



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS, DISEÑO, MODIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
LA ESTRUCTURA INTERNA Y EXTERNA DE LA
CARROCERÍA PARA UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA EN
UN CIRCUITO**

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

PAÚL ALEXANDER GUERRERO GÓMEZ

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS LUCERO

Quito, junio 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1717918716
APELLIDOS Y NOMBRES:	Guerrero Gómez Paúl Alexander
DIRECCIÓN:	Chilibulo Oe10-123 y Oe10B
EMAIL:	alex_jr90gp@live.com
TELÉFONO FIJO:	2658513
TELÉFONO MOVIL:	0984479414

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Análisis, diseño, modificación e implementación de la estructura interna y externa de la carrocería para un vehículo de competencia en un circuito
AUTOR O AUTORES:	Guerrero Gómez Paúl Alexander
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	junio 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Juan Carlos Lucero - Msc.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>En el presente trabajo de titulación se realizó un análisis de la estructura interna y externa del vehículo de competencia, se efectuó un estudio de normativas técnicas de competición, estos son la Federación Internacional De Automovilismo (FIA), y la normativa de la Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK). Se recopiló toda la bibliografía requerida y necesaria para la implementación de la estructura interna y externa. Una vez que se analizó la normativa, se seleccionó un vehículo marca Chevrolet modelo Corsa Wind 3 puertas tipo coupe y otros elementos necesarios para la elaboración del presente trabajo. Mediante la utilización de un software CAD como es el programa SolidWorks versión 2016, se realizó el análisis de la estructura de la jaula de seguridad. Con la normativa analizada y validado el diseño, se construyó la jaula antivuelco. Consiguientemente, se implementó en el habitáculo central del vehículo los aditamentos de carácter y uso obligatorio, como fue el asiento del piloto, arnés de seguridad de 5 puntos, jaula de protección, extintor y malla de seguridad. Se determinó que los diseños de seguridad interna del vehículo comprenden únicamente pruebas de simulaciones, a escala o en laboratorio. Además, se realizó el diseño de mejoras estructurales externas, en especial las aerodinámicas. Se construyó y se implementó un alerón el cual permitió una</p>

	<p>mejora en los tiempos en pista, este aditamento proporcionó al vehículo de estabilidad en curvas y mejor asentamiento al piso en rectas, pese a que la FEDAK determinó en su normativa que la aerodinámica del vehículo es libre, se implementó las modificaciones externas instalando elementos de uso obligatorio como son seguros de capot, gancho delantero y trasero. Posteriormente se realizó un proceso de restauración de la pintura de la carrocería tanto interna como externamente. Finalmente, se cumplió con todos los objetivos planteados en el presente trabajo, resultado de aquello el vehículo quedo modificado para participar en circuitos, con modificaciones e implementaciones basados en la normativa FEDAK.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Jaula de seguridad, FIA, FEDAK, aerodinámica.</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>It was performed an analysis of the structure internal and external of the competition vehicle, it was done a study of technical regulations competition, these were the International Automobile Federation (FIA) and the regulations of the Ecuadorian Automobile Federation and karting (FEDAK). All the bibliography was collected this information was necessary to implementation of the structure internal and external. It was validated the normative, it was selected a vehicle model Chevrolet Corsa wind 3-door coupe and others elements that were necessary to elaborate the present project. It was used an CAD software; this was program SOLIDWORKS version 2016. It was performed to analysis the roll bar structure. The design was analyzed then It was built the roll bar. Furthermore, it was implemented in the vehicle cabin the devices of character mandatory, these were the pilot seat, safety harness 5 points, roll bar, extinguisher and safety net. It was determined the security designs internal the vehicle, only it included safety testing simulations or laboratory scale. Furthermore, it was performed the design the</p>

	<p>structure external specially to improve the aerodynamic. It was built and implemented an aileron this allowed to improve the time on the track, this attachment helped to the vehicle to have to stability in curves and better seating on the floor in straight. Although FEDAK decided in its normative that the vehicle aerodynamic is free. It was implemented the external modifications these were insurance capot, front tow hooks and rear tow hooks. Subsequently, it was done a process overhaul painting the car body, it was painted the internal and external structure. Finally, it was complied all the objectives the present project. As a result, it was obtained a vehicle modified to participate in circuits, with modifications and implementations based in the FEDAK normative.</p>
KEYWORDS	Roll Bar, FIA, FEDAK, aerodynamic.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



GUERRERO GÓMEZ PAÚL ALEXANDER

1717918716

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **GUERRERO GÓMEZ PAÚL ALEXANDER**, CI 1717918716 autor/a del proyecto titulado: **Análisis, diseño, modificación e implementación de la estructura interna y externa de la carrocería para un vehículo de competencia en un circuito** previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, junio 2016



GUERRERO GÓMEZ PAÚL ALEXANDER

1717918716

DECLARACIÓN

Yo **PAÚL ALEXANDER GUERRERO GÓMEZ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

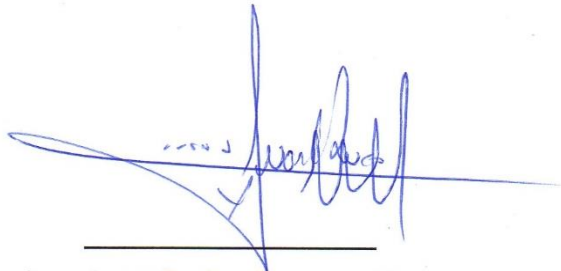


PAÚL ALEXANDER GUERRERO GÓMEZ

C.I. 1717918716

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Análisis, diseño, modificación e implementación de la estructura interna y externa de la carrocería para un vehículo de competencia en un circuito**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Paúl Alexander Guerrero Gómez**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Lucero', is written over a horizontal line.

Ing. Juan Carlos Lucero - Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1715925606

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios gracias a él que me dio las fuerzas y la guía para continuar y poder finalizar mi carrera, por darme la vida y permitirme compartir este momento importante con mis familiares, a mi madre por ser la persona quien me motivo para poder culminar mis estudios y a mi mami Carola que con su apoyo incondicional brindado durante estos años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios que en su infinita bondad me guio por este camino, por darme esta oportunidad de seguir adelante, por darme la vida y que por su voluntad estoy en esta carrera.

Un enorme agradecimiento a mi madre que siempre confió en mí, cada día me motivo a luchar y continuar en mis estudios, gracias a ello a sus palabras estoy culminando una etapa más de mi vida profesional, por estar al pendiente de mí y de mis estudios.

Gracias a mi mami Carola que a la distancia me inculco a que continúe sin decaer, y que con sus palabras me dieron mucho ánimo para continuar y poder culminar mis estudios.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. CARROCERÍA	3
2.1.1. COMPOSICIÓN	3
2.1.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS INTERIORES	4
2.1.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FORMA Y DISEÑO	6
2.1.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.....	8
2.1.5. ELEMENTOS PRINCIPALES (EXTERIORES, INTERIORES)	11
2.2. ESTRUCTURA INTERNA	13
2.2.1. JAULA DE SEGURIDAD (ROLL BAR).....	13
2.2.2. TIPOS DE JAULA DE SEGURIDAD	14
2.2.3. PARTE ESTRUCTURAL DE LA JAULA DE SEGURIDAD.....	15
2.2.4. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DE USO OBLIGATORIO.....	15
2.2.5. INDUMENTARIA.....	17

2.3. ESTRUCTURA EXTERNA.....	20
2.3.1. AERODINÁMICA.....	20
2.3.2. COMPORTAMIENTO DEL AIRE EN EL AUTOMÓVIL	22
2.3.3. COEFICIENTES AERODINÁMICOS	24
2.3.4. ADITAMENTOS AERODINÁMICOS	29
2.4. DISPOSITIVOS DE USO OBLIGATORIO.....	35
2.4.1. SEGUROS DE CAPOT Y PUERTA POSTERIOR	35
2.4.2. ESPEJOS RETROVISORES	35
2.4.3. GANCHOS DE REMOLQUE DELANTERO Y TRASERO.....	35
2.5. SOFTWARE DE SIMULACIÓN.....	36
2.5.1. SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS.....	36
2.5.2. PRUEBAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES.....	36
2.5.3. PRUEBAS AERODINÁMICAS	37
3. METODOLOGÍA	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. SELECCIÓN DEL VEHÍCULO	43
4.1.1. ANÁLISIS DE LA CABINA	44
4.1.2. MEDICIÓN DEL INTERIOR DE LA CABINA.....	47
4.2. CÁLCULOS INICIALES DEL ROLL BAR	49
4.3. DISEÑO DEL ROLL BAR	52
4.3.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA	55
4.4. CONSTRUCCIÓN ROLL BAR	62

4.4.1. PROCESO DE INSTALACIÓN ROLL BAR.....	62
4.4.2. INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DE USO OBLIGATORIO.....	68
4.5. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EXTERNA.....	71
4.5.1. REGLAMENTO TÉCNICO DE CIRCUITOS FEDAK ESTRUCTURA EXTERNA.....	71
4.5.2. DISEÑO DE MEJORAS EXTERNAS.....	71
4.5.3. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXTERNA.....	77
4.5.4. INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DE USO OBLIGATORIO.....	77
4.6. PINTURA.....	79
4.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FINALES	83
4.8. PRUEBAS DEL ADITAMENTO AERODINÁMICO EN EL AUTÓDROMO INTERNACIONAL DE YAGUARCHOCHA	85
4.8.1. PRUEBA EN PISTA SIN ALERÓN.....	86
4.8.2. PRUEBA EN PISTA CON ALERÓN.....	88
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1. CONCLUSIONES.....	90
5.2. RECOMENDACIONES	91
GLOSARIO.....	92
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1.	Coeficientes aerodinámicos y su valor C_x	25
Tabla 2.	Aditamentos Aerodinámicos	40
Tabla 3.	Aditamentos Internos.....	40
Tabla 4.	Matriz de selección de vehículo.....	43
Tabla 5.	Especificaciones del vehículo	44
Tabla 6.	Especificaciones del vehículo desarmado	48
Tabla 7.	Especificaciones técnicas acero cedula 40	49
Tabla 8.	Tensión cortante.....	56
Tabla 9.	Desplazamiento URES, carga superior	57
Tabla 10.	Factor de seguridad carga superior	58
Tabla 11.	Tensión cortante prueba lateral	59
Tabla 12.	Desplazamiento URES, prueba lateral	60
Tabla 13.	Factor de seguridad, prueba lateral	61
Tabla 14.	Dimensiones jaula de seguridad.....	62
Tabla 15.	Especificaciones Técnicas Finales Roll Bar	68
Tabla 16.	Comparativa del coeficiente antisustentación.....	74
Tabla 17.	Vehículo estándar.....	83
Tabla 18.	Vehículo modificado	84
Tabla 19.	Datos Técnicos Autódromo Internacional Yaguarchocha	86
Tabla 20.	Tiempo de reconocimiento de pista	87
Tabla 21.	Valores de tiempo por vuelta sin alerón.....	88
Tabla 22.	Valores de tiempo por vuelta con alerón	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Opel Corsa	3
Figura 2. Composición de la carrocería	4
Figura 3. Vehículos en función de la distribución del espacio interior	5
Figura 4. Vehículo de dos volúmenes y medio.....	6
Figura 5. Carrocería Con Chasis Independiente	9
Figura 6. Estructura autoportante con reparto de esfuerzos	10
Figura 7. Carrocería Tubular	10
Figura 8. Carrocería de elementos soldados y móviles	11
Figura 9. Elementos exteriores de la carrocería.....	11
Figura 10. Carrocería de elementos internos y externos	12
Figura 11. Elementos interiores de la carrocería.....	12
Figura 12. Asiento Recaro Hans	17
Figura 13. Casco Abierto	18
Figura 14. Casco cerrado de carbono.....	18
Figura 15. Indumentaria obligatoria para pilotos	19
Figura 16. Rumpler-Tropfenauto	21
Figura 17. Flujo interior de aire. Ventilación aire/caliente del habitáculo...	22
Figura 18. Flujo exterior de aire	23
Figura 19. Flujo laminar y turbulento.....	24
Figura 20. Coeficiente C_y	27
Figura 21. Coeficientes aerodinámicos	28
Figura 22. Aditamentos aerodinámicos.....	29
Figura 23. Spoilers delanteros	29
Figura 24. Una caja de aire delantera	30
Figura 25. Tomas de aire	31
Figura 26. Cantonera	31
Figura 27. Deflector lateral (talonera).....	32
Figura 28. Deflectores Traseros.....	32

