de fuga del plano principal y el borde de ataque del flap.

Para esto hace falta que se solapen, la distancia entre el plano y el flap es normalmente entre el 1-2% y el solapamiento entre el borde de ataque y

el de fuga es de 1-4%. Sin embargo la ranura debe ser convergente, o sea, que se va estrechando desde su apertura hasta su salida.



Gráfica No. 5: Curva de sustentación de un alerón de dos elementos.

El aumento de los valores de $-C_L$ utilizando un alerón de dos elementos es considerable, y es posible que el $-C_{L_{max}}$ sea casi el doble (gráfica No. 5), aunque, la entrada en pérdida puede ocurrir con un ángulo de ataque algo menor en un alerón con flap, efecto que disminuye según aumenta su desviación.



Figura No. 23: Alerón de dos elementos.

A pesar de todo, se puede conseguir un aumento sustancial en la carga aerodinámica en proporción directa al aumento del valor de $-C_L$. El flap, además, proporciona un método más sencillo de ajustar los alerones para una puesta a punto afinada del equilibrio del coche.

2.3.4. ALERONES DE VARIOS ELEMENTOS.

Podemos obtener valores $-C_L$, mayores si se añaden más flaps a un alerón. La configuración de doble flap ranurado en la que se colocan dos flaps sobre el borde de fuga del plano principal, sirve para aumentar la curvatura del ala incluso más (fig. No. 24). Las geometrías de los dos flaps suelen ser de construcción similar o si no, son idénticos, El tamaño de la ranura entre el plano principal y el flap delantero, y entre éste y el segundo flap, puede ser similar si no, el primero debe ser más grande que el segundo.

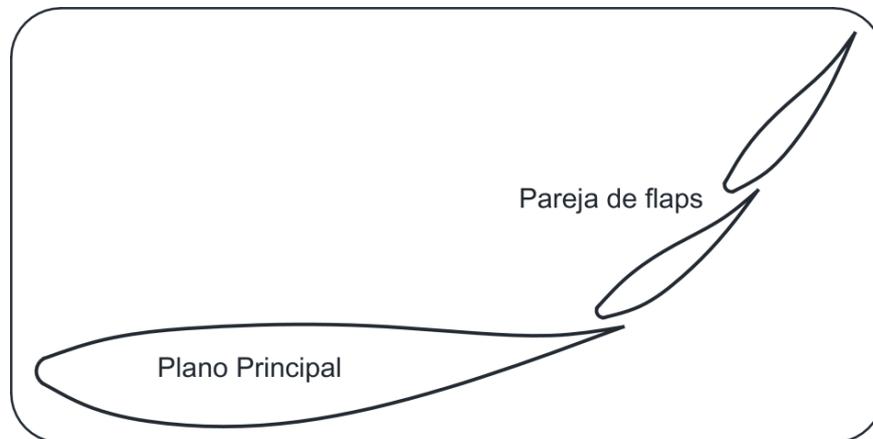
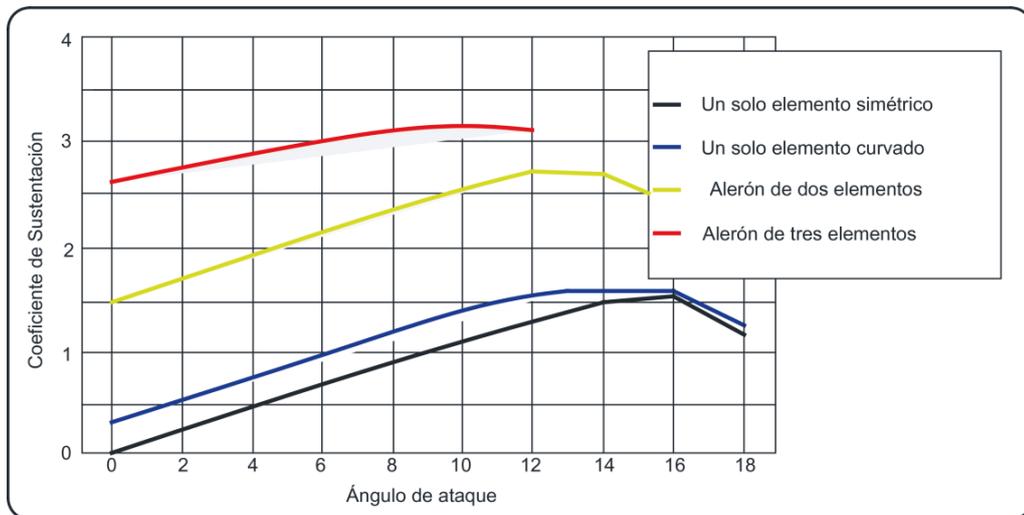


Figura No. 24: Alerón de tres elementos.

En términos de mejoras de las prestaciones, la adición de un segundo flap hace que aumente de forma sustancial el valor del $-C_L$ y se pueden alcanzar cifras de $-C = 3,0$ con esta configuración. La gráfica No. 6 muestra la magnitud de C_L que se puede alcanzar en relación con el ángulo de ataque de una configuración aeronáutica de doble flap.



Gráfica No. 6: Curva de sustentación de un alerón de tres elementos.

Este tipo de alerones con mucha carga aerodinámica pueden sufrir separación del flujo en su borde de ataque, y puede ser necesario un cambio en la geometría delantera del alerón para evitar que esto suceda. Un modo de lograr esto, que evita tener que modificar el plano principal, es el uso de una aleta (slat) en el borde de ataque (fig. No. 25). Este tipo de dispositivo puede verse en las alas de algunos aviones.

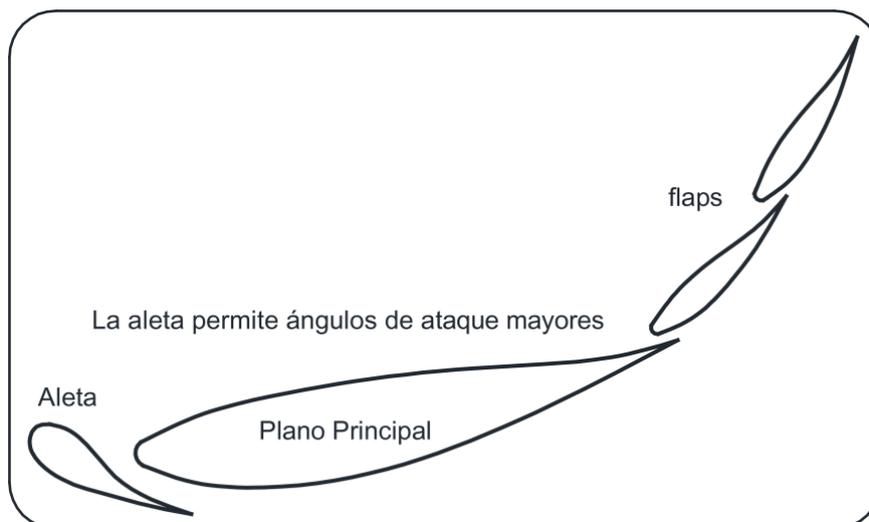


Figura No. 25: Alerón de tres elementos con slat en el borde de ataque.

2.3.5. ALERONES MULTIPLES

Este alerón tiene dos o más planos principales. La razón principal para usar esta configuración biplanar es incrementar el área del ala, pero existe también una desventaja. Basta pensar que el plano superior genera una zona de baja presión en su parte inferior. Ahora, imaginemos lo que ocurre cuando se coloca otro alerón más abajo. La zona de baja presión bajo el plano superior actúa sobre la superficie del ala inferior, y esto es tan útil como intentar levantarse uno mismo del suelo tirando de los cordones de los zapatos. Entonces, ¿por qué algunos utilizan alerones de múltiples planos? Pues porque no es tan malo como parece. Desde luego, existe interferencia entre los planos, y el resultado es que no se consigue el doble de carga aerodinámica sólo por tener dos alas superpuestas cuando éstas se encuentran relativamente cerca. Sin embargo, el efecto combinado puede dar beneficios, y conseguir más carga aerodinámica que con un solo plano. Efectivamente, con una separación vertical igual a la dimensión de la cuerda, se piensa que dos alas idénticas producirán, por lo menos, el doble de carga que una sola. Pero existen otros posibles beneficios en la configuración múltiple. El primero es que, aunque la eficacia del alerón, determinada por la relación de carga/resistencia, puede empeorar con el uso insólito de tres o cuatro planos, el efecto del flujo de aire es tal que podría tolerar un incremento en el ángulo de ataque general, permitiendo generar más carga aerodinámica antes de que el alerón entre en pérdida. Y segundo, el plano inferior puede situarse de modo que interactúe de modo favorable con el flujo de aire del fondo plano del coche, ayudando y aumentando la producción de baja presión. De este modo, mediante el cuidadoso diseño y desarrollo de este aspecto se puede conseguir un aumento significativo en la cantidad de carga aerodinámica.



Figura No. 26: Alerón de doble plano en el Benetton B197.

2.3.6. DERIVAS LATERALES Y PERFILES GURNEY.

Estos apéndices son muy importantes en las prestaciones, tienen un propósito muy valioso, sin estos, el aire en la zona de alta presión intentara escapar a la zona de baja presión provocando perdida de carga aerodinámica, con los perfiles se mantiene la presión por encima y por debajo (fig. No. 27), logrando incrementar la carga hasta en un 30%, y además son los principales componentes para la sujeción de los alerones al coche.

El perfil Gurney es una pequeña aleta fijada al borde de fuga en ángulo recto, este elemento es un medio para añadir carga casi sin aumentar la resistencia. Investigaciones recientes demostraron que los flaps forman un par de vórtices invertidos justo por detrás de ellos (fig. No. 28). Los cuales añaden un componente vertical a la velocidad del borde de fuga. Esto desvía el flujo hacia arriba e incrementa la carga aerodinámica. Una de las ventajas de los Gurney es que se pueden poner y quitar rápidamente, o ser reemplazados por otros de diferentes tamaños, por esto, son un elemento importante a la hora de afinar la puesta a punto.

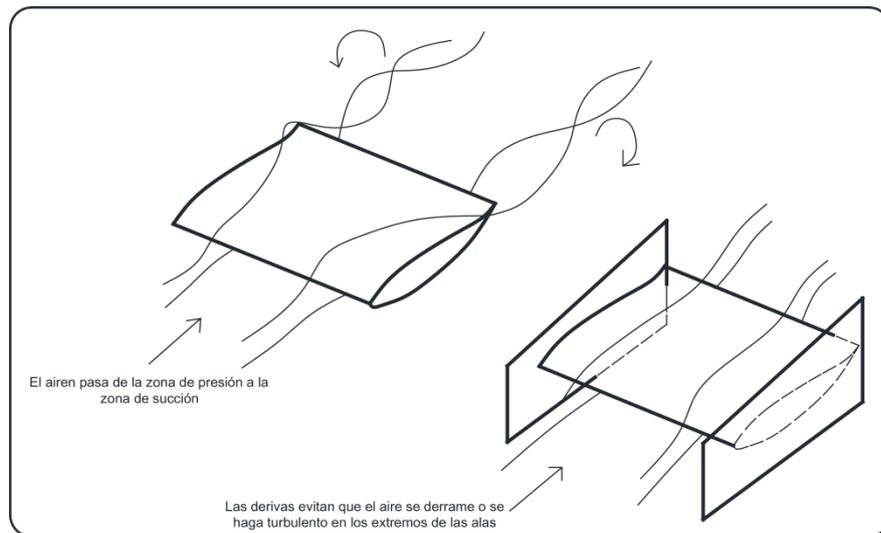


Figura No. 27: Efecto de las derivadas.

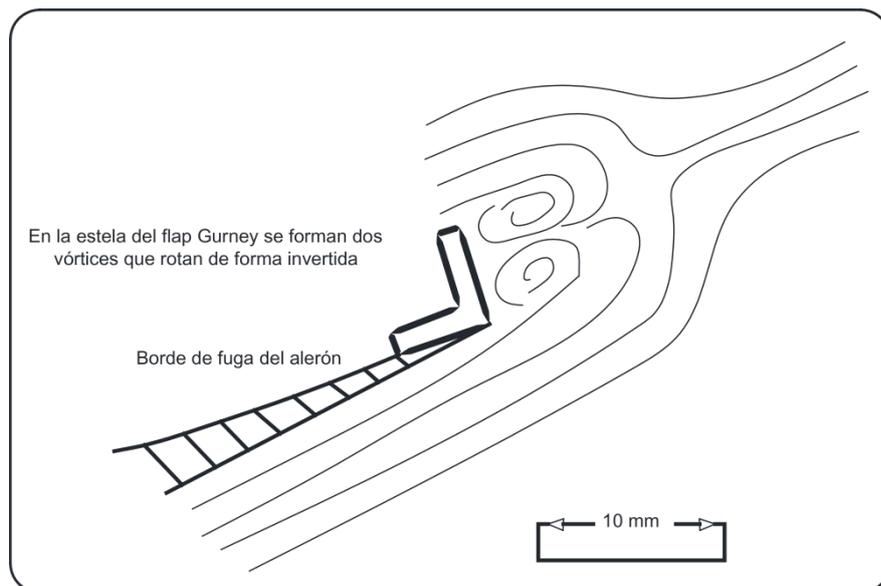


Figura No. 28: Vórtice del flap Gurney.

Pero, existen limitaciones para los flaps Gurney, y estos son normalmente de menos de un 5 % de la altura de la cuerda. Cuanto más pequeño sea, más efectivo será, y un Gurney de alrededor de un 2 % de la cuerda puede aumentar hasta 0,30 el C_L con un mínimo aumento de la resistencia.

2.4. EL EFECTO SUELO.

2.4.1. HISTORIA

Hacía tiempo se descubrió que la proximidad del vehículo con el suelo afectaba el flujo de aire que circulaba en la parte baja del automóvil, aunque en inicio únicamente se vieron las desventajas e intentaron frenarlas, la compañía BRM durante el debate de los alerones en 1968 – 69 trabajo en un chasis en el que la superficie de su fondo generaba carga aerodinámica. Peter Wright y Tony Rudd hicieron pruebas en este chasis y los resultados fueron lo suficientemente buenos como para comenzar a construir este coche, desgraciadamente la inestabilidad política de BRM impidió que el monoplaza llegara a la pista, después en el equipo Lotus de Inglaterra por el año 1975 usaron modelos a escala 1/4 en el túnel de viento del Imperial College que estaba equipado con piso móvil para simular al coche desplazarse en pista. Colin Chapman quería saber qué pasaría si los pontones diseñados para albergar radiadores y gasolina, tuvieran la forma de un ala invertida, entonces Wright apelo a sus apuntes de BRM de 1969.



Figura No. 29: Lotus 78.

En poco tiempo se diseñó un nuevo Lotus y Mario Andretti en 1976 probó en la pista lo que sería el Lotus 78 y de inmediato demostró ser 2 segundos más rápido que el Lotus 77. En la presentación a la prensa comentaron que habían conseguido ALGO POR NADA haciendo referencia al aumento de carga sin prácticamente resistencia, lo que fue un salto grande en los coches de carrera.

Tres factores son viables de consideración: la altura con respecto al suelo, la tosquedad del fondo, y la forma de ese fondo. El impacto de cada uno de estos factores afecta a los otros dos. La conclusión es que los fondos toscos no son buenos. De hecho, fijar un panel en el fondo hará que el aire se mueva con mayor velocidad, y es obvio que la resistencia se verá reducida si los salientes y entrantes ya no molestan al flujo de aire, para comenzar a hacernos una idea, podemos observar las cifras de unos experimentos realizados en vehículos de calle con fondos medianamente irregulares. Scibor-Rylski nos dice que con distancias entre 0,125 y 0,600 veces la batalla del coche, los vehículos convencionales producían sustentación negativa, ya que el efecto Venturi contribuía con el flujo del fondo, pero, con distancias de menos de 0,125, los coeficientes de sustentación se volvían positivos, Consideremos que la distancia media al suelo es del orden de 0.05, y podremos ver por qué los coches convencionales con fondos irregulares operan dentro de un régimen de sustentación positiva altamente insatisfactorio. La conclusión que sacamos, es que es imperativo montar un fondo plano si se quiere evitar la presión positiva.

Entonces existen dos caminos que se pueden seguir para conseguir una zona de baja presión debajo del coche. El primero fue tratado con conceptos anteriores, en la sección de cajas de aire y spoilers. Sin embargo, el segundo necesita que el flujo de aire entre en su totalidad, y al mismo tiempo sea controlado con cuidado para no crear sólo bajas presiones, sino para hacerlo en los lugares correctos.

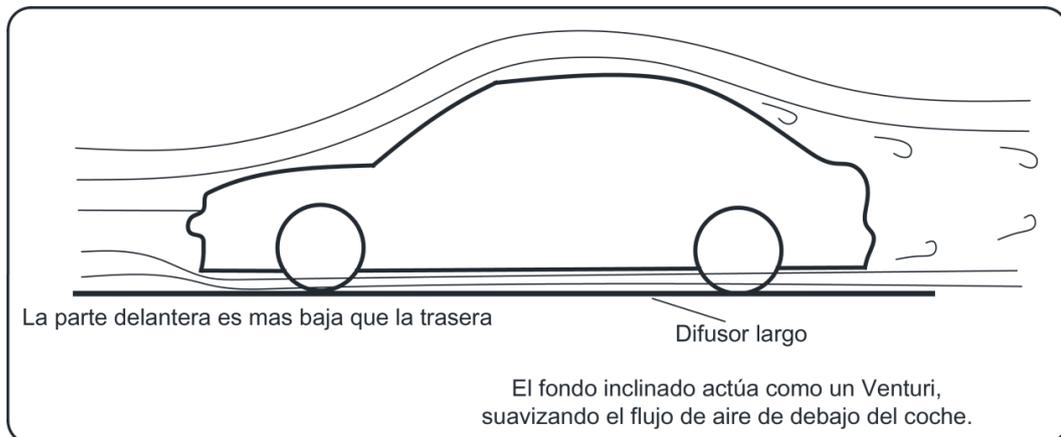


Figura No. 30: Fondo plano con ángulo de incidencia negativo.

Existe una forma muy sencilla de aplicar el concepto de efecto suelo y esta es haciendo que la parte delantera del fondo sea más baja que la trasera, ósea con un ángulo de incidencia negativo con respecto a la horizontal, las pruebas sugieren que sólo es necesario un ángulo de 1" o 2" para crear una gran diferencia (fig. No. 30), esencialmente, todo el fondo del coche se convierte en una sección Venturi. Hay un cuello estrecho bajo la parte delantera, a través del cual el aire es acelerado, creando una zona de baja presión, y el resto del fondo se convierte en un largo difusor, que, si es plano, permite que el aire continúe fluyendo rápidamente, aunque perdiendo velocidad, hacia la parte de atrás.

2.4.2. DIFUSORES.

Un difusor es la parte de la sección del Venturi que es divergente, que generalmente va situada en la parte trasera del automóvil (fig. No. 31), esta contrasta con la parte delantera convergente y la parte más estrecha se llama garganta.

Un difusor divergente tiene un volumen expansible que debe ser llenado de aire mientras el coche se mueve, y, para llenar ese volumen, el aire se acelera a través de la garganta Venturi, creando una reducción de la presión en esa zona, antes de entrar en el difusor y volver, más o menos, a la velocidad ambiente en la que se une con la estela (fig. No. 32).

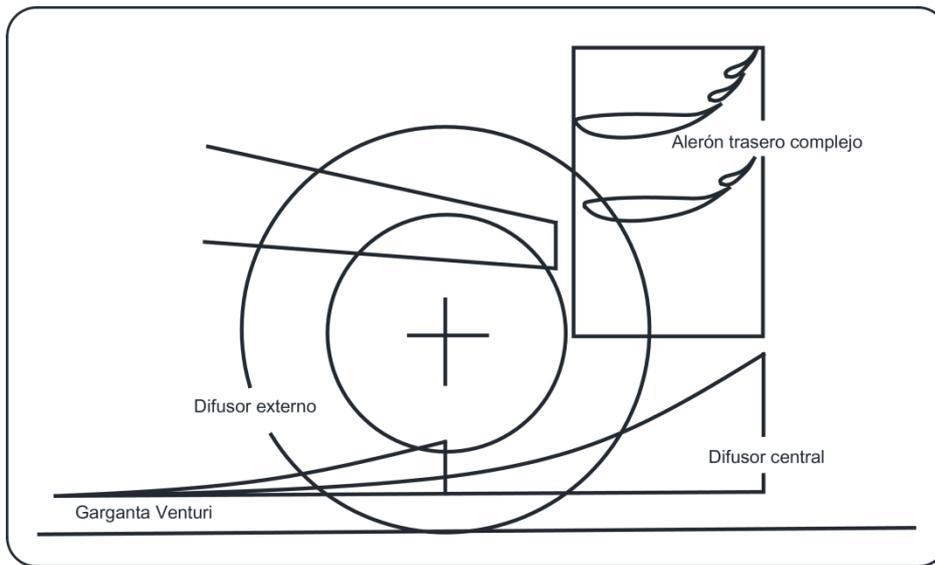


Figura No. 31: Difusor de un coche de Fórmula 1.

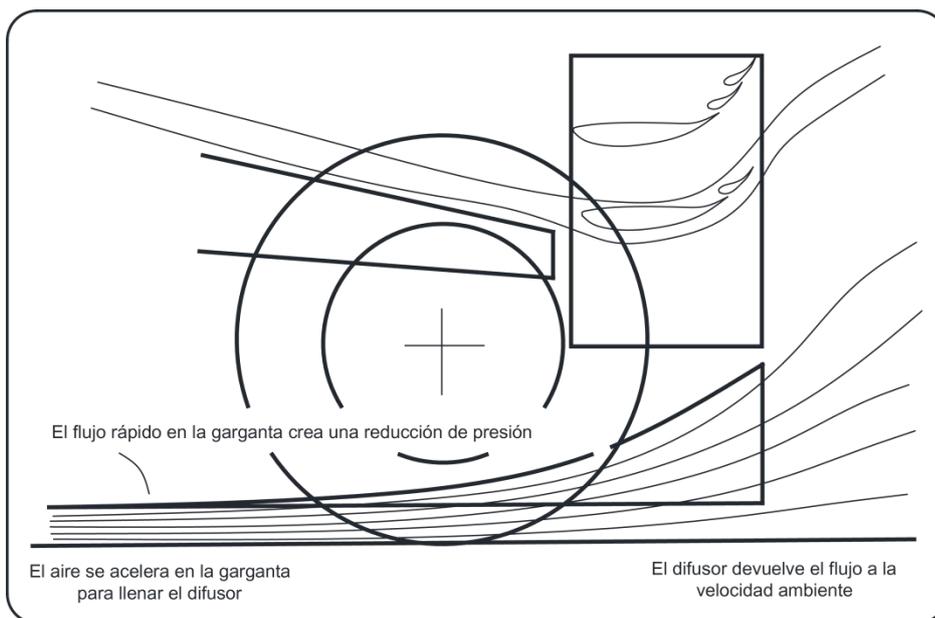


Figura No. 32: Flujo generalizado a través del centro de un difusor.

Sirve también para regresar la velocidad de la masa de aire que fluye a través de la garganta al valor inicial antes de entrar en el Venturi, el difusor tiene que sufrir un cambio gradual del ángulo con el fin de evitar que el flujo se separe del techo o de los laterales. Una ley de la naturaleza dicta que debe haber un incremento gradual de la presión a lo largo de un

difusor Venturi. Sin embargo, el fondo plano del coche puede no tener mucho espacio para un difusor que curve suavemente.



Figura No. 33: Paneles en el difusor posterior del Mercedes SLS AMG GT3.

Concluimos que mientras mayor es el ángulo de curvatura del difusor mayor será la reducción de sustentación, los valores negativos de C_L se daban con ángulos mayores de 4° hasta 11° luego las ventajas desaparecieron gradualmente. Añadiendo paneles laterales al difusor (fig. No. 33.), se conseguían aún más carga debido a que estos impedían que le flujo escape por los lados.

2.4.3. LOS TUNELES.

El túnel de efecto suelo es el precursor del difusor y ha producido las cifras de carga aerodinámica más altas jamás vistas, el primer coche con efecto suelo utilizaba pontones en forma de ala invertida fijados al chasis entre los neumáticos delanteros y traseros, además se incorporaron derivas o faldillas que llegaban al suelo sellando el fondo del coche, estas faldillas podían subir y bajar manteniendo el contacto con el suelo siempre (fig. No. 34).

Pero no se tiene muchos buenos recuerdos de estas derivas debido a que se atoraban en la posición superior provocando pérdida de carga.

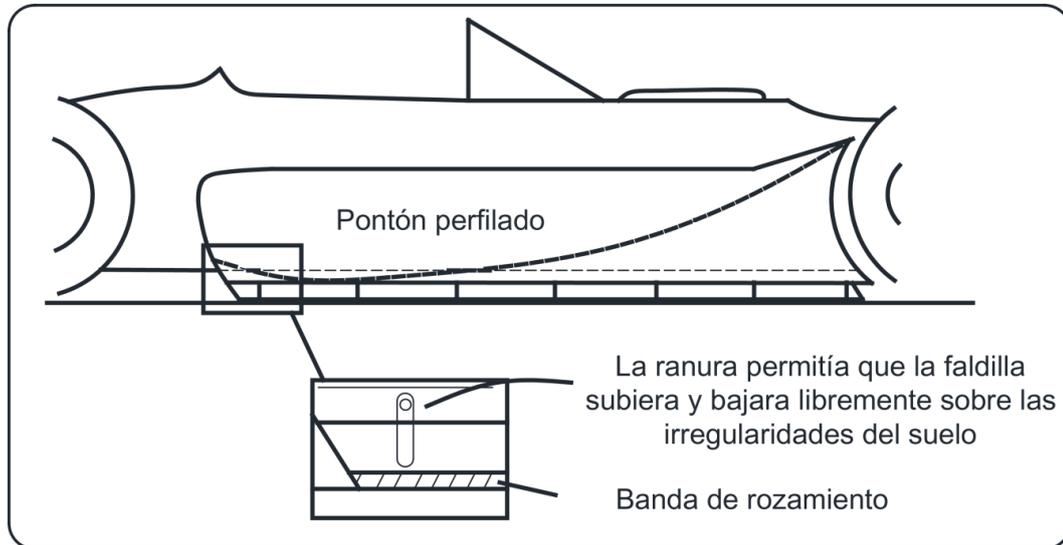


Figura No. 34: Faldillas deslizantes en un coche con efecto suelo.

En un coche de formula pueden ir dos túneles Venturi (fig. No. 35), mientras que en un coche de motor delantero podía ir uno solo, que abarcaría toda la longitud del auto (fig. No. 36), sea cual sea su disposición, todos debían tener una sección convergente corta, seguida de una garganta estrecha que llegara a un difusor divergente.

La sección convergente y la garganta era fácil de conformar y posicionar y, gracias a una vía delantera ancha, se podía garantizar que las ruedas estaban lo suficientemente apartadas. Pero las secciones de difusor tenían que adaptarse a la parte trasera del coche, pasar por el motor y los escapes, preferiblemente sin recibir los efectos adversos de las ruedas traseras.

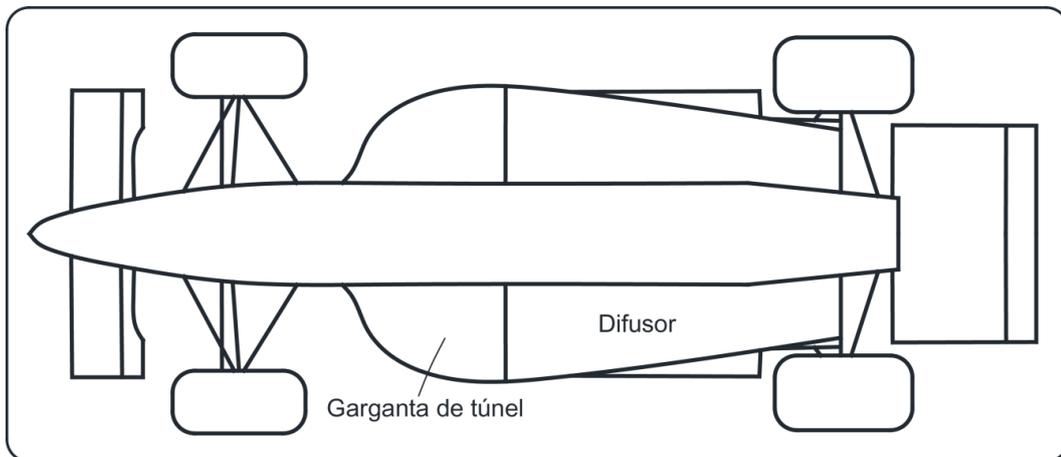


Figura No. 35: Configuración de doble túnel.

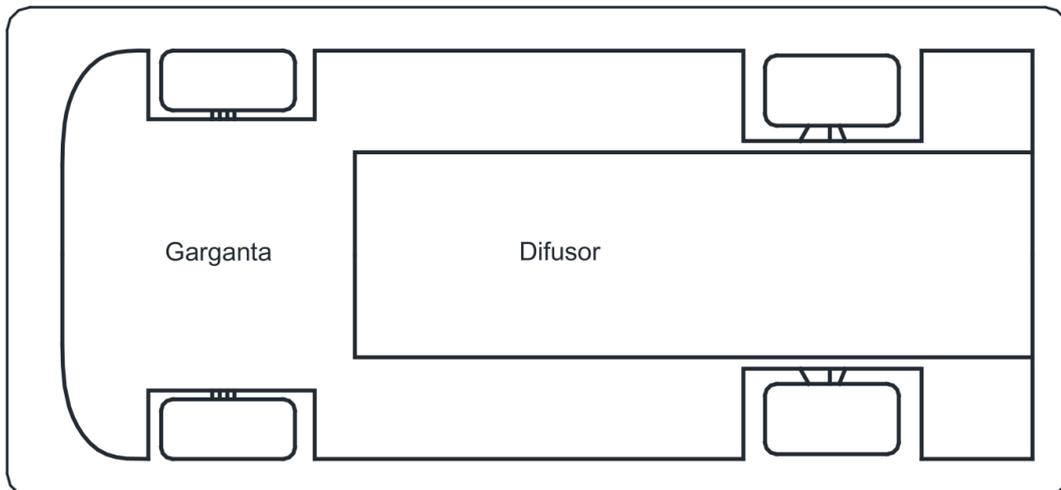


Figura No. 36: Configuración de túnel sencillo.

Los alerones traseros nunca desaparecieron y esto se debe a dos factores; primero, el alerón trasero era el modo de equilibrar la aerodinámica; y segundo, la interacción entre el alerón trasero y el flujo a través de los túneles tenía el fin de aumentar la reducción de la presión en los túneles, por lo que el efecto del alerón trasero se sentía mucho más adelante (fig. No. 37).



Figura No. 37: Coche con túnel y alerón delantero asimétrico.

Un túnel era un elemento de tres dimensiones, aunque consistía en un techo situado en ángulo recto con respecto a las paredes, las uniones del techo debían tener una forma redondeada, aunque, los túneles sin faldillas debían tener las uniones inferiores anguladas ya que esto creaba un vórtice que servía para mantener el flujo fijo (fig. No. 38).

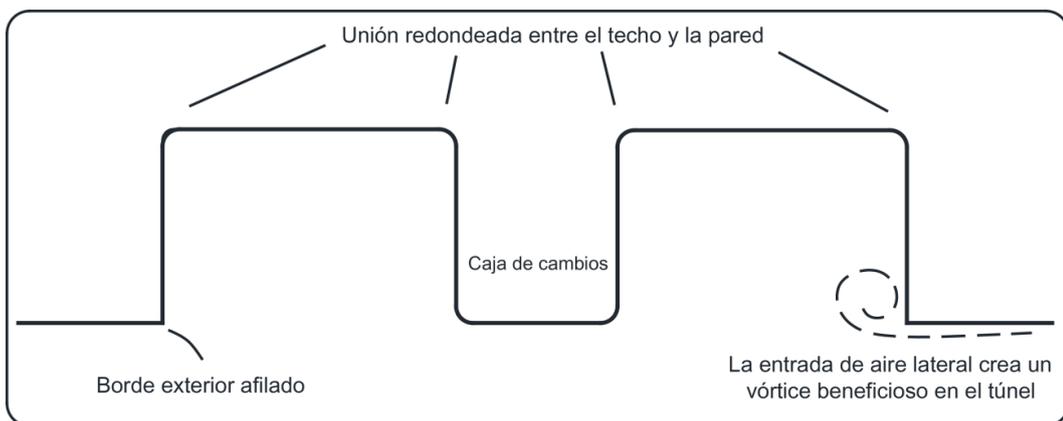


Figura No. 38: Sección transversal de un túnel doble.

Cuando se prohibieron las faldillas y se especificó una distancia mínima con respecto al suelo, se crearon soluciones inadecuadas, pero también se crearon soluciones sutiles y legales, como la de darle forma a los

bordes inferiores de los pontones para crear un vórtice móvil bajo los mismos, con el principio de evitar el paso de aire a esa zona (fig. No. 39).

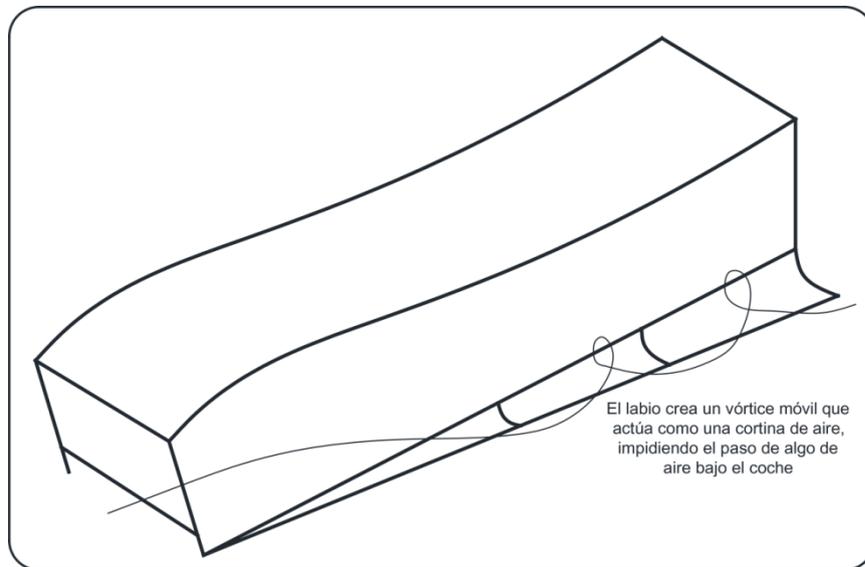


Figura No. 39: Pontón con labio exterior perfilado en lugar de un faldón.