Figura 29.	El efecto de un spoiler trasero	33
Figura 30.	Difusores posteriores	34
Figura 31.	Alerón trasero	34
Figura 32.	Seguros de capot.....	35
Figura 33.	Gancho de remolque.....	36
Figura 34.	Prueba de resistencia estática	37
Figura 35.	Prueba aerodinámica	38
Figura 36.	Estado Inicial de la cabina Corsa Wind.....	45
Figura 37.	Desarmado del interior del vehículo.....	45
Figura 38.	Remoción del techo	46
Figura 39.	Desarmado de alfombra.....	46
Figura 40.	Desarmado de tablero de instrumentos	47
Figura 41.	Limpieza del interior vehículo Corsa Wind	47
Figura 42.	Medición de superficies irregulares.....	48
Figura 43.	Perfil interno del tubo cedula 40.....	50
Figura 44.	Estructura básica	52
Figura 45.	Vista 3d, roll bar diseñado.....	53
Figura 46.	Vista lateral	53
Figura 47.	Vista frontal	54
Figura 48.	Vista superior	54
Figura 49.	Vista 3d Trimétrico	55
Figura 50.	Tensión Axial, prueba de compresión superior	56
Figura 51.	Desplazamiento URES	57
Figura 52.	Factor de seguridad carga superior	58
Figura 53.	Tensión cortante prueba lateral	59
Figura 54.	Desplazamiento URES, prueba lateral.....	60
Figura 55.	Factor de seguridad, prueba lateral	61
Figura 56.	Habitaculo central corsa wind	63
Figura 57.	Bases de Jaula de seguridad.....	63
Figura 58.	Soldadura de bases de jaula de seguridad	64
Figura 59.	Jaula principal	64
Figura 60.	Tirante en forma de X	65

Figura 61.	Semiarcos laterales roll bar.....	65
Figura 62.	Tubo lateral puertas	66
Figura 63.	Soldadura de refuerzos del roll bar	66
Figura 64.	Preparado del Roll Bar para la pintura final	67
Figura 65.	Roll Bar	67
Figura 66.	Asiento reglamentario	68
Figura 67.	Cinturones de seguridad de 5 puntos	69
Figura 68.	Instalación del extintor	70
Figura 69.	Malla de seguridad.....	70
Figura 70.	Dimensiones del vehículo	72
Figura 71.	Perfil Davis sm	75
Figura 72.	Distancias de medición	76
Figura 73.	Alerón de fibra de vidrio colocado en posición.....	76
Figura 74.	Alerón colocado a 6°	77
Figura 75.	Gancho de remolque delantero.....	78
Figura 76.	Gancho de remolque posterior.....	78
Figura 77.	Taladrado de capot.....	79
Figura 78.	Remachada de seguros de capot	79
Figura 79.	Limpieza del vehículo para el proceso de fondeo	80
Figura 80.	Preparado de guardachoques.....	80
Figura 81.	Fondeado de plásticos	81
Figura 82.	Fondeado del vehículo.....	81
Figura 83.	Pintado del vehículo.....	82
Figura 84.	Logotipo Ingeniería Atutomotiz	82
Figura 85.	Corsa Wind Estándar	83
Figura 86.	Corsa Wind Modificado	84
Figura 87.	Vehículo de competencia.....	85
Figura 88.	Autódromo Internacional Yaguarcocha.....	86
Figura 89.	Corsa Win sin alerón.....	87
Figura 90.	Prueba de pista sin alerón	87
Figura 91.	Prueba de pista con alerón	88
Figura 92.	Auto de Competencia.....	89

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. Identificación partes del roll bar.....	97
ANEXO 2. Reglamento Técnico de Circuitos FEDAK 2016.....	100
ANEXO 3. Proceso de construcción roll bar	105
ANEXO 4. Proceso de limpieza y tratamiento parte interna.	107
ANEXO 5. Implementación cinturón, asiento, extinguidor	108
ANEXO 6. Estado de latas parte externa	109
ANEXO 7. Proceso de restauración parte externa, proceso de pintura de la carrocería e implementación alerón.....	110
ANEXO 8. Autódromo Internacional Yaguarcocha	111

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó un análisis de la estructura interna y externa del vehículo de competencia, se efectuó un estudio de normativas técnicas de competición, estos son la Federación Internacional De Automovilismo (FIA), y la normativa de la Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK). Se recopiló toda la bibliografía requerida y necesaria para la implementación de la estructura interna y externa. Una vez que se analizó la normativa, se seleccionó un vehículo marca Chevrolet modelo Corsa Wind 3 puertas tipo coupe y otros elementos necesarios para la elaboración del presente trabajo. Mediante la utilización de un software CAD como es el programa SolidWorks versión 2016, se realizó el análisis de la estructura de la jaula de seguridad. Con la normativa analizada y validado el diseño, se construyó la jaula antivuelco. Consiguientemente, se implementó en el habitáculo central del vehículo los aditamentos de carácter y uso obligatorio, como fue el asiento del piloto, arnés de seguridad de 5 puntos, jaula de protección, extintor y malla de seguridad. Se determinó que los diseños de seguridad interna del vehículo comprenden únicamente pruebas de simulaciones, a escala o en laboratorio. Además, se realizó el diseño de mejoras estructurales externas, en especial las aerodinámicas. Se construyó y se implementó un alerón el cual permitió una mejora en los tiempos en pista, este aditamento proporcionó al vehículo de estabilidad en curvas y mejor asentamiento al piso en rectas, pese a que la FEDAK determinó en su normativa que la aerodinámica del vehículo es libre, se implementó las modificaciones externas instalando elementos de uso obligatorio como son seguros de capot, gancho delantero y trasero. Posteriormente se realizó un proceso de restauración de la pintura de la carrocería tanto interna como externamente. Finalmente, se cumplió con todos los objetivos planteados en el presente trabajo, resultado de aquello el vehículo quedó modificado para participar en circuitos, con modificaciones e implementaciones basados en la normativa FEDAK.

Palabras claves: Jaula de seguridad, FIA, FEDAK, aerodinámica.

ABSTRACT

It was performed an analysis of the structure internal and external of the competition vehicle, it was done a study of technical regulations competition, these were the International Automobile Federation (FIA) and the regulations of the Ecuadorian Automobile Federation and karting (FEDAK). All the bibliography was collected this information was necessary to implementation of the structure internal and external. It was validated the normative, it was selected a vehicle model Chevrolet Corsa wind 3-door coupe and others elements that were necessary to elaborate the present project. It was used an CAD software; this was program SOLIDWORKS version 2016. It was performed to analysis the roll bar structure. The design was analyzed then It was built the roll bar. Furthermore, it was implemented in the vehicle cabin the devices of character mandatory, these were the pilot seat, safety harness 5 points, roll bar, extinguisher and safety net. It was determined the security designs internal the vehicle, only it included safety testing simulations or laboratory scale. Furthermore, it was performed the design the structure external specially to improve the aerodynamic. It was built and implemented an aileron this allowed to improve the time on the track, this attachment helped to the vehicle to have to stability in curves and better seating on the floor in straight. Although FEDAK decided in its normative that the vehicle aerodynamic is free. It was implemented the external modifications these were insurance capot, front tow hooks and rear tow hooks. Subsequently, it was done a process overhaul painting the car body, it was painted the internal and external structure. Finally, it was complied all the objectives the present project. As a result, it was obtained a vehicle modified to participate in circuits, with modifications and implementations based in the FEDAK normative.

Keywords: Roll Bar, FIA, FEDAK, aerodynamic.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La carrocería es la parte estructural más importante que dispone el automóvil, lugar donde se aloja y se montan todos los elementos y sistemas del vehículo, es la base primordial del sistema de seguridad pasiva cuya función principal es alojar y proteger a los pasajeros.

A través de los años la carrocería ha tenido importantes transformaciones, con objeto de obtener más confort y velocidad con menos potencia, por esta razón se ha desarrollado la aerodinámica de los vehículos en busca de mejores coeficientes de penetración. Las carrocerías están inmersas en un proceso de investigación constante, en cuanto a diseño y materiales, con el único fin de reducir el peso global del vehículo.

Históricamente desde la creación del automóvil se dio el fanatismo por la velocidad. Dado la alta velocidad que puede desarrollar el automóvil en competiciones, dio el origen de la creación de otros sistemas adicionales de seguridad ya que es un deporte extremadamente peligroso por ello las medidas de seguridad, puesto que existen frecuentemente colisiones, incendios y otros accidentes que causan lesiones.

La competición de circuitos es una disciplina del automovilismo que durante años se ha mantenido vigente, existen entes reguladores como la Federación Internacional de Automovilismo (FIA), en Ecuador la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

Una de las características principales de los vehículos de competencia es la jaula antivuelco o roll bar, dicha estructura se diseña en base al reglamento técnico de circuitos FEDAK en nuestro país, su construcción es obligatoria para todos los vehículos que participan en competiciones, debe señalarse que es el lugar de supervivencia que dispone el piloto en caso de choque frontal, lateral o volcamiento, aumenta notablemente la seguridad pasiva, asimismo las modificaciones e implementaciones que se realizan a estos vehículos son estrictamente necesarios y obligatorios el uso de elementos o dispositivos de seguridad que van instalados en el habitáculo central de la carrocería, cuya finalidad es brindarle una mayor seguridad al piloto.

Estos vehículos de competición, a su vez disponen en su estructura externa de aditamentos que mejoran su aerodinámica, la estructura externa a diseñar e implementar en la carrocería del vehículo es con la finalidad de mejorar el coeficiente de penetración o brindarle al vehículo una estabilidad en curvas como es el uso de un alerón, consiguiendo con ello estabilidad del vehículo, las modificaciones e implementaciones de la parte externa de la carrocería de igual manera son obligatorios su uso y se los hace en base a la reglamentación de FEDAK.

Como objetivo principal para la ejecución del presente proyecto es:

- Analizar, diseñar, modificar e implementar la estructura interna y externa de la carrocería para un vehículo de competencia en un circuito.

Dentro del tema planteado se define los siguientes objetivos específicos.

- Analizar la estructura interna y externa de la carrocería para un vehículo de competencia.
- Diseñar la estructura interna y externa para la carrocería del vehículo de competencia.
- Modificar la estructura interna y externa de la carrocería para el vehículo de competencia.
- Implementar la estructura interna y externa en la carrocería del vehículo de competencia

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

Los vehículos de competencia en la actualidad han ganado vital importancia, es por esto que la ingeniería debe de enfocarse en realizar documentos de validez científica ya que la preparación de vehículos se ha hecho una imponente tendencia en el Ecuador y en el mundo. Para esto en el presente capítulo se han recopilado a manera de guía para los lectores, toda la información referente al tema central y recopilando información de libros, normas internacionales y nacionales. De esta manera se espera lograr despejar todas las cuestiones que el estado del arte genere en lo que se refiere a modificaciones estructurales de un vehículo.

2.1. CARROCERÍA

La carrocería es uno de los elementos principales que forma parte del vehículo, en su interior se aloja a los pasajeros o la carga, su diseño puede variar dependiendo de las especificaciones del fabricante como se muestra en la figura 1. Además, es el lugar donde se montan tanto los elementos fijos como amovibles del vehículo.



Figura 1. Opel Corsa
(García, Gerardo;, 2014)

2.1.1. COMPOSICIÓN

La carrocería dispone de una estructura interna que es la base principal para el comportamiento de la carrocería ante una colisión.

Cuenta con paneles exteriores con ninguna o mínima influencia y paneles interiores, en el piso y en la separación entre habitáculo y las zonas delantera y trasera.

Son parte de la seguridad pasiva de la carrocería. Los cristales y luna trasera van pegados a la estructura, ayudan a la rigidez del habitáculo, como se muestra en la figura 2 (Orovio Astudillo, Manuel, 2010).

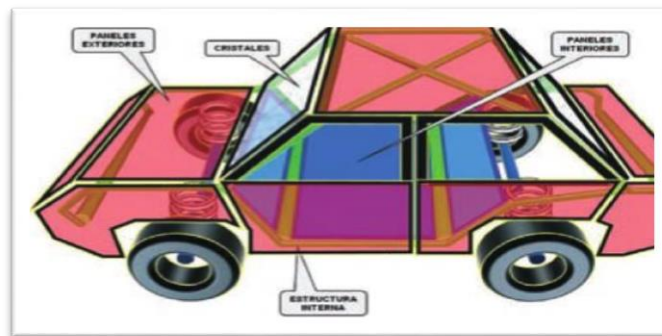


Figura 2. Composición de la carrocería
(Orovio Astudillo, Manuel, 2010)

2.1.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS INTERIORES

Por la distribución de espacios la carrocería se clasifica en:

- De un volumen.
- De dos volúmenes.
- De tres volúmenes.

Podríamos destacar que la estructura de la carrocería existe compartimentos separados los cuales se denominan:

- **Volumen delantero.** Espacio destinado para el motor, dirección y la suspensión delantera, etc.
- **Volumen central.** Compartimento de los pasajeros, o también denominado habitáculo, “se encuentra separado del volumen delantero por una chapa de cierre transversal (salpicadero)”.
- **Volumen trasero.** Espacio destinado para la carga (maletero), es independiente del volumen central, sirve como anclaje para la suspensión posterior.

2.1.2.1. Monovolumen (familiar)

Este tipo de carrocería se la designa como mono espacio, familiar o monovolumen, su característica principal es que el compartimiento del motor, habitáculo central y cajuela se encuentra en un solo cuerpo, como se muestra en la figura 3.

El motor se encuentra alojado ligeramente dentro del habitáculo, el ángulo del parabrisas respecto al capo son el mismo.

2.1.2.2. Dos volúmenes (bicuerpo)

La carrocería dispone de la separación del volumen delantero con el habitáculo central, estas carrocerías no disponen de maletero por lo cual el habitáculo continúa hasta la zona trasera sin separación en la línea exterior, como se muestra en la figura 3.

2.1.2.3. Tres volúmenes (tricuerpo)

La carrocería dispone la separación independiente del volumen delantero, el volumen central y el volumen trasero, como se muestra en la figura 3, es el tipo de carrocería más común que se fabrica.

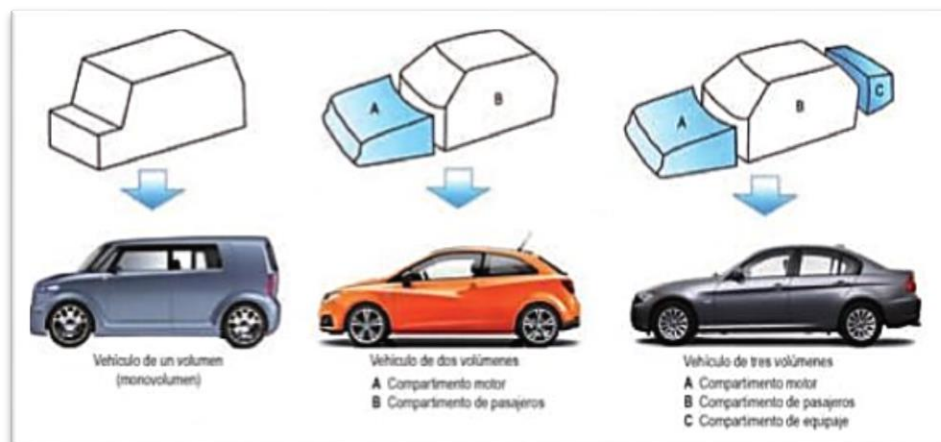


Figura 3. Vehículos en función de la distribución del espacio interior (Jiménez, 2014)

De igual forma en ocasiones se utiliza la denominación de dos volúmenes y medio, esto se da en vehículos que, siendo su estructura de dos volúmenes, el maletero sobresale ligeramente en el perfil trasero, como se muestra en la figura 4 (Jiménez, 2014).



Figura 4. Vehículo de dos volúmenes y medio (Jiménez, 2014)

2.1.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FORMA Y DISEÑO

2.1.3.1. Berlina

Es un tipo de vehículo fue diseñado en Berlín de ahí su nombre, fue el lugar en donde se construyeron los primeros vehículos de este tipo. Estos vehículos disponen tres volúmenes en su estructura bien diferenciados, el maletero o cajuela se extiende horizontalmente desde la parte inferior del vidrio trasero. El diseño de este tipo de automóvil cuenta con cuatro puertas por regla general.

2.1.3.2. Gran berlina (sedán)

El diseño de este vehículo puede llegar a medir hasta 5m, es una berlina con ciertas diferencias entre ellas un motor de gran potencia de más de 140CV, un vehículo de alta gama.

2.1.3.3. Sport, deportivo o coupé

Su diseño se basa en gran medida a la competición. Por lo general se fabrican de dos plazas.

Lleva gran motorización y coeficiente aerodinámico pequeño lo cual logra alcanzar altas velocidades.

2.1.3.4. Descapotable

Los descapotables son vehículos también conocidos como CABRIOLETS, su característica principal es que elimina el techo metálico por una capota.

Esta puede ser rígida:

- Desatornillándola de la carrocería cuando se le desea quitar.
- De Tela flexible de manejo manual o automático sencillo.

2.1.3.5. Monovolumen

Este vehículo como su nombre lo indicia su diseño se basa en un solo volumen.

Por lo general es de uso familiar están diseñados con un espacio interior de gran capacidad, dispone de 5 puertas.

2.1.3.6. Todoterreno (4x4)

Este un tipo de vehículo que es usado en vías de tercer orden. Son de gran altura, mecánica más robusta, y poseen un sistema de tracción que le permite adaptarse a carreteras o campos en mal estado.

2.1.3.7. Pick up

Generalmente su uso está destinado para el transporte de mercancías, dispone de una zona de carga detrás del volumen central.

2.1.3.8. Familiar

Su diseño se basa en dos volúmenes, es decir que el habitáculo central llega hasta el maletero, posee gran volumen de carga en el maletero.

2.1.3.9. Utilitario

El utilitario es un vehículo pequeño llega a medir hasta 3.5m, de prestaciones básicas usados comúnmente en las zonas urbanas. Se fabrican de tres y cinco puertas.

2.1.3.10. Roadster

El Roadster es un modelo de vehículo descapotable con dos plazas (Vizán Viñas, 2014).

2.1.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN

2.1.4.1. Carrocería con chasis independiente o bastidor

La carrocería con chasis independiente es la estructura más antigua utilizada en los vehículos. Actualmente se sigue produciendo este tipo de carrocería gracias a su gran robustez, que dependiendo de su uso permite soportar grandes esfuerzos estáticos y dinámicos. Su estructura está compuesta por un conjunto de largueros y travesaños rígidos y robustos unidos por medio de remaches, tornillos o soldaduras.

El Chasis independiente es el soporte de toda la parte mecánica del vehículo, y de la carrocería va atornillada al bastidor por determinados puntos de anclaje, como se muestra en la figura 5.

Este tipo de carrocería es utilizado en vehículos todoterreno, camiones, furgonetas y autocares (Vizán Viñas, 2014).



Figura 5. Carrocería Con Chasis Independiente
(Mechanic, 2015)

2.1.4.2. Carrocería monocasco (autoportante)

En la actualidad es la estructura utilizada para la construcción de la mayoría de vehículos, su construcción se basa en un conjunto de chapas a lo largo de toda la carrocería.

El ensamblaje de las chapas es realizado mediante soldadura que dota a la carrocería de gran rigidez, lo hace poco pesada y capaz de absorber los esfuerzos como aceleración, deceleración, trazado de curvas, variables aerodinámicas, etc.

El propio peso del vehículo como el equipaje, pasajeros, etc., o capaz de absorber la energía de deformación en caso de accidente.

La construcción de las chapas varía dependiendo de la forma por ejemplo puede estar construido con pilares con perfiles en forma regular, forma tubular, etc., dependiendo de la función que desempeñan dentro de la construcción de la carrocería.

Toda la parte mecánica del vehículo va asentada directamente en este tipo de estructura, además de los elementos interiores y exteriores, como se muestra en la figura 6, por este motivo se lo denomina autoportante, ya que no dispone de una estructura independiente como la carrocería con chasis (Vizán Viñas, 2014).

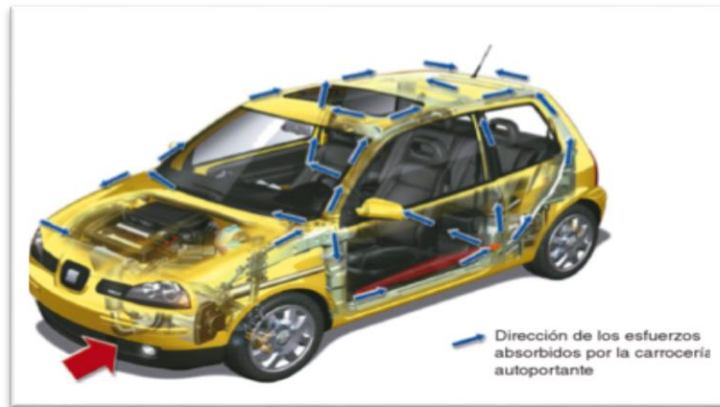


Figura 6. Estructura autoportante con reparto de esfuerzos
(Vizán Viñas, 2014)

2.1.4.3. Carrocería especial

La carrocería tubular o especial, es un tipo de estructura interna utilizada para vehículos destinados a competiciones o automóviles deportivos de alta gama.

En cuanto a su estructura cabe destacar que es prácticamente artesanal, como se muestra en la figura 7, el diseño se basa en la formación de tubos de acero u otro material de similar o superior resistencia, estos tubos van soldados entre si conformando la estructura interna de la carrocería.

En cuanto a su rigidez y resistencia aumenta considerablemente es una de las ventajas más importantes, asimismo aumenta las prestaciones de seguridad pasiva. con poco peso es la razón por la que son utilizados este tipo de estructura para competiciones (Orovio Astudillo, Manuel, 2010).

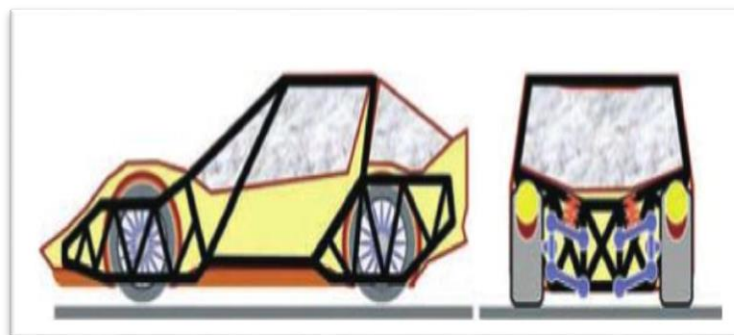


Figura 7. Carrocería Tubular
(Orovio Astudillo, Manuel, 2010)

2.1.5. ELEMENTOS PRINCIPALES (EXTERIORES, INTERIORES)

2.1.5.1. Elementos exteriores de la carrocería

Son visibles sin necesidad de desmontar ningún accesorio o pieza, como se muestra en la figura 8.