Lo anterior se escribió en pasado ya que solo existen algunas categorías como la CART que permiten los túneles, pero de un modo más reducido, con el fin de mantener las prestaciones bajo control.

2.4.4. BAJA RESISTENCIA.

Lotus utilizó la frase HEMOS CONSEGUIDO ALGO POR NADA, ya que esta entidad controló el flujo de aire de alrededor del vehículo creando mucha carga con poca resistencia. Aunque no solo eso, manteniendo el flujo hasta los difusores en la parte trasera, el tamaño de la estela se redujo debido a la disminución del área y la elevación trasera del vehículo, pero, si existió aumento de resistencia aunque fue mínima, así que, ALGO POR NADA, sonaba algo exagerado ya que nunca se consigue algo a cambio de nada.

La configuración básica de los sport prototipos, permite un área del fondo muy amplia, y el hecho de llevar las ruedas cubiertas permite unos diseños muy afilados y con poca resistencia. Por esto, es en esta categoría donde se construyeron los vehículos más eficaces aerodinámicamente hablando. Coches como el Jaguar XJR el Porsche del 956 al 962, el Peugeot 905, el Nissan P35, y el Mazda RX7-792 fueron desarrollados hasta tal punto que se alcanzaron valores de $-C_L$ de hasta 4,0, con C_x de 0,7, y relaciones de sustentación/resistencia de hasta 6.



Figura No. 40: Porsche 956.

Por supuesto, estas cifras están en relación con su área frontal, y reflejan que la carga aerodinámica era producida, en su mayor parte, por la gran superficie de planta de los coches.

Hemos visto que el fondo de un coche puede ser modificado para producir una gran cantidad de carga aerodinámica, y que los componentes situados encima y debajo pueden influir en la eficacia aerodinámica de dicho fondo. Sin embargo, existe en general una falta de información específica que sirva al competidor aficionado. Éste, si quiere construir o mejorar túneles, o el difusor trasero, se ve obligado una vez más a la angustiosa tarea de aprender de los errores en la pista y volver a modificar en el taller. Mientras tanto, los profesionales cuentan con el cálculo de la dinámica de fluidos mediante el ordenador, para comprobar

la validez de sus ideas mucho antes de que se conviertan en un modelo a escala, para hacer toda clase de pruebas en los túneles de viento.

2.5. EFECTOS DEL TUNING.

2.5.1. TUNING AERODINÁMICO

Desde hace algunos años, viene teniendo lugar un fenómeno, posiblemente cíclico como casi todos, en que se “decora” el automóvil con elementos aerodinámicos, principalmente; dada esta naturaleza y sus consecuencias, se hace necesario conocer las repercusiones que esa decoración puede tener y originar.

El hecho de decorar un automóvil, es algo que se lleva haciendo desde que se creó; hay muchas formas de decorarlo: pintarlo a gusto del propietario, incorporarle “extras” interiores de todo tipo, etc.; pero existe otra decoración, que es la que se refiere al exterior; cuando añadimos cierto elemento, mal llamado aerodinámico como ya dijimos, estamos influyendo en alguna medida, en las características dinámicas del vehículo; por tanto, conviene saber en que grado afecta a dicha dinámica la decoración o Tuning que estamos incorporando.

Si además tenemos en cuenta, que todo este Tuning, se hereda directamente de dispositivos usados en competición, la necesidad de conocer los efectos, se hace, si cabe, más importante. Hay mucha gente que no se ha dado cuenta o no quiere darse cuenta, que su coche, no es un coche de competición.

Es necesario conocer todos estos aspectos, y más, en los tiempos que corren, desde todos los puntos de vista, tanto del consumo, como de la seguridad e integridad.

En un principio, todo coche posee una forma en perfil, que lo hace sustentador; eso es, su forma característica, para que posea baja resistencia aerodinámica, hace que tienda a elevarse y a despegarse del

suelo, con el peligro que ello conlleva; todos los fabricantes de coches, intentan evitar este efecto.

2.5.2. TUNING NEGATIVO

Los spoilers y alerones, sin son colocados convenientemente, efectivamente aumentan drásticamente el agarre de los neumáticos al asfalto, pero si no lo están, además de no hacer nada, en términos de adherencia, aumentan enormemente el consumo de combustible, por cuanto aumentan la resistencia aerodinámica. E incluso, alerones bien colocados, aumentan el consumo de combustible es simplemente un balance de energía: la energía que “ganas” por adherencia al asfalto, la pierdes en avance, y por tanto, con la misma cantidad de combustible, avanzas menos. Estos, que es de cajón, la mayoría de gente no lo tiene en cuenta. Por si fuera poca esta ignorancia, no todas las ubicaciones de dichos alerones, es la correcta obviamente; imaginemos una camioneta, de esas que poseen la popa totalmente vertical; si colocamos un alerón, por ejemplo, en la zona media de la puerta, no causará ningún efecto, por cuanto no existirá flujo alguno de aire alrededor del alerón, con lo que su efectividad será totalmente nula y absurda.

Conocer la ubicación óptima de un alerón, es algo que sólo se puede realizar a partir de simulaciones CFD por ordenador, o a partir de la realidad o túnel de viento.



Figura No. 41: Efectos negativos del tuning.

2.5.3. TUNING CON RESPONSABILIDAD.

El objetivo básico de estos accesorios, es la canalización del aire de forma óptima; esto es, dejando pasar el flujo óptimo, y de la manera más adecuada.

Por lo dicho, esta canalización u optimización del flujo, vendrá determinada, por las características del coche en general como estructura exterior, así como por la estructura mecánica interior (motor, frenos, etc.).

La canalización del flujo de aire, es necesaria, sobre todo en coches de competición, para 3 funciones: Efecto suelo, refrigeración de frenos, refrigeración agua / aceite.

Estos son básicamente, los 3 objetivos que tiene el aire que incide sobre la proa del vehículo; canalizarlo adecuadamente y hacer que vaya por donde ha de ir, es el objetivo de los spoilers de proa. Por si fuera poco además, incluso es posible diseñarlos de forma que creen down-force.

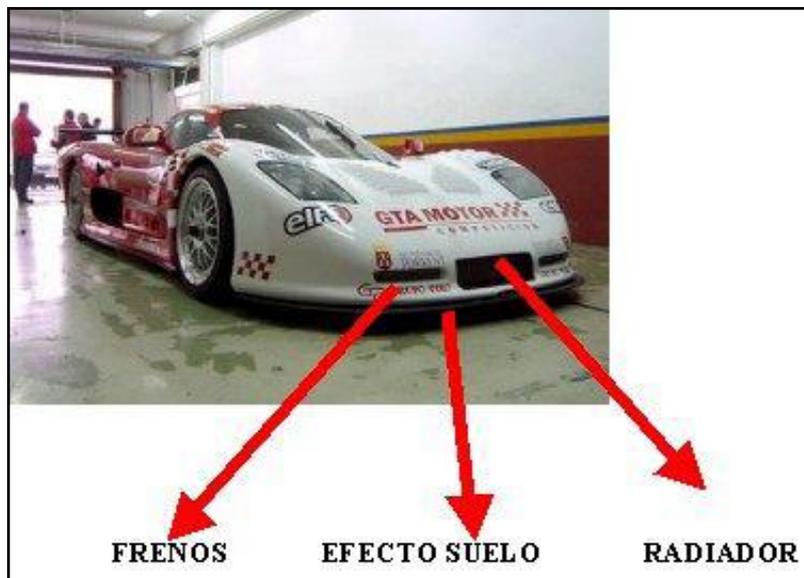


Figura No. 42: Canalizaciones necesarias para el flujo de aire.

Cabe señalar otro aspecto, que afecta mucho a esa creencia muy extendida, de que colocando Tuning en mi coche, va a ir más rápido, el hecho de adecuar el flujo para que se produzca determinado efecto suelo

por ejemplo, implica que las demás características que dependen de este efecto suelo, estén correctas; el efecto suelo, como ya vimos, es consecuencia de la alta velocidad del aire por debajo del coche; si esta velocidad no se da, el efecto suelo y por tanto la adherencia al suelo, no se hace presente o al menos no aumenta. En los coches de serie, los “bajos” son extremadamente rugosos: tubo de escape, tuberías varias, protuberancias, etc. hacen que la velocidad, por mucho que intentemos aumentarla al inicio, se reduzca al pasar por estas imperfecciones.

De hecho, en los coches auténticamente de competición, el suelo es absolutamente liso, y cuanto más liso éste sea, más velocidad podrá alcanzar el flujo inferior, produciéndose mucho efecto suelo.

Hemos intentado dar a conocer las ventajas o aplicaciones, y sobre todo los inconvenientes y problemas que puede acarrear la instalación de Tuning aerodinámico; hay que tener en cuenta además y por si no fuera poco lo ya dicho, que la instalación de dichos dispositivos, en principio, altera la dinámica original (y con la que se ha diseñado el coche) del automóvil; ello supone una variación de las características propias e incluso de la fiabilidad o seguridad.

A título de ejemplo y como final muy apropiado, observemos el Audi TT, en su origen:



Figura No. 43: Audi TT

Debido a numerosos accidentes y demandas por parte de algunos usuarios, la casa Audi, diseñó e hizo instalar a usuarios ya del coche y en sucesivas series, un pequeño alerón o spoiler de popa; ello, aumentaba la fuerza de agarre al asfalto, cosa que sin él, se produjeron varios accidentes.



Figura No. 44: Audi TT con alerón posterior.

CAPITULO 3

3. FORMULAS Y DATOS

3.1. OBTENCIÓN DE MEDIDAS ESTÁNDAR DE LA CARROCERÍA.

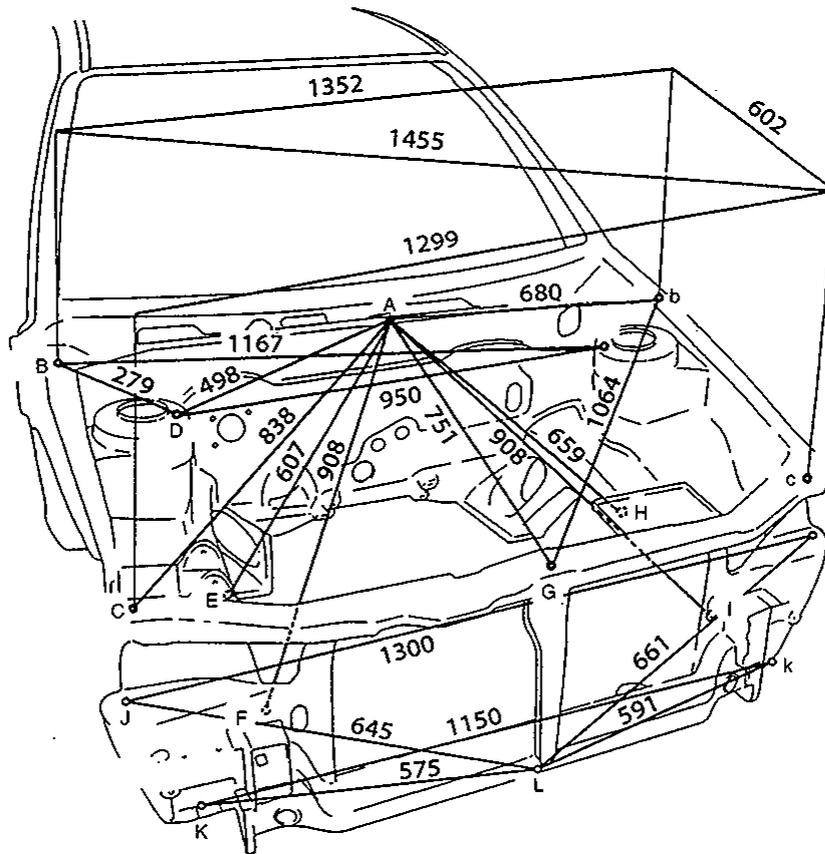


Figura No. 45: Medidas frontales de la carrocería

Tabla No. 3: Medidas frontales de la carrocería.

Posición	Longitud (mm)	Posición	Longitud (mm)
A - b	680	b - c	602
A - C	838	B - d	1167
A - D	498	C - c	1299
A - E	607	D - d	950
A - F	908	G - b	1064
A - G	751	J - j	1300
A - H	659	J - L	645

A - I	908	K - k	1150
B - b	1352	K - L	575
B - c	1455	L - j	661
B - D	279	L - k	591

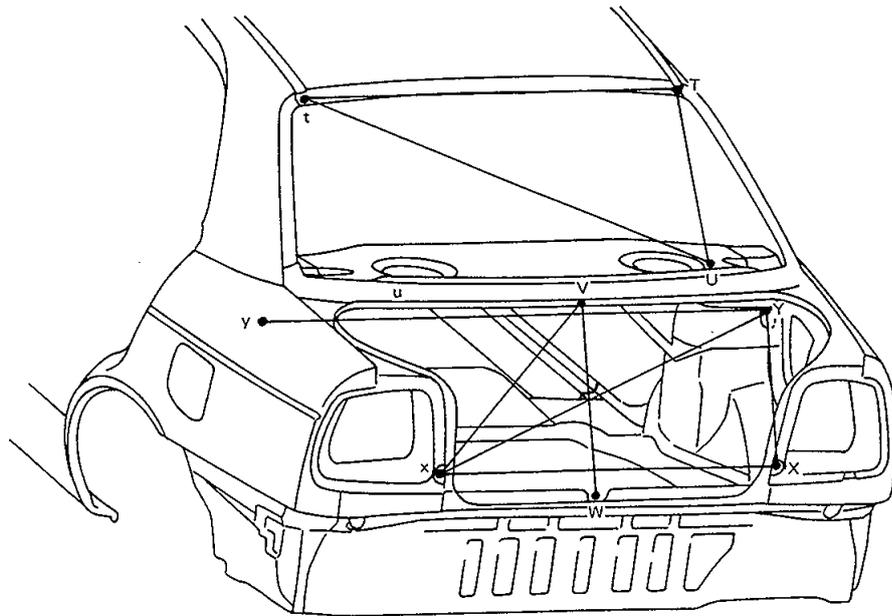


Figura No. 46: Puntos de medida posteriores de la carrocería.

Tabla No. 4: Medidas posteriores de la carrocería.

Posición	Longitud (mm)	Posición	Longitud (mm)
T - t	898	X - x	825
T - U	514	Y - X	694
t - U	991	Y - x	1247
V - x	1046	Y - y	1300
V - W	458		

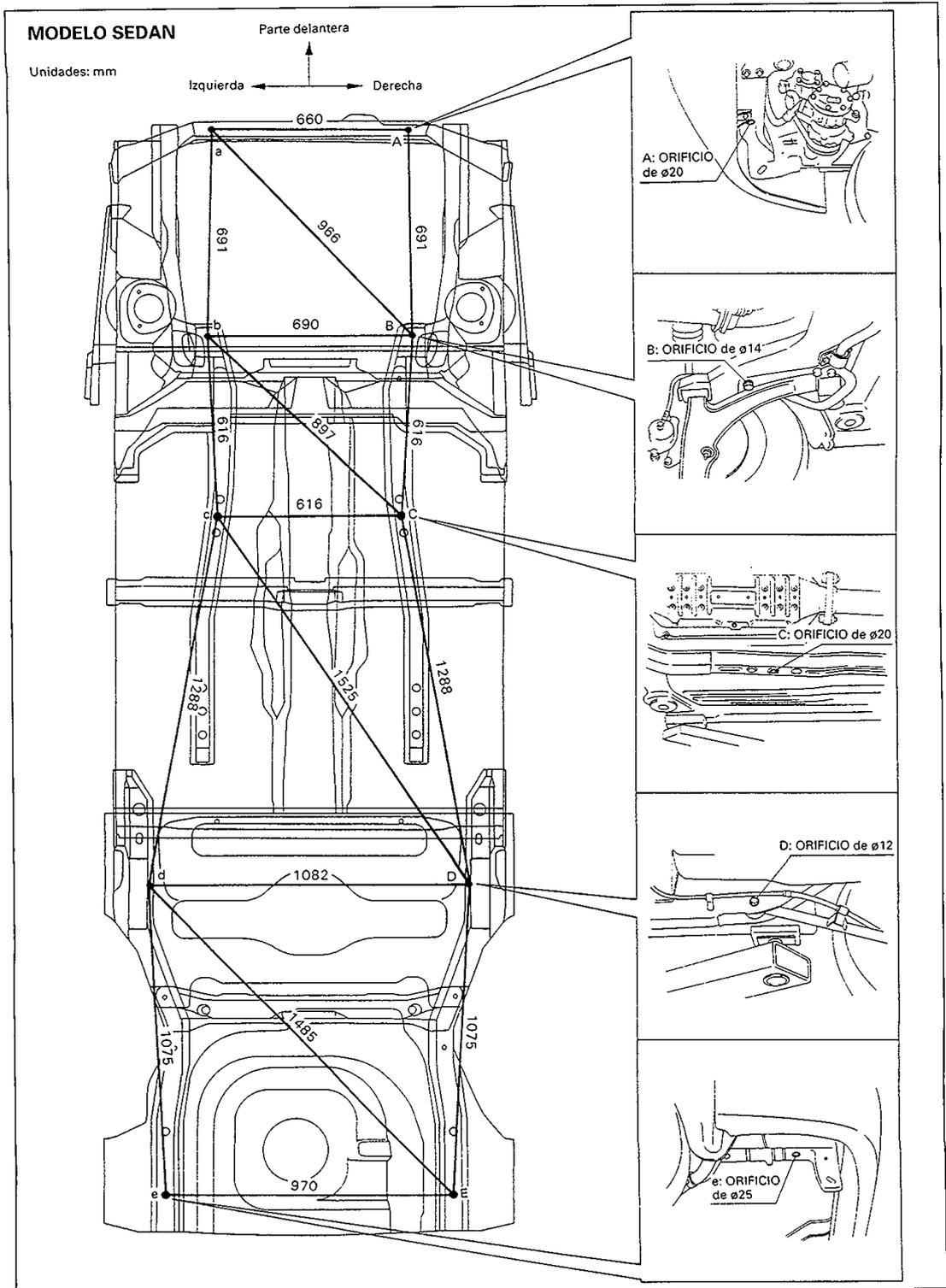


Figura No. 47: Dimensiones del bastidor inferior.

3.2. CONFIGURACIÓN DE ALERÓN.

Para un alerón de un solo elemento, los parámetros de selección incluyen:

- 1.** Un ángulo de ataque bajo para conseguir poca carga aerodinámica y poca resistencia, un ángulo de ataque alto, hasta un máximo de 14 - 16° relativo al flujo de aire, para una mayor carga aerodinámica, con el consiguiente hándicap de la resistencia.
- 2.** Poco grosor para poca carga aerodinámica y poca resistencia, y hasta 0,12c para mayor carga, aunque a velocidades bajas, el grosor es mucho menos crítico.
- 3.** Pequeñas cantidades de curvatura, de unos 0,3c. para poca carga aerodinámica, y una curvatura mayor, de entre 0,05c hasta 0,15c, para mayor carga, junto con un desplazamiento hacia atrás, posiblemente hasta 0,5 o 0,6c.
- 4.** Radio del borde de ataque entre 1 - 3 % de cuerda.

El plan de ocho puntos para lograr una configuración aproximada a la ideal es el que sigue:

- 1.** Calcule la velocidad máxima teórica sin alerones. Para ello necesitará los valores del área frontal, la potencia disponible en las ruedas y el C_x .
- 2.** Decida cuánta de esa velocidad máxima está dispuesto a sacrificar con el montaje de alerones. Una presunción implícita, basada en la experiencia y las mediciones, es que los alerones delanteros no añaden una cantidad significativa de resistencia. Sólo el alerón trasero contribuye de forma notable al incremento de la resistencia del coche.
- 3.** Calcule la diferencia en cifras de la potencia absorbida entre la velocidad máxima sin alerones y la velocidad máxima que está dispuesto a aceptar

con alerones.

4. La diferencia entre estas dos cifras de absorción de potencia es lo que se va a «donar» al alerón trasero en su búsqueda de la carga aerodinámica.

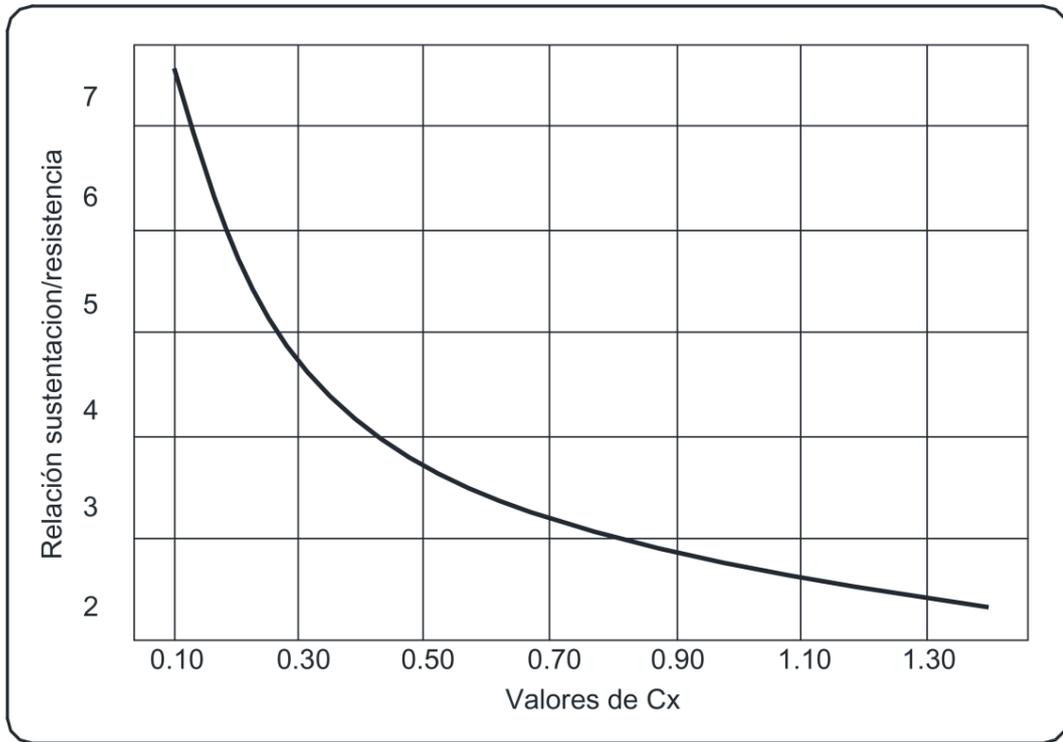
5. Calcule el valor C_x máximo para el alerón que esto representa. Para esto necesita los valores de la envergadura y cuerda del alerón, con el fin de calcular el área de planta del mismo.

6. Utilizando un valor estimativo para la relación de sustentación/resistencia, averigüe que valor C_L corresponde con el valor C_x , y después consulte los catálogos de alerones para buscar la primera configuración básica (esto incluye los alerones de uno, dos o varios elementos), un perfil específico que le de este valor C_L , y el ángulo de ataque aproximado. En el apéndice 1 del libro encontrará unas cuantas configuraciones de alerones, con sus perfiles y sus características de sustentación, pero existen muchas más opciones donde elegir.

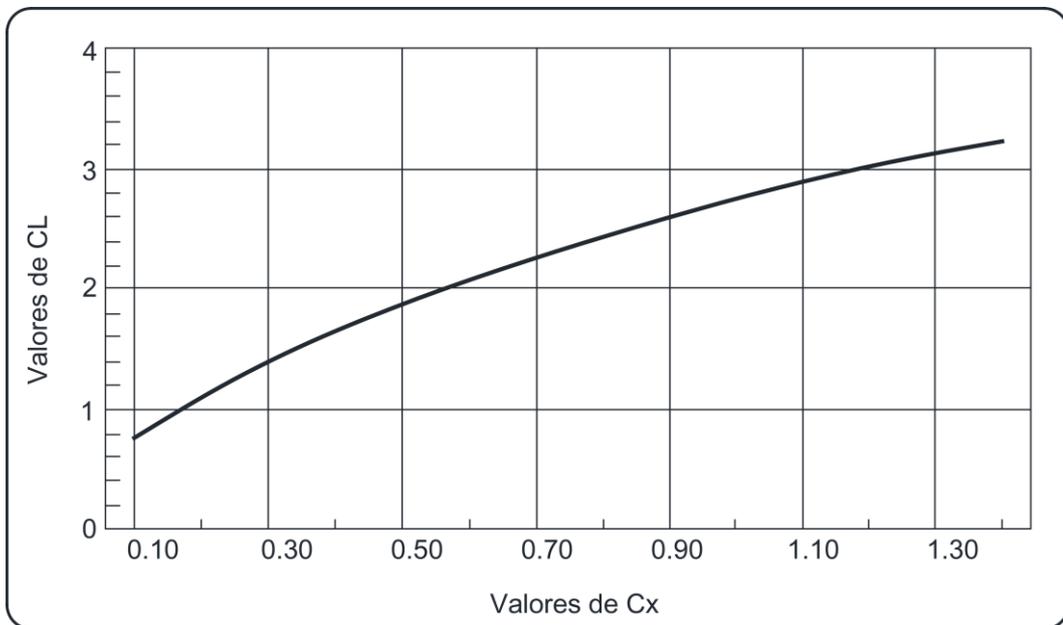
7. Calcule la cifra teórica de carga aerodinámica que te dará el alerón trasero, y después calcule la carga necesaria en la parte delantera para equilibrar este valor. Aquí son necesarias las dimensiones del alerón delantero, así como la distancia que habrá con respecto al suelo, con el fin de que el efecto suelo nos ayude a determinar la cantidad de C_L , delantero.

8. Consulte los catálogos de alerones una vez más para determinar la configuración apropiada, el perfil y el ángulo de ataque aproximado para los alerones delanteros.

El dibujo de la gráfica No. 7 muestra una correlación basada en datos publicados sobre la relación sustentación/resistencia en relación con el C_x , y la gráfica No.8 muestra los valores de C_L , en relación con las cifras de C_x , derivadas de éste.



Gráfica No. 7: Relación sustentación/resistencia vs Cx



Gráfica No. 8: CL vs Cx

CAPITULO 4

4. DISEÑO Y PRUEBAS

4.1. DISEÑO Y MODELADO POR SOFTWARE.

Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk. Compite con otros programas de diseño asistido por computadora como SolidWorks, Pro/ENGINEER, CATIA y Solid Edge. Entró en el mercado en 1999, muchos años después que los antes mencionados y se agregó a las Series de Diseño Mecánico de Autodesk como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia, permitiendo que los computadoras personales ordinarias puedan construir y probar montajes de modelos extensos y complejos.

Autodesk Inventor se basa en técnicas de modelado paramétrico. Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas.

Los bloques de construcción cruciales de Inventor son las piezas. Se crean definiendo las características, que a su vez se basan en bocetos (dibujos en 2D). Por ejemplo, para hacer un cubo simple, un usuario primero haría un boceto con forma de cuadrado y después utilizaría la herramienta extrusión para levantar el cuadrado y darle volumen, convirtiéndolo en el cubo. Si un usuario desea entonces agregar un eje que salga del cubo, podría agregar un boceto en la cara deseada, dibujar un círculo y después extruirlo para crear un eje. También pueden

utilizarse los planos de trabajo para producir los bocetos que se pueden compensar de los planos útiles de la partición. La ventaja de este diseño es que todos los bocetos y las características se pueden corregir más adelante, sin tener que hacer de nuevo la partición entera. Este sistema de modelado es mucho más intuitivo que en ambientes antiguos de modelado, en los que para cambiar dimensiones básicas era necesario generalmente suprimir el archivo entero y comenzar de cero.

Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes. Por ejemplo, si uno coloca un piñón sobre un eje, una restricción insertada podría agregarse al eje y el piñón haciendo que el centro del eje sea el centro del piñón. La distancia entre la superficie del piñón y del extremo del eje se puede también especificar con la restricción insertada. Otras restricciones incluyen Coincidencia, Nivelación, inserción (insertar), ángulo (ángulo), tangente (tangente), transicional, movimiento, sistema de coordenadas de usuario.

Este método de modelado permite la creación de ensamblajes muy grandes y complejos, especialmente porque los sistemas de piezas pueden ser puestos juntos antes de que se ensamblen en el ensamblaje principal; algunos proyectos pueden tener muchos sub-ensamblajes parciales.

Inventor utiliza formatos específicos de archivo para las piezas (.IPT), ensamblajes (.IAM), vista del dibujo (.IDW y .DWG) y presentaciones (IPN), pero el formato del archivo de AutoCAD .DWG puede ser importado/exportado como boceto.

Las últimas versiones de Inventor incluyen funcionalidades que poseían muchos modeladores 3D de mediano y alto nivel. Utiliza el Gestor de Formas (Shape Manager) como su kernel de modelaje geométrico, el cual pertenece a Autodesk y fue derivado del kernel de modelaje ACIS.

Además incluye, en la versión profesional, las herramientas necesarias para crear piezas de plástico y sus respectivos moldes de inyección. Cuenta también con análisis de tensiones por elementos finitos y análisis dinámicos. Creación y análisis de estructuras, piping y cableado, y las tecnologías iPart, iAssembly, iMates, iCopy, iLogic hacen que el diseño sea más rápido y eficiente. Su combinación con Autodesk Vault y Autodesk 360 la hacen líder en el mercado del diseño mecánico.

4.1.1. DISEÑO DE ALERÓN POSTERIOR.

Para empezar tomamos la medida de la cajuela del vehículo y procedemos a crear un sólido rectangular en Inventor.

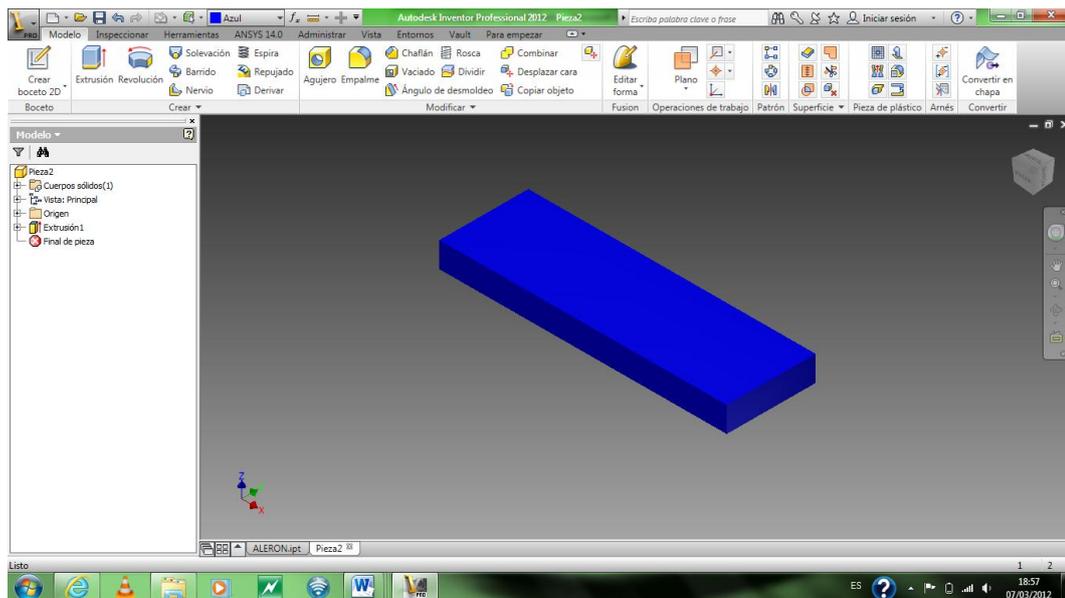


Figura No. 49: Solido a medida de la cajuela del vehículo.

Creamos un boceto en la parte superior de sólido con la forma que queremos darle al alerón, fabricamos un rectángulo alrededor y extruimos como corte.

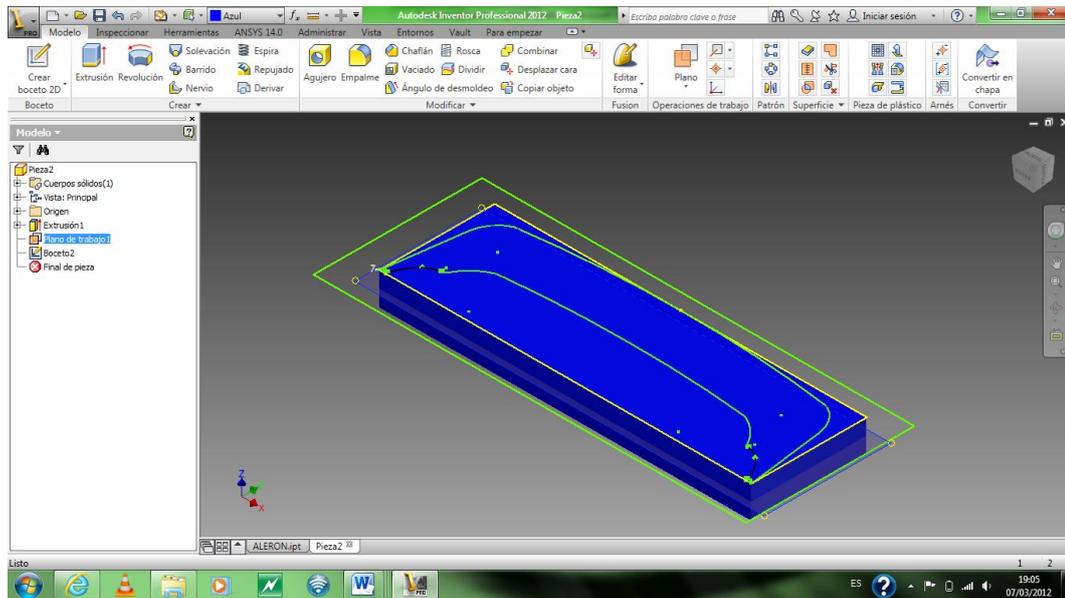


Figura No. 50: Diseño primario superior del Alerón.