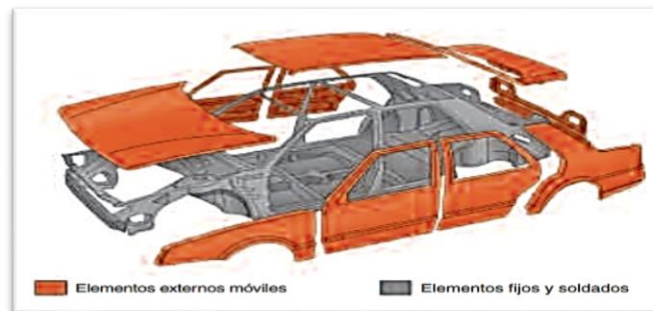


Figura 8. Carrocería de elementos soldados y móviles (Jiménez, 2014)

Los elementos exteriores como puertas, capot, guardafangos, como se muestra en la figura 9, son utilizados para cerrar huecos y determinar la línea externa de la carrocería, logrando con ello mejorar la estética.

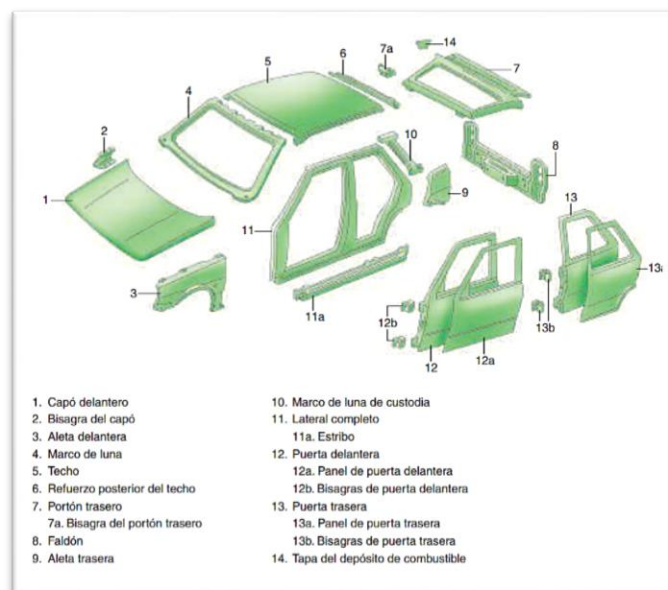


Figura 9. Elementos exteriores de la carrocería (Jiménez, 2014)

2.1.5.2. Elementos interiores

Los elementos interiores, la mayor parte de ellos quedan ocultas por las piezas exteriores que revisten o recubren la carrocería, como pueden ser los accesorios, tapizados y guarnecidos, como se muestra en la figura 10.

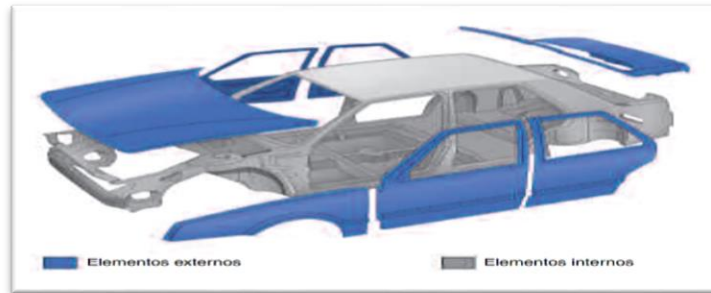


Figura 10. Carrocería de elementos internos y externos (Jiménez, 2014)

La mayoría de ellos suelen ser elementos estructurales, como se muestra en la figura 11, van a sufrir o soportar los esfuerzos estáticos como el propio peso del vehículo, pasajeros y mercancías, y los esfuerzos dinámicos generados por aceleraciones, frenadas, etc. (Jiménez, 2014).

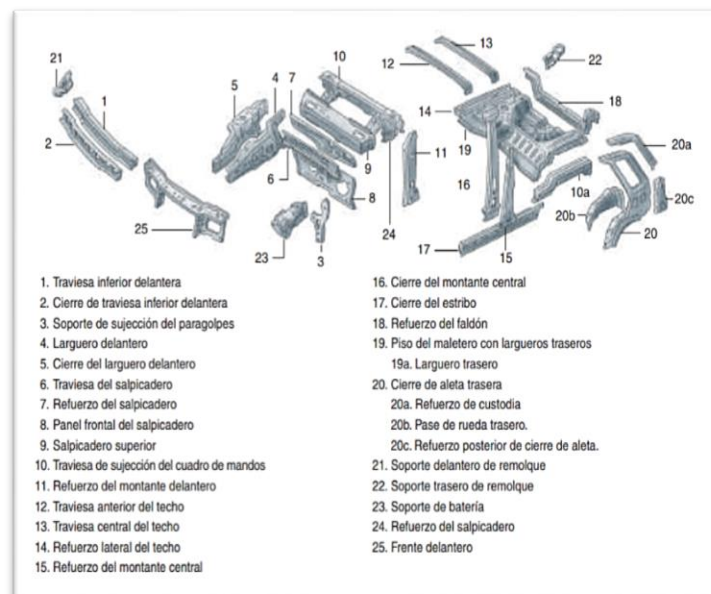


Figura 11. Elementos interiores de la carrocería (Jiménez, 2014)

2.2. ESTRUCTURA INTERNA

La estructura interna o roll bar es uno de los elementos de seguridad de uso obligatorio que se deben construir en un vehículo de competición.

Su construcción se basa en estructuras tubulares, es uno de los elementos principales de la seguridad pasiva.

En el interior de la carrocería es necesario no solo la construcción del roll bar sino también las modificaciones e implementaciones de elementos y dispositivos que brinden seguridad al piloto en caso de sufrir un accidente durante el desarrollo de la carrera.

A continuación, se detalla todos los sistemas de seguridad necesarios que debe disponer un vehículo de competición (Mcbeath, 2005).

2.2.1. JAULA DE SEGURIDAD (ROLL BAR)

2.2.1.1. Historia

La jaula de seguridad o roll bar fue implementado inicialmente en las 500 Millas de Indianápolis en 1956.

Los requerimientos en cuanto al uso de la jaula antivuelco en Estados Unidos llegó a ser obligatorio en 1959.

La construcción de la jaula de seguridad era un diseño de un tubo de sección redonda doblado en forma de U y estaba situado detrás de las espaldas del piloto.

En Europa, fue implementado el roll bar en el mismo año que Estados Unidos en algunos monoplazas, pero su diseño tenía características diferentes, debía rebasar 3 cm la cabeza del piloto y su anchura tenía que ser mayor que la de la espalda. A partir de 1970 se impone el uso obligatorio de la jaula de seguridad para los vehículos de competiciones.

La jaula de seguridad (roll bar), desde entonces fue uno de los elementos más importantes de los vehículos de competiciones, brinda mayor seguridad al piloto en caso de choque frontal, lateral o volcamiento (Motorgiga, 2011).

2.2.1.2. Definición

La jaula de seguridad o roll bar, es una estructura empleada en vehículos de altas prestaciones y vehículos de competencia, es una estructura tubular construida artesanalmente dentro del volumen central de la carrocería, existe muchos diseños los cuales varían dependiendo de las especificaciones del ente regular de competición. En conclusión, la jaula antivuelco es el lugar de supervivencia cuya su función principal es la de proteger al piloto en caso de un accidente (Orovio Astudillo, Manuel, 2010).

2.2.2. TIPOS DE JAULA DE SEGURIDAD

El roll bar se pueda clasificar en dos partes, por un lado, se dispone de un roll bar o jaula de seguridad atornillada, o roll bar o jaula de seguridad soldada.

2.2.2.1. Jaula de seguridad atornillada

Este tipo de jaula antivuelco su diseño se basa en tubos de acero, que van atornillados, son de fácil montaje/desmontaje, por consiguiente, tiene una variación de rigidez es menor con respecto a los tubos de seguridad soldados. Van empernados en el interior del volumen central de la carrocería, mediante pernos de fijación y tuercas de sujeción de seguridad.

2.2.2.2. Jaula de seguridad soldada

Este tipo de jaula de seguridad su diseño carece de pernos de fijación y tuercas de sujeción de seguridad, va soldado en el interior del volumen central de la carrocería, no es desmontable.

Es más rígido que la jaula de seguridad atornillada, por consiguiente, se mejora la efectividad del vehículo en lo que respecta a la seguridad pasiva (Cárdenas, 2015).

2.2.3. PARTE ESTRUCTURAL DE LA JAULA DE SEGURIDAD

Para la construcción estructural de la jaula de seguridad se lo realiza en base a una reglamentación para este proyecto es la normativa de competición FEDAK ver anexo 2.

2.2.4. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DE USO OBLIGATORIO

Para un vehículo de competencia es necesario, según la reglamentación de FEDAK, llevar los siguientes dispositivos de seguridad de uso obligatorio los cuales a continuación se detalla cada uno.

- Extintor.
- Malla de seguridad.
- Arnés de seguridad.
- Asiento de construcción monolítica y con respaldo para la nuca.

2.2.4.1. Sistema de extintor centralizado

Es obligatorio disponer de un extinguidor el cual deberá ser mínimo de un kilogramo de peso con su respectiva instalación de repartidores de cañería hacia el motor y el piloto en el habitáculo, el cual deberá activarse por el piloto sentado con el arnés de seguridad puesto.

2.2.4.2. Malla de seguridad

La malla de seguridad es otro elemento obligatorio que dispone todo vehículo de competición, se puede usar malla o red de seguridad. Esta malla va ubicada en la puerta del conductor.

Su uso es para que impida que el o los brazos del Piloto se salgan por la ventana en caso de un posible accidente o volcamiento.

La reglamentación impone que esta malla tiene que ser de material textil rígido únicamente y no puede ser metálica.

El Ancho de las tiras que deberán conformar la red será de ancho mínimo 20 mm y 2 mm de espesor.

Las aberturas libres de los cuadros será de 25 mm x 25 mm como mínimo y de 60 mm x 60 mm como máximo (Acelerando, 2015).

2.2.4.3. Cinturón de seguridad

Los automóviles que son destinados a competición llevan cinturones de seguridad muy distintos a los de vehículos estándar.

Estos son cinturones especiales, denominados arneses porque generalmente vienen fabricados de 4 o de 6 puntos y además son de apertura rápida los cuales disponen un cierre de tipo aeronáutico (García Martín, Miguel, 2009).

La reglamentación establece que debe ser mínimo de 4 puntos de anclaje tipo arnés y homologados. Norma FIA, SFI o SNELL y debe estar vigente la fecha de utilización.

Este tipo de cinturones caducan a los 5 años de su fabricación (Acelerando, 2015).

2.2.4.4. Asiento

Los asientos deportivos son rígidos y de una sola pieza, como se muestra en la figura 12 mantiene el cuerpo del piloto lo más fijo posible, lo que no ocurre con los asientos convencionales.

En competición es sumamente importante mantener fijo el cuerpo del piloto, debido a la velocidad, sobre todo en curvas, que es cuando el cuerpo se mueve de un lado a otro.

Estos asientos deportivos caducan a los 5 años de ser fabricados (García Martín, Miguel, 2009). Existen marcas de asientos que se dedican a la fabricación de este tipo de asientos, hay marcas reconocidas en el mercado como Sparco, Omp, Recaro, entre otros los cuales son construidos estrictamente en normativa internacionales de competencia como es la FIA.



Figura 12. Asiento Recaro Hans

FEDAK determinó que el asiento del conductor debe ser de una sola pieza homologado, con respaldo en la nuca.

Este debe tener mínimo 4 anclajes al piso del vehículo, debidamente fijados con pernos de mínimo de diámetro de 8 *mm*. Los asientos no homologados, cualquiera sea su procedencia, no están permitidos. (Acelerando, 2015)

2.2.5. INDUMENTARIA

2.2.5.1. Casco

En automovilismo, no se permite normativa DOT de uso de casco, porque no es normativa para competición. El casco es la única protección de la cabeza del piloto, como se muestra en la figura 13. Su normativa de fabricación es muy estricta norma FIA, SFI O SNELL.

Regido por varios estándares de calidad:

- Snell 2000/2005
- Snell 2000
- BSI 6658 - 1985
- FIA 8860 - 2004



Figura 13. Casco Abierto
(García Martín, Miguel ;, 2009)

En la actualidad los cascos están fabricados con fibra de carbono, son muy ligeros, y resistentes, como se muestra en la figura 14.

Este tipo de materiales se caracterizan por ser ligeros, con altas prestaciones mecánicas, alta resistencia térmica y muy inertes ante la mayoría de agentes químicos.



Figura 14. Casco cerrado de carbono
(García Martín, Miguel ;, 2009)

2.2.5.2. Traje

Dentro de la seguridad del piloto se encuentra la indumentaria que debe llevar puesto, es otro de los elementos más importantes y primordiales para el piloto.

La indumentaria su conjunto viene dispuesto del traje, buzo y guantes cuya característica principal es que deben ser anti inflamables con la finalidad de proteger al piloto en caso de incendio.

El traje debe ser en base a normativas de competición el cual debe ser de normativa FIA, SFI o SNELL, como se muestra en la figura 15 (Acelerando, 2015).

La indumentaria está basada netamente en la normativa internacional de competición la cual impone que debe ser regida por la norma FIA STANDARD 8856-2000, el traje está confeccionado con tejido NOMEX (derivado de la aramida). No sólo se utilizan monos ignífugos, de 2 o 3 capas, sino que además hay que emplear ropa interior (calzones, camiseta, calcetines y sotocasco), botines y guantes (opcionales en el caso del copiloto) también ignífugos. El conjunto completo puede llegar a tolerar una exposición directa al fuego de, alrededor, 30 segundos (García Martín, Miguel ;, 2009).



Figura 15. Indumentaria obligatoria para pilotos
(García Martín, Miguel ;, 2009)

2.2.5.3. Protector de cuello

La protección cervical otro de los dispositivos que debe usar el piloto para participar en la competición, la reglamentación dispone que este dispositivo debe ser al menos una cuellera de esponja.

Sin embargo, la organización recomienda la utilización del HANS DEVICE, el LEAD BRACE o NECK BRACE o similares, homologados CON NORMA FIA, SFI, SNELL (Acelerando, 2015).

2.3. ESTRUCTURA EXTERNA

La estructura externa son aditamentos aerodinámicos, elementos que se utilizan con la finalidad de reducir el flujo de aire que impacta a la carrocería, son elementos que disipan e impiden el ingreso del aire por debajo del vehículo, disminuyendo la turbulencia que se origina por el paso del aire (Mcbeath, 2005).

Se diseña e implementa en el vehículo con la finalidad de que su coeficiente de penetración (C_x) disminuya, Dentro de la reglamentación de FEDAK se dispone una aerodinámica libre, dentro de las modificaciones e implementaciones que se debe realizar a la carrocería en su estructura externa se detalla más adelante.

Para entender un poco más de la aerodinámica y los aditamentos que se pueden implementar en el vehículo se explican a continuación (Acelerando, 2015).

2.3.1. AERODINÁMICA

2.3.1.1. Definición

La aerodinámica es parte de la ingeniería de mecánica de fluidos, estudia el comportamiento del aire y otros fluidos gaseosos, acciones ejercidas sobre cuerpos solidos inmersos en él (Carmona, 2015).

La aerodinámica en el vehículo se habla del coeficiente de penetración (C_x) el cual indica la resistencia aerodinámica de una forma, en la actualidad el C_x suele estar cercano a un valor de los 0,30. Cabe señalar que, dependiendo de la forma del vehículo se tiene mejor capacidad aerodinámica cuanto más bajo sea su C_x . Además del C_x , otra de las variables fundamentales a tomar en cuenta es la superficie frontal (SC_x), este valor no solo toma en cuenta la forma sino también el tamaño del vehículo, cuanto más grande es el vehículo mayor es la cantidad de aire que debe atravesar, por esta razón debe aplicar más fuerza para atravesar el aire.

$$SC_x = C_x \times SC_x \quad [1]$$

Donde:

C_x : coeficiente de penetración.

SC_x : superficie frontal (Ayala, 2015)

2.3.1.2. Aerodinámica en vehículos de competencia

Edumnd Rumpler de nacionalidad alemana, diseñó el Rumpler-Tropfenauto en 1921, conocido en español como automóvil de lágrima, como se muestra en la figura 16.

Su diseño se basó en una gota de agua, cuyo coeficiente de penetración (C_x) era de tan solo 0.27, la estética del automóvil era impactante la cual fue expuesta en los salones del motor, se fabricaron solo 100 unidades.



Figura 16. Rumpler-Tropfenauto
(Tablado, 2014)

Norteamérica en 1930 diseñó un vehículo aerodinámico, el modelo Chrysler Airflow, inspirado en la estética de las aves, su peso tenía una relación de 50-50, es decir gestionaba el mismo peso en los dos ejes, su diseño fue poco convencional.

En la década de los 50 y 60, los avances más importantes en la aerodinámica fueron específicamente obtenidos de los vehículos de competencia.

Cabe destacar que los ingenieros como en la actualidad experimentan con diferentes diseños y formas aerodinámicas que permiten aumentar la velocidad de los automóviles (Tablado, 2014).

2.3.2. COMPORTAMIENTO DEL AIRE EN EL AUTOMÓVIL

2.3.2.1. Flujo de aire interior

El flujo interior comprende el aire de ventilación del habitáculo, así como también el utilizado en la admisión y refrigeración del motor, como se muestra en la figura 17.

Por lo que el flujo interior tiene un valor cercano al 20% de la resistencia aerodinámica, el cual estipula tanto el confort climático de los ocupantes al igual que el rendimiento térmico del motor.

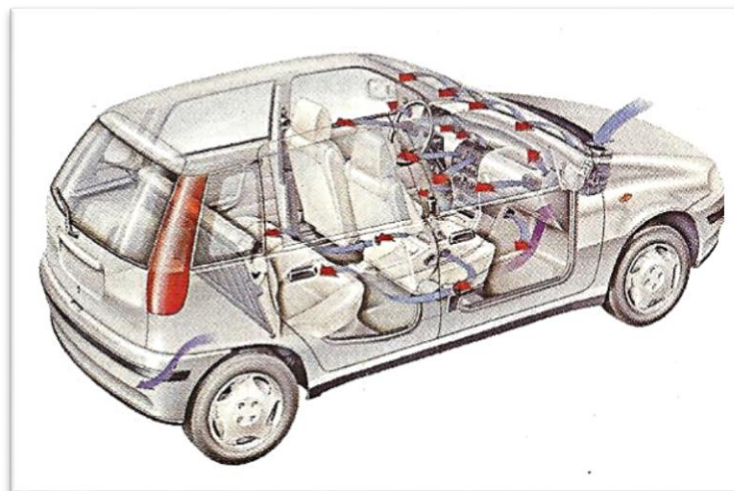


Figura 17. Flujo interior de aire. Ventilación aire/caliente del habitáculo (Gómez, 2011)

A partir de la ventilación, la parte interna de la carrocería debe ser capaz de:

- Mantener la temperatura interior invariable, con libertad de la temperatura exterior y de la velocidad del vehículo.
- Conservar la humedad interior.
- Proporcionar algunos niveles de temperatura con el fin de compensar la temperatura exterior y la radiación solar.

2.3.2.2. Flujo de aire exterior

El flujo exterior es el aire que pasa por toda la superficie de la carrocería, como como se muestra en la figura 18, además de que circula entre la misma y el suelo.

Existen coeficientes que influyen en la resistencia aerodinámica total al avance del vehículo los cuales son el tamaño y forma de la carrocería, la velocidad relativa del vehículo respecto al aire, y la densidad del aire.



Figura 18. Flujo exterior de aire
(Gómez, 2011)

Otro parámetro a tomar en cuenta es el modelo de superficie de la carrocería, con el cual se determina el rozamiento con la capa de aire que está en contacto con ella. El aire puede discurrir en dos formas, uniformemente y con turbulencias.

Uniforme

El flujo laminar o uniforme se define como el desplazamiento de cada partícula de aire con respecto a la carrocería en la misma dirección y velocidad que las que le rodean, como se muestra en la figura 19.

A este desplazamiento fluido se le denomina flujo laminar. Es primordial que el flujo laminar sea mayor, para que la resistencia aerodinámica sea menor.

Con turbulencia

Se define flujo turbulento al desplazamiento de partículas de aire de la forma de la carrocería, como se muestra en la figura 19, este fenómeno se da por

pérdida de velocidad y dirección de las partículas de aire que se encontraban en la superficie de la carrocería (Gómez, 2011).

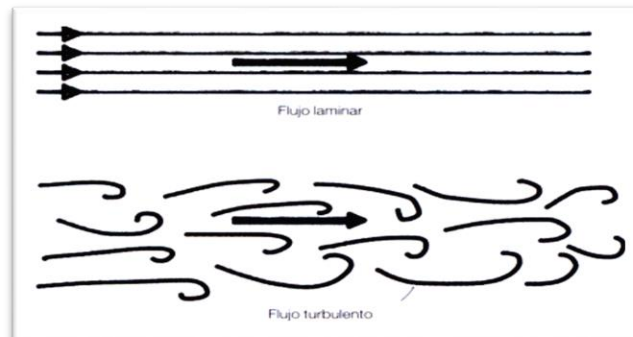


Figura 19. Flujo laminar y turbulento
(Mcbeath, 2005)

En conclusión, podemos decir que el flujo exterior origina tres fuerzas: Fuerza de resistencia al avance (DRAG RESISTANCE), en sentido longitudinal, dificulta el movimiento del vehículo. Fuerza vertical, es la que puede actuar como fuerza de sustentación en vehículos convencionales, cuyo caso es una fuerza vertical y hacia arriba, o bien puede ser DOWNFORCE o hacia abajo, en vehículos deportivos, apretando el vehículo contra el suelo. Fuerza lateral, debida por ejemplo al viento lateral (Olivares de Jodar, 2011).

2.3.3. COEFICIENTES AERODINÁMICOS

El coeficiente aerodinámico esencialmente de una carrocería está afectado por factores como la resistencia y fuerzas aerodinámicas que son ocasionados por el movimiento del automotor. Los valores de referencia predeterminados son:

2.3.3.1. Coeficiente de penetración (C_x)

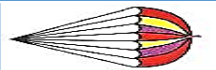

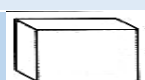






Es la resistencia aerodinámica al avance de una forma determinada (C_x). Un cuerpo para poder atravesar una masa de aire debe invertir una potencia,

esta potencia dependerá de la forma, es por ello que está en relación directa la potencia con el volumen del cuerpo.

Cuanto más aerodinámica es la forma de un cuerpo menor será su capacidad de penetración aerodinámica, y por ende menor será la potencia que deberá invertir para su desplazamiento a través del aire.

A continuación, se muestra en la tabla 1 formas aerodinámicas y su coeficiente C_x .

Tabla 1. Coeficientes aerodinámicos y su valor C_x

DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE DE AIRE		C_x
Paracaídas		1.35
Placas plana y cuadrada		1.17
Cubo		1.0
Cono 90°		0.51
Semiesfera		0.41
Cono 60°		0.34
Esfera		0.1
Perfil de ala de avión		0.05-0.1
Automóviles modernos		0.29-0.33

(Gómez, 2011)

2.3.3.2. Superficie de ataque (a)

Para conocer la resistencia aerodinámica total del vehículo es primordial conocer también su tamaño ya que el C_x solo toma como referencia su forma más no su tamaño.

El coeficiente aerodinámico C_x está directamente relacionado con la superficie de ataque del vehículo (A) medida en m^2 , de esta manera podemos tener una referencia de la resistencia del aire.

La superficie de ataque (A) es denominada como la superficie de proyección de la sombra del contorno que se origina cuando el automotor es iluminado en sentido longitudinal por una luz paralela.