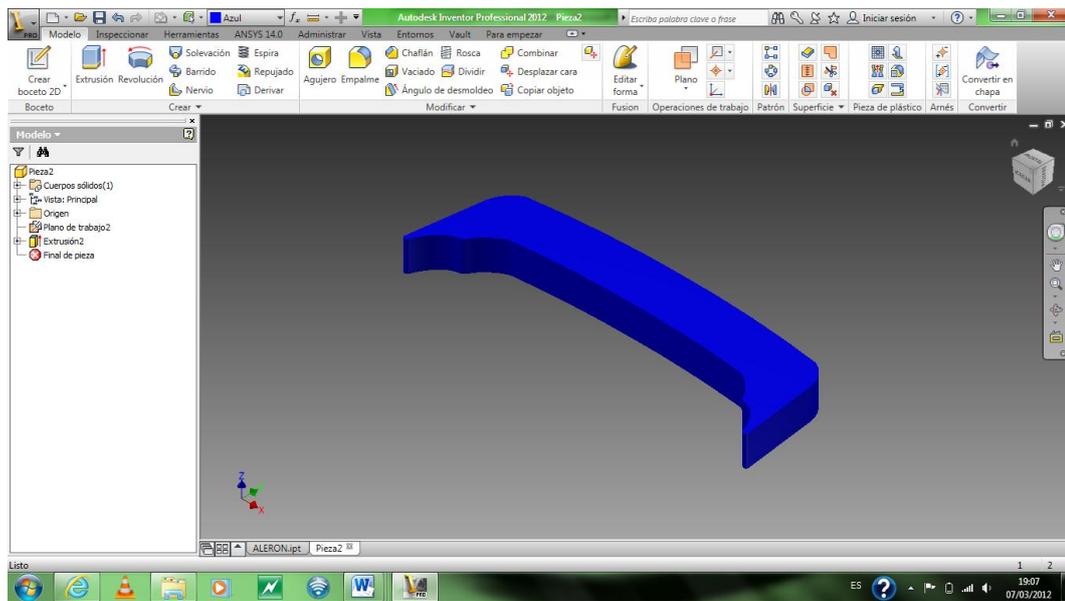


Figura No. 51: Solido después de la extrucción.

Luego realizamos un boceto en la parte lateral del alerón, este de acuerdo a gusto del diseñador tomando en cuenta la estética y la aerodinámica, también creamos un rectángulo alrededor y lo extruimos como corte.

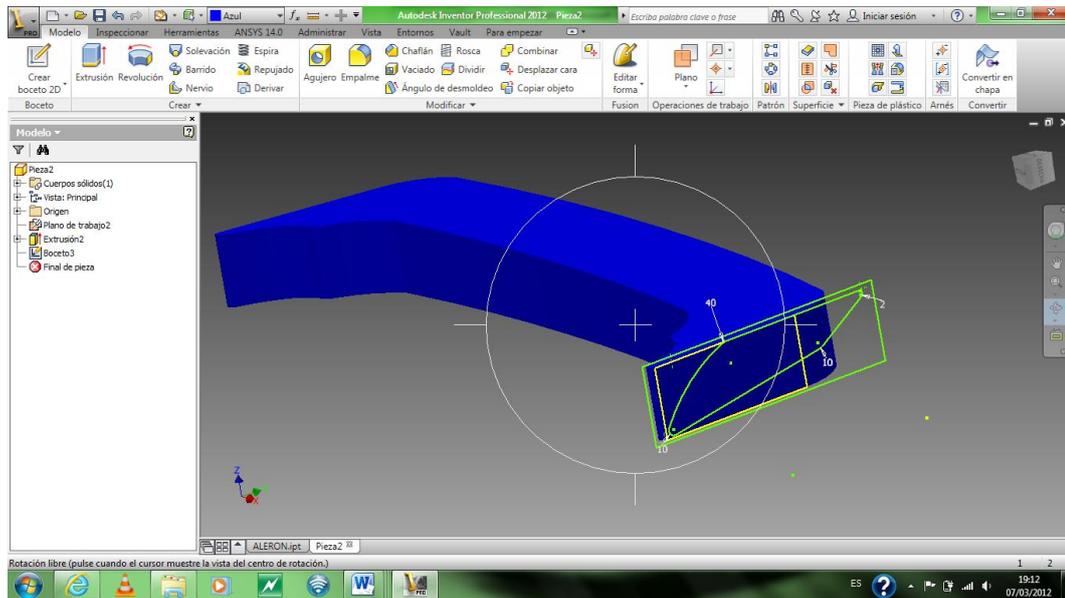


Figura No. 52: Boceto lateral.

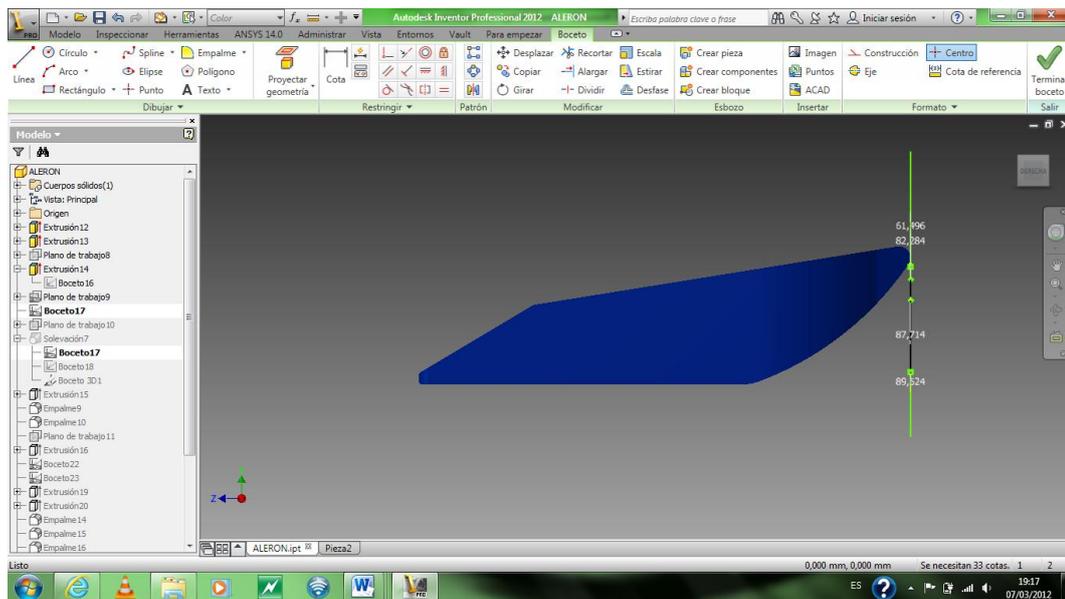


Figura No. 53: Sólido después de la extrucción.

Creamos otro boceto, ahora en la parte frontal, y un similar en la parte posterior, realizamos también un boceto 3D, luego tomamos la opción solevado y nos pedirá que señalemos los bocetos y el camino de solevado así que tomamos desde el boceto 1, hasta el boceto 2, siguiendo el camino del boceto 3.

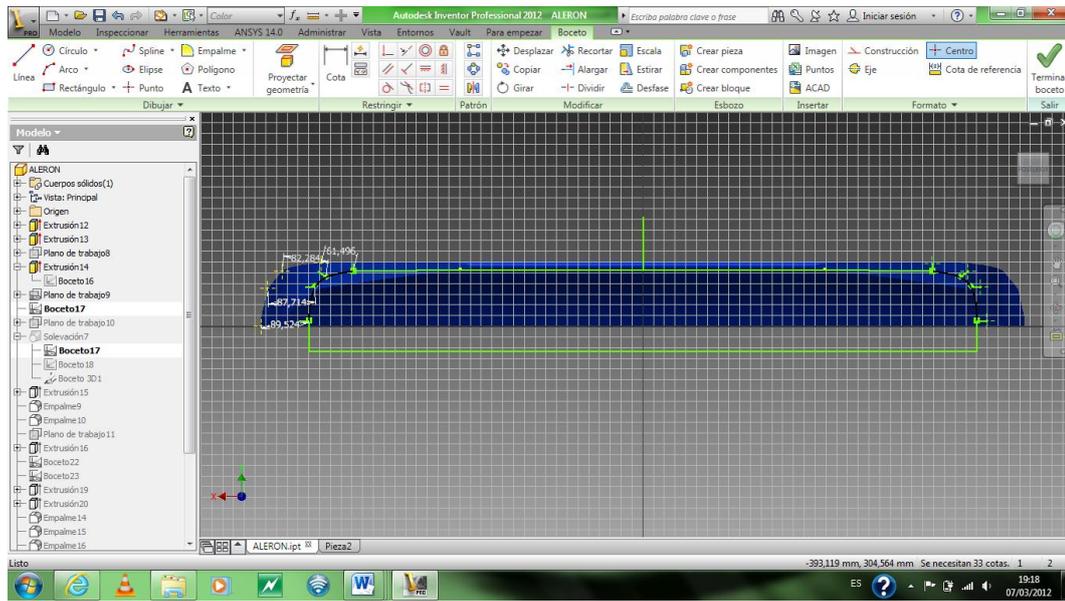


Figura No. 54: Boceto en la parte frontal.

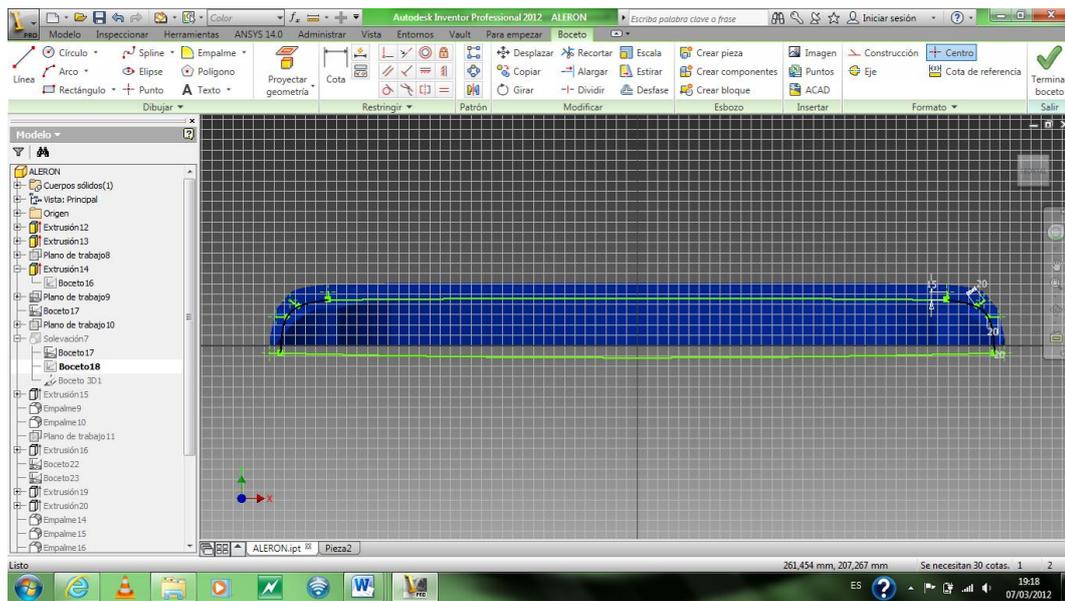


Figura No. 55: Boceto en la parte posterior.

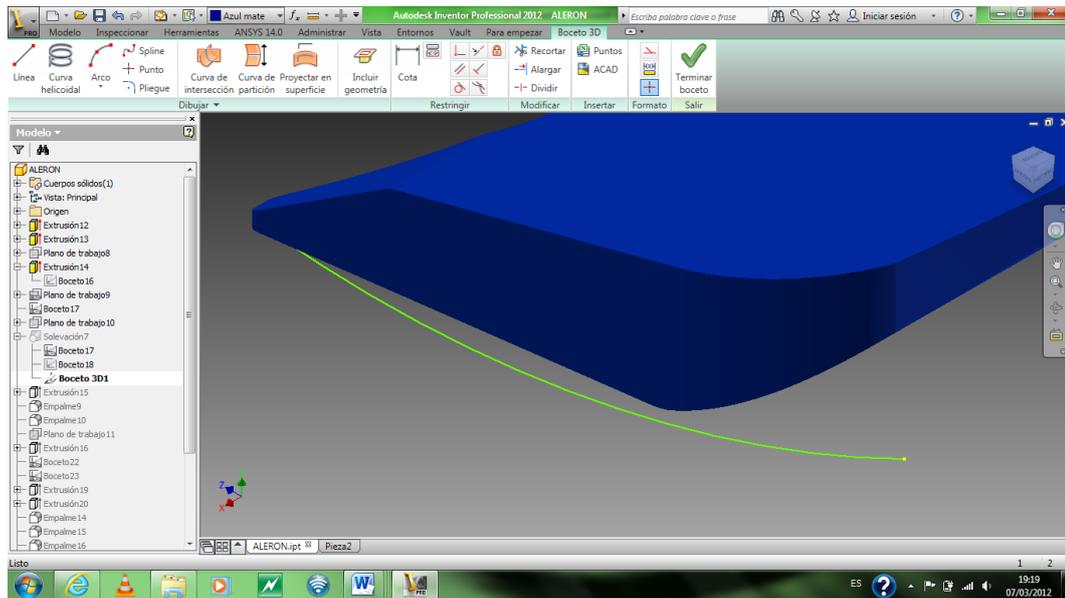


Figura No. 56: Boceto en 3D.

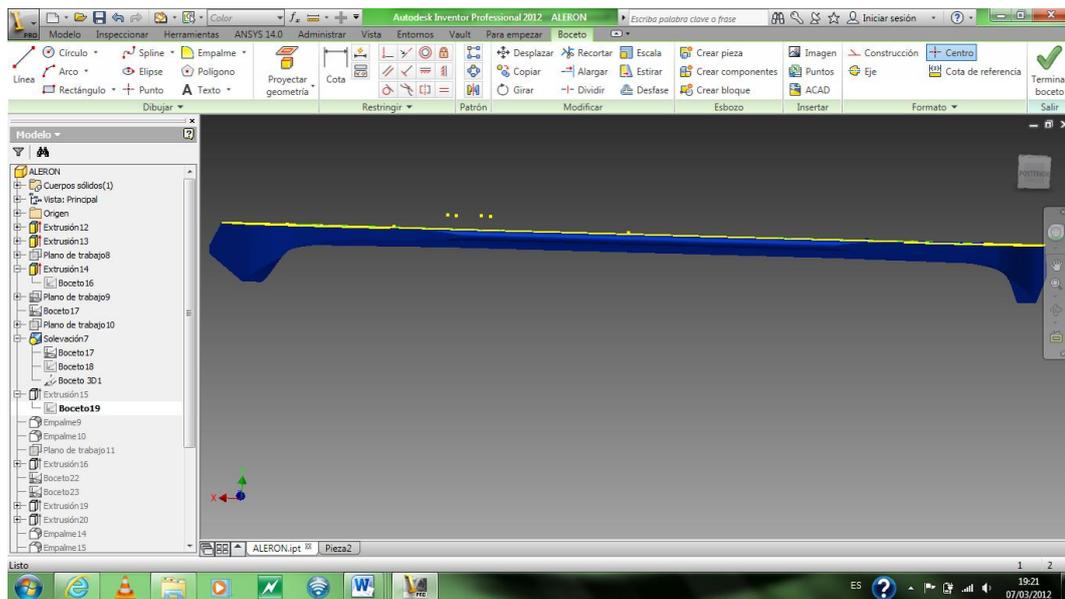


Figura No. 57: Solido después de solevado.

Ahora le damos unos detalles en la parte superior del alerón que harán que se cree más sustentación en estas, ya que irán con inclinación, lo cual generará mayor presión, tomamos la forma que deseamos y realizamos una extrucción con inclinación, además como va a quedar las esquinas de la extrucción le colocamos unos empalmes en las esquinas

pero de forma inversa lo que nos ayudara a minimizar las perdidas y también mejorara la visualización estética.

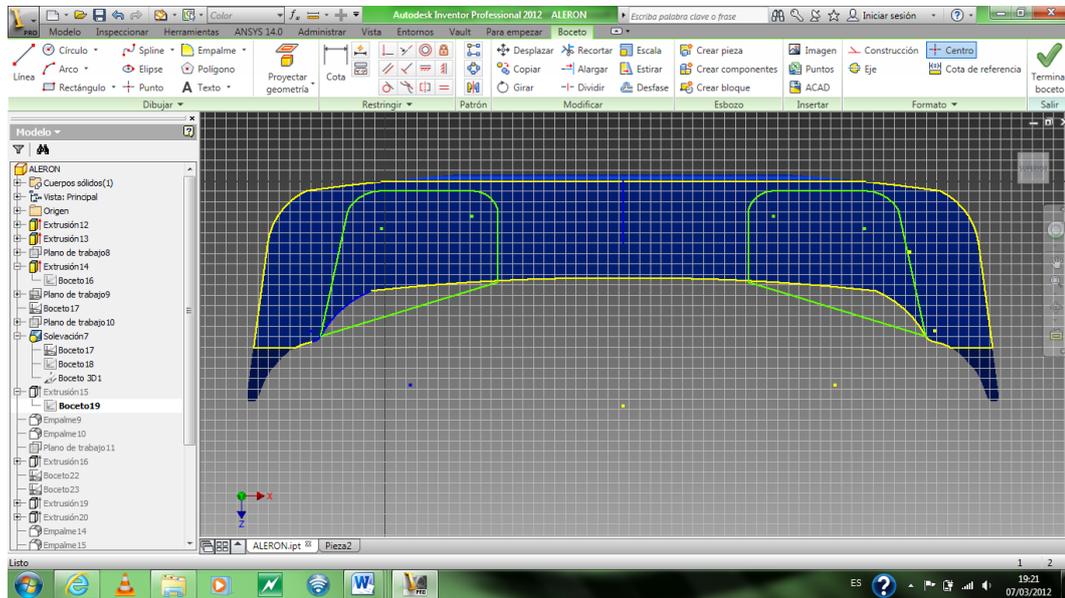


Figura No. 58: Bocetos superiores para detalles en el Alerón.

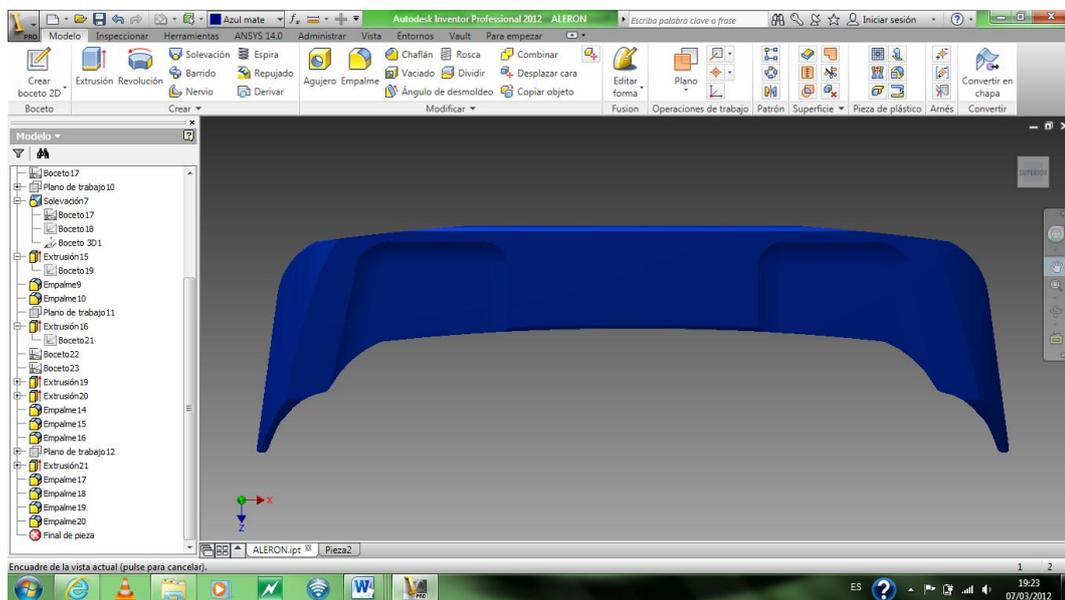


Figura No. 59: Sólido después de la extrucción.

Ya tenemos diseñado la forma básica del alerón, ahora vamos a realizar unos bocetos para crear las bases que van a ir sujetas a la cajuela, estas

también son a gusto del diseñador pero tenemos que tomar en cuenta que la distancia entre ellas no debe ser mayor al ancho de la cajuela, de lo contrario sobresaldrán y será difícil la sujeción del alerón a la carrocería del vehículo.

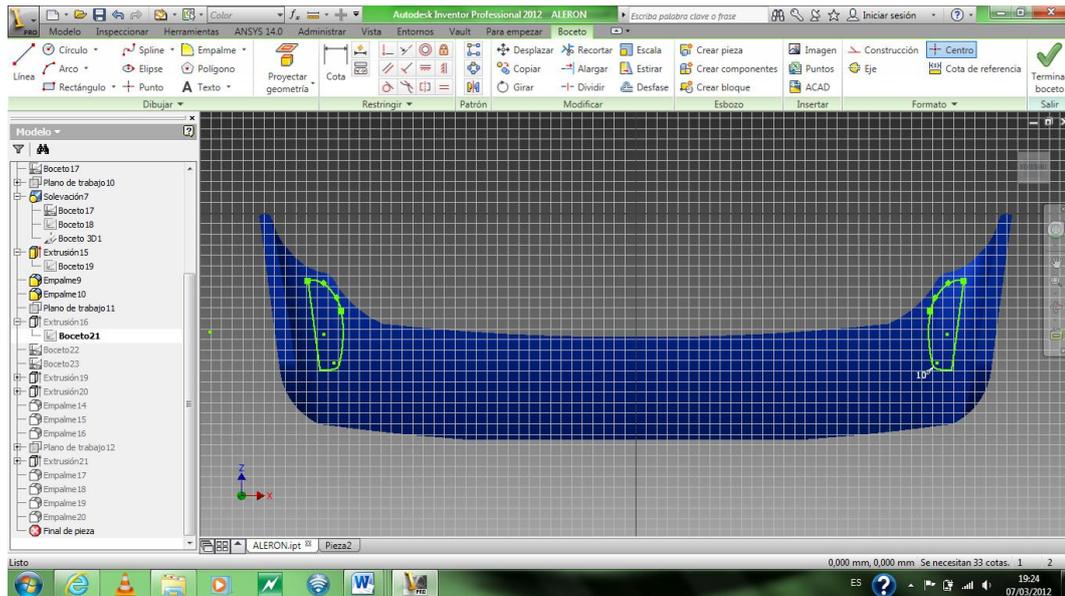


Figura No. 60: Bocetos inferiores para la creación de bases.

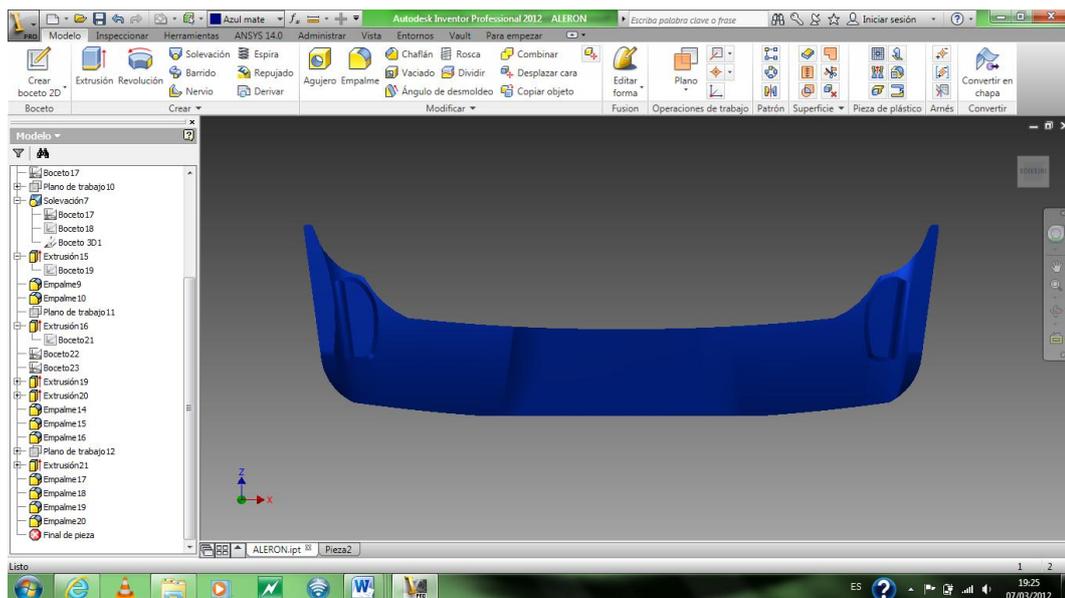


Figura No. 61: Solido después de la extrucción.

Ahora daremos unos detalles en la parte frontal, estos mejoraran la estética del vehículo y ayudaran a disminuir las perdidas en las partes laterales del alerón, lo que hará que el aire fluya más rápido en esas zonas.

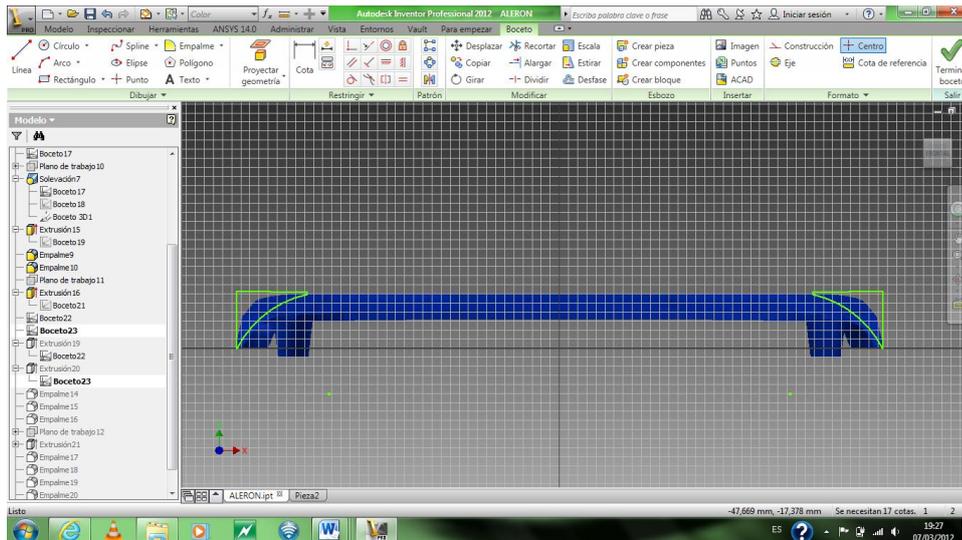


Figura No. 62: Boceto frontal para detalles laterales de Alerón.

También haremos un boceto en la parte frontal inferior para disminuir la masa y para que el alerón se visualice mejor estéticamente.

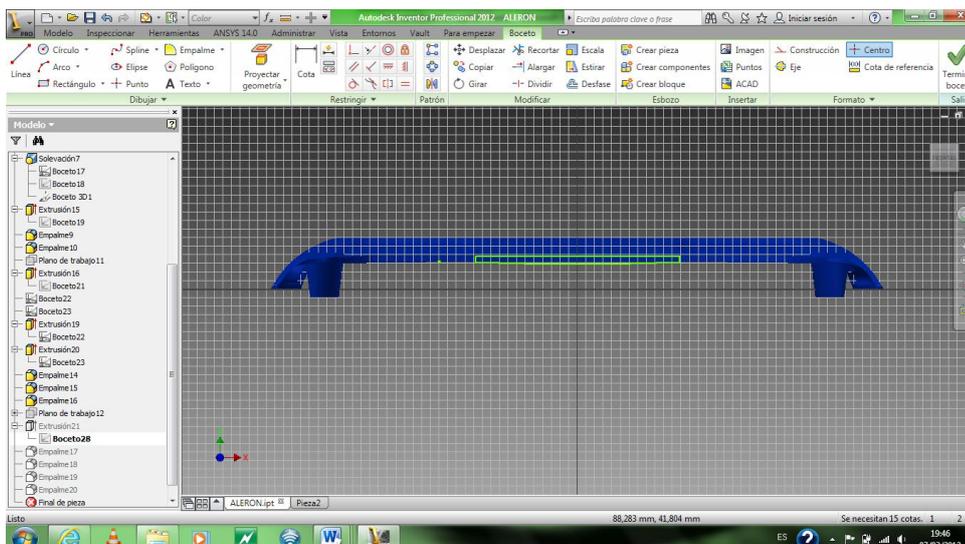


Figura No. 63: Boceto frontal para detalle inferior de Alerón.

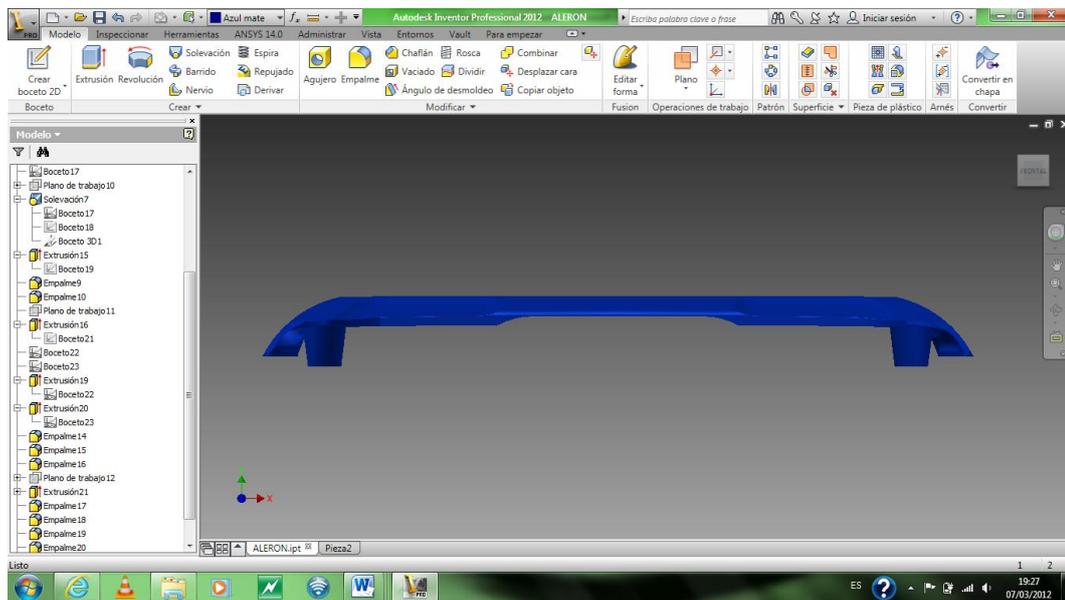


Figura No. 64: Solido después de la extrucción.

Una vez realizado todos los acabados con algunos chaflanes en esquinas y demás, el resultado del diseño que obtuvimos es el siguiente.

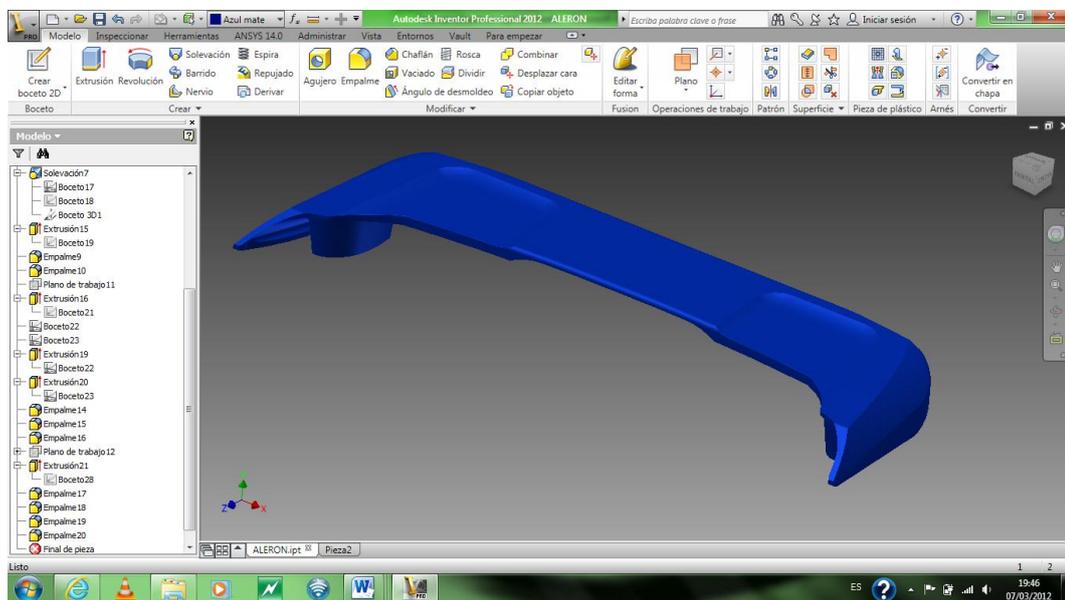


Figura No. 65: Alerón Posterior terminado.

4.1.2. DISEÑO DE LOS ESTRIBOS LATERALES.

Tomando en cuenta los mismos parámetros de diseño del alerón, pero con la diferencia que la distancia a medir ahora, es la longitud de la carrocería de la parte inferior de las puertas, creamos un sólido, con las dimensiones mencionadas y además les sumamos, la longitud de la altura en la cual se van a posicionar estos accesorios del suelo.

En la figura No. 66 observamos el sólido inicial para el diseño del estribo con las medidas anteriormente mencionadas, crearemos únicamente el derecho debido a que con la función SIMETRIA es posible generar el otro con longitudes, características y detalles idénticos sin necesidad de volver a diseñar nuevamente.