Para establecer esta superficie suelen utilizarse métodos ópticos basados en la aplicación del láser.

$$C_x \times A \quad [2]$$

Cabe señalar que existen otros coeficientes que directamente influyen en el cálculo total de la resistencia del aire, esencialmente cuatro factores:

- La densidad del aire (el aire “denso” frena más que el aire “poco denso”).
- La velocidad al cuadrado.
- La superficie frontal.
- Coeficiente de resistencia aerodinámica del vehículo. De esta manera tenemos.

$$W = C_x \times A \times \left(\frac{\rho}{2} \times V_F^2\right) \quad [3]$$

Donde:

ρ : densidad del aire (kg/m^3)

V_F^2 : velocidad al cuadrado (m^2/s^2)

A: superficie frontal (m^2)

C_x : coeficiente de penetración aerodinámica

2.3.3.3. Coeficiente de deriva (C_y)

El coeficiente de deriva calcula el efecto del aire en forma lateral al vehículo como se muestra en la figura 20, perturbando de tal manera forma su estabilidad.

El impacto lateral del aire en la carrocería incide en la manejo, dicho comportamiento del aire influye de diferentes formas en función de muchas variables como:

- La forma y superficie de la carrocería.
- El peso total.
- La distancia entre ejes y entre ruedas (batalla y vía).

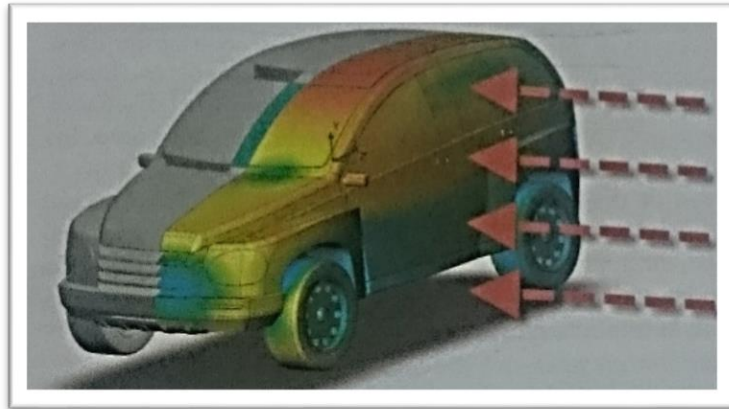


Figura 20. Coeficiente C_y
(Gómez, 2011)

2.3.3.4. Coeficiente de sustentación (C_z)

El coeficiente de sustentación se basa en las fuerzas aerodinámicas que actúan verticalmente sobre la carrocería, como se muestra en la figura 21.

El C_z calcula el apoyo de las cuatro ruedas con el suelo y su posible “aligeración” por consecuencia del viento o por traslado de masas suspendidas.

Si la fuerza actúa hacia arriba, se habla de empuje ascensional y en sentido contrario se trata de asentamiento.

Ambas fuerzas influyen de forma decisiva en una conducción estable. Cuando un cuerpo asimétrico es desplazado por el aire de forma que el flujo por la parte superior ha de recorrer más camino que el de la parte inferior, se crea una depresión en la cara superior que es precisamente el empuje ascensional descrito.

Para comprobar el coeficiente de sustentación C_z más apropiado, cabe señalar que hay que obtener un fuerte apoyo aerodinámico con lo cual involucra empeorar el C_x ya que la fuerza que empuja al vehículo hacia el suelo es producto del propio avance del mismo.

Dentro del automovilismo podemos mencionar un claro ejemplo en la máxima categoría de la competición como es la fórmula 1

En la cual sus alerones son capaces de ejercer una fuerza contra el suelo superior a los $100kg$.

Sin embargo, aumentan considerablemente la resistencia al avance provocando una deceleración muy importante (en estos casos lo que se pierde en recta se gana en curvas, por lo que la geometría de estos elementos tiene que regularse para cada circuito específicamente para poder tener una ganancia de tiempo en competición ya que es sumamente fundamental el factor tiempo. (Gómez, 2011).

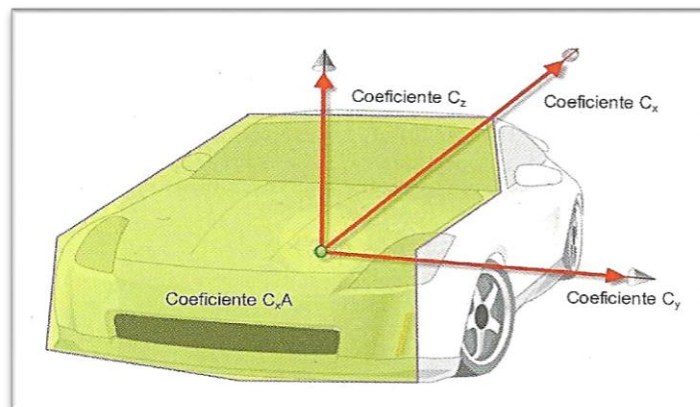


Figura 21. Coeficientes aerodinámicos (Gómez, 2011)

Existen variables que influyen en la sustentación como son:

- **La densidad del aire**

El aire posee diferentes densidades dependiendo directamente de la temperatura del mismo. El aire caliente es menos denso que el aire frío.

- **Velocidad del aire sobre el perfil aerodinámico**

La sustentación es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad.

$$F_z = C_z \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_f^2 \cdot A_f \quad [4]$$

Donde:

F_z : fuerza de sustentación (N)

C_z : coeficiente de sustentación (Adimensional)

ρ : densidad del fluido (Kg/m³)

V_f : velocidad del fluido (m/s)

A_f : superficie frontal del cuerpo perpendicular al movimiento del fluido (m²)

(Santamaría, 2012)

2.3.4. ADITAMENTOS AERODINÁMICOS

2.3.4.1. Deflector delantero

El deflector delantero su función es la de disminuir la cantidad de aire que circula por debajo del vehículo, como se muestra en la figura 22.

Se logra con ello optimizar ligeramente la aerodinámica del vehículo, sobre todo, crear una zona de baja presión bajo el mismo que incrementa la adherencia. Suelen disponer de entradas de aire convenientemente diseñadas para ventilar los frenos (Gómez, 2011).

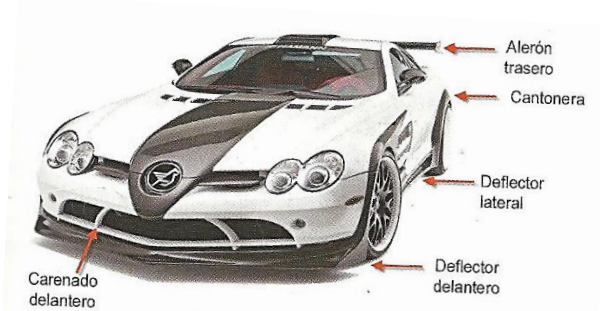


Figura 22. Aditamentos aerodinámicos (Gómez, 2011)

Por lo tanto, los spoilers o deflectores delanteros son utilizados con el fin de reducir el espacio entre el vehículo y el suelo.

Consiguiendo con ello reducir la cantidad de aire que circula por debajo cuando el vehículo se encuentra en movimiento, se puede realizar en diferentes diseños como se muestra en la figura 23.

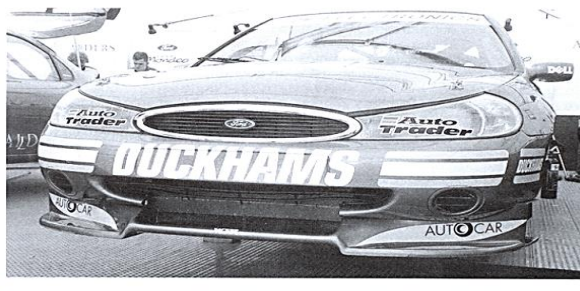


Figura 23. Spoilers delanteros (Mcbeath, 2005)

Para un buen funcionamiento y efectividad de un deflector delantero puede ser incrementada mediante el uso de faldas laterales que ayudan a sellar el fondo e impiden que el aire entre por los lados, como se muestra en la figura 24 (Mcbeath, 2005).

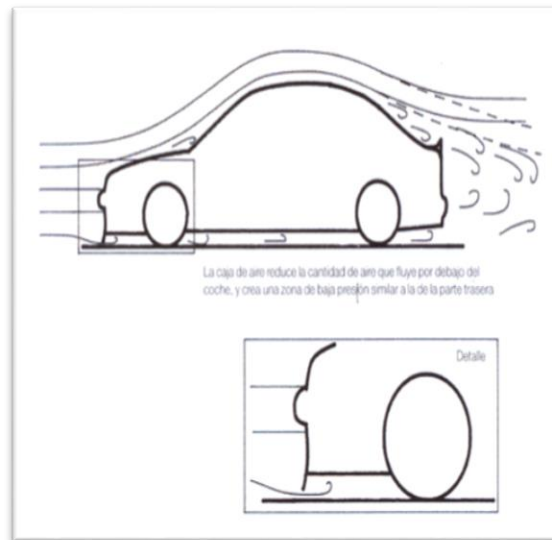


Figura 24. Una caja de aire delantera (Mcbeath, 2005)

2.3.4.2. Entradas/tomas de aire

Las tomas de aire se utilizan para mejorar el balance térmico dentro del habitáculo del motor, o de algunas partes específicas del automóvil, como se muestra en la figura 25.

Por lo general se utilizan para ventilar los frenos en los vehículos con altas prestaciones, mejorar la refrigeración del cambio de velocidades, la refrigeración del cárter del motor, refrigerar algunas piezas en particular que por su función o la posición que ocupan está muy calientes.

Es muy importante su utilización para mejorar el balance térmico de la refrigeración del vehículo, especialmente en mercados donde la climatología es muy caliente, etc.

También puede ser una ayuda para mejorar la temperatura del sistema de aspiración del motor, y para evitar entradas de agua en el sistema de aspiración del motor, que podrían dañar el motor, etc (Olivares, 2011).



Figura 25. Tomas de aire
(Olivares, 2011)

2.3.4.3. Deflectores de bajo

Los deflectores de bajo o también denominados faldones superiores están ubicados junto a las ruedas delanteras y posteriores, como se muestra en la figura 26. Este aditamento aerodinámico se encarga de reducir las turbulencias de aire (ruidos aerodinámicos) producidas por los neumáticos. Con la utilización de los deflectores se logra dos cosas, mejora un poco el coeficiente de penetración (a costa de aumentar la superficie frontal), y por otro lado reducir la presión inferior de la carrocería para incrementar el apoyo aerodinámico a gran velocidad.



Figura 26. Cantonera
(Gómez, 2011)

2.3.4.4. Deflectores laterales (talonerías) y cantoneras

Los deflectores laterales o también denominados faldones inferiores su función es la de canalizar convenientemente las corrientes de aire para

evitar que incidan directamente sobre los neumáticos posteriores, reduciendo las turbulencias y consecuentemente la resistencia del vehículo al paso del aire, trabajan en conjunción con el faldón delantero, sellando los bajos del vehículo para mantener con mayor eficacia el área de baja presión resultante, como se muestra en la figura 27.



Figura 27. Deflector lateral (talonera)
(Gómez, 2011)

2.3.4.5. Deflectores posteriores

Se ubican en el borde del maletero, techo o parte superior de la luna trasera, este aditamento aerodinámico se utiliza para canalizar el aire logrando con ello reducir el C_x , como se muestra en la figura 28. Su efecto consiste en mejorar la adherencia, impidiendo que el flujo de aire circule con libertad sobre la carrocería, creando un fenómeno de sustentación positiva que levante la parte trasera del vehículo (Gómez, 2011).

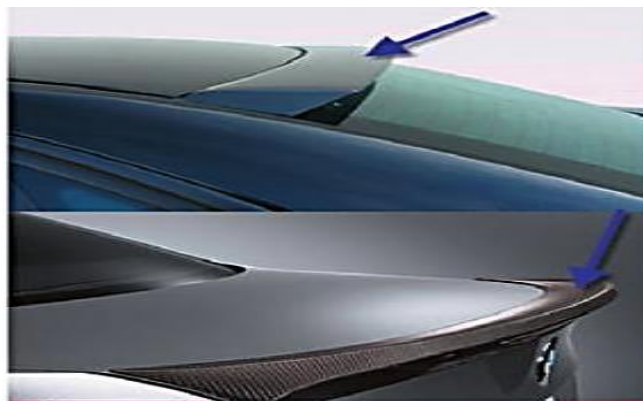


Figura 28. Deflectores Traseros
(Gómez, 2011)

En conclusión, el spoiler o deflector posterior consiste en estropear o perturbar el rápido flujo de aire que, desafortunadamente, es la causa de la sustentación positiva como se muestra en la figura 29 (Mcbeath, 2005).

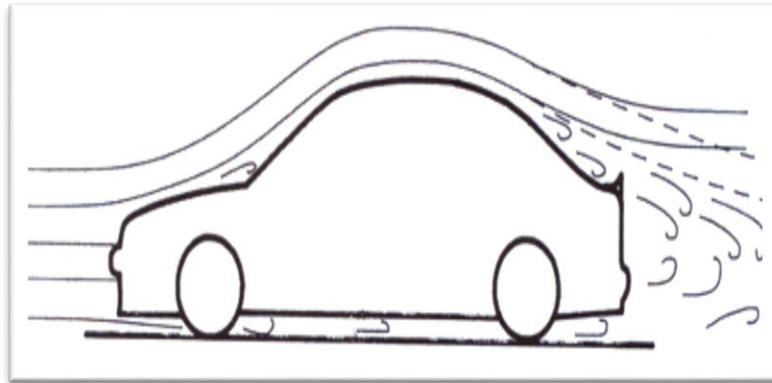


Figura 29. El efecto de un spoiler trasero (Mcbeath, 2005)

2.3.4.6. Difusor posterior

Un difusor es una pieza externa del automóvil la misma que sirve para controlar el flujo del viento que pasa por la parte inferior del vehículo, está ubicado en la parte posterior cerca de las ruedas traseras, como se muestra en la figura 30.

Un difusor normalmente tiene una forma de curva que termina más arriba de donde comienza y suele terminar en o muy cerca del final de vehículo.

El difusor tiene dos funciones las cuales son:

- Reducir el arrastre.
- Reducir la altura.

La parte justa detrás del vehículo es una zona que normalmente tiene turbulencia, un movimiento lento de aire.

El aire que pasa rápidamente por debajo del vehículo, tiende a encontrarse con este aire lento, y esta gran diferencia de velocidad genera aún mayores turbulencias.

Estas turbulencias además generan un arrastre no deseado que puede hacer que el vehículo tienda a subir perdiendo agarre (Olivares de Jodar, 2011).

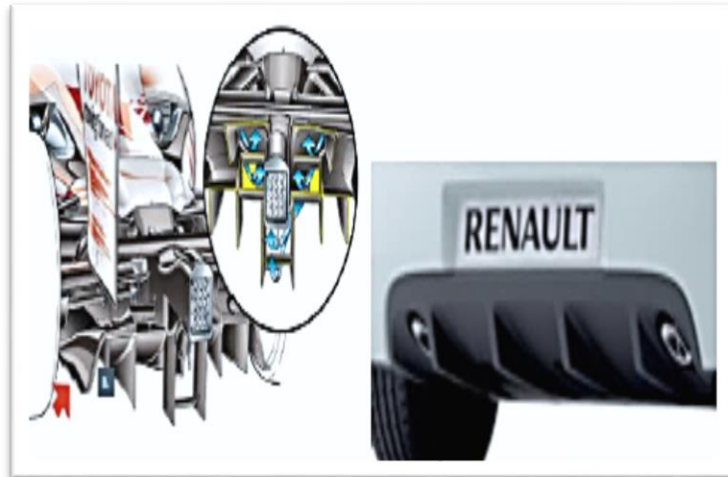


Figura 30. Difusores posteriores
(Olivares de Jodar, 2011)

2.3.4.7. Alerones traseros

La diferencia con respecto a los deflectores, es que los alerones se ubican a un plano superior de la carrocería, dejando libre entre ambos elementos, tiene como finalidad la de encauzar la salida del aire, logrando con ello que la corriente de aire no produzca turbulencias que puedan frenar el avance del automóvil. Prácticamente su diseño es similar a las alas de los aviones, pero ubicadas de forma invertida, como se muestra en la figura 31.

Así generan una zona de baja presión que empuja al eje trasero hacia abajo aumentando su adherencia (Gómez, 2011).



Figura 31. Alerón trasero
(Gómez, 2011)

2.4. DISPOSITIVOS DE USO OBLIGATORIO

2.4.1. SEGUROS DE CAPOT Y PUERTA POSTERIOR

Los seguros de capot son de fácil acceso, como se muestra en la figura 32, permite tener un cierre seguro de capot, su característica principal es que se puede abrir desde la parte exterior sin necesidad de presionar nada desde la parte interior como viene instalado de fábrica. Según la reglamentación de Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo FEDAK ver anexo dos impone su uso para todo vehículo de competición.



Figura 32. Seguros de capot

2.4.2. ESPEJOS RETROVISORES

Los espejos retrovisores son otro de los dispositivos de uso obligatorio según la reglamentación de FEDAK ir al anexo dos.

2.4.3. GANCHOS DE REMOLQUE DELANTERO Y TRASERO.

Es obligatorio el uso de un gancho de remolque, como se muestra en la figura 33, según la reglamentación de FEDAK información que se aprecia en el anexo dos (Acelerando, 2015).



Figura 33. Gancho de remolque

2.5. SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Con la ayuda de la tecnología, hoy en día las computadoras se han hecho parte de la vida de la ingeniería de una manera importante, es por esto que, con la ayuda de programas como SolidWorks, es fácil realizar un estudio de estructuras en concreto de una manera virtual, para esto se analiza a continuación las diferentes herramientas virtuales que permiten hacer pruebas de estructuras de una manera correcta.

2.5.1. SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS

El software de simulación de SolidWorks es tan sencillo como potente y permite que cualquier empresa pueda hacer sus ideas realidad y hacerse con mercados globales. Permite realizar una serie de pruebas al momento del diseño y así reduce costos y tiempo valioso.

2.5.2. PRUEBAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES

La simulación estructural abarca una amplia gama de problemas desde el rendimiento de una pieza con una carga constante hasta el análisis de tensión de un ensamblaje en movimiento con carga dinámica, que se pueden determinar gracias a las herramientas de SolidWorks Simulation.

Los diseñadores e ingenieros utilizan fundamentalmente la simulación estructural para determinar la resistencia y rigidez de un producto mediante el registro de las deformaciones y tensiones de los componentes.

El tipo de análisis estructural que realice dependerá del producto que se vaya a probar, de la naturaleza de las cargas y del modo de fallo previsto:

- Una estructura corta o robusta tiene más posibilidades de sufrir un error debido al fallo de los materiales (es decir, se supera el límite de elasticidad).
- Una estructura larga y delgada fallará debido a la inestabilidad estructural (pandeo geométrico).
- Con las cargas dependientes del tiempo, la estructura requerirá algún tipo de análisis dinámico para analizar la resistencia de los componentes.

En la figura 34, se aprecia un estudio de resistencia realizado en SolidWorks

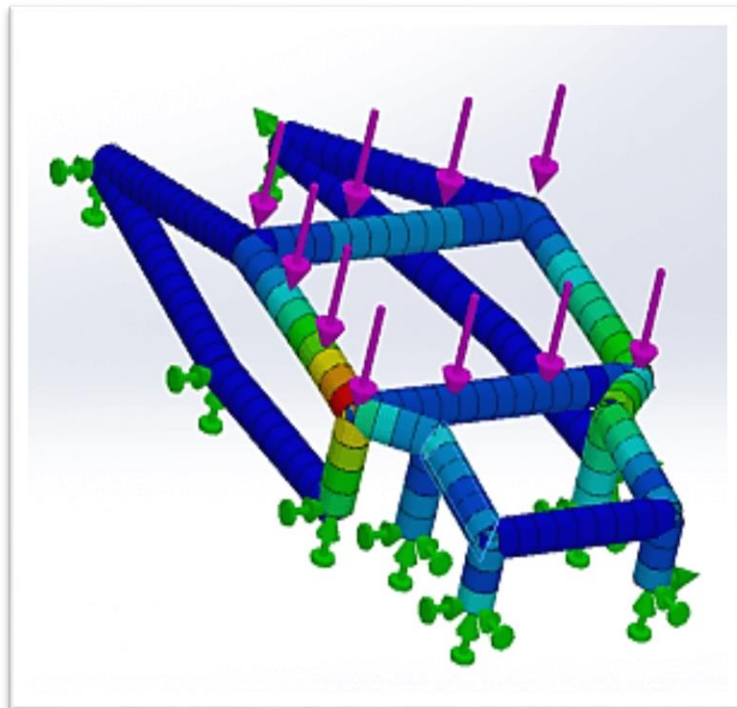


Figura 34. Prueba de resistencia estática
(SolidWorks, 2016)

2.5.3. PRUEBAS AERODINÁMICAS

Los estudios de dinámica de fluidos computacional (CFD) ofrecen información significativa sobre el impacto del flujo de fluidos, para que pueda solucionar los problemas con antelación, reducir la necesidad de crear costosos prototipos y eliminar las repeticiones.

El análisis puede ser muy complejo; por ejemplo, un cálculo puede contener transferencia de calor, mezclas, y flujos inestables y compresibles.

La capacidad de predecir el impacto de dichos flujos en el rendimiento de producto puede resultar lenta y cara si no se utiliza ningún tipo de herramienta de simulación.

En definición SolidWorks permite hacer una simulación aerodinámica para calcular las fuerzas de elevación y resistencia aerodinámica tal y como se aprecia en la figura 35.

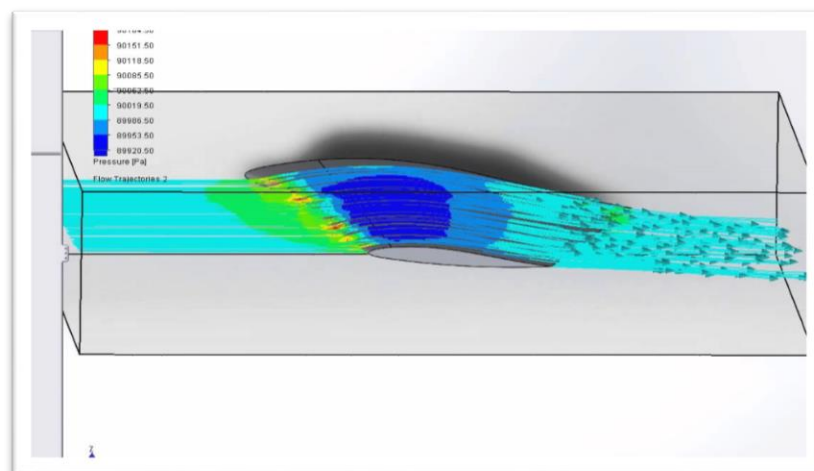


Figura 35. Prueba aerodinámica
(SolidWorks, 2016)

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se recopiló toda la información referente a la parte investigativa del tema planteado, los métodos son herramientas que permiten realizar la indagación de una manera fácil, las técnicas permiten determinar una manera de obtener datos, los mismos que se podrán analizar al detalle a continuación

El método analítico fue utilizado en el presente trabajo, de forma adecuada en la que se separa el tema central de manera ordenada, es decir el estudio, diseño, modificación, construcción y discusión de resultados se realizó de tal modo que la estructura interna y externa se implementaron en base a la recopilación de información.

Este método se aplica tanto en el marco teórico como en los resultados y discusión.

El método de modelación fue utilizado en el presente capítulo de forma práctica y teórica con el vehículo a mejorar, en este método se utilizan referencias de otras fuentes y se los sintetiza en un modelo en concreto el cual se va complementando.