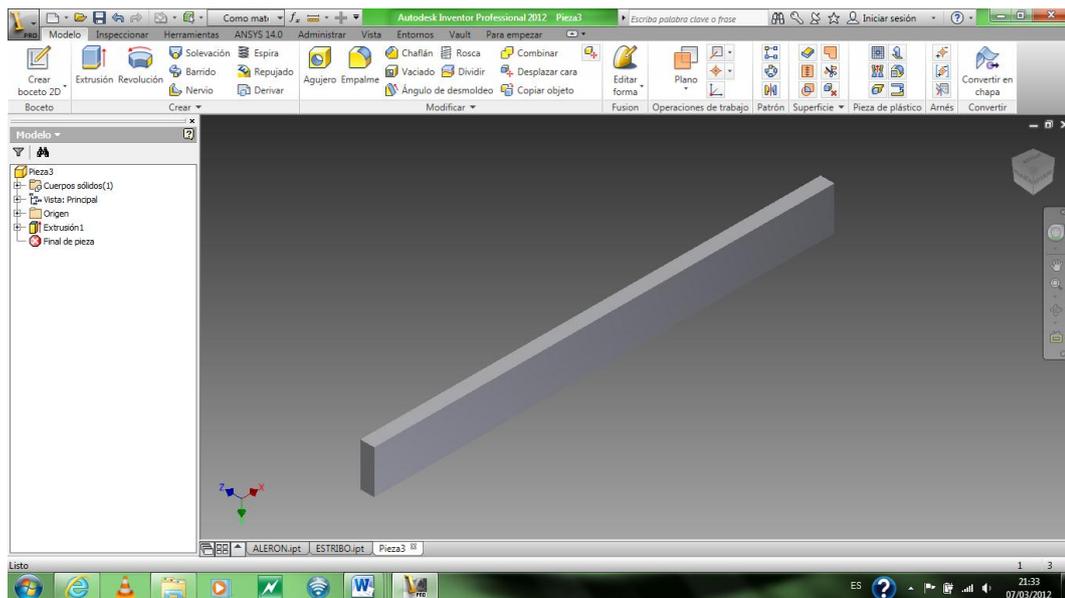


Figura No. 66: Sólido principal para estribo posterior.

En la figura No. 67 podemos apreciar el resultado del diseño, previos pasos y criterios de diseño aplicamos en nuestro programa de creación.

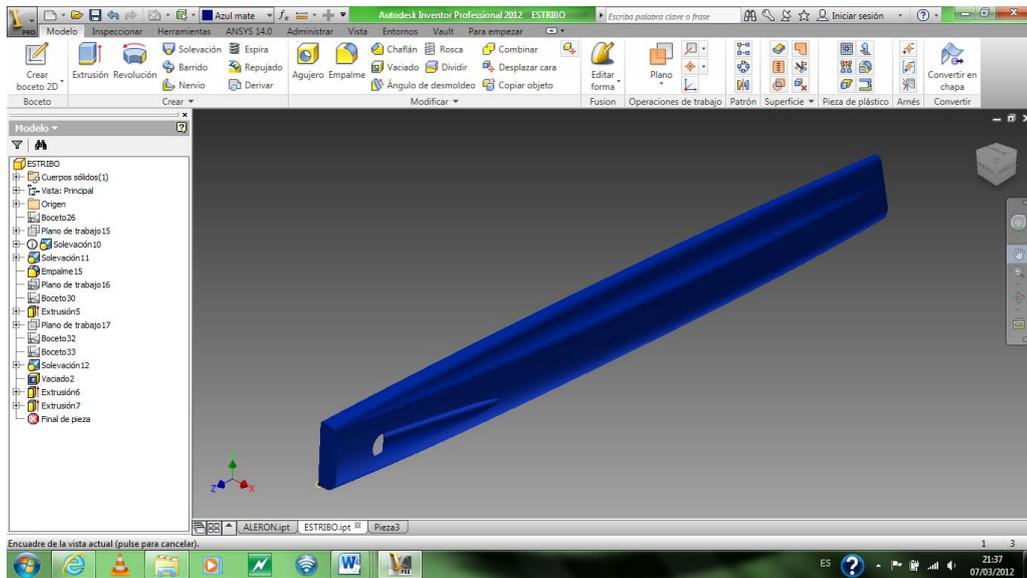


Figura No. 67: Estribo Lateral Terminado.

4.1.3. DISEÑO DEL FALDÓN DELANTERO.

Los parámetros son similares, la diferencia son las dimensiones, ahora tomamos las medidas frontales de la carrocería, y realizamos un sólido con solo la mitad de la longitud frontal (figura No. 68). Lo diseñamos así ya que esta pieza es simétrica, el resultado lo podemos apreciar en la figura No. 69.

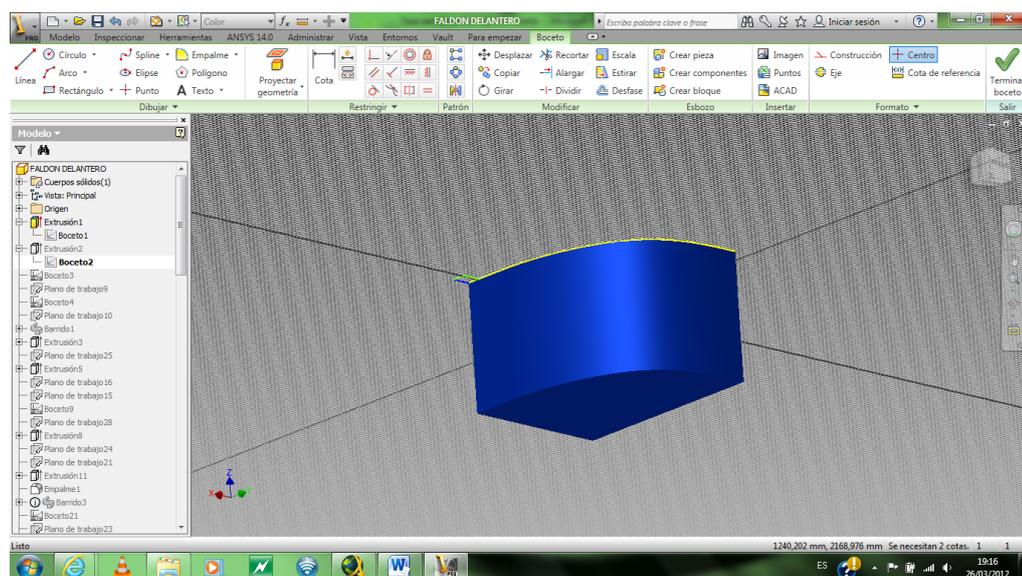


Figura No. 68: Sólido principal para faldón delantero.

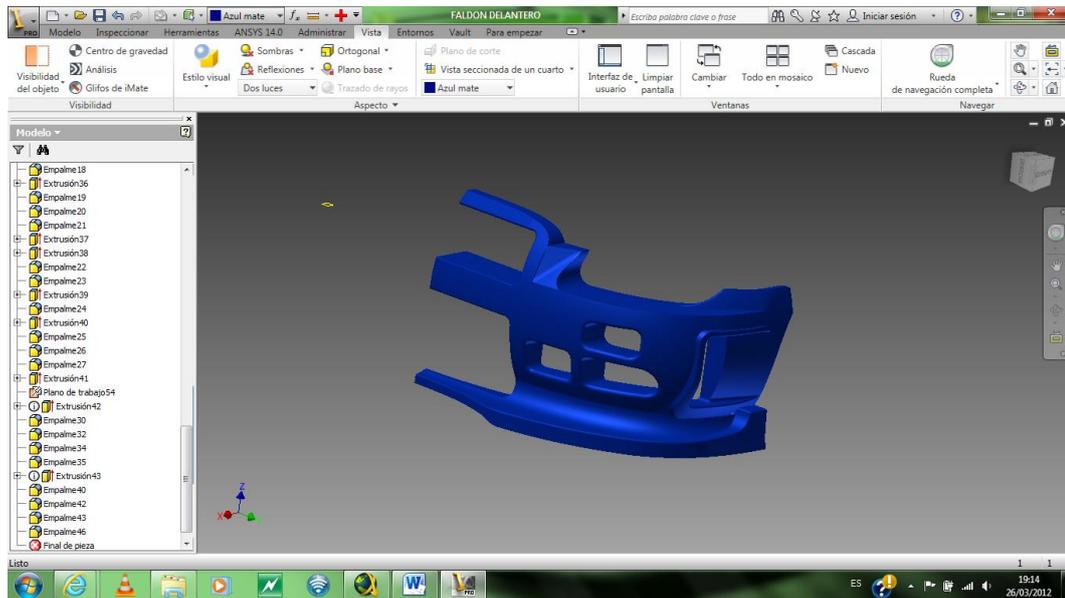


Figura No. 69: Diseño izquierdo del Faldón Delantero.

Posteriormente se aplica una simetría tomando en cuenta un plano paralelo, este tiene que pertenecer a la pieza de lo contrario el accesorio quedara separado, el resultado lo apreciaremos en la figura siguiente.

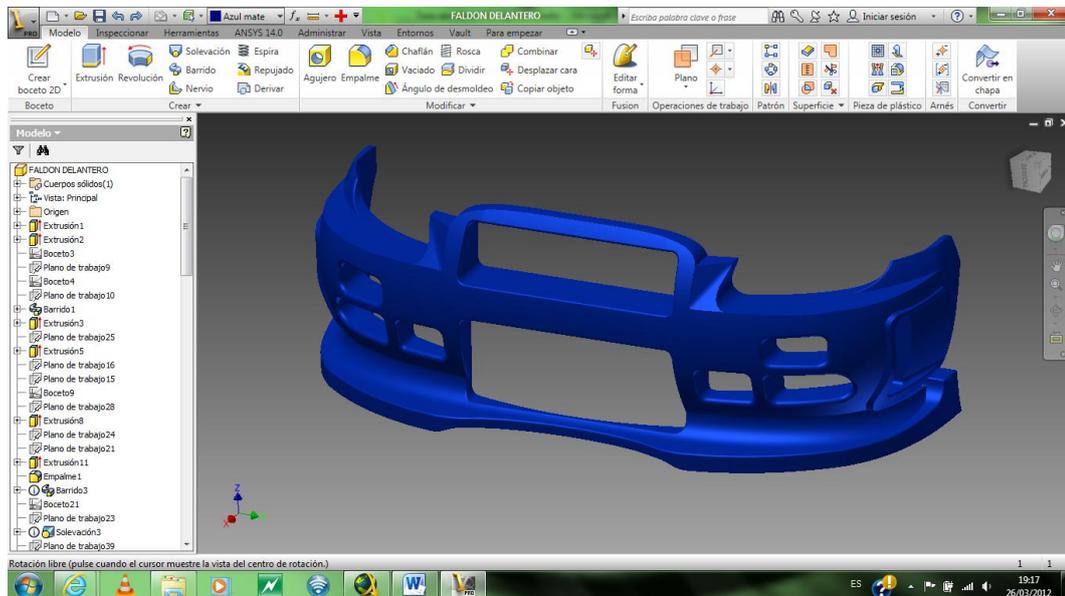


Figura No. 70: Faldón Delantero terminado.

4.1.4. DISEÑO DE FALDÓN POSTERIOR.

Iniciamos nuevamente con un sólido de dimensiones tomadas del chasis posterior (fig. No. 71). Y, ya que esta pieza tiene el concepto de simetría idéntico al Faldón Delantero, únicamente diseñamos la parte izquierda del accesorio aerodinámico. (fig. No. 72).

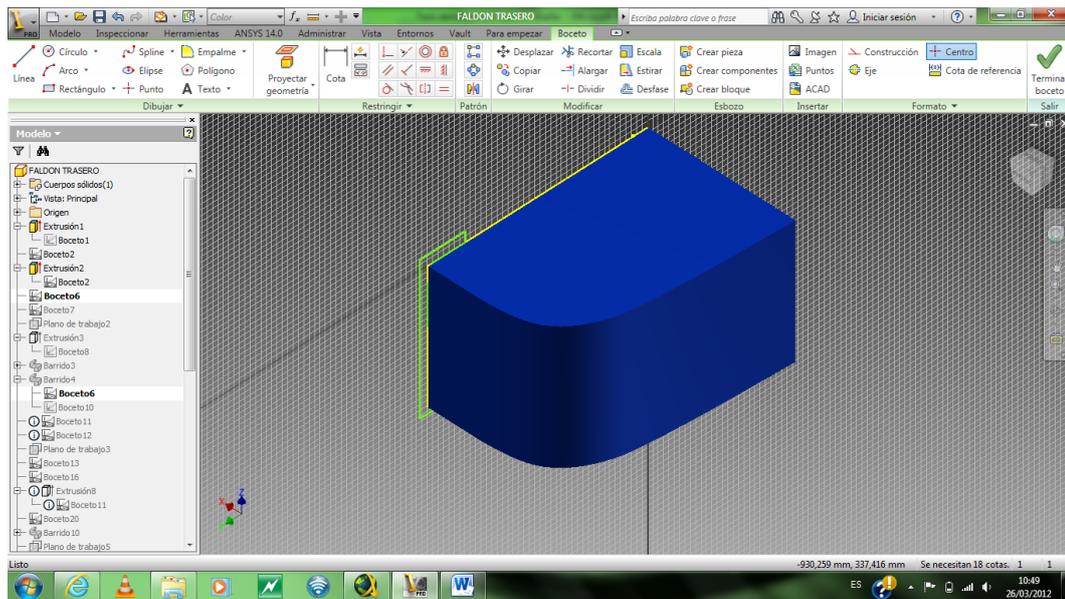


Figura No. 71: Sólido principal para Faldón Posterior.

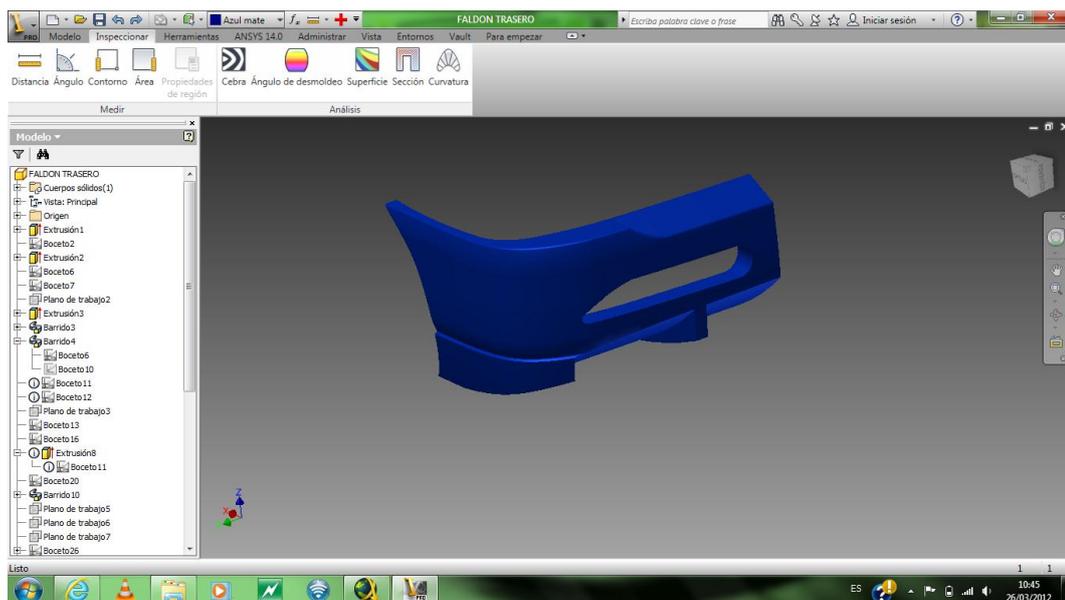


Figura No. 72: Diseño izquierdo del Faldón Posterior.

Después de aplicar simetría y diversos detalles en el diseño el resultado lo manifestaremos en la figura No. 73.

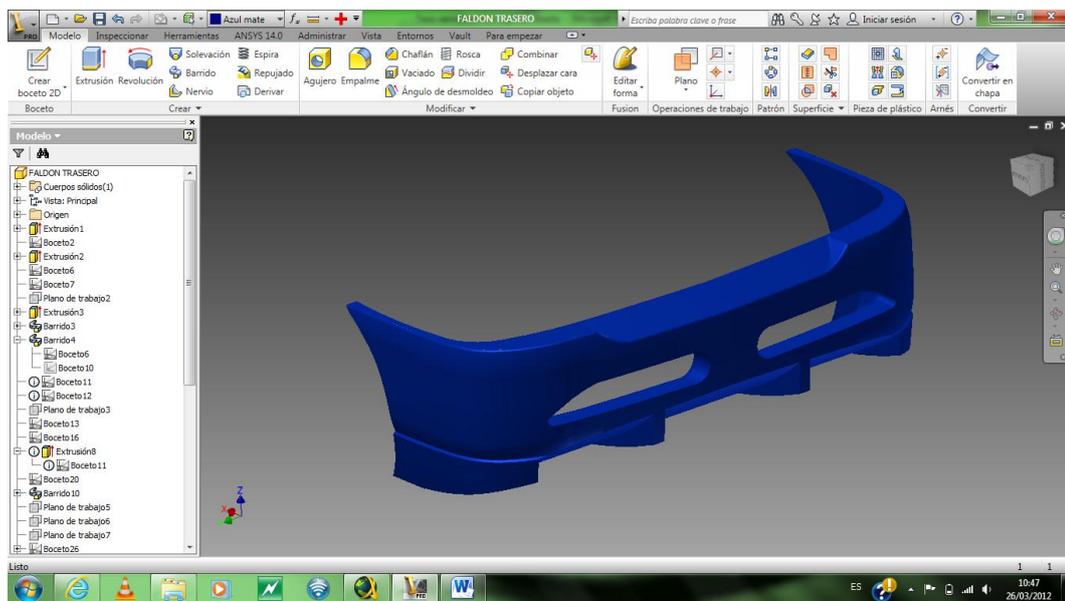


Figura No. 73: Faldón Posterior terminado.

4.2. PRUEBAS CON MODELOS DIGITALES.

Para estas pruebas se decidió usar el software de simulaciones Ansys. ANSYS es un software de simulación de ingeniería (ingeniería asistida por computadora o CAE). Su objetivo principal es resolver análisis de elementos finitos para la física de la construcción ya sea de estática (fija) o dinámica (en movimiento) y también transferencia de calor (térmica). Esto dentro de los más destacados pero nosotros en este proyecto nos vamos a centrar únicamente en el análisis dinámico del comportamiento del viento sobre las piezas que hemos diseñado en Inventor.

4.2.1 ESTUDIO AERODINÁMICO DEL ALERÓN.

Iniciamos el programa, se abrirá la pantalla principal como en la figura No. 74, elegimos la opción Fluid Flow (CFX), y hacemos clic en la pestaña Geometry, se abrirá una ventana llamada DesignModeler y en ella

importamos la pieza en formato cad luego elegimos la opción Tools y clickeamos en Enclosure lo cual hará una caja alrededor de la pieza importada, modificamos esta, de acuerdo a nuestras necesidades ya que va a simular un túnel de viento virtual por el que va a dirigirse el flujo (fig. No. 75).

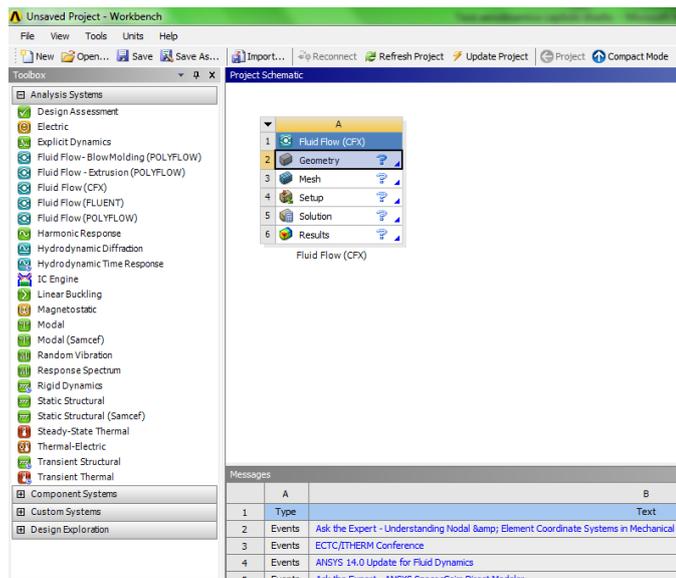


Figura No. 74: Pantalla principal de ANSYS.

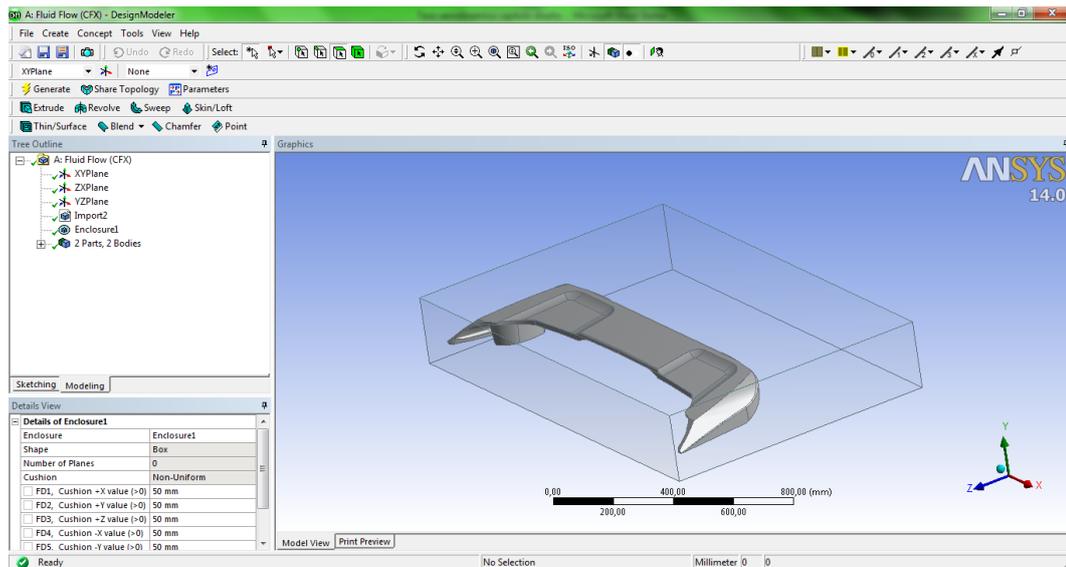


Figura No. 75: Alerón importado y encerado en el túnel de viento virtual.

Ahora damos clic en la pestaña Mesh (fig. No. 74) y el nuevo cuerpo aparece inmediatamente en una nueva ventana llamada Meshing en ella vamos a mallarlo completamente, hacemos clic en el icono Generate Mesh y automáticamente empezará el proceso quedando de la siguiente manera.

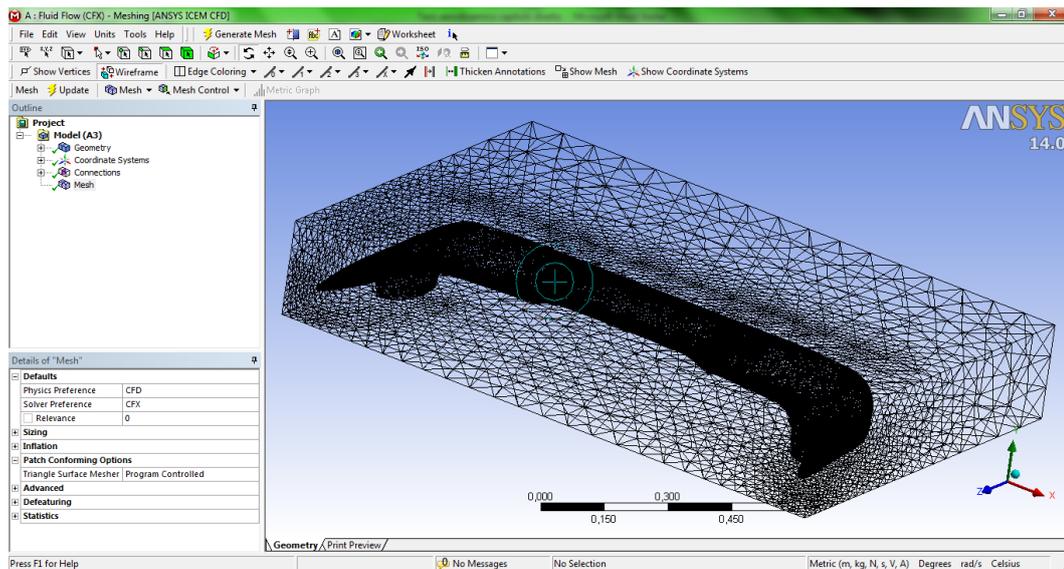


Figura No. 76: Alerón mallado dentro del túnel.

Una vez que el mallado se ha completado nos dirigimos a la pestaña Setup (fig. No. 74) se abrirá la ventana CFX-Pre (fig. No. 78), en ella se harán las modificaciones necesarias para que circule el viento en el túnel. Primero insertamos un Domain1 el cual representara al alerón Y luego crearemos un Domain2 el cual representara al túnel, tomaremos la parte delantera del solido rectangular y la transformaremos en el Boundary1 a este lo llamaremos Entrada, aquí modificaremos la velocidad del viento y la colocaremos en 120km/h también señalaremos que a este cuerpo que lo hemos llamado túnel virtual estará lleno de gas ideal, ahora tomaremos la parte posterior y la transformaremos en la salida del fluido a este lo llamaremos Salida (Boundary2), aquí modificaremos la presión a 1 atmosfera, una vez colocado los parámetros del túnel de viento virtual

procederemos a modificar los del alerón entonces nos dirigimos a este y lo primero que variamos es el elemento, lo cambiamos de ser un gas a ser un sólido, por defecto el tipo de material se coloca como aluminio pero en nuestra tesis lo vamos a hacer de fibra de vidrio así que abrimos la pestaña y ubicamos el material llamado GLASS WOOL el cual se asemeja mucho a la fibra de vidrio, para modificarlo hacemos clic derecho en ella y clic en Edit y modificaremos este con los datos consultados sobre fibra de vidrio tipo E (fig. No. 77), existen otras clases de fibra de vidrio pero la que usaremos para construir nuestro prototipo real es la mencionada.

Physical Properties	Metric	English
Density	2.54 - 2.60 g/cc	0.0918 - 0.0939 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate 	521 MPa @Temperature -190 °C	75500 psi @Temperature -310 °F
	1725 MPa @Temperature 540 °C	250200 psi @Temperature 1000 °F
	2620 MPa @Temperature 370 °C	380000 psi @Temperature 698 °F
	3450 - 3790 MPa @Temperature 22.0 °C	500000 - 550000 psi @Temperature 71.6 °F
Elongation at Break	4.80 %	4.80 %
Modulus of Elasticity 	72.4 GPa 72.3 GPa @Temperature 540 °C	10500 ksi 10500 ksi @Temperature 1000 °F
Poissons Ratio	0.200	0.200
Shear Modulus	30.0 GPa	4350 ksi
Electrical Properties	Metric	English
Electrical Resistivity	4.02e+12 ohm-cm	4.02e+12 ohm-cm
Dielectric Constant	6.30 - 6.60 @Frequency 1e+6 Hz	6.30 - 6.60 @Frequency 1e+6 Hz
Dielectric Strength	10.3 kV/mm	262 kV/in
Dissipation Factor 	0.00250 @Frequency 1e+6 Hz	0.00250 @Frequency 1e+6 Hz
	0.00340 @Frequency 60 Hz	0.00340 @Frequency 60 Hz
Thermal Properties	Metric	English
CTE, linear 	5.00 µm/m-°C @Temperature 20.0 °C	2.78 µin/in-°F @Temperature 68.0 °F
	5.40 µm/m-°C @Temperature -30.0 - 250 °C	3.00 µin/in-°F @Temperature -22.0 - 482 °F
Specific Heat Capacity 	0.810 J/g-°C @Temperature 23.0 °C	0.194 BTU/lb-°F @Temperature 73.4 °F
	1.03 J/g-°C @Temperature 200 °C	0.246 BTU/lb-°F @Temperature 392 °F
Thermal Conductivity	1.30 W/m-K	9.02 BTU-in/hr-ft ² -°F
Melting Point	<= 1725 °C	<= 3137 °F
Optical Properties	Metric	English
Refractive Index	1.558 1.562	1.558 1.562

Figura No. 77: Datos de fibra de vidrio tipo E.

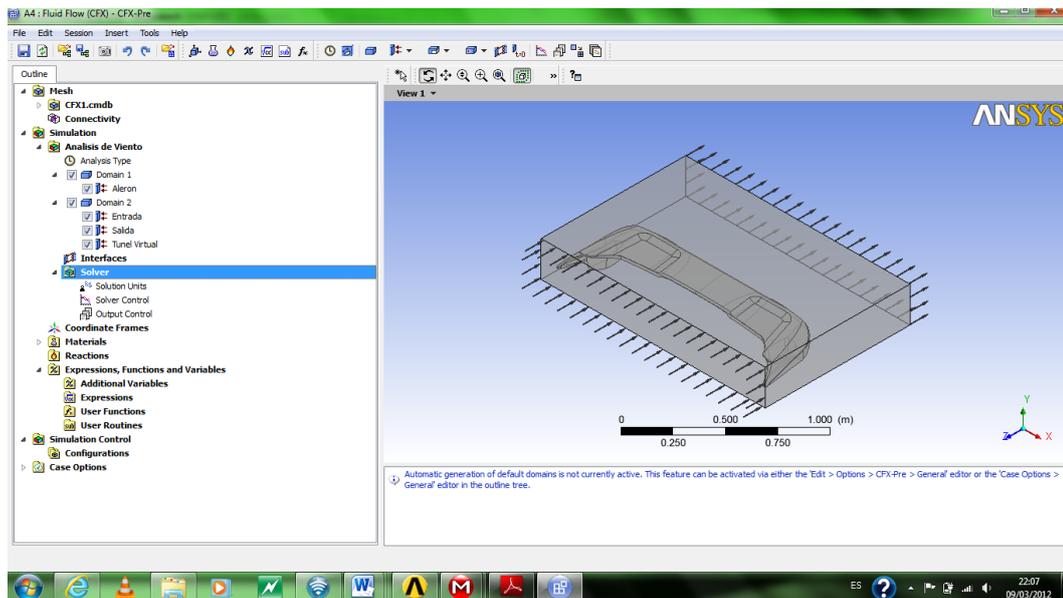


Figura No. 78: Alerón en Setup con sus modificaciones listo para el cálculo.

Una vez que hemos colocado todas estas modificaciones nos dirigimos a la pestaña Solution (figura No. 74) haciendo doble clic se abrirá la ventana CFX-Solver Manager en ella habrá una pequeña ventana llamada Define Run en donde únicamente daremos clic en Star Run y comenzará a hacer sus cálculos de forma automática claro que tendremos que esperar a que culmine estos, dependiendo del procesador de su computador este tardará más, o menos.

Ya terminado de calcular nos dirigimos a la pestaña Results (fig. No. 74), se abrirá una pestaña llamada CFD-Post Aquí representamos de forma visual los resultados que calculamos en la pestaña anterior. Para la velocidad colocamos un Streamline, estas son líneas que simbolizan el viento en el alerón, en Edit podemos modificar cuantas líneas queremos que se aprecien, la imagen a continuación (fig. No. 79) nos mostrará esta operación con 100 líneas de representación.

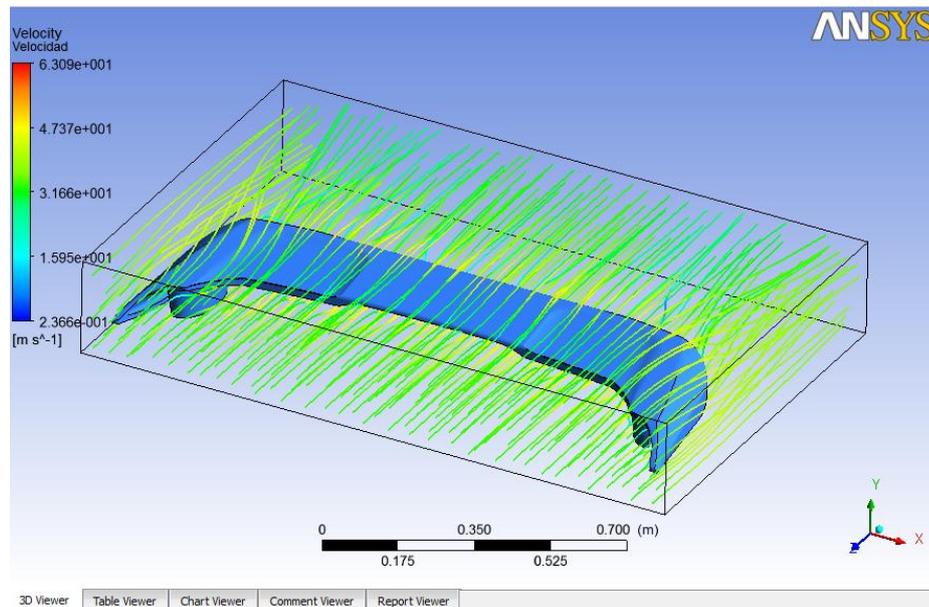


Figura No. 79: Representación de la velocidad del viento en el alerón.

Miramos como las líneas toman un color diferente si la velocidad es mayor o menor de acuerdo con la tabla de color de la parte superior izquierda, esta velocidad está representada en m/s.

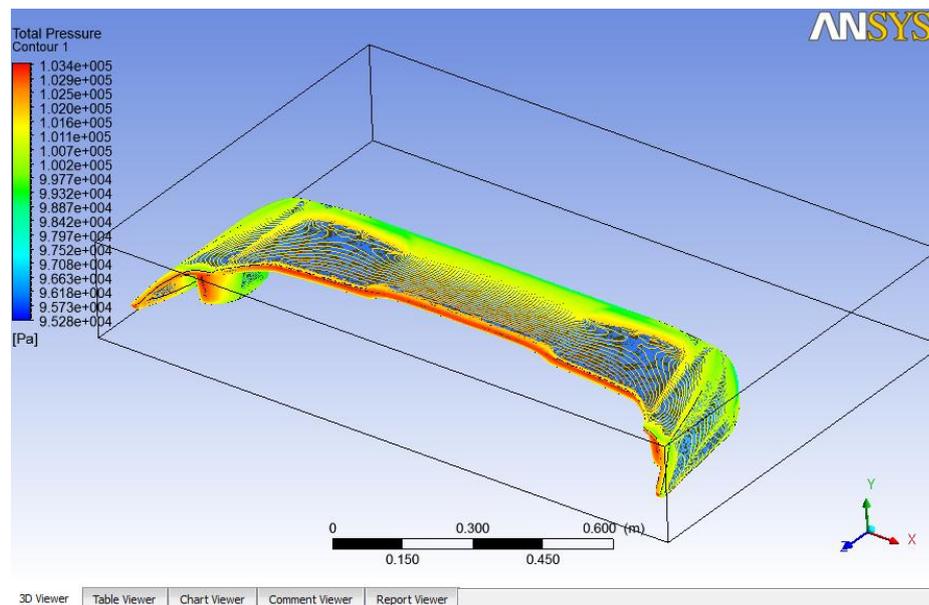


Figura No. 80: Representación de la presión generada en el Alerón.

Para representar la presión generada en el alerón se colocara un Contour en este se visualiza la presión generada de acuerdo a colores en la pieza y representaciones numéricas en Pa (fig. No. 80), estas se observa en una pequeña tabla a la izquierda de la ventana en donde se realiza el análisis, los colores cambian de rojo (mayor presión) hasta azul (menor presión).

4.2.2. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL ESTRIBO LATERAL.

Tomamos en cuenta todos los parametro de analisis realizados en el alerón para colocarlos de manera similar en todas y cada una de las pestañas de Fluid Flow CFX de los analisis posteriores, debido a que estos pasos son aproximadamente iguales representaremos unicamente las imágenes producidas por CFD-Post, tanto para los accesorios restantes como para el vehiculo ya sea este con o sin accesorios colocados, en las imágenes observaremos los resultados en CFD-Post para el estribo lateral con su Streamline (fig. No. 81) y su Contour (fig. No. 82), que representan tanto la velocidad como la presión respectivamente.

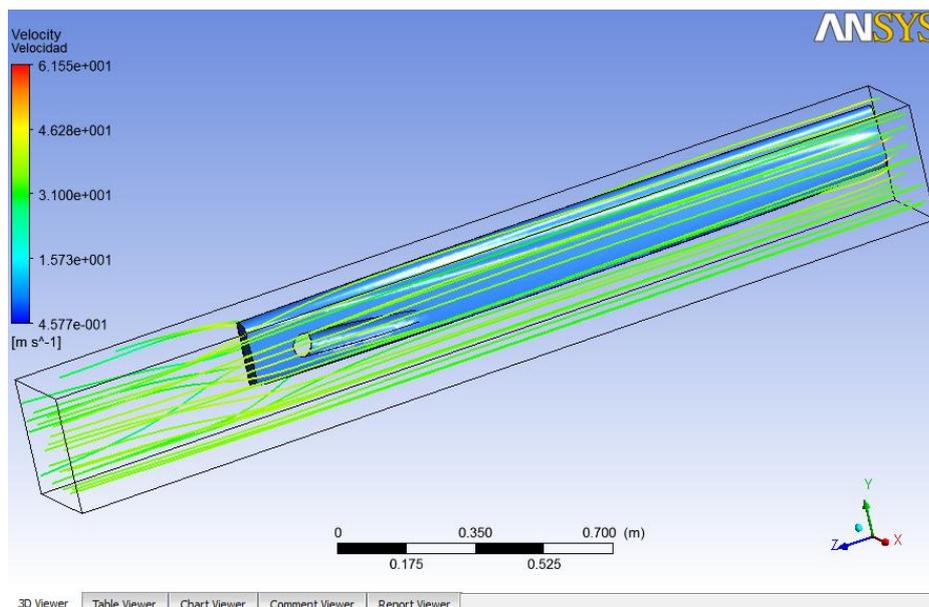


Figura No. 81: Representación de la velocidad en el Estribo Lateral

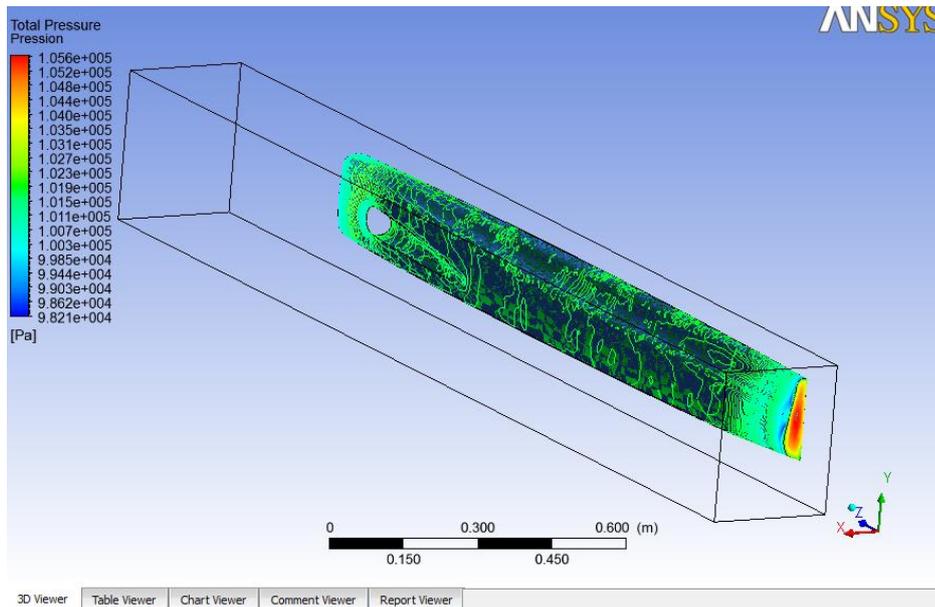


Figura No. 82: Representación de la presión en el Estribo Lateral.

4.2.3. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL FALDÓN DELANTERO.

En la figura No. 83 podemos observar el comportamiento de la velocidad representada con el comando streamline en el faldon delantero.

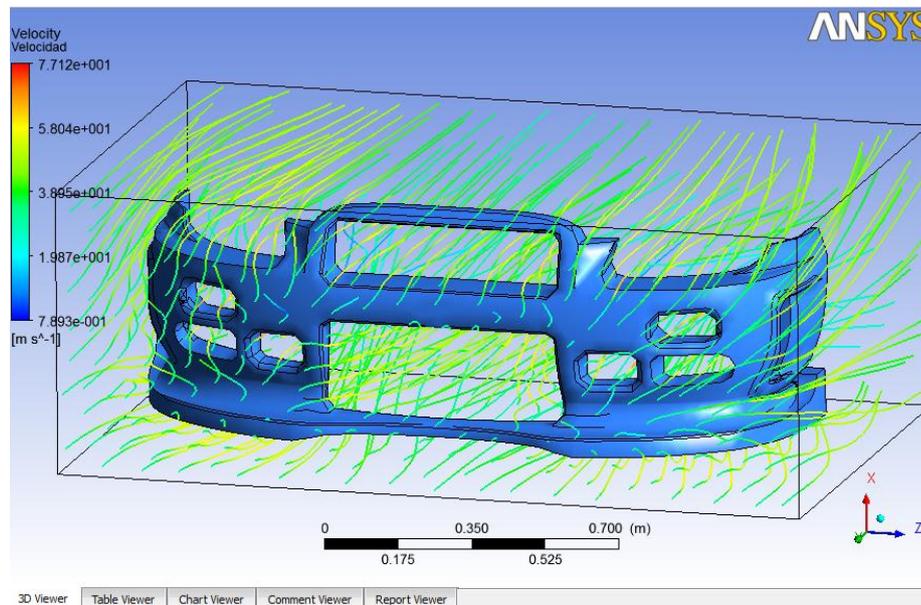


Figura No. 83: Representación de la velocidad en el Faldón Delantero.

Y en la figura No. 84 vemos la presión producida en mismo faldón debido al viento esta obtenida con el comando Contour.

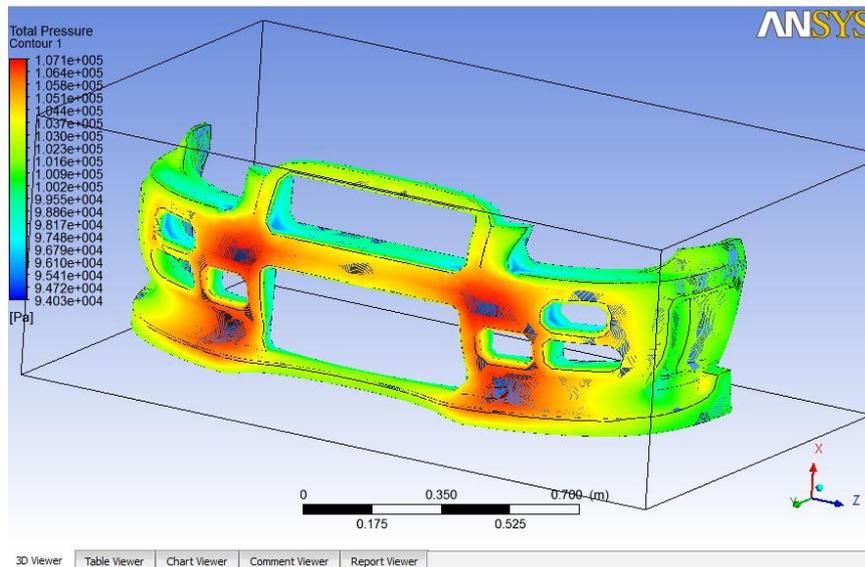


Figura No. 84: Representación de la presión en el Faldón Delantero.

4.2.4. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL FALDÓN TRASERO.

En la figura No. 85 observamos la velocidad en el faldon trasero representada con un Streamline.

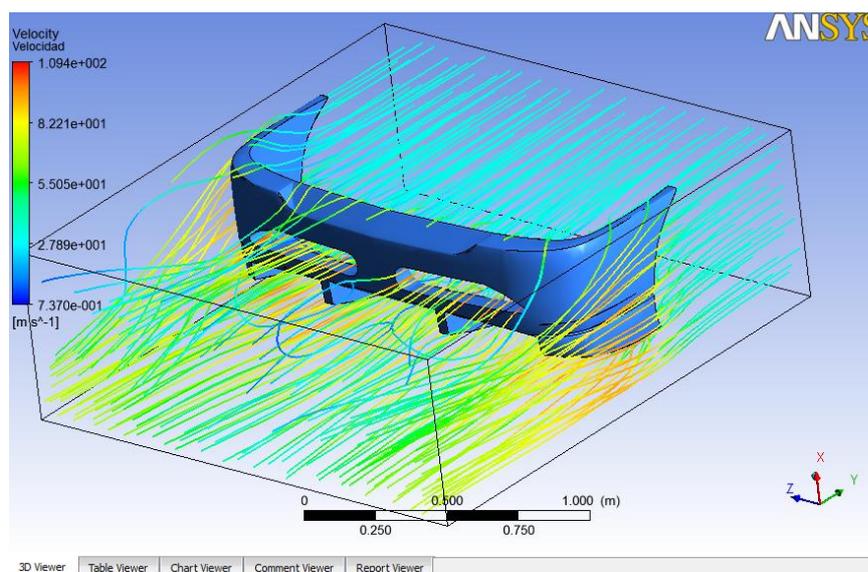


Figura No. 85: Representación de la velocidad en el Faldón Trasero.

En la figura No. 86 vemos la presión producida en el faldón trasero debido al viento esta imagen la obtuvimos aplicando la opción contour en la pestaña CFD-Post de nuestro programa de análisis ANSYS.

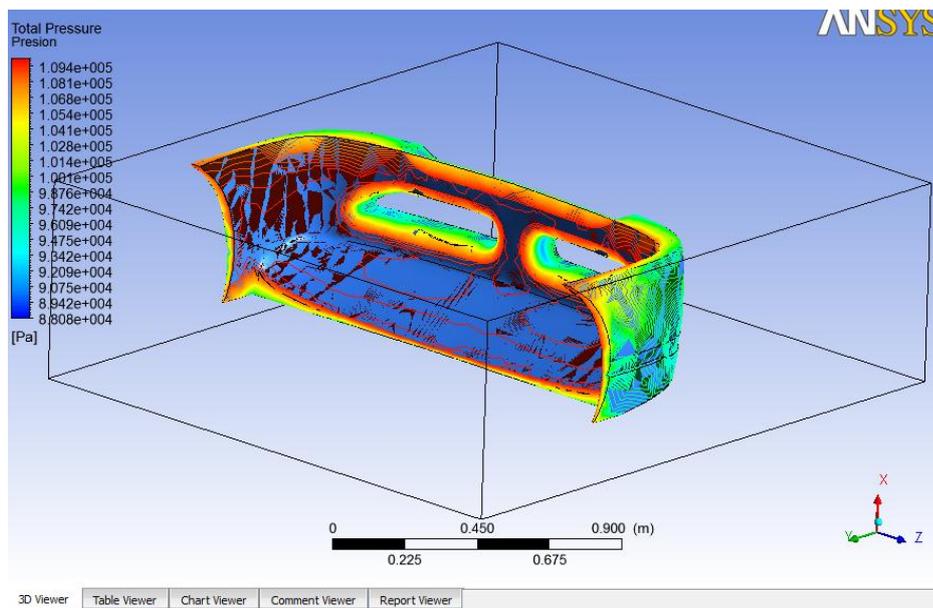


Figura No. 86: Representación de la presión en el Faldon Trasero.

4.2.5. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL AUTOMÓVIL.

Después de estudiar a todos los accesorios procederemos a analizar el automóvil para obtener los datos iniciales de este sin los accesorios, ya que posteriormente haremos el análisis del vehículo con los diseños de los estribos, faldones delantero y trasero además del alerón y compararemos los dos resultados esto para verificar los datos y exponer si conseguimos o no mejorado la aerodinámica del vehículo en cuestión, usaremos el mismo método que el de los accesorios en las imágenes a continuación veremos los resultados obtenidos de la velocidad (fig. No. 87) y la presión (fig. No. 88), que nos arroja el CFD-Post.

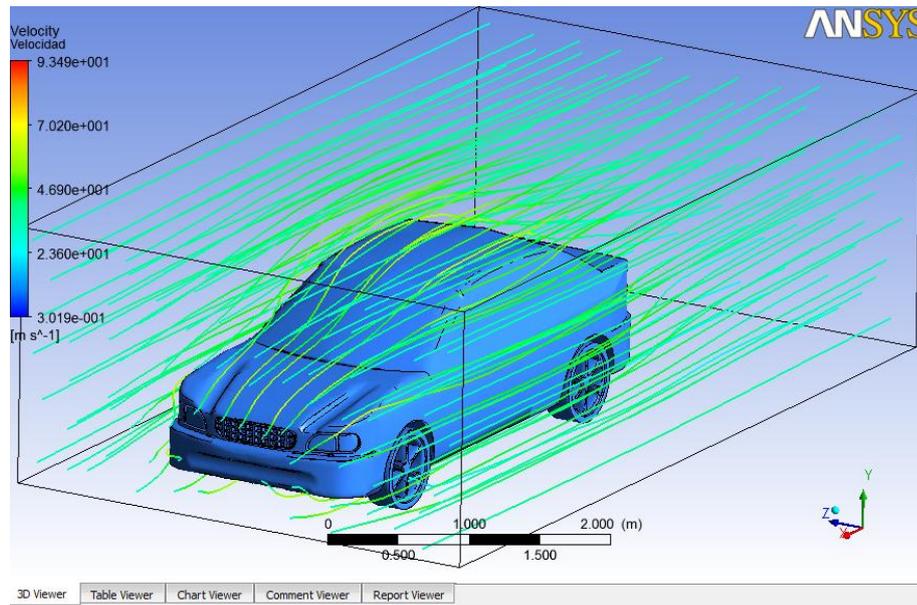


Figura No. 87: Representación de la velocidad en automovil.

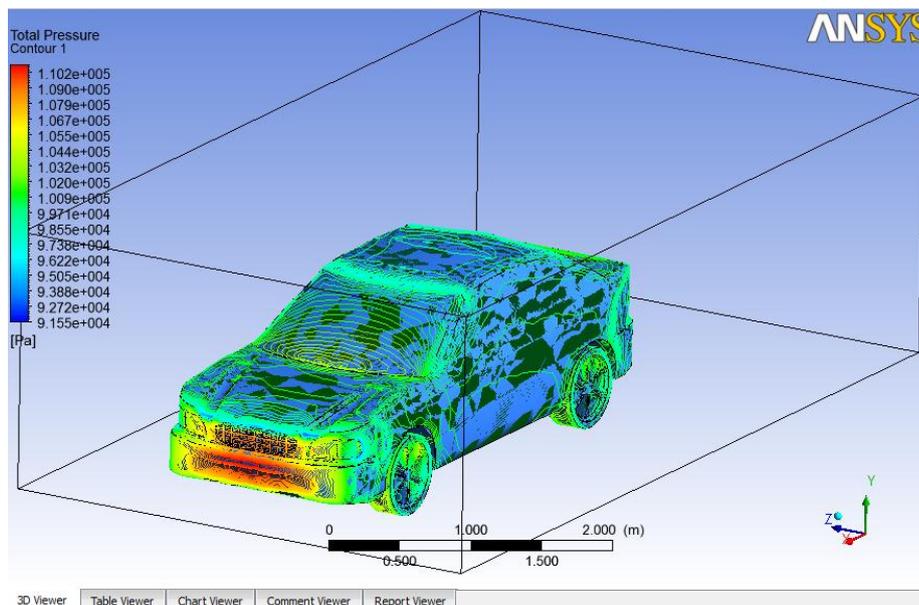


Figura No. 88: Representación de la presión en el automóvil.

4.2.6. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL AUTOMÓVIL CON ACCESORIOS INSTALADOS.

Después de los datos iniciales obtenidos con el análisis anterior tendremos que analizar el vehículo pero en esta ocasión con todos los

accesorios colocados en las siguientes figuras veremos las representaciones de la velocidad y la presión que nos arroja el CFD-Post.

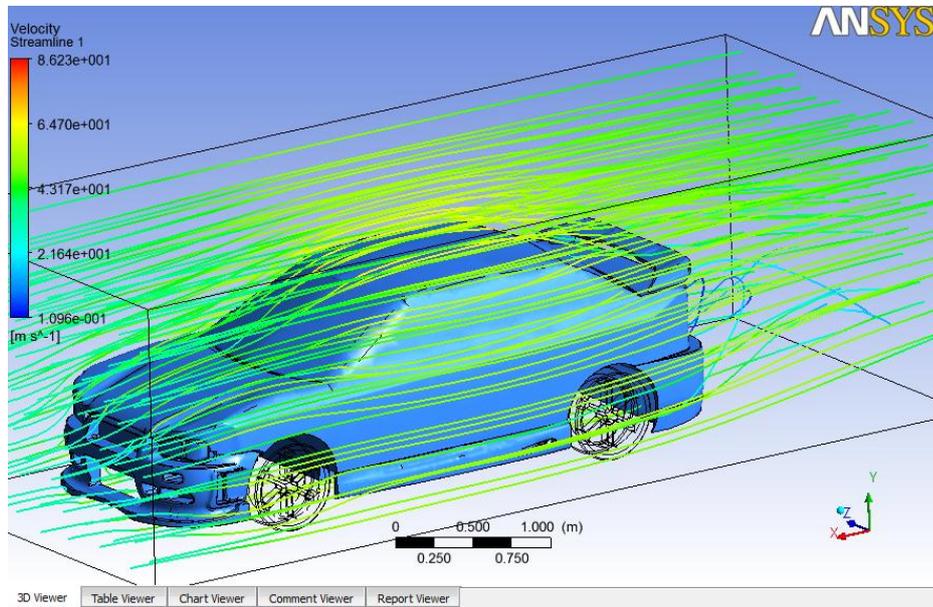


Figura No. 89: Representación de la velocidad en el auto con accesorios.

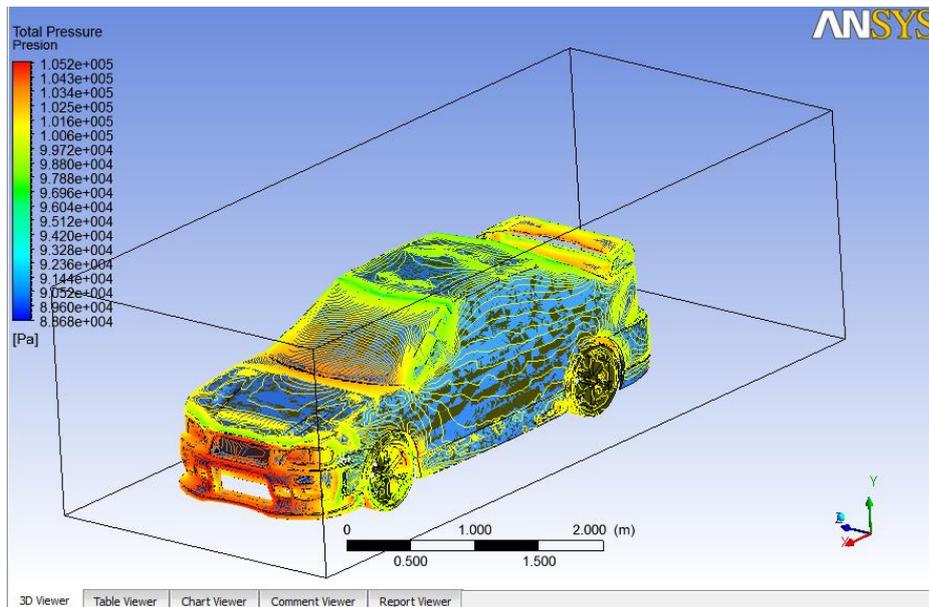


Figura No. 90: Representación de la presión en el auto con accesorios.

4.2.7. PRESENTACIÓN DE LOS ACCESORIOS EN PROGRAMA 3D MAX.

Para la presentación utilizamos el programa de autodesk 3d max en el importamos las piezas y las renderizamos de manera que se visualicen reales usando texturas y colores de materiales en las figuras a continuación veremos los resultados obtenidos.



Figura No. 91: Visualización de los accesorios en 3D max.



Figura No. 92: Visualización del automóvil modificado en 3D max.

4.3. RECOPIACIÓN DE DATOS OBTENIDOS.

En las siguientes páginas observaremos los datos que nos dará el software Ansys, son estos los cálculos que realiza el programa y nos los entrega en tablas, gráficas y demás, las figuras de las representaciones de velocidades y presiones adjuntadas anteriormente también son entregadas por esta parte del software.

4.3.1. REPORTE DEL ALERÓN.

ANSYS Report



Date: 2012/04/09 18:46:49

a. File Report

Tabla No. 5: Información del archivo por CFX (Alerón)

Case	CFX
File Path	C:\Users\DANIEL\Desktop\TESIS\AnalisisAnsysWorkbench\Aleron\AnalisisaleronCFX-CFD_files\dp0\CFX\CFX\FluidFlowCFX_003.res
File Date	09 marzo 2012
File Time	10:56:49
File Type	CFX5
File Version	14.0

b. Mesh Report

Tabla No. 6: Información del mallado por CFX (Alerón)

Domain	Nodes	Elements
Domain 1	94014	466671
Domain 2	237078	1313160
All Domains	331092	1779831

c. Physics Report

Tabla No. 7: Información del dominio físico por CFX (Alerón)

Domain - Domain 1	
Type	Solid
Location	B373
Settings	
Domain Motion	Stationary
Domain - Domain 2	
Type	Fluid
Location	B975
Materials	
Air Ideal Gas	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Isothermal
Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable

Tabla No. 8: Límites físicos por CFX (Alerón)

Domain	Boundaries	
Domain 1	Boundary – Alerón	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Domain 2	Boundary – Entrada	
	Type	INLET
	Location	F981.975
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	1.2000e+02 [km hr ⁻¹]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	Boundary – Salida	
	Type OUTLET	
	Location	F977.975
	Settings	

Domain 2	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Average Static Pressure
	Pressure Profile Blend	5.0000e-02
	Relative Pressure	1.0000e+00 [atm]
	Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
	Boundary - Tunel Virtual	
	Type	WALL
	Settings	
	Mass And Momentum	No Slip Wall
	Wall Roughness	Smooth Wall

d. Solution Report

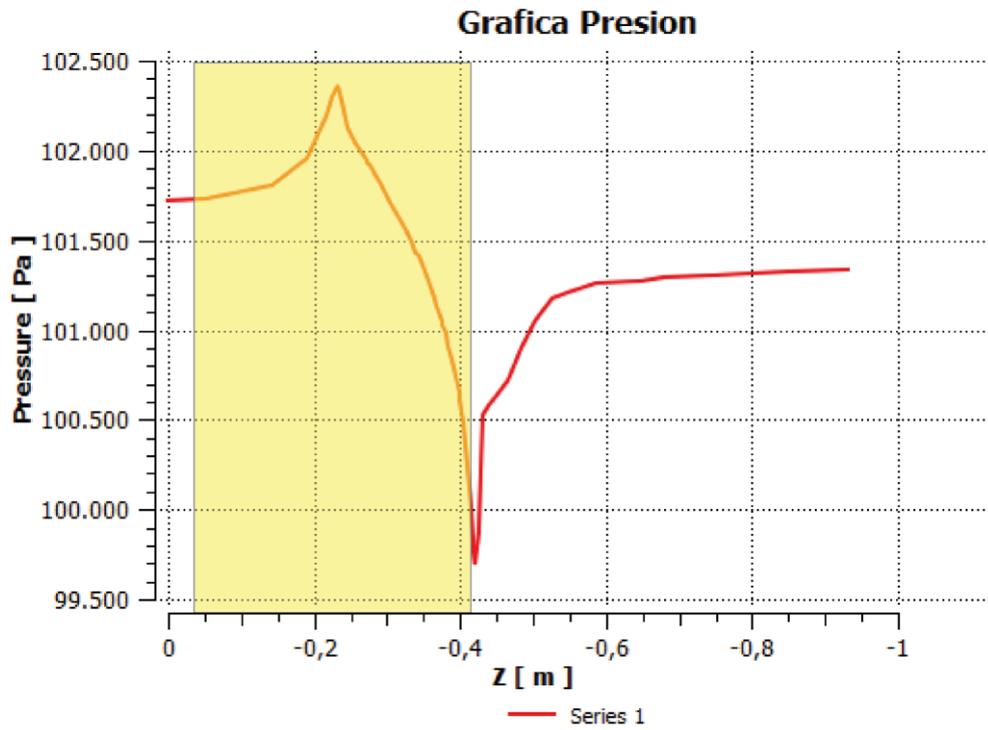
Tabla No. 9: Límites de Flujo por CFX (Alerón).

Location	Type	Mass Flow	Momentum		
			X	Y	Z
Boundary 1 (Domain 2)	Boundary	2.3645e+01	1.7592e-07	1.4185e-05	-3.1316e+04
Boundary 2 (Domain 2)	Boundary	-2.3645e+01	-1.1282e+00	-3.8718e+01	3.1136e+04
Domain 2 Default (Domain 2)	Boundary	0.0000e+00	6.9110e-01	3.8469e+01	1.8029e+02
Entrada (Domain 2)	Boundary	2.9002e+01	-5.5720e-07	1.8818e-05	-3.8283e+04
Salida (Domain 2)	Boundary	-2.9002e+01	-2.4135e+00	-1.7159e-01	3.8135e+04
Tunel Virtual (Domain 2)	Boundary	0.0000e+00	2.7380e+00	2.0569e-01	1.4759e+02

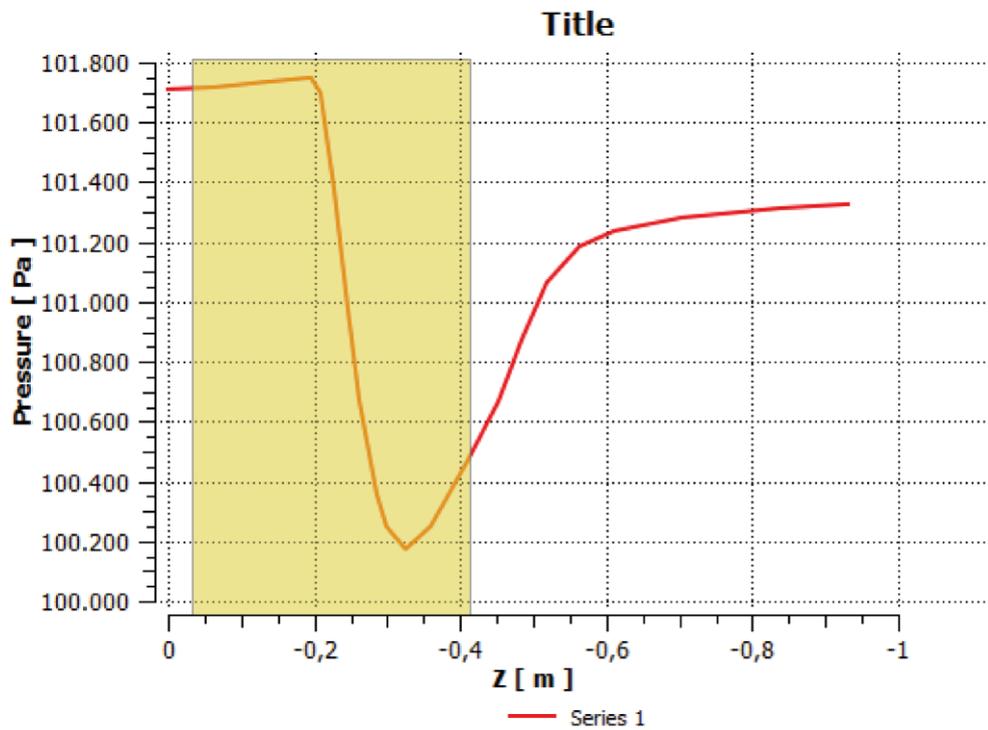
e. User Data

Tabla No. 10: Sustentación y Resistencia por CFX (Alerón).

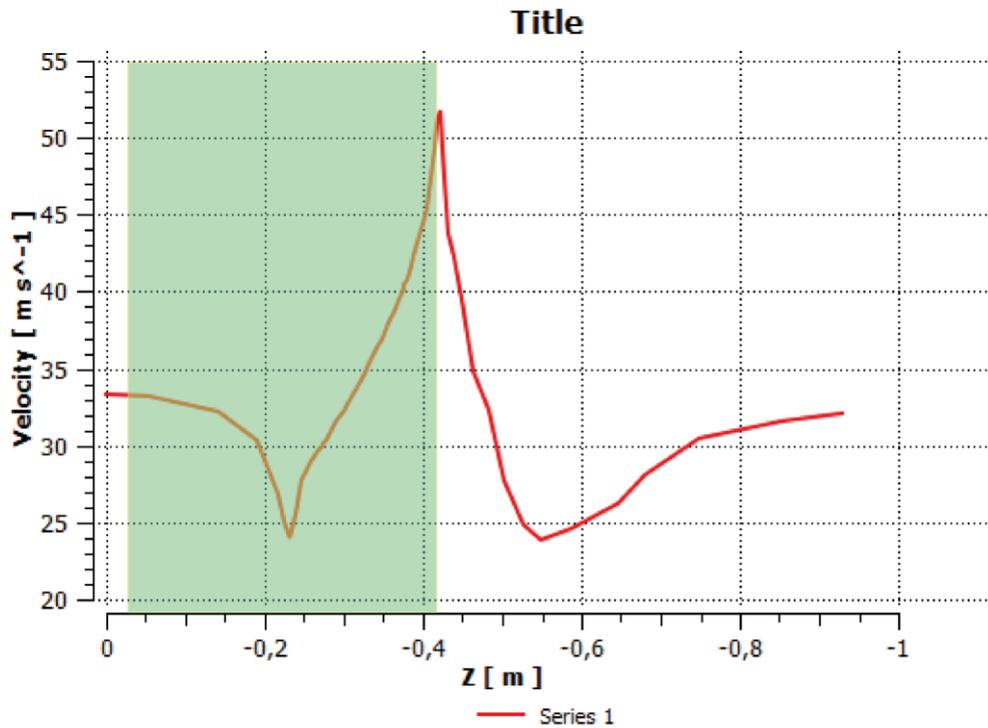
Drag	1.476e+02 [N]
Lift	2.068e-02 [N]



Gráfica No. 9: Presión superior del Alerón.



Gráfica No. 10: Presión inferior del Alerón.



Gráfica No. 11: Velocidad en el Alerón.

4.3.2. REPORTE DEL ESTRIBO.

ANSYS Report



Date: 2012/04/09 19:07:33

a. File Report

Tabla No. 11: Información del archivo por CFX (Estribo)

Case	CFX
File Path	C:\Users\DANIEL\Desktop\TESIS\AnálisisAnsysWorkbench\Estribo\Análisis Estribo CFX-CFD_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_003.res
File Date	26 marzo 2012
File Time	06:59:24
File Type	CFX5
File Version	14.0

b. Mesh Report

Tabla No. 12: Información del mallado por CFX (Estribo)

Domain	Nodes	Elements
Domain 1	24537	72327
Domain 2	135287	724187
All Domains	159824	796514

c. Physics Report

Tabla No. 13: Información del dominio físico por CFX (Estribo)

Domain - Domain 1	
Type	Solid
Location	B208
Settings	
Domain Motion	Stationary
Domain - Domain 2	
Type	Fluid
Location	B584
Materials	
Air Ideal Gas	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Isothermal
Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable

Tabla No. 14: Límites físicos por CFX (Estribo)

Domain	Boundaries	
Domain 1	Boundary - Estribo Lateral	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Domain 2	Boundary – Entrada	
	Type	INLET
	Location	F586.584
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic

Domain 2	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	1.2000e+02 [km hr ⁻¹]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	Boundary - Salida	
	Type OUTLET	
	Location	F590.584
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Average Static Pressure
	Pressure Profile Blend	5.0000e-02
	Relative Pressure	1.0000e+00 [atm]
	Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
	Boundary - Tunel Virtual	
	Type	WALL
	Settings	
	Mass And Momentum	No Slip Wall
Wall Roughness	Smooth Wall	

d. Solution Report

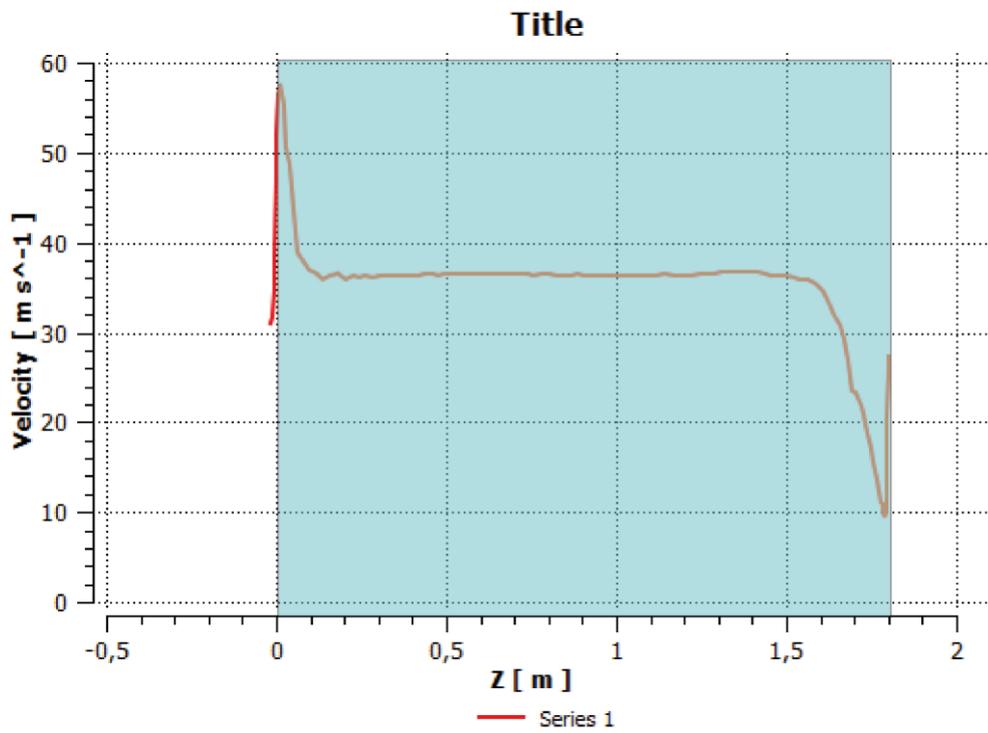
Tabla No. 15: Límites de Flujo por CFX (Estribo).

Location	Type	Mass Flow	Momentum		
			X	Y	Z
Boundary 1 (Domain 2)	Boundary	1.0706e+00	-3.5351e-06	4.9466e-06	-3.3566e+03
Boundary 2 (Domain 2)	Boundary	-1.0708e+00	8.9196e-01	3.0799e-01	3.3295e+03
Domain 2 Default (Domain 2)	Boundary	0.0000e+00	-9.0031e-01	-3.3533e-01	2.7178e+01
Entrada (Domain 2)	Boundary	6.4416e+00	-3.3294e-05	8.8992e-06	8.5160e+03
Salida (Domain 2)	Boundary	-6.4416e+00	1.6978e+00	-2.3953e-01	-8.4605e+03
Tunel Virtual (Domain 2)	Boundary	0.0000e+00	-1.7233e+00	2.9584e-01	-5.5818e+01

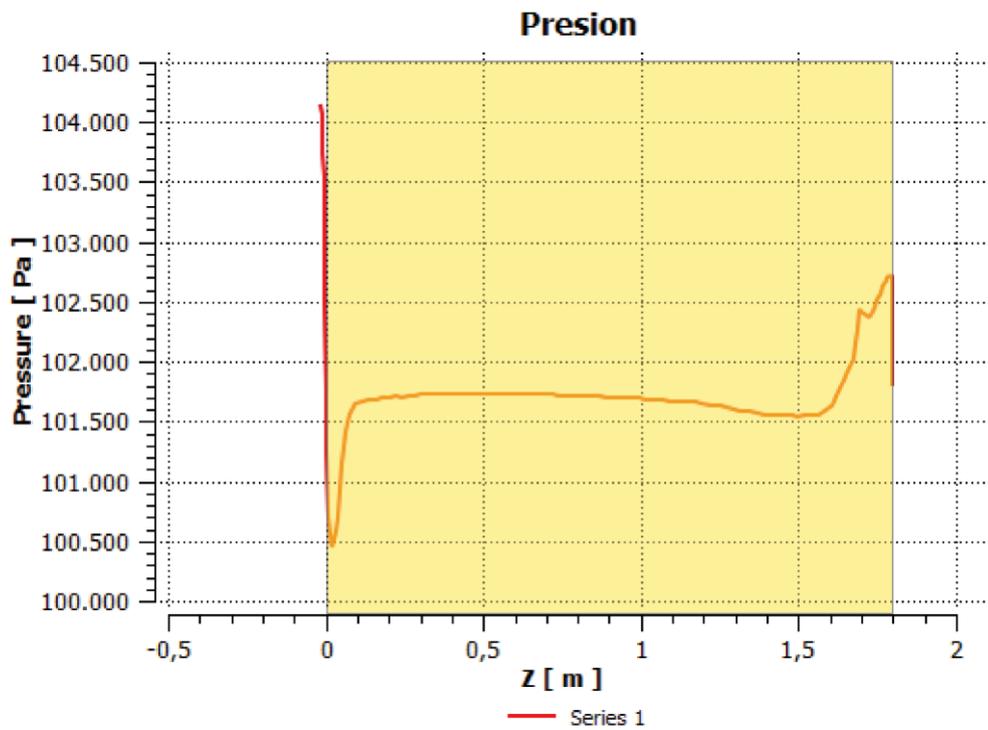
e. User Data

Tabla No. 16: Sustentación y Resistencia por CFX (Estribo).

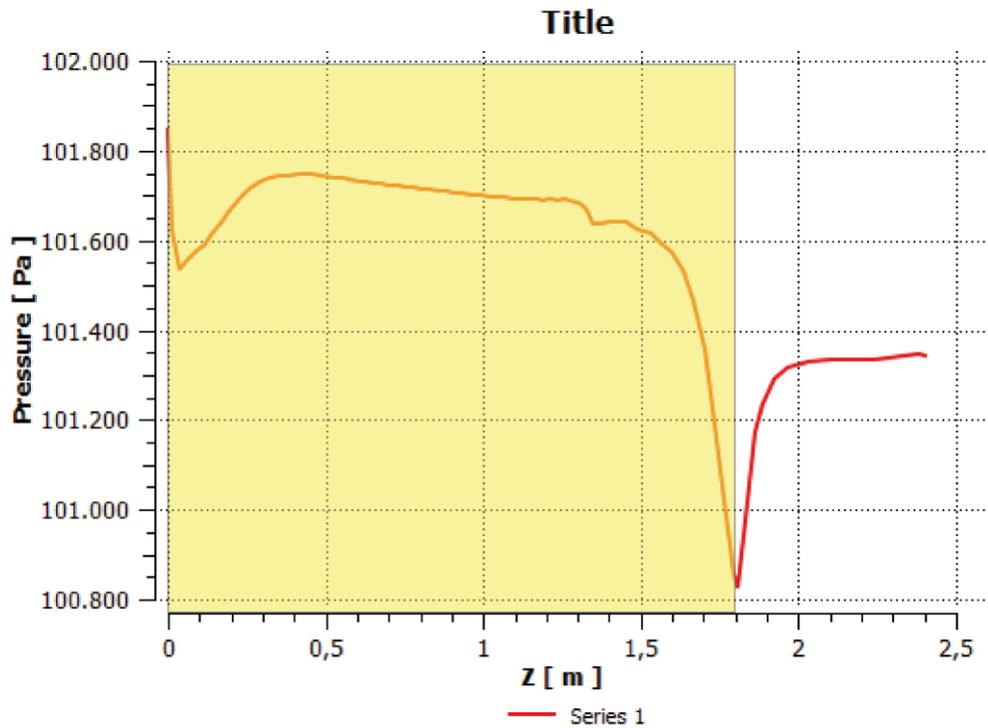
Drag	5.5819e+01 [N]
Lift	2.2237e-01 [N]



Gráfica No. 12: Velocidad en el Estribo.



Gráfica No. 13: Presión superior del Estribo.



Gráfica No. 14: Presión inferior del Estribo

4.3.3. REPORTE DEL FALDÓN DELANTERO.

ANSYS Report



Date: 2012/04/09 19:30:19

a. File Report

Tabla No. 17: Información del archivo por CFX (Faldón Delantero)

Case	CFX
File Path	C:\Users\DANIEL\Desktop\TESIS\AnálisisAnsysWorkbench\FaldonDelantero\FaldonDelanteroAnálisis CFX-CFD_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_003.res
File Date	09 abril 2012
File Time	01:46:28
File Type	CFX5
File Version	14.0

b. Mesh Report

Tabla No. 18: Información del mallado por CFX (Faldón Delantero)

Domain	Nodes	Elements
Faldon Delantero	4066	13567
Tunel de Viento	21095	92132
All Domains	25161	105699

c. Physics Report

**Tabla No. 19: Información del dominio físico por CFX
(Faldón Delantero)**

Domain - Faldon Delantero	
Type	Solid
Location	B47807
Settings	
Domain Motion	Stationary
Domain - Tunel de Viento	
Type	Fluid
Location	B50127
Materials	
Air Ideal Gas	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable
High Speed Model	Off

Tabla No. 20: Límites físicos por CFX (Faldón Delantero)

Domain	Boundaries	
Faldon Delantero	Boundary - Faldon Delantero Default	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Tunel de Viento	Boundary - Entrada	
	Type	INLET
	Location	F50130.50127
	Settings	

Tunel de Viento	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Static Temperature
	Static Temperature	1.5000e+01 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	1.2000e+02[km hr^-1]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	Boundary - Salida	
	Type	OUTLET
	Location	F50132.50127
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Average Static Pressure
	Pressure Profile Blend	5.0000e-02
	Relative Pressure	1.0000e+00 [atm]
	Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
	Boundary - Tunel de Viento Default	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
	Mass And Momentum	No Slip Wall
	Wall Roughness	Smooth Wall

d. Solution Report

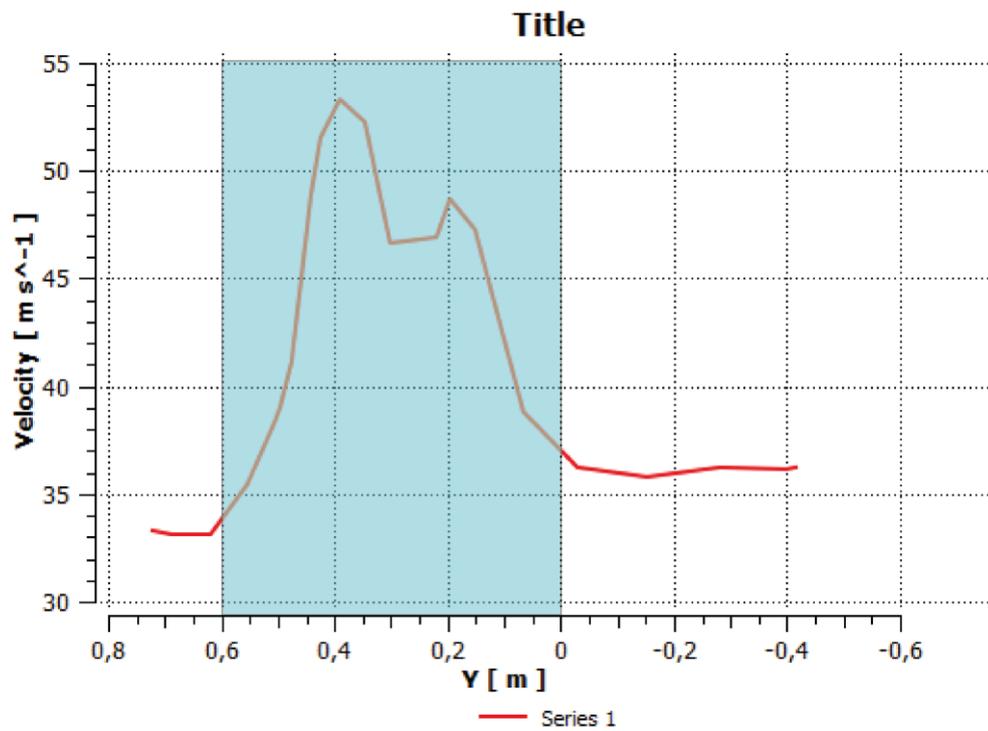
Tabla No. 21: Límites de Flujo por CFX (Faldón Delantero).

Location	Type	Mass Flow	Momentum		
			X	Y	Z
Boundary 1 (Domain 2)	Boundary	4.0727e+01	-1.0710e+05	-4.2392e-05	-3.6133e-04
Boundary 2 (Domain 2)	Boundary	-4.0728e+01	1.0597e+05	-3.7672e+01	6.3998e+00
Domain 2 Default (Domain 2)	Boundary	0.0000e+00	1.1343e+03	3.7837e+01	-6.5521e+00
Entrada (Tunel de Viento)	Boundary	1.0411e+02	4.5692e-04	-1.3390e+05	1.1406e-05
Salida (Tunel de Viento)	Boundary	-1.0411e+02	-3.5935e+01	1.3170e+05	2.4563e+01
Tunel de VientoDefault	Boundary	0.0000e+00	3.6062e+01	2.2080e+03	-2.4548e+01

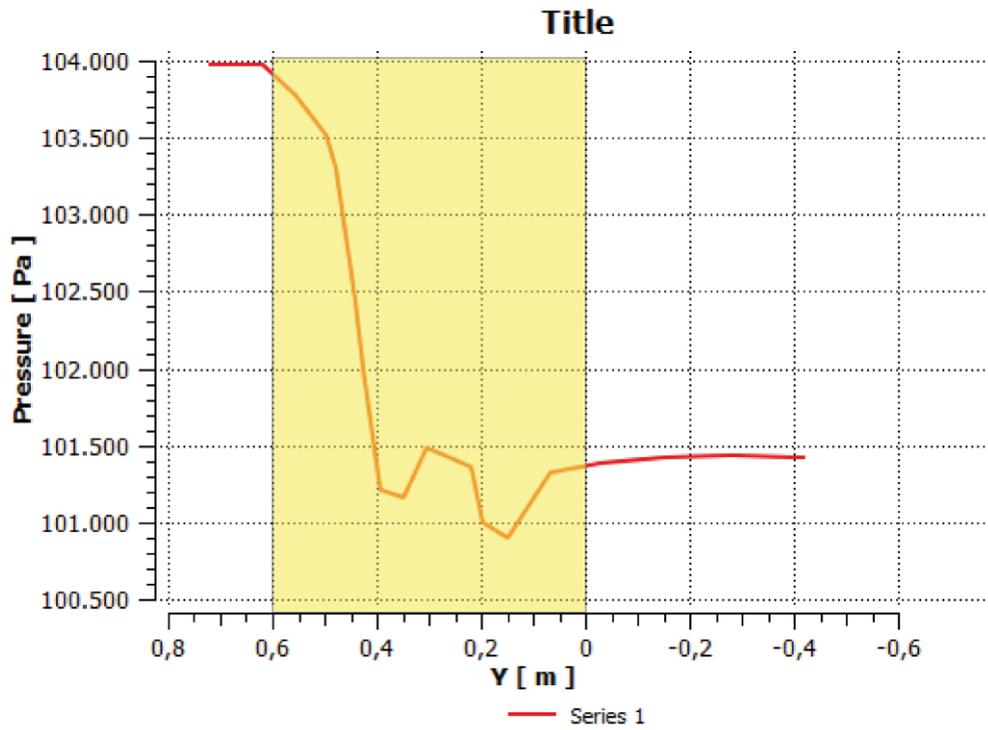
e. User Data

Tabla No. 22: Sustentación y Resistencia por CFX (Faldón Delantero).

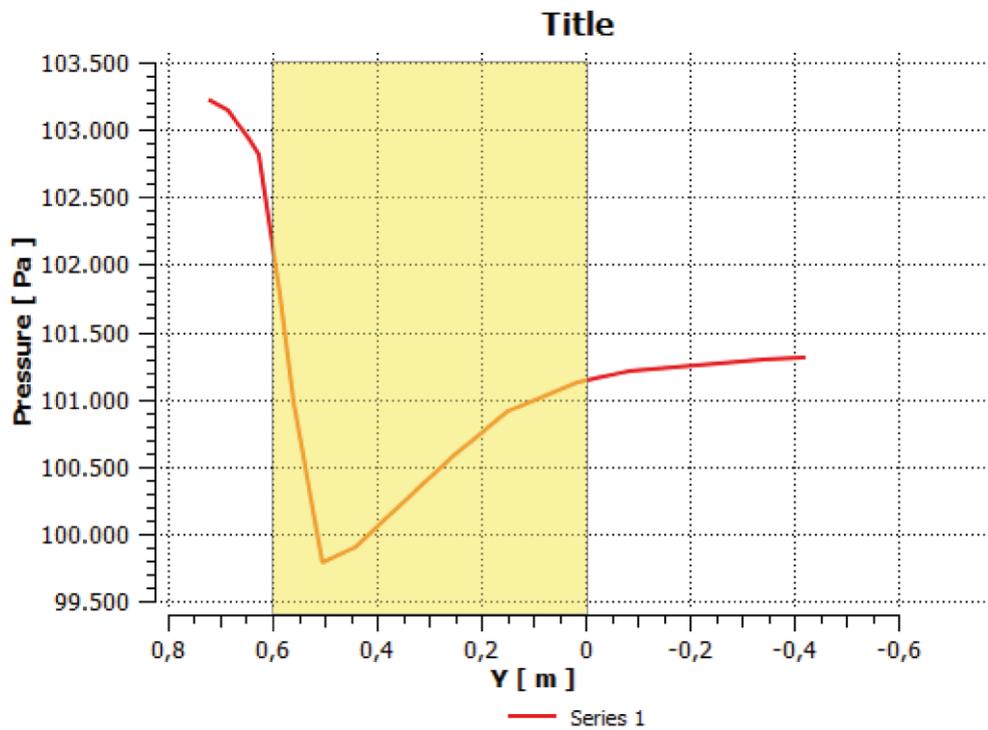
Drag	2.452e+01 [N]
Lift	3.589e+01 [N]



Gráfica No. 15: Velocidad en el Faldón Delantero.



Gráfica No. 16: Presión superior del Faldón Delantero.



Gráfica No. 17: Presión inferior del Faldón Delantero.

4.3.4. REPORTE DEL FALDÓN TRASERO.

ANSYS Report



Date: 2012/04/09 19:46:07

a. File Report

Tabla No. 23: Información del archivo por CFX (Faldón Trasero)

Case	CFX
File Path	C:\Users\DANIEL\Desktop\TESIS\AnalisisAnsys Workbench\Faldon Trasero\Faldon Trasero Analisis CFX-CFD_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_002.res
File Date	09 abril 2012
File Time	01:59:12
File Type	CFX5
File Version	14.0

b. Mesh Report

Tabla No. 24: Información del mallado por CFX (Faldón Trasero)

Domain	Nodes	Elements
Faldon Trasero	20864	107935
Tunel de Viento	48681	273238
All Domains	69545	381173

c. Physics Report

Tabla No. 25: Información de dominio físico por CFX (Faldón Trasero)

Domain - Faldon Trasero	
Type	Solid
Location	B3198
Settings	
Domain Motion	Stationary
Domain - Tunel de Viento	
Type	Fluid
Location	Assembly 2
Materials	
Air Ideal Gas	

Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable
High Speed Model	Off

Tabla No. 26: Límites físicos por CFX (Faldón Trasero)

Domain	Boundaries	
Faldon Trasero	Boundary - Faldon Trasero Default	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Tunel de Viento	Boundary - Entrada	
	Type	INLET
	Location	F4186.4183
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Static Temperature
	Static Temperature	1.5000e+01 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	1.2000e+02 [km hr ⁻¹]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	Boundary - Salida	
	Type	OUTLET
	Location	F4188.4183
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Average Static Pressure
	Pressure Profile Blend	5.0000e-02
	Relative Pressure	1.0000e+00 [atm]
	Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
	Boundary - Tunel de Viento Default	
	Type	WALL
	Settings	
Heat Transfer	Adiabatic	

Tunel de Viento	Mass And Momentum	No Slip Wall
	Wall Roughness	Smooth Wall

d. Solution Report

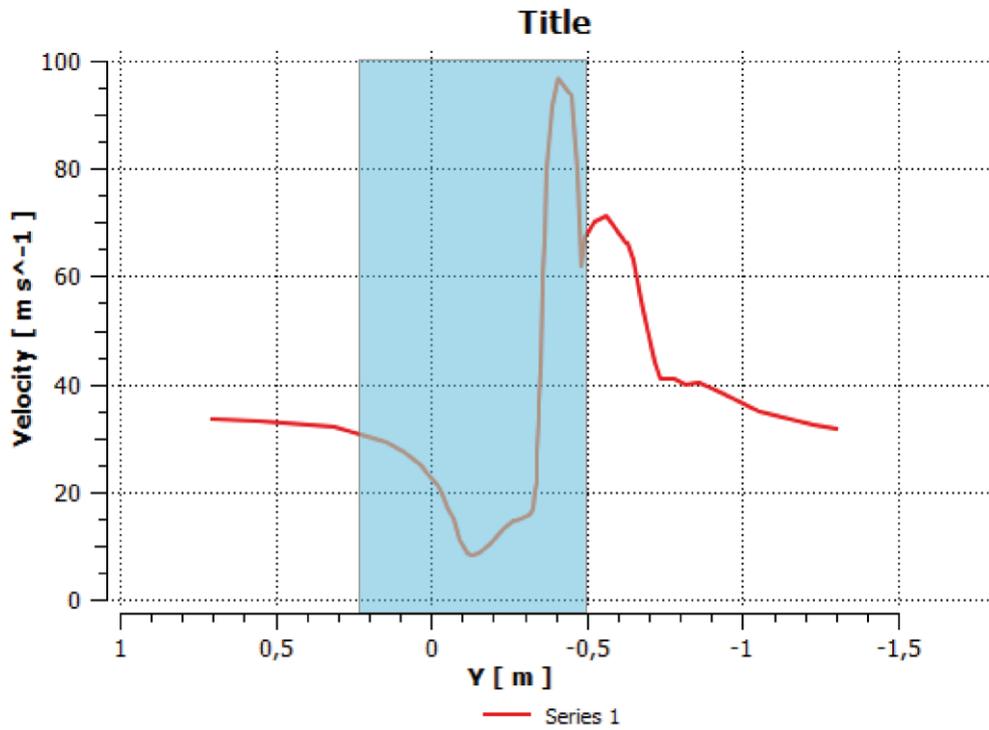
Tabla No. 27: Límites de Flujo por CFX (Faldón Trasero).

Location	Type	Mass Flow	Momentum		
			X	Y	Z
Boundary 1 (Domain 2)	Boundary	1.1351e+01	-9.7852e+04	2.5518e-07	3.9385e-05
Boundary 2 (Domain 2)	Boundary	-1.1353e+01	9.7328e+04	3.5323e-01	8.3603e+00
Domain 2 Default (Domain 2)	Boundary	0.0000e+00	5.2409e+02	-4.2228e-01	-8.5220e+00
Entrada (Tunel de Viento)	Boundary	1.0193e+02	5.8437e-05	-1.3421e+05	4.4852e-06
Salida (Tunel de Viento)	Boundary	-1.0193e+02	-3.4634e+00	1.2668e+05	6.6130e+00
Tunel de Viento Default (Tunel de Viento)	Boundary	0.0000e+00	3.4809e+00	7.5325e+03	-6.9001e+00

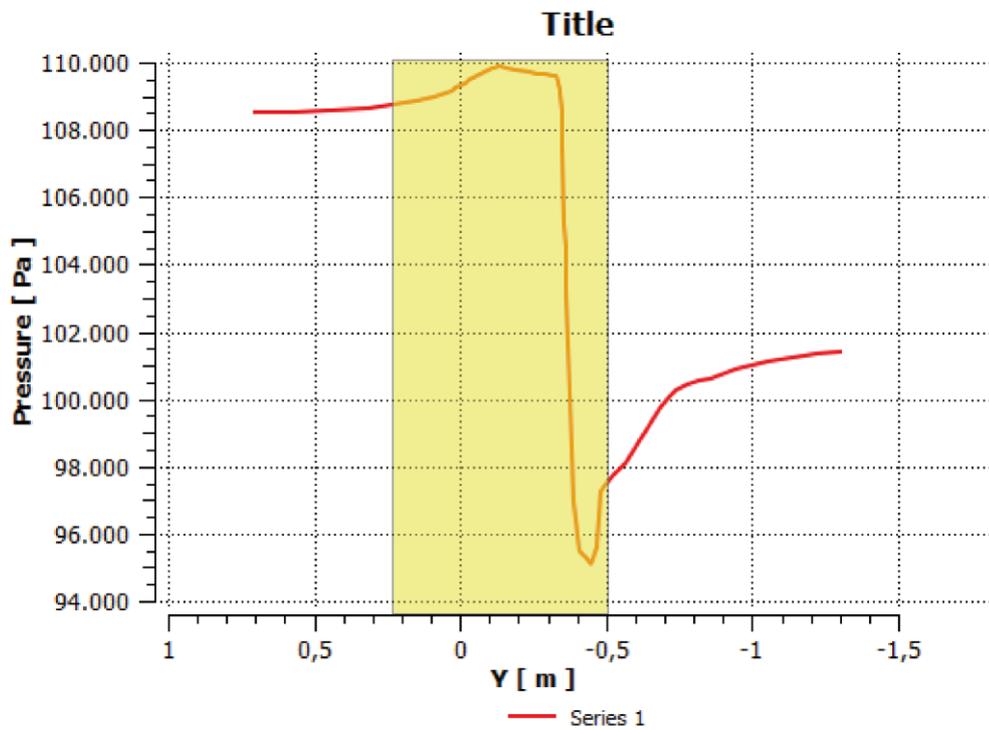
e. User Data

Tabla No. 28: Sustentación y Resistencia por CFX (Faldón Trasero).

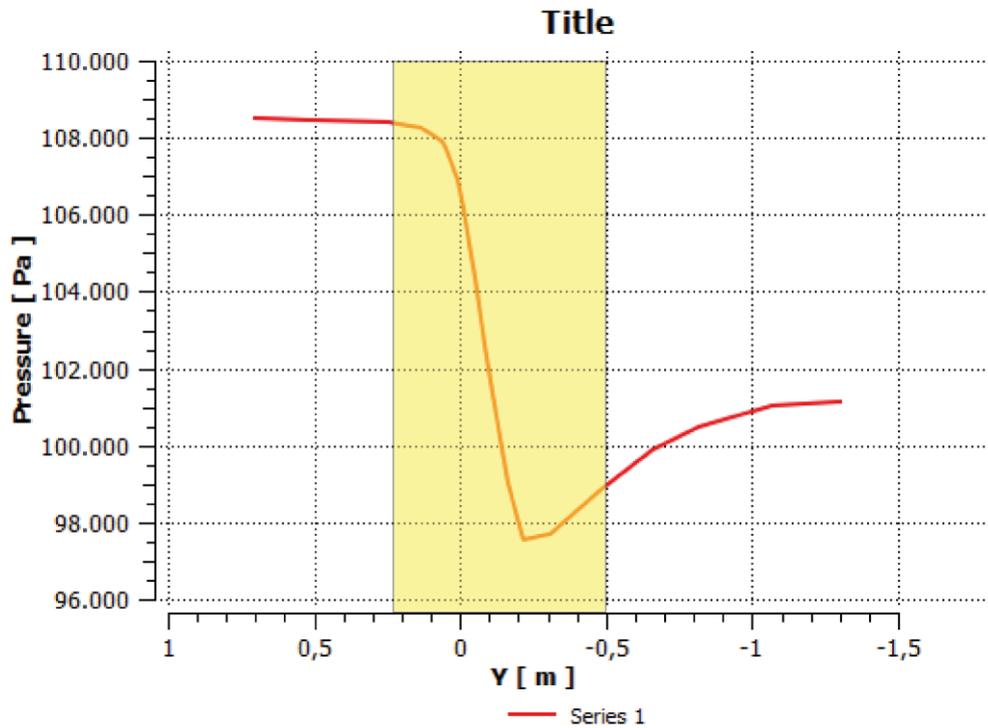
Drag	7.532e+03 [N]
Lift	3.865e+00 [N]



Gráfica No. 18: Velocidad en el Faldón Trasero.



Gráfica No. 19: Presión superior del Faldón Trasero.



Gráfica No. 20: Presión inferior del Faldón Trasero.

4.3.5. REPORTE ESTEEM.

ANSYS Report



Date: 2012/04/09 18:05:46

a. File Report

Tabla No. 29: Información del archivo por CFX (Esteem)

Case	CFX
File Path	C:\Users\DANIEL\Desktop\TESIS\AnálisisAnsysWorkbench\Esteem\Esteem completo_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_005.res
File Date	05 abril 2012
File Time	10:16:58
File Type	CFX5
File Version	14.0

b. Mesh Report

Tabla No. 30: Información del mallado por CFX (Esteem)

Domain	Nodes	Elements
Esteem	87864	364262
Tunel	106446	491746
All Domains	194310	856008

c. Physics Report

Tabla No. 31: Información del dominio físico por CFX (Esteem)

Domain - Esteem	
Type	Solid
Location	"Assembly 2, Assembly 3, Assembly 4, Assembly 5, Assembly"
Settings	
Domain Motion	Stationary
Domain - Tunel	
Type	Fluid
Location	Assembly 6
Materials	
Air Ideal Gas	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable
High Speed Model	Off

Tabla No. 32: Límites físicos por CFX (Esteem)

Domain	Boundaries	
Esteem	Boundary - Esteem Default	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Tunel	Boundary - Entrada	
	Type	INLET
	Location	F9066.9065

Tunel	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Static Temperature
	Static Temperature	1.5000e+01 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	1.2000e+02 [km hr ⁻¹]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	Boundary – Salida	
	Type	OUTLET
	Location	F9069.9065
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Average Static Pressure
	Pressure Profile Blend	5.0000e-02
	Relative Pressure	1.0000e+00 [atm]
	Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
	Boundary - Tunel Default	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Mass And Momentum	No Slip Wall	
Wall Roughness	Smooth Wall	

d. Solution Report

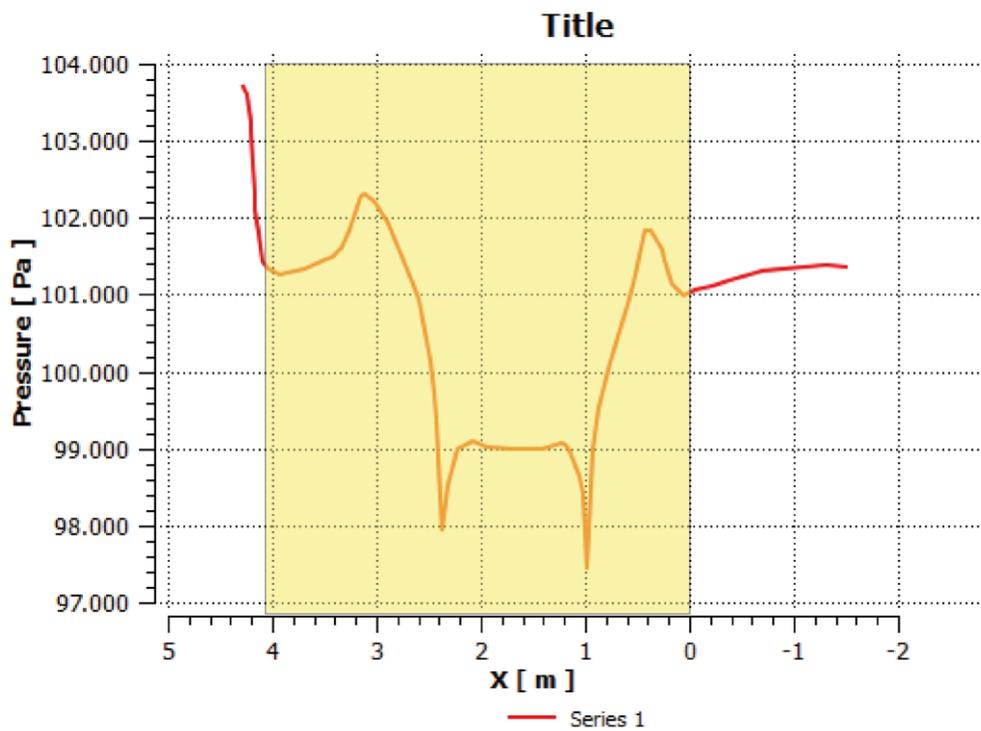
Tabla No. 33: Límites de Flujo por CFX (Esteem).

Location	Type	Mass Flow	Momentum		
			X	Y	Z
Entrada	Boundary	5.6670e+02	-7.2536e+05	2.4645e-03	-1.7011e-04
Entrada (Tunel)	Boundary	4.1281e+02	-5.2886e+05	-5.5284e-04	-2.1406e-05
Salida	Boundary	-5.6669e+02	7.1924e+05	1.8396e+02	2.3613e+01
Salida (Tunel)	Boundary	-4.1281e+02	5.2432e+05	1.0833e+02	6.1214e+01
Tunel Default	Boundary	0.0000e+00	6.1188e+03	-1.8678e+02	-2.1511e+01
Tunel Default (Tunel)	Boundary	0.0000e+00	4.5352e+03	-1.0799e+02	-6.1280e+01

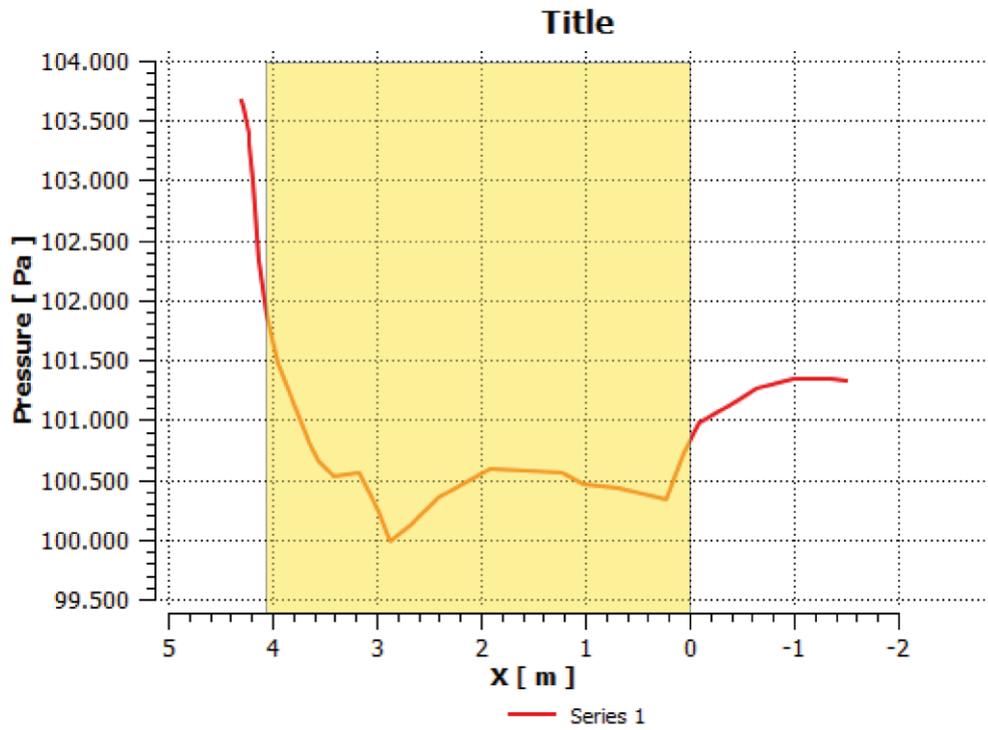
e. User Data

Tabla No. 34: Sustentación y Resistencia por CFX (Esteem).

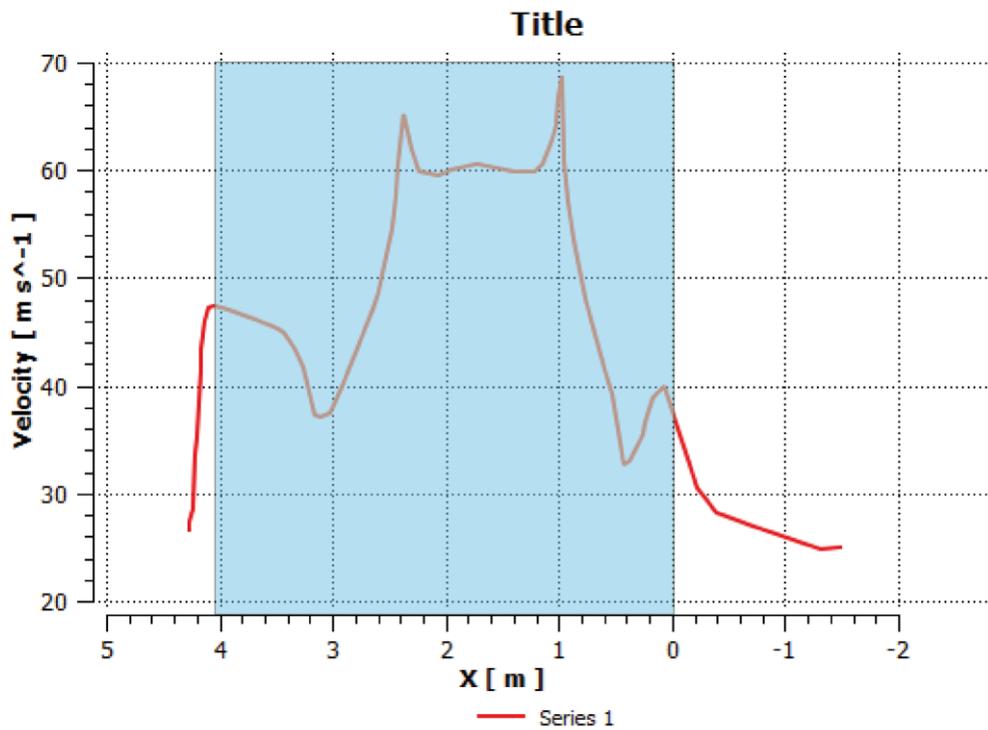
Drag	4.535e+03 [N]
Lift	1.086e+02 [N]
Efficiency	2,39E-02



Gráfica No. 21: Presión superior del Vehículo.



Gráfica No. 22: Presión inferior del Vehículo.



Gráfica No. 23: Velocidad del viento en el Vehículo.

4.3.6. REPORTE ESTEEM CON ACCESORIOS.

ANSYS Report



Date: 2012/04/09 18:32:40

a. File Report

Tabla No. 35: Información del archivo por CFX (Esteem Accesorios)

Case	CFX
File Path	C:\Users\DANIEL\Desktop\TESIS\AnálisisAnsysWorkbench\EsteemAccesorios\EsteemAccesorios_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_007.res
File Date	08 abril 2012
File Time	06:01:05
File Type	CFX5
File Version	14.0

b. Mesh Report

Tabla No. 36: Información del mallado por CFX (Esteem Accesorios)

Domain	Nodes	Elements
Esteem	223213	1130556
Tunel	554667	3055531
All Domains	777880	4186087

c. Physics Report

Tabla No. 37: Información del dominio físico por CFX (Esteem Accesorios)

Domain - Esteem	
Type	Solid
Location	"B2454, B5634, B5438"
Settings	
Domain Motion	Stationary
Domain - Tunel	
Type	Fluid
Location	B34846
Materials	

Air Ideal Gas	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable
High Speed Model	Off

Tabla No. 38: Límites físicos por CFX (Esteem Accesorios)

Domain	Boundaries	
Esteem	Boundary - Esteem Default	
	Type	WALL
	Settings	
	Heat Transfer	Adiabatic
Tunel	Boundary - Entrada	
	Type	INLET
	Location	F34847.34846
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Static Temperature
	Static Temperature	1.5000e+01 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	1.2000e+02 [km hr ⁻¹]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	Boundary - Salida	
	Type	OUTLET
	Location	F34850.34846
	Settings	
	Flow Regime	Subsonic
	Mass And Momentum	Average Static Pressure
	Pressure Profile Blend	5.0000e-02
	Relative Pressure	1.0000e+00 [atm]
	Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
	Boundary - Tunel Default	
	Type	WALL
	Settings	

Tunel	Heat Transfer	Adiabatic
	Mass And Momentum	No Slip Wall
	Wall Roughness	Smooth Wall

d. Solution Report

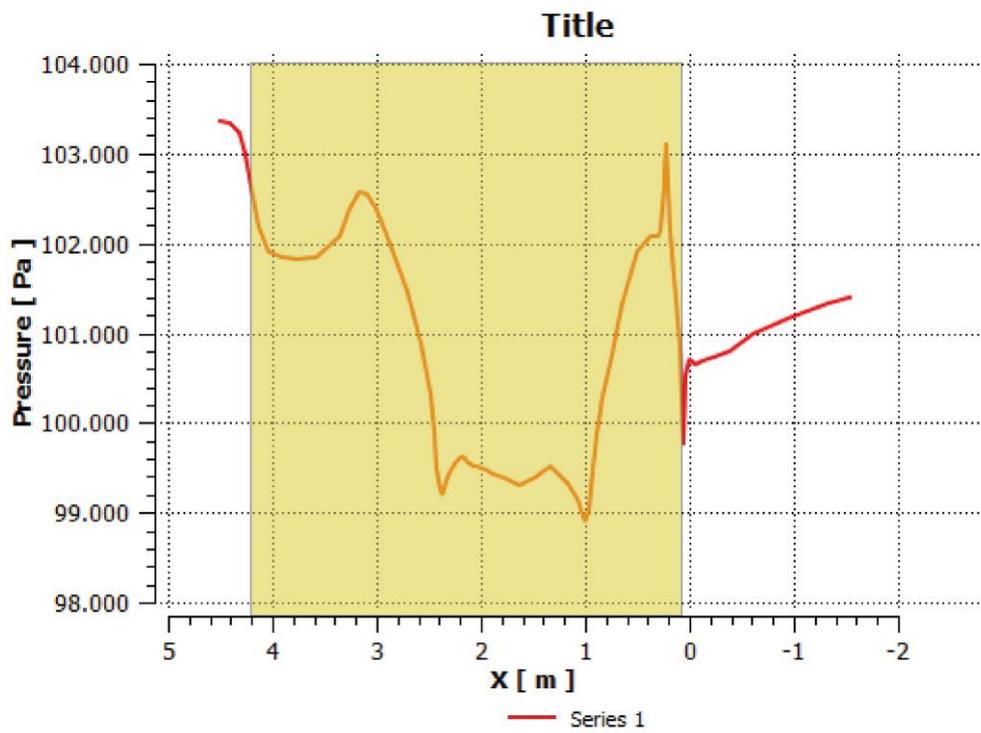
Tabla No. 39: Límites de Flujo por CFX (Esteem Accesorios).

Location	Type	Mass Flow	Momentum		
			X	Y	Z
Entrada	Boundary	4.1991e+02	-5.3885e+05	-6.1760e-04	6.1734e-06
Entrada (Tunel)	Boundary	4.1992e+02	-5.3888e+05	-6.1735e-04	8.2040e-06
Salida	Boundary	-4.1995e+02	5.3379e+05	7.3905e+02	-3.0126e+02
Salida (Tunel)	Boundary	-4.1995e+02	5.3385e+05	7.1217e+02	-2.9212e+02
Tunel Default	Boundary	0.0000e+00	5.0555e+03	-7.4065e+02	2.9407e+02
Tunel Default (Tunel)	Boundary	0.0000e+00	5.0257e+03	-7.0967e+02	2.8674e+02

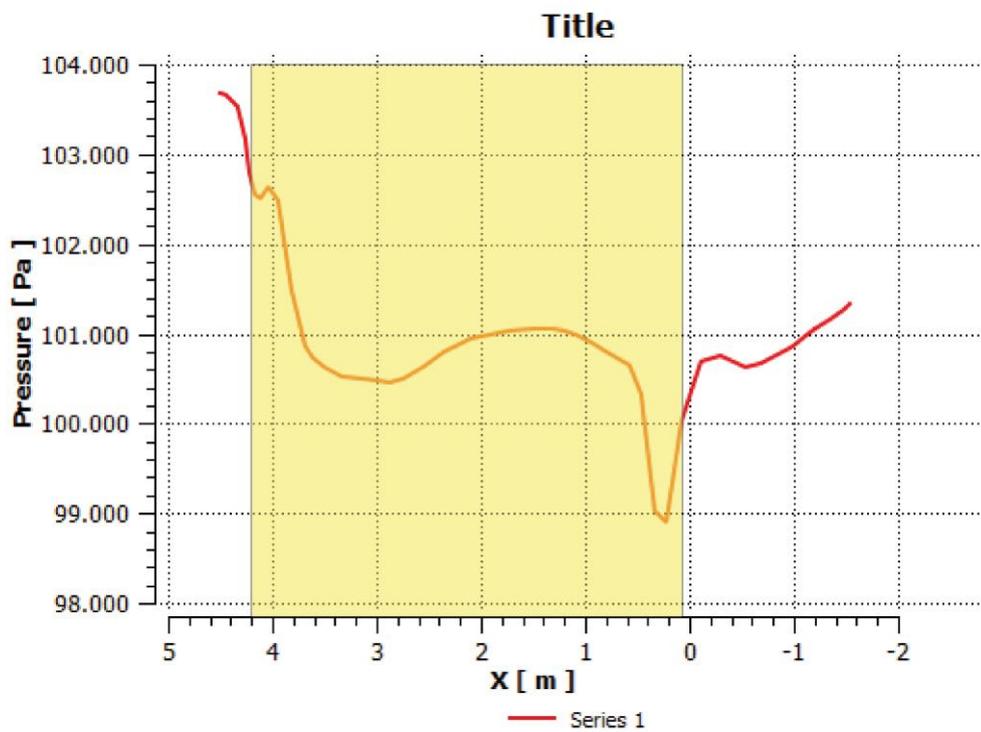
e. User Data

Tabla No. 40: Sustentación y Resistencia por CFX (Esteem Accesorios).

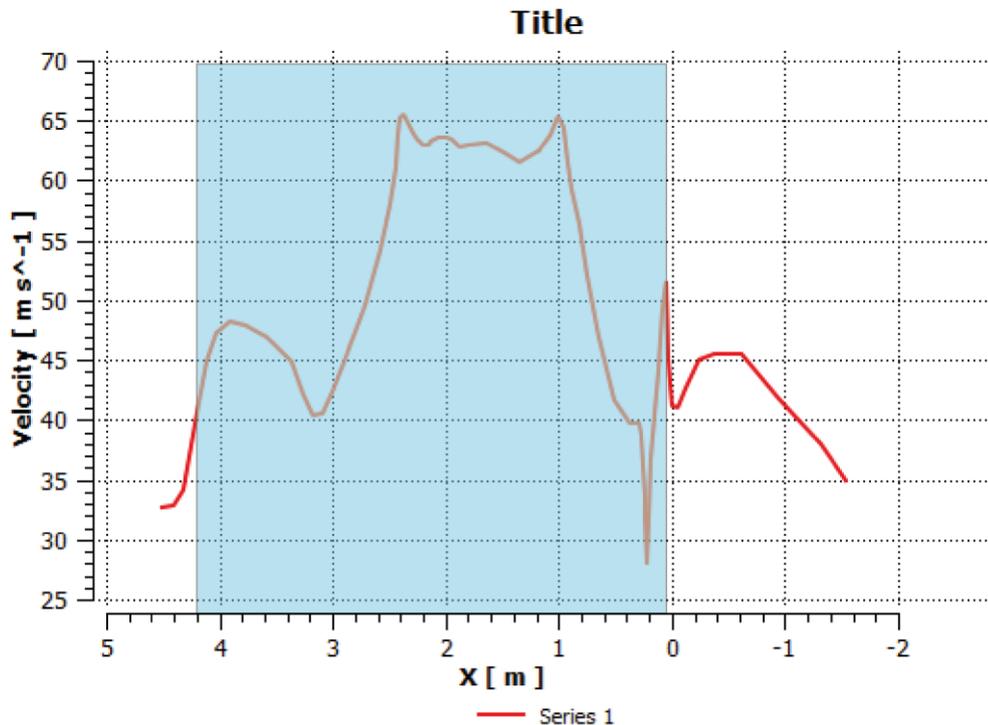
Drag	5.026e+03 [N]
Lift	7.119e+02 [N]
Efficiency	1.420e-01



Gráfica No. 24: Presión superior en el Automóvil con accesorios.



Gráfica No. 25: Presión inferior en el Automóvil con accesorios.



Gráfica No. 26: Velocidad del viento en el Automóvil con accesorios.

Observemos en la eficiencia subrayada con amarillo, esta es mayor en el vehículo con accesorios que en el auto sin ellos, por tanto.

$$\frac{\text{Vehiculo con Accesorios}}{\text{Vehiculo}} = \frac{0,1416}{0,0239} = 5,9148 \quad \text{Ec. 7}$$

Con lo que concluimos que el automóvil modificado es aproximadamente 5 veces más eficiente aerodinámicamente que el vehículo estándar.

ANSYS CFD solver: se basan en el método de volúmenes finitos.

- La región de fluido se descompone en un conjunto finito de volúmenes de control
- Las ecuaciones generales de conservación de masa, momento, energía, especies, etc. se resuelven con este conjunto de volúmenes de control.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV \quad \text{Inestabilidad} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\oint_A \rho \phi \mathbf{V} \cdot d\mathbf{A} \quad \text{Advección} \quad \text{Ec. 9}$$

$$\oint_A \Gamma \nabla \phi \cdot d\mathbf{A} \quad \text{Difusión} \quad \text{Ec. 10}$$

$$\int_V S_\phi dV \quad \text{Generación} \quad \text{Ec. 11}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV + \oint_A \rho \phi \mathbf{V} \cdot d\mathbf{A} = \oint_A \Gamma \nabla \phi \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \quad \text{Ec. 12}$$

- Ecuaciones continuas diferenciales parciales, se discretizan en un sistema de ecuaciones algebraicas lineales que se pueden resolver en una computadora.

CAPÍTULO 5

5. CONSTRUCCIÓN.

5.1. ELECCIÓN DE MATERIAL.

Elegir los materiales más apropiados para fabricar un componente en particular dependerá de algunos factores, como, la familiaridad que tenga con ese material (o sus ganas de familiarizarse con él), los métodos de fabricación necesarios, los requisitos estructurales y físicos del componente, los costes del material en relación con su presupuesto, y el número de piezas de repuesto que quiera tener. El aficionado puede contar con muchos métodos de fabricación diferentes, y aunque los métodos de fabricación tradicionales son los más utilizados, vale la pena echar una ojeada a los métodos de construcción de los aviones a escala, donde la alta resistencia y el poco peso están a la orden del día.

Los componentes sencillos, tales como el difusor, o los separadores de flujo, que son prácticamente planos y sin curvatura, pueden fabricarse de madera contra-chapada, metal en planchas o de PRF moldeado. Los componentes con una sola curvatura, o sea, aquellos doblados o curvados en un solo plano, tales como los alerones sencillos, pueden hacerse de metal o PRF, mientras que los componentes con curvaturas complejas, como las cajas de aire o separadores más complejos, es más conveniente fabricarlos con PRF. A menos de tener mucha experiencia en el uso de metales y contar con la maquinaria necesaria para fabricarlos. De esto podemos deducir que el PRF es el material que más aplicaciones tiene.

5.1.1. PLANCHAS DE METAL.

Los alerones de aluminio son razonablemente baratos de construir, y éste es el principal motivo de su popularidad entre los competidores de bajo presupuesto. Pero también tienen la desventaja de ser más pesados de lo necesario, además de que se abollan fácilmente con cualquier golpe.

Las piedras que levanta otro coche que rueda delante pueden dañar fácilmente el borde de ataque de un alerón de aluminio, al igual que los golpes inadvertidos en el taller. Todo el cuidadoso esfuerzo de diseñarlos y construirlos puede verse tirado por la borda en un par de carreras, o incluso en un par de minutos, El problema es especialmente grave en los alerones delanteros, aunque los traseros no quedan inmunes, y entonces es justo decir que las cajas de aire y los separadores de flujo, así como los spoilers traseros y otros elementos aerodinámicos, también son proclives a sufrir daños si están hechos de aluminio.

5.1.2. PLÁSTICOS REFORZADOS

La mayoría de los que compiten en el mundo del motor están familiarizados con el plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), también conocido coloquialmente como fibra de vidrio, En su forma más barata y sencilla, las fibras de vidrio (fibras cortadas en trozos, o CSM) entrenzadas al azar se sitúan en una matriz de resina de poliéster curada, con la que se consigue un medio duro, resistente y relativamente ligero, que puede extenderse o depositarse con pinceles u otras herramientas, en varias formas complejas, con el fin de crear paneles, morros, difusores, alerones y prácticamente todos los componentes mencionados, y aún pueden lograrse más beneficios si se crean estructuras de sándwich, utilizando para el núcleo o alma, materiales que aumenten la rigidez de un componente en relación con su peso. Vamos a tratar los puntos básicos sobre la creación de un componente con PRFV, la buena noticia es que podemos crear prácticamente cualquier forma que queramos, La mala noticia es que lleva mucho tiempo, y puede ser un poco lioso, oloroso e irritante. Pero la habilidad de comenzar con una forma que ha diseñado usted, en lugar de utilizar la creación de otro, así como la capacidad de incorporar complejas curvaturas, hace que el ejercicio valga la pena. Además otra ventaja es que se pueden crear matrices para la obtención de piezas similares o de reemplazo.

5.1.3. OTROS MATERIALES.

Después de esto entramos en el terreno de los compuestos avanzados, utilizando materiales reforzadores como la fibra de carbono, la cual ofrece altos niveles de rigidez, y el Kevlar, que ofrece una gran resistencia y capacidad de absorción a los golpes, Los materiales tipo nido de abeja permiten crear estructuras muy ligeras pero a la vez muy resistentes, y las propiedades estructurales de este grupo de materiales son tan superiores a las de los metales en plancha y a las formas tradicionales de PRF que, en los niveles más altos del mundo de la competición, sólo se emplean estos materiales compuestos para la carrocería y los elementos aerodinámicos.

5.2. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Ahora después de haber leído todos los conceptos anteriores, se ha elegido, para la construcción del prototipo el material PRFV, ya que tengo un tanto de experiencia en el manejo de este, además de que los diseños realizados tienen muchas curvaturas un tanto complejas y para ello mi experiencia en planchas de aluminio no es la suficiente para construirlos y por el contrario no existe la tecnología necesaria en el país como para crear en fibra de carbono o Keylar.

5.2.1. CONSTRUCCIÓN DE MATRICES.

Primero tenemos que crear unas matrices con fibra de vidrio que usaremos como moldes para luego realizar las piezas, ya sea que pase algo con la pieza original o simplemente se desee crear en serie.



Figura No. 93: Tratamiento de Matriz de Fibra de Vidrio para la construcción del Alerón.



Figura No. 94: Tratamiento de Matriz de Fibra de vidrio para la construcción de Etribos.



Figura No. 95: Tratamiento de Matriz de Fibra de Vidrio para la construcción del Faldón Delantero.



Figura No. 96: Tratamiento de Matriz de Fibra de Vidrio para la construcción del Faldón Delantero.



Figura No. 97: Tratamiento de Matriz en Fibra de Vidrio para la construcción de Faldón Trasero.



Figura No. 98: Tratamiento de Matriz en Fibra de Vidrio para la construcción del Faldón Trasero.

5.2.2. CONSTRUCCIÓN DE LAS PIEZAS.

Luego de haber creado las matrices procedemos a realizar las piezas en fibra de vidrio, calculamos la cantidad de resina a utilizar, medimos 1 litro y consideramos que esto pesara aproximadamente 1,1 kilogramos, lo mezclamos con un 20% de estireno (diluyente) y valoramos la cantidad recomendada del acelerante, la agregamos a la resina, mezclamos completamente hasta que adquiera una tonalidad pareja, levemente rosada.

Para una dosificación adecuada del acelerante (octoato de cobalto al 6 %), usamos la tabla No. 41:

Tabla No. 41: Gramos de cobalto por Kg de resina de acuerdo a temperatura.

Temperatura ambiente	Gramos de acelerante por 1.000 gramos de resina
De 5° C hasta 10° C	4 a 3
10 ° C hasta 15 ° C	3 a 2
15 ° C hasta 20 ° C	2 a 1,5
20 ° C hasta 30 ° C	1,5 a 1,0

1 gramo de acelerante = 25 gotas

Añadimos el catalizador (peróxido de meck) a la mezcla anterior, ya agregado este a la resina, comenzará a reaccionar, pasando primero a un estado gelatinoso y luego empezará a subir la temperatura hasta endurecerse toda la mezcla aplicada, en un período entre 18 a 25 minutos.

Dado el tiempo limitado de trabajo, es recomendable que no catalizar más de 3 kilogramos de resina. También hay que tomar en cuenta que a mayor temperatura ambiente va a requerir menos catalizador (tabla No. 42). Todo esto puede variar de acuerdo a la experiencia y pericia del operador.

Tabla No. 42: Gramos de Peróxido por Kg de resina de acuerdo a temperatura.

Temperatura ambiente	Gramos de peróxido por 1.000 gramos de resina
15 ° C	30
20 ° C	20
30 ° C	10

10 gramos = 10 cc con jeringa o pipeta.

Cabe mencionar unas advertencias muy importantes, Nunca mezclar el acelerante (cobalto) con el catalizador, ya que reaccionan violentamente, proteger ojos y manos, en lo posible usar gafas y guantes, realizar este trabajo en un lugar suficientemente ventilado ya que esta mezcla produce gases tóxicos y nunca dejar estos productos al alcance de niños o animales.

Bien, cumplido todo, aplicamos la fibra de vidrio y sobre ella colocamos la mezcla de resina con una brocha esto, como si la estuviéramos pegando con goma pero con la diferencia de que tenemos que cubrirla completamente.



Figura No. 99: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina en la matriz tratada y seca por cuatro horas para la fabricación del Alerón.



Figura No. 100: Colocación de fibra de vidrio con mezcla de resina sobre la matriz tratada y seca por cuatro horas para la fabricación de los estribos laterales.



Figura No. 101: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina sobre la matriz tratada y seca por cuatro horas para la fabricación del faldón delantero.



Figura No. 102: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina en la matriz tratada y seca por cuatro horas para la fabricación del Faldón Delantero.



Figura No. 103: Colocación de Fibra de Vidrio con mezcla de resina en la matriz tratada y seca por cuatro horas, para la fabricación del Faldón Trasero.

Cabe recalcar que debido a la complejidad el diseño se tuvo que colocar masilla plástica en las imperfecciones que se hallaron al momento de la construcción del prototipo para que en los terminados de la pintura estas imperfecciones no sean visibles y además para darle mayor uniformidad a la pieza.



Figura No. 104: Accesorios aerodinámicos con masilla plástica en las imperfecciones.

5.2.3. INCLUSIÓN DE LAS PIEZAS EN EL VEHÍCULO.

En la próxima figura veremos todos los accesorios en fibra de vidrio colocados en el automóvil, listos para empezar a realizarles los terminados de pintura dejando a un lado la fibra.



Figura No. 105: Vehículo con los accesorios colocados.

Como lo mencionamos anteriormente una vez terminado todos los accesorios aerodinámicos y además de haberlos asegurado al vehículo abandonamos el taller de fibra de vidrio para llevarlo ahora al taller de pintura automotriz, donde el vehículo ingresa para un terminado total es decir se trabajó con mucho énfasis en los diseños a estudio que se realizó en este texto pero también se trabajó en el resto de la carrocería para que el automóvil permanezca completamente uniforme en su terminado.

En las siguientes imágenes apreciaremos como el lijado, masillado y fondeado son pasos esenciales para que estos accesorios se aprecien de tal forma que aparenten ser parte misma de la carrocería. Comenzaremos mostrando imágenes del fondeado y masillado primario.

5.2.4. MASILLADO Y FONDEADO PRIMARIO.

La masilla utilizada es llamada de poro cerrado y aparenta un color rojizo.



Figura No. 106: Fondeado y masillado primario del Alerón.



Figura No. 107: Fondeado y masillado primario de los Etribos Laterales.



Figura No. 108: Fondeado y masillado primario de Faldón Delantero.



Figura No. 109: Fondeado y masillado primario de Faldón Trasero.

5.2.5. LIJADO PRIMARIO Y FONDEADO.

Una vez hemos culminado con el paso anterior dejamos secar por un lapso mínimo de una hora y procedemos a lijar para que la superficie tenga uniformidad ya que la masilla por mas experto que el operador sea, queda con salientes y carrasposo, el procedimiento se lo realiza en todas las piezas a mano o con máquina, todo depende de la habilidad que tenga el experto con cualquiera de los procedimientos mencionados, entonces, este primer lijado al ser no tan minucioso se lo realiza con lija número 80, ya sea de metal o de madera, esto no tiene mucha relevancia.

En las siguientes imágenes observaremos como quedan las piezas luego de esta operación.



Figura No. 110: Alerón y estribos lijados con lija N.80



Figura No. 111: Faldón delantero y trasero lijados con lija N. 80.

Culminado el proceso del primer lijado y ya todo liso colocamos otra capa de fondo para cubrir la masilla tal y como veremos en la figura siguiente.



Figura No. 112: Segunda mano de fondo a estribos y alerón.



Figura No. 113: Segunda mano de fondo a Faldón delantero y trasero.

5.2.6. PRIMERA MANO DE PINTURA.

Una vez seca la segunda mano de fondo procedemos a lijar por segunda ocasión, pero esta vez con una lija más fina (lija N. 100), ya que simplemente es para dejar la superficie muy lisa y colocar la pintura sobre estos, en las siguientes imágenes veremos los accesorios con la primera mano de pintura.



Figura No. 114: Alerón y estribos laterales con la primera mano de pintura.



Figura No. 115: Faldones delantero y trasero con la primera mano de pintura.

5.2.7. MASILLADO Y LIJADO FINAL.

Para el masillado y lijado final debemos dejar secar la primera mano de pintura por un lapso mínimo de tres a cuatro horas caso contrario en el proceso de lijado la pintura se correrá y deberemos repetir el proceso anterior.

Cuando se ha secado esta mano de pintura, entonces procedemos a observar las últimas imperfecciones que han de quedar y las cubrimos con masilla (masilla de poro cerrado), se recomienda realizar este procedimiento con una espátula plástica o llamado también aplicador plástico ya que esta técnica debe ser muy minuciosa, depende también de la habilidad del operador. En las siguientes páginas observaremos imágenes de los accesorios con estas imperfecciones selladas.



Figura No. 116: Faldón Delantero y Trasero con su ultimo masillado.



Figura No. 117: Estribos con su último masillado.

En la superficie del alerón no se encontró imperfecciones por tanto el masillado es inútil. Luego de este proceso se pasó a lijar con lija N. 350 toda la superficie incluida la masilla aquí se incluyó el alerón(únicamente en el lijado) dejando a todos extremadamente lisos. En las siguientes imágenes veremos a los accesorios lijados y listos para su última mano de pintura.



Figura No. 118: Faldones lijados con lija N.350

5.2.8. PINTURA FINAL Y PRESENTACIÓN DEL VEHÍCULO.

Entonces, con todos los accesorios listos para darle la mano final de pintura procedemos a realizar esta operación, es de mencionarse que se colocó una capa más gruesa de pintura para que las fallas de masilla se perdieran por completo. Las siguientes imágenes evidencian este proceso.



Figura No. 119: Faldón Delantero con la mano final de pintura.



Figura No. 120: Estribos con la mano final de pintura.



Figura No. 121: Faldón Trasero y Alerón con la mano final de pintura.

Para que el vehículo se observe de una forma más uniforme se tomó en consideración el pintado completo de la carrocería también, así que se hizo un examen de las imperfecciones, se las reparo y se las pinto de esta manera el terminado del vehículo es completamente similar.

Culminado todos los procesos ubicamos a los accesorios en el vehículo y los lijamos con lija N. 1500 esto es para situar pulimento sobre todo el

automóvil y de esta manera conseguir un acabado casi perfecto. En las imágenes observaremos el proceso realizado en la carrocería (fig. No. 122) y el coche terminado con sus accesorios colocados (fig. No. 123).



Figura No. 122: Vehículo repintado.



Figura No. 123: Vehículo Terminado.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES.

- ✓ Se compilo información relacionada a los temas planteados tanto de aerodinámica, tuning, CAD, materiales y su manejo.
- ✓ Se destacó información importante para emplear en el proyecto, se la sintetizo, enlisto y redacto en las primeras páginas del documento.
- ✓ Se propuso alternativas de diseño para el vehículo tomando en cuenta criterios de eficiencia aerodinámica y tuning.
- ✓ Se seleccionó la alternativa más adecuada de acuerdo a juicio de diseñador para el tuning aerodinámico del coche.
- ✓ Se diseñó los elementos o accesorios tomando el CAD como principal herramienta para ello, ya que brindo la asistencia adecuada que permitió cumplir este proceso con éxito.
- ✓ Se sometió a análisis de fluidos las piezas diseñadas para el vehículo, en software inventado para este tipo de estudios.
- ✓ Se comparó resultados obtenidos del programa y conseguimos mejorar el vehículo en cuestión alterando su capacidad aerodinámica y también su estética visual en relación con el automóvil estándar.
- ✓ Se enlisto materiales posibles para la construcción del prototipo.
- ✓ Se eligió el material adecuado de acuerdo a disponibilidad y criterio del autor del proyecto, se construyó y pinto los accesorios y el vehículo para darle un excelente terminado.
- ✓ Se probó el vehículo modificado en carretera examinando maniobrabilidad y confiabilidad.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe tomar en cuenta muchos aspectos antes de modificar un vehículo tanto mecánicos como de eficiencia y desempeño.
- ✓ Los accesorios creados deben conseguir vincularse con el diseño original del vehículo para que las reformas no sean grotescas y cumplan también con las funciones para las que fueron creadas y no solamente se usen como un efecto de estética visual.
- ✓ Es recomendable realizar todas estas modificaciones con un programa de diseño mecánico ya que con ello lograremos una mayor precisión tanto en dimensiones como en los análisis, exactitud que no conseguiremos con una modificación artesanal.
- ✓ Se recomienda instruirse en programas de diseño asistido para crear infinitas posibilidades de proyectos para cualquier tipo de trabajo.
- ✓ Para manejar fibra de vidrio es importante educarse sobre las ventajas y desventajas que puede producir estos materiales.
- ✓ Se debe usar protecciones como guantes, lentes de seguridad y cubrir todas las partes que puedan estar expuestas a la fibra de vidrio ya que la exposición constante puede ocasionar lesiones, además hay que tomar en cuenta que este tipo de trabajo se lo debe realizar en ambientes con abundante ventilación.
- ✓ En caso de encontrar complicaciones en el momento del uso de este tipo de materiales, se recomienda pedir ayuda a expertos instruidos en este tipo de temas, para evitar accidentes.

BIBLIOGRAFÍA.

- AITEX, Manual de fibras de uso técnico, tercera edición, 2005.
- ANSYS, Inc, Tutorials Ansys, USA, 2009, Editorial Ansys Inc
- <http://www.ansys.com>
- <http://area.autodesk.com/>
- <http://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=fiber%20glass>
- <http://www.tuningarea.com/aerodinamica/>
- <http://www.velocidadmaxima.com/forum/archive/index.php/t-22788.html>
- JEPPESEN JAA ATPL TRAINING, Performance, Alemania, Editorial Jeppesen.
- McBEATH, Simón, Aerodinámica del automóvil de competición, primera edición, 2005, Editorial CEAC.
- PINEDA, Diego, VEGA, William: Diseño y construcción de un túnel de viento subsónico con sistema de adquisición de datos para el estudio de la aerodinámica de vehículos, primera edición, 2010, Ecuador.
- SHAMES, Irving, Mecánica de Fluidos, tercera edición, New York, 1995, Editorial McGraw-Hill, Traducción, Colombia, Editorial Martha Edna Suarez.
- VonKARMAN, Theodore, Aerodynamics, primera edición, New York, 1963, Editorial McGraw-Hill.
- WIDEBERG, Johan: Aerodinámica, primera edición, Sevilla, Editorial ESI.

ANEXOS

ANEXO A

“BOCETOS INICIALES A MANO ALZADA”

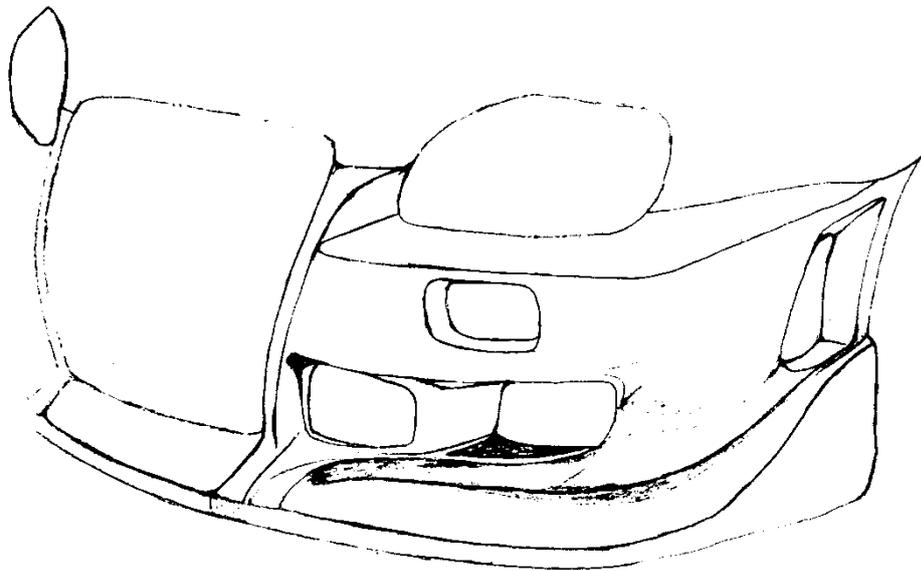


Figura A1: Boceto preliminar del Faldón Delantero.

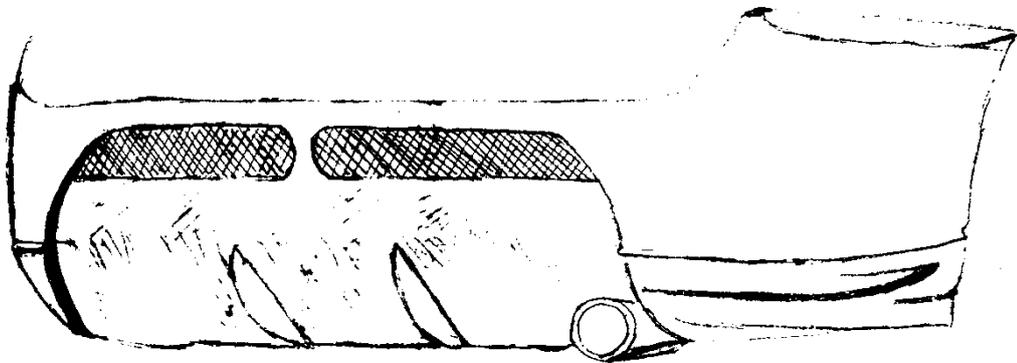


Figura A2: Boceto preliminar del Faldón Trasero.

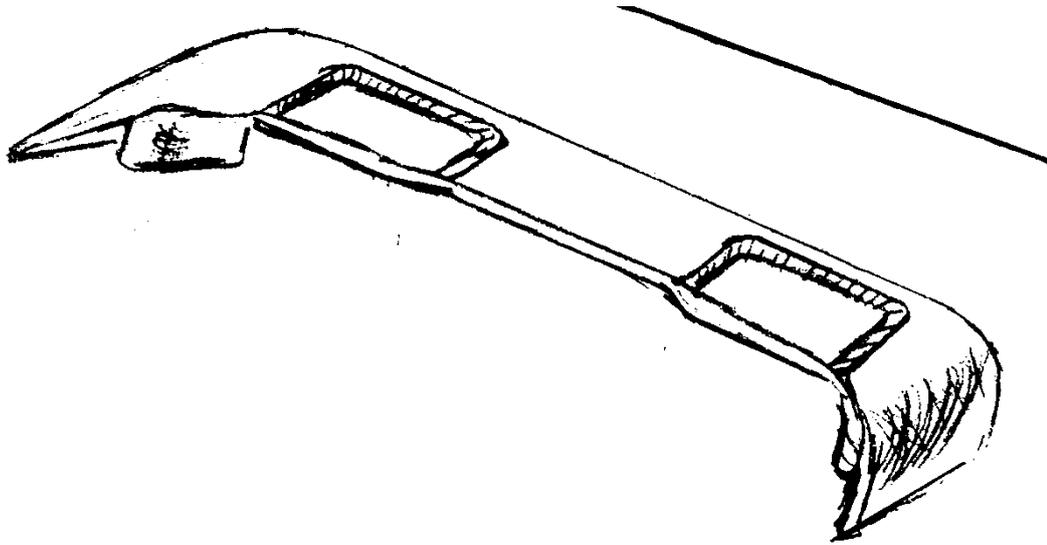


Figura A3: Boceto preliminar del Alerón.

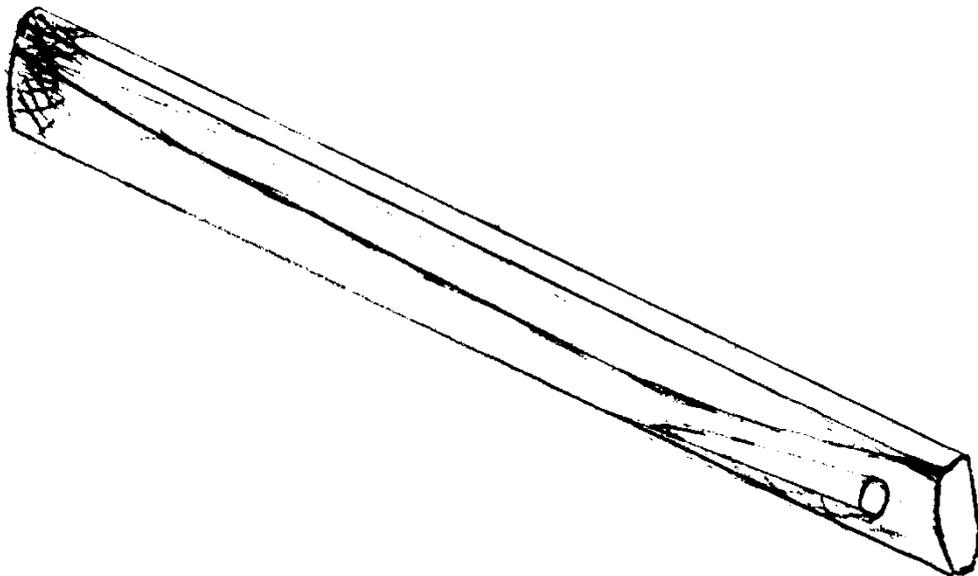
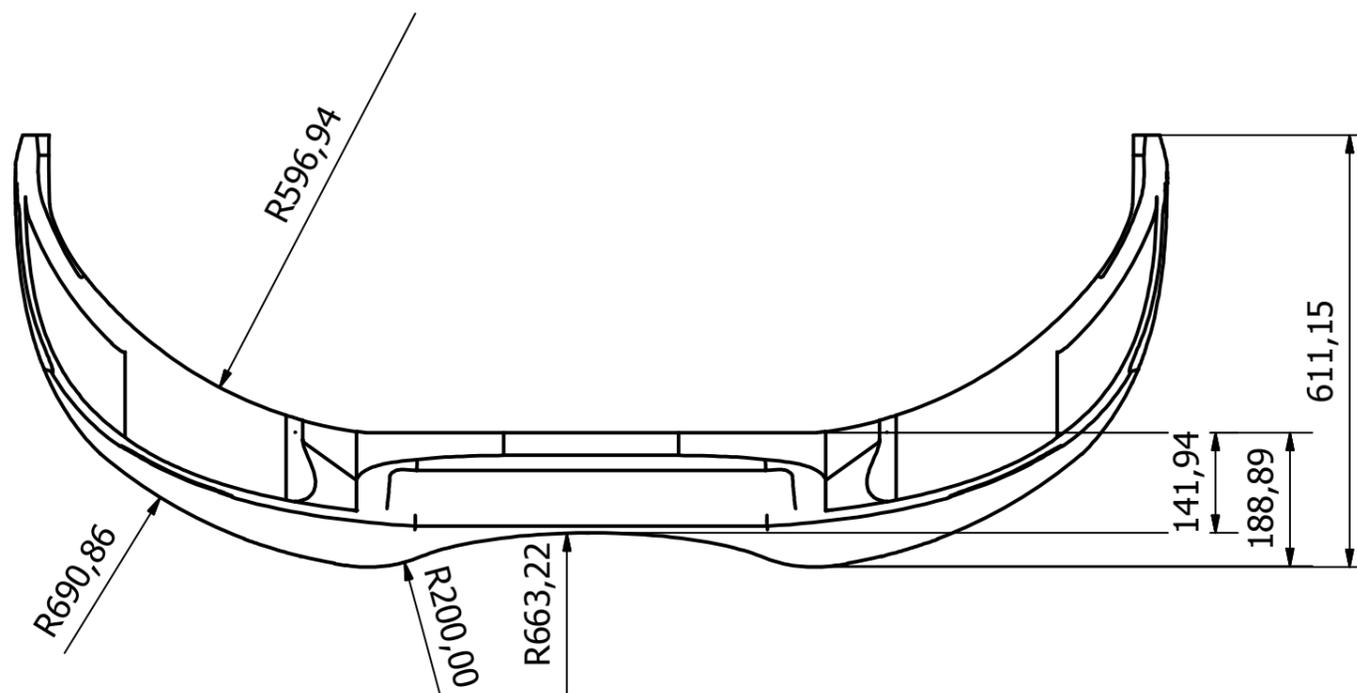
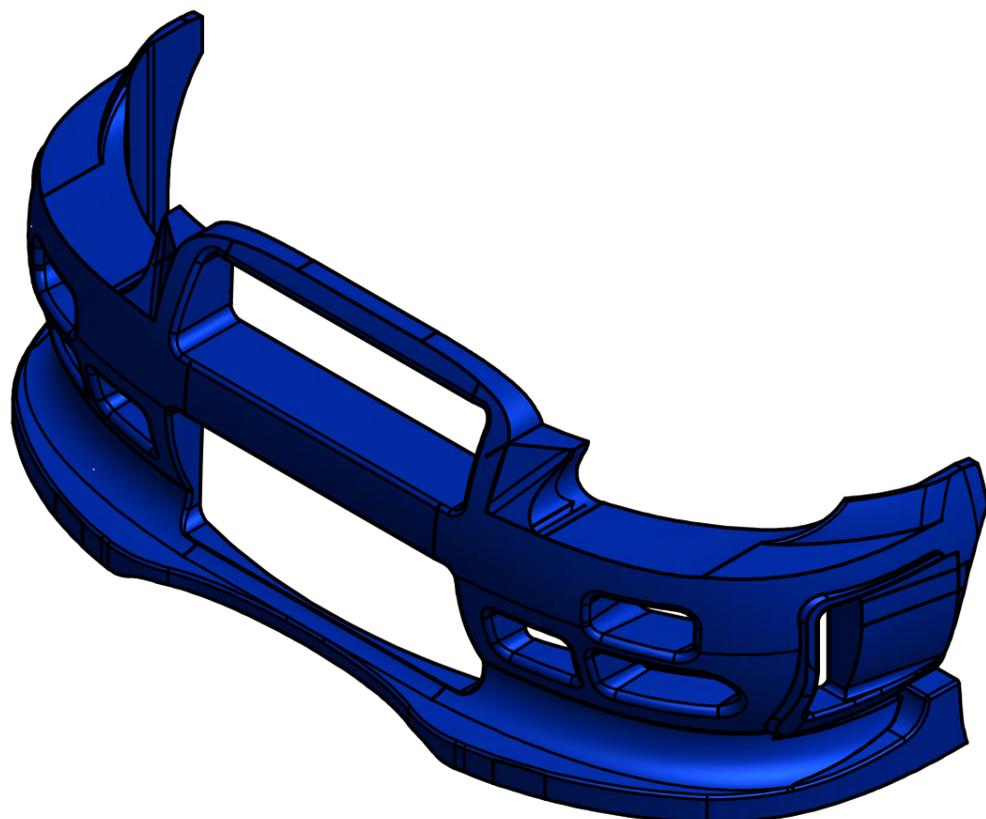
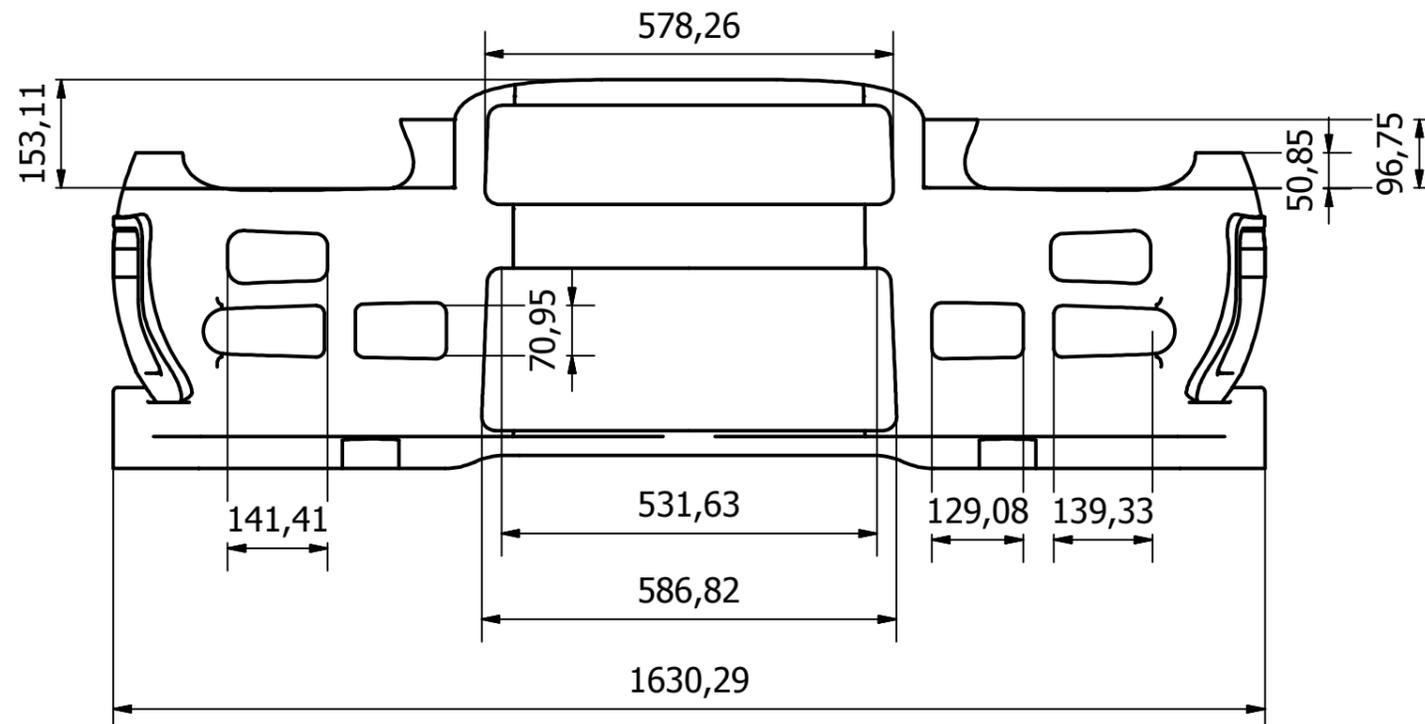
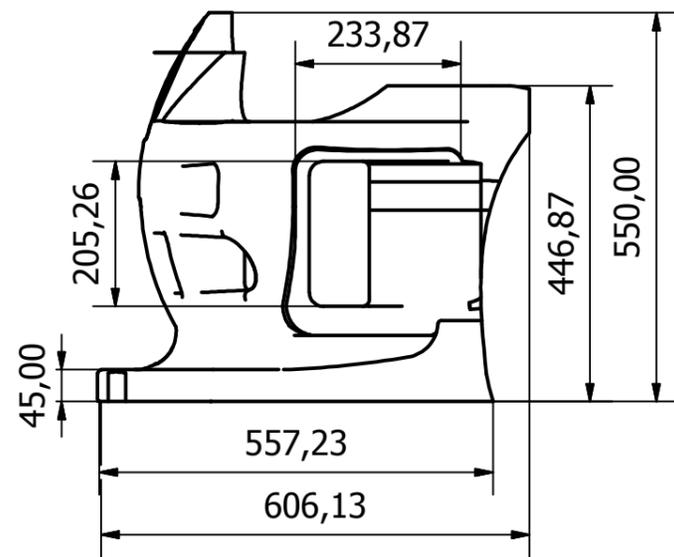


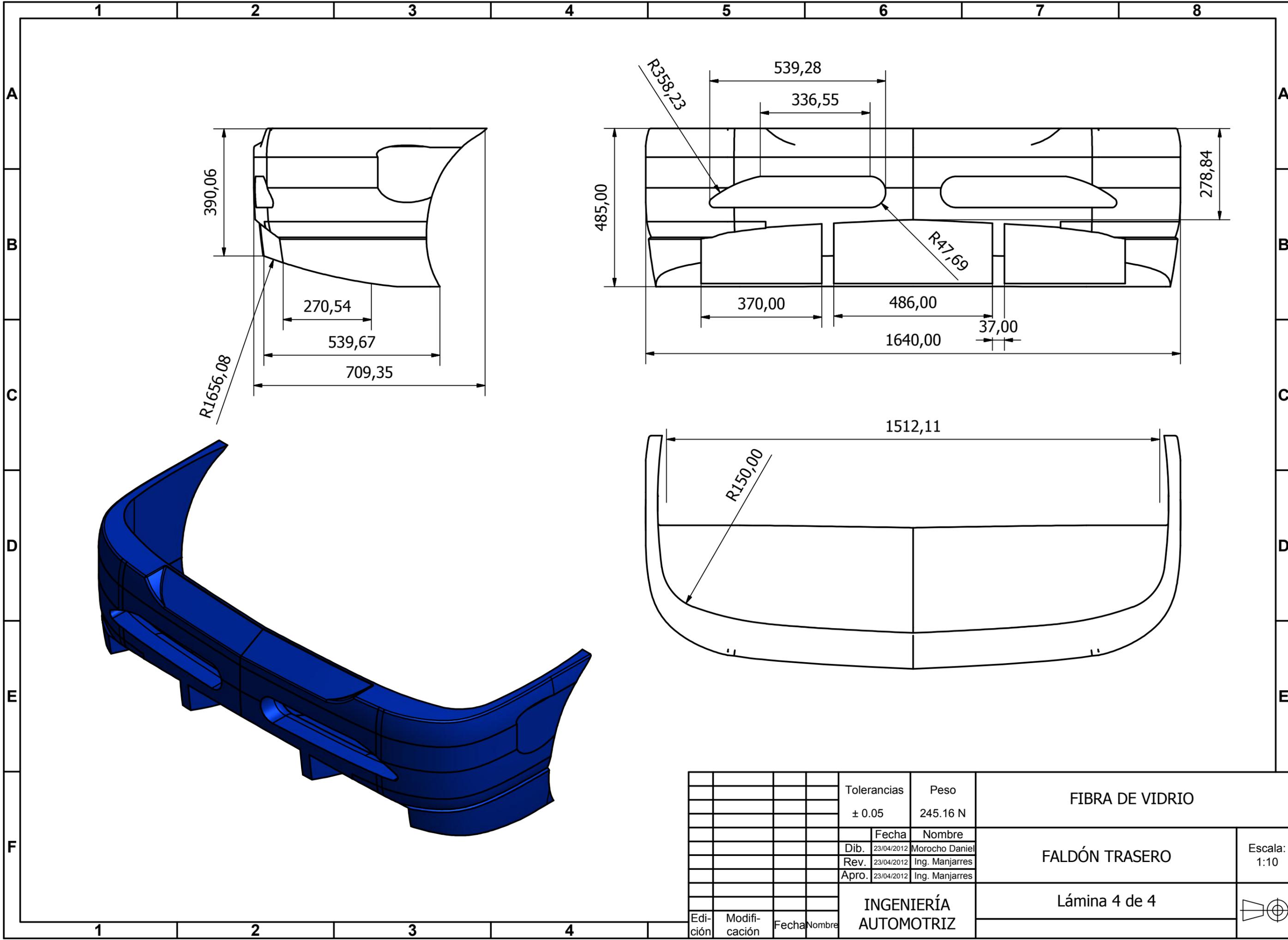
Figura A4: Boceto preliminar del Estribo Lateral

ANEXO B

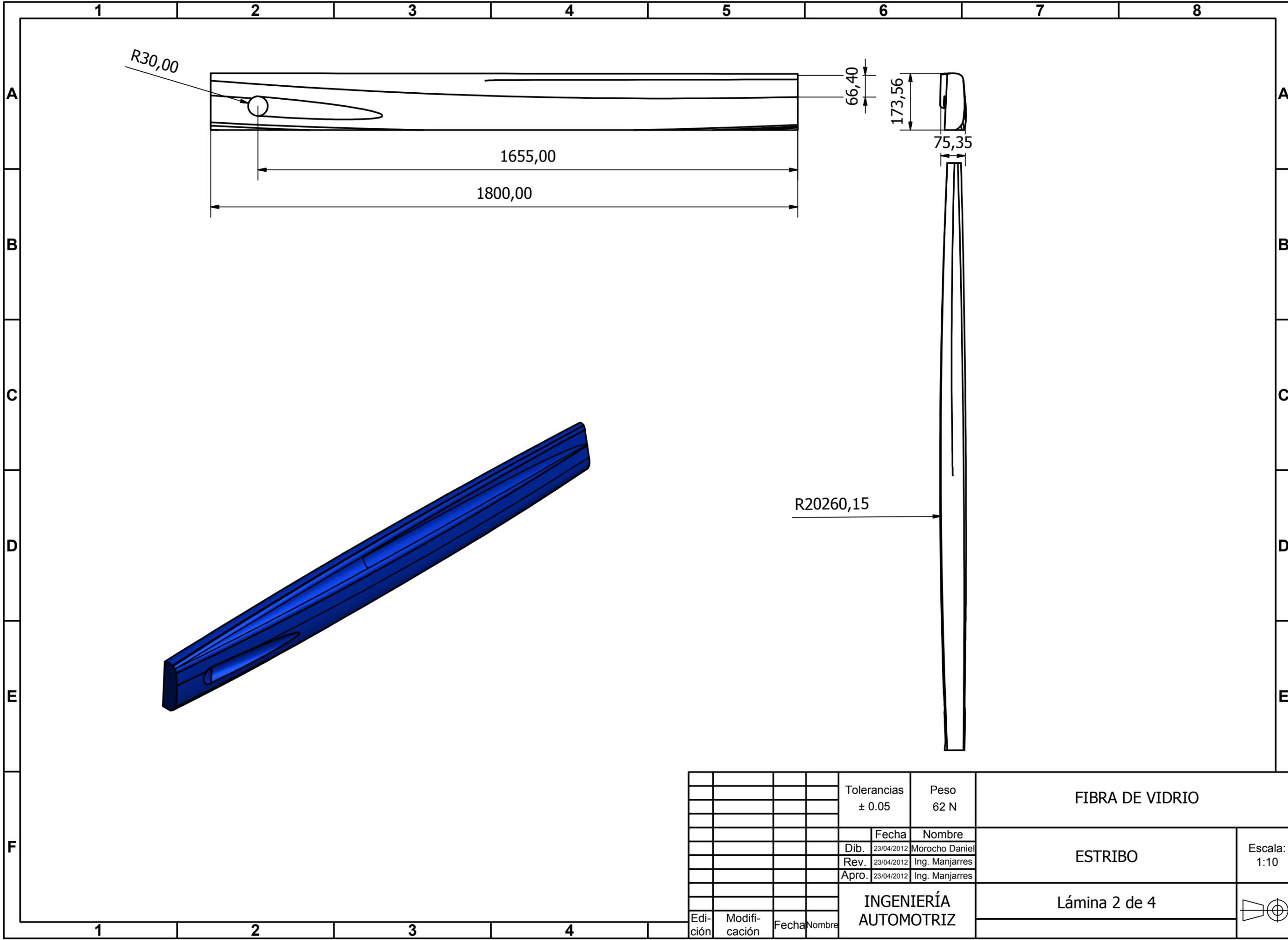
“PLANOS DE LOS ACCESORIOS AERODINÁMICOS”



				Tolerancias	Peso	FIBRA DE VIDRIO	
				± 0.05	294.19 N		
				Fecha	Nombre		
			Dib.	23/04/2012	Morocho Daniel	FALDÓN DELANTERO	
			Rev.	23/04/2012	Ing. Manjarres		
			Apro.	23/04/2012	Ing. Manjarres		
						Lámina 3 de 4	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		Escala: 1:10	



				Tolerancias	Peso	FIBRA DE VIDRIO	
				± 0.05	245.16 N		
					Fecha	Nombre	
				Dib.	23/04/2012	Morocho Daniel	FALDÓN TRASERO
				Rev.	23/04/2012	Ing. Manjarres	
				Apro.	23/04/2012	Ing. Manjarres	
				INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		Lámina 4 de 4	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:10	



				Tolerancias ± 0.05	Peso 62 N	FIBRA DE VIDRIO	
					Fecha	Nombre	ESTRIBO
				Dib.	23/04/2012	Morocho Daniel	
				Rev.	23/04/2012	Ing. Manjarres	
				Apro.	23/04/2012	Ing. Manjarres	Lámina 2 de 4
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		Escala: 1:10	

“Diseño y construcción aerodinámica tuning para faldones, alerones y estribos de un vehículo Chevrolet Esteem 2002”

Daniel Santiago Morocho Ramón. AUTOR¹,

¹Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

Email: bask_tito@hotmail.com.

RESUMEN

El tuning es la tendencia de hoy, este mundo que ha atraído a principalmente jóvenes pero que también tiene dentro de sus fans a personas de todos los sexos y edades, ha ido creciendo fuertemente en Latinoamérica, por lo tanto Ecuador no podía quedarse fuera de esta para muchos extraña práctica, hemos visto en las calles de nuestro país muchos vehículos modificados o personalizados como se los conoce también y se nos viene a la mente es correcto hacer este tipo de modificaciones, en este proyecto que presento, pretendo responder algunas de estas interrogantes y aclarar que si se puede crear tuning con responsabilidad.

Existen un sin número de modificaciones que se le puede hacer al vehículo pero nosotros nos vamos a centrar principalmente en el tuning estético o tuning aerodinámico.

ABSTRACT

The tuning is the trend today, this world that has attracted mainly young but also has among its fans to people of all sexes and ages, has been growing strongly in Latin America, Ecuador therefore could not stay out of this for many strange practice, we have seen on the streets of our country many modified or custom vehicles as they are known and also comes to mind is right to do such changes in this project that I present, I intend to answer some of these questions and clarify that if you can create tuning responsibly.

There are a number of modifications that can make the vehicle but we will focus mainly on aesthetic or tuning aerodynamic tuning.

I. INTRODUCCIÓN

Resulta increíble que un monoplaza actual, pueda generar suficiente sustentación negativa, o carga aerodinámica, como para ser capaz de rodar por el techo de una habitación y, mediante su propia carga aerodinámica, mantenerse ahí arriba, cabeza abajo, desafiando la gravedad. Por supuesto, tendría que ser una habitación muy grande, el bólido debería alcanzar la suficiente velocidad, y dejaremos de lado cómo haría para llegar hasta ahí en primer lugar, el principio en si es válido, incluso si la parte práctica debe ser dejada un poco de lado. Entonces, ¿cómo es posible crear tales fuerzas sólo con el aire?

Si estamos viajando en auto y sacamos un brazo por la ventanilla abierta, podemos sentir bastante fuerza haciendo presión sobre nuestro brazo. Si la palma de la mano está abierta e inclinada hacia arriba o hacia abajo, podemos sentir cómo esta fuerza nos empuja en esa dirección a la vez que empuja el brazo hacia atrás, entonces estas fuerzas son generadas por la presión que ejerce el viento sobre nuestro brazo.

Usaremos estos principios para realizar tuning aerodinámico intentando mantener las prestaciones o modificándolas para mejor e incluiremos los accesorios diseñados en nuestro vehículo, Chevrolet Esteem 2002.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto denominado “Diseño y construcción aerodinámica tuning para faldones, alerones y estribos de un vehículo Chevrolet Esteem 2002 consta de cinco etapas:

1. Introducción.
2. Marco teórico.

3. Formulas y Datos.
4. Diseño y pruebas.
5. Construcción.

Dentro de la Etapa 1, conceptualizaremos al tuning, la aerodinámica y las fuerzas que se generan en el automóvil, además de su vinculación con la potencia.

En la Etapa 2, asociaremos los conceptos de aerodinámica y tuning, del capítulo anterior, además nos adentraremos en el mundo de los accesorios, sus usos y la posibilidad de ser colocados en el vehículo que vamos a modificar en este proyecto.

La Etapa 3, nos servirá como apoyo para el diseño ya que dentro de este se encuentran medidas principales de la carrocería, las que usaremos para crear los sólidos iniciales de los accesorios, además anotaremos algunos criterios de diseño.

En la Etapa 4, se crearán todos los accesorios del vehículo en el software de diseño de Autodesk, INVENTOR, además se realizaran los estudios aerodinámicos de las piezas, del vehículo estándar y del automóvil modificado, en el programa de simulación ANSYS, y, para su posterior presentación se utilizara el programa 3ds MAX (también de Autodesk), luego se procesaran todos los resultados y analizaremos las mejoras realizadas.

En la Etapa 5, enlistaremos los materiales posibles a ser usados en la construcción del prototipo además expondré la elaboración de los accesorios diseñados en fibra de vidrio nuestro material escogido y también la instalación de estos en el automóvil.

III. PROCEDIMIENTO

Inicialmente se realizará diseño a mano alzada tomando en cuenta criterios de aerodinámica y tuning (figura 1a).

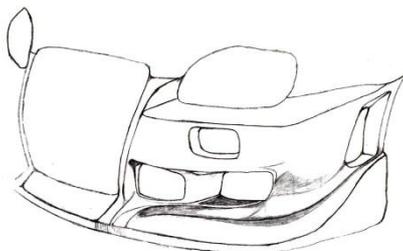


Figura 1a. Boceto del Faldón Delantero.

Luego de afirmar el diseño realizado procedemos a crearlo en nuestro programa de Autodesk Inventor en la figura vemos el diseño del Faldón Delantero con las características descritas.



Figura 1b. Faldón Delantero en Inventor.

Una vez listo nuestro accesorio lo sometemos a estudio en el Software de simulación Ansys, en la figura observaremos este proceso.

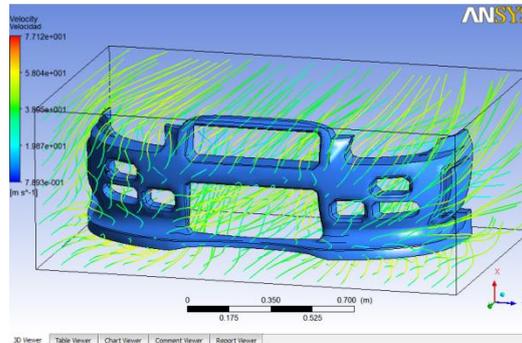


Figura 1c. Faldón Delantero en Ansys

Y por último lo construiremos en el material escogido por el diseñador en este caso Fibra de Vidrio (Figura 1d).



Figura 1d. Faldón Delantero construido en Fibra de Vidrio.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Este mismo programa (Ansys), nos entregará resultados de si el accesorio es

aerodinámicamente fiable o no lo compararemos con las figuras siguientes.

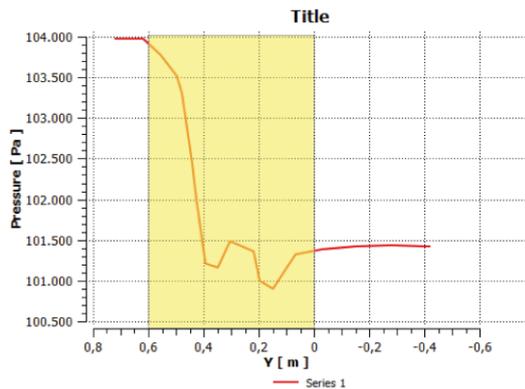


Figura 1e. Presión superior en el Faldón Delantero

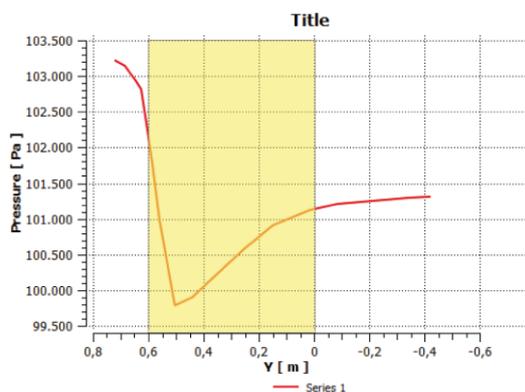


Figura 1f. Presión inferior en el Faldón Delantero

Como podemos observar la diferencia de presiones que se generan en el faldón delantero crean la sustentación aerodinámica que requerimos para aceptar nuestro diseño.

V. CONCLUSIONES

- Se diseñó los elementos o accesorios tomando el CAD como principal herramienta para ello, ya que brinda la asistencia adecuada que permitió cumplir este proceso con éxito.
- Se sometió a análisis de fluidos las piezas diseñadas para el vehículo, en software inventado para este tipo de estudios.
- Se comparó resultados obtenidos del programa y conseguimos mejorar el vehículo en cuestión alterando su capacidad aerodinámica y también su estética visual en relación con el automóvil estándar.

- Se accesorizó el vehículo con los apéndices construidos en fibra de vidrio.

VI. REFERENCIAS

- ANSYS, Inc, TutorialsAnsys, USA, 2009, Editorial AnsysInc
- McBEATH, Simón, Aerodinámica del automóvil de competición, primera edición, 2005, Editorial CEAC.
- SHAMES, Irving, Mecánica de Fluidos, tercera edición, New York, 1995, Editorial McGraw-Hill, Traducción, Colombia, Editorial Martha Edna Suarez.
- WIDEBERG, Johan: Aerodinámica, primera edición, Sevilla, Editorial ESI.

URL:

- <http://www.ansys.com>
- <http://area.autodesk.com/>
- <http://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=fiber%20glass>
- <http://www.tuningarea.com/aerodinamica/>
- <http://www.velocidadmaxima.com/forum/archive/index.php/t-22788.html>

Latacunga, 03 de mayo del 2012.

EL AUTOR:

Daniel Santiago Morocho Ramón.

EL DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Juan Castro Clavijo.

UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO:

Dr. Rodrigo Vaca Corrales.

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN AERODINÁMICA TUNING PARA FALDONES,
ALERONES Y ESTRIBOS DE UN VEHÍCULO CHEVROLET ESTEEM 2002.”**

**ESPE
2012**