La investigación documental se aplicó en el marco teórico de una manera en la que se recopilaron fuentes bibliográficas de tipo impreso y de clase mayor, como son los libros referentes a mecánica de fluidos, aerodinámica de vehículos de competición, ingeniería automotriz, los manuales, tesis, además de las normativas de competición FEDAK, y normas internacionales como la FIA.

Parte de la experimentación se hizo de manera virtual a través del software SolidWorks 2016, para justificar materiales necesarios en la fase de diseño y de ejecución de las modificaciones estructurales del vehículo, con el objetivo de reducir los costos por pérdidas al máximo.

Además, se realizó pruebas de campo en el Autódromo Internacional De Yaguarcocha, en el cual se obtuvo los resultados del uso del aditamento aerodinámico como es el alerón en cuanto al tiempo de vuelta con el aditamento y sin el aditamento.

Los materiales utilizados en el presente trabajo de titulación se describen en 2 partes, los primeros los aerodinámicos se muestra en la tabla 2. La misma que se aprecia a continuación:

Tabla 2. Aditamentos Aerodinámicos

Descripción	Cantidad
Resina	5kg
Meck	1litro
Cobalto	1 litro
Talco chino	1 empaque
Fibra de vidrio	3 kg
Masilla de relleno	2kg
Masilla microporo	1kg
Lijas 36	5
Lijas 80	5
Lijas 150	5
Fondo de relleno	1 litro
Aluminio grano grueso	1 litro
Solvente acrílico	2 litros
Barniz Glasurit	1 litro
Tack cloth	1 unidad

De igual manera se detalla la lista de materiales utilizados en la elaboración de los aditamentos internos del vehículo se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Aditamentos Internos

Elemento	Material
1 Arco Central	Acero al carbono
Refuerzos Arco Central tirante diagonal	Acero al carbono
2 arcos laterales	Acero al carbono
1 miembro transversal	Acero al carbono
Tirantes de puertas	Acero al carbono
2 Tirantes traseros	Acero al carbono
2 Tirantes traseros	Acero al carbono
Elementos de refuerzo de techo	Acero al carbono
1 PLANCHA DE ACERO DE 500mm x 500mm DE ESPESOR DE 3mm	Acero Astm 500
* 1 litro de fondo	Pintura Poliuretano
* 2 litros de pintura azul acrílico.	Pintura Poliuretano
* 2 litros de brillo (laca)	Pintura Poliuretano
* 1 galón de diluyente.	Poliuretano
* 1 litro de pintura plateada.	Pintura Poliuretano
* 1 litro de brillo (laca)	Pintura Laca

Tabla 3. Aditamentos internos continuación

* 2 desengrasantes	
* 5 lijas de agua número 400.	
* 1 galón de bate piedra.	
* 4 pernos de 8mm para anclaje del asiento.	
* 10 metros de manguera contra incendios.	
* 1 asiento de competición,	
* 1 Malla de seguridad.	
* 1 Cinturón de seguridad.	
* 1 extintor de 2kg	
* 2 abrazaderas para fijación del extinguidor	

Las máquinas herramientas a utilizar para el proceso de implementación son las siguientes.

- Torno
- Dobladora de tubos de 1" a 3"
- Taladro de pedestal
- Taladro de mano
- Soldadora Mig
- Soldadora de arco
- Prensa hidráulica
- Cortadora eléctrica

Las herramientas manuales a utilizar son:

- Juego de llaves mixtas milimétricas de 6 mm a 17 mm.
- Juego de desarmadores Phillips.
- Juego de llaves Hexagonales Allen.
- Calibrador pie de rey.
- Palanca de fuerza mando $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$
- Multímetro.
- Juego de linternas, tipo laminas calibradas en milésimas de pulgadas y milimetradas.

- Palanca Media Vuelta mando de media.
- Palanca Media Vuelta mando $\frac{3}{4}$.
- Martillo de orejas y martillo de goma.
- Limas planas y triangulares.

Para continuar con el procedimiento se realizó el estudio del tema el cual se detalla a continuación:

- Recopilar información en el marco teórico, analizando libros, manuales y catálogos.
- Analizar componentes, determinando una hoja de ruta para el trabajo de diseño.
- Diseñar de manera digital, realizando mediciones del vehículo adquirido y determinando las mejores alternativas.
- Realizar pruebas virtuales para concretar las verdaderas soluciones al problema, esto determino los materiales necesarios.

Para el proceso de ejecución se realizó los siguientes pasos:

- Adquirir materiales, los mismos que se analizaron en las pruebas digitales, para poder tener relación con las mismas pruebas.
- Realizar mejoras internas, siguiendo las dimensiones que se estudiaron en las pruebas virtuales.
- Realizar mejoras externas, siguiendo los estudios aerodinámicos.

Las fórmulas destacadas en el proyecto fueron;

Fórmula de la reglamentación de la FIA para análisis de la estructura roll bar.

$$Resistencia = 3.5(w + 150kg)daN$$

Fórmula de la resistencia aerodinámica.

$$D = Cx \frac{1}{2} \rho V^2 S$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de resultados se explicará cada parte al detalle del proceso de construcción, de igual manera cada parte será correctamente justificada, es decir que se determinará por medio de cálculos matemáticos su correcta selección.

Para esto se comenzará como se detalla a continuación con el desarme completo del vehículo, con el objeto de que el mismo permita realizar las modificaciones pertinentes dentro de los parámetros internos de los campeonatos de automovilismo nacional.

4.1. SELECCIÓN DEL VEHÍCULO

Como se detalla a continuación la selección del vehículo se planteó de acuerdo a la matriz de valoración.

La misma que en base a una serie de factores determinó que vehículo es el más adecuado para la realización de las diferentes modificaciones, internas y externas, para lo cual en la tabla 4 se aprecian los parámetros de selección del vehículo.

Tabla 4. Matriz de selección de vehículo

	Chevi Aveo	Chevi Spark	Chevi Corsa	Vw Gol	Nissan Sentra	Vitara Clasico
Precio	2	3	5	3	3	2
Repuestos	4	4	5	4	3	4
Peso	3	5	3	3	2	1
Potencia	2	1	4	5	5	5
Total	11	13	17	15	13	12

Una vez seleccionado el vehículo el cual es un modelo corsa wind marca Chevrolet, se procedió al análisis de la cabina o habitáculo central, antes de

realizar cualquier trabajo en el vehículo se analizaron las especificaciones, las que se consideran en la tabla 5.

Con toda esta información se podrá realizar un estudio posterior, el que permita seleccionar los materiales adecuados para el desarmado total de la misma.

Tabla 5. Especificaciones del vehículo

MARCA	OPEL
Modelo	Corsa
Motor	1.4 Si (82 Hp)
Potencia máxima	82 cv/5800rpm
Longitud	3729 mm.
Anchura	1610 mm.
Altura	1420 mm.
Distancia entre ejes	2443 mm.
Vía delantera	1387 mm.
Vía trasera	1388 mm.
Capacidad maletero máx.	1050 l
Cilindrada -real-	1389 cm ³
Peso en orden de marcha	895 kg
Peso máximo admisible	1395 kg
Tamaño de llantas	5 J X 13

(Autodata,2016)

4.1.1. ANÁLISIS DE LA CABINA

Posteriormente a la selección del vehículo, se procedió al análisis de la cabina, como se muestra en la figura 36, el cual contaba con las partes originales.



Figura 36. Estado Inicial de la cabina Corsa Wind

El desarmado del mismo conto con distintos pasos, primero se comenzó por retirar los asientos, como se muestra en la figura 37.

Este paso se lo realizó primero para poder tener acceso al interior de la cabina de una manera más cómoda para continuar con el proceso de desarme de los componentes internos.



Figura 37. Desarmado del interior del vehículo

Una vez desarmado la parte interior del automóvil, se retiró el techo para esto se procedió a retirar viseras, manijas y tapicerías laterales, la remoción de los mismos se muestra en la figura 38.



Figura 38. Remoción del techo

Una vez terminado con la parte superior del vehículo como fue la remoción de la cubierta del techo, se empezó a retirar las binchas sujetadoras, que mantenían fija la alfombra del vehículo al piso como se muestra en la figura 39.

Una vez finalizado la remoción de los sujetadores se procedió a retirar la alfombra principal

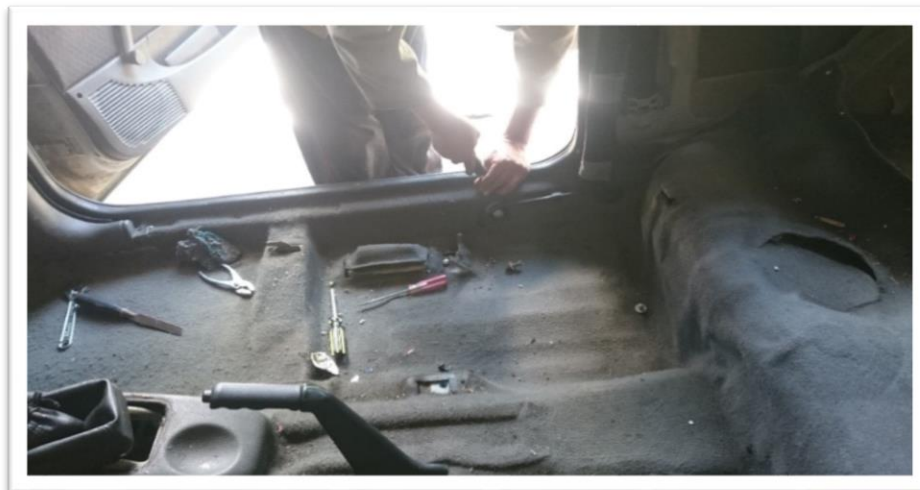


Figura 39. Desarmado de alfombra

Continuando con el desarme de los elementos amovibles que dispone la cabina del corsa wind. Se desinstalo el tablero de instrumentos, y todos los accesorios del interior del habitáculo central, el procedimiento se observa en la figura 40.



Figura 40. Desarmado de tablero de instrumentos

Una vez finalizado todo el proceso de desinstalación de los elementos amovibles de la cabina, se procedió a la limpieza con líquido anticorrosivo, desengrasantes y lija 150, ya que el habitáculo central tenía muestra de corrosión en su estructura interna. Finalmente se procedió a la a la restauración del interior de la cabina del corsa wind mediante la aplicación de bate piedra, este procedimiento se aprecia en la figura 41.



Figura 41. Limpieza del interior vehículo Corsa Wind

4.1.2. MEDICIÓN DEL INTERIOR DE LA CABINA

Una vez desinstalados todos los elementos amovibles internos del automóvil, se dio paso al pesado del vehículo y a la medición de las longitudes internas del mismo, Como se muestra en la figura 42.

El proceso de dimensionamiento deberá de ser realizado por medio de varilla doblada, la misma que permite calcular dimensiones en superficies irregulares.



Figura 42. Medición de superficies irregulares

Los datos determinan que el vehículo cuenta con las siguientes especificaciones una vez terminadas las distintas mediciones como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Especificaciones del vehículo desarmado

ESPECIFICACIÓN	DIMENSIÓN
Longitud superior	1550mm
Longitud entre torres posteriores	1450mm
Altura arco principal	978.5mm
Distancia del arco a apoyo posterior desde la perpendicular	1200mm
Distancia cruz posterior desde arco central	1785mm
Distancia frontal base parabrisas	969.1mm
Peso sin tapicerías	800Kg

4.2. CÁLCULOS INICIALES DEL ROLL BAR

Una vez realizadas las distintas mediciones se realizó el cálculo de acuerdo a las longitudes principales, el arco deberá de ser colocado como lo indica la norma.

Para esto la norma estipulada por la FEDAK, determina que es obligatorio su uso, ver anexo dos, la cual debe ser de diseño apropiado que incluya barras laterales para protección del piloto, los arcos principales deberán ser de una sola pieza. Para la construcción del roll bar no especifica la cedula del material, por la tanto se realizará con cedula 40. El mismo que cuenta con las siguientes especificaciones técnicas como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones técnicas acero cedula 40

Carbono (C)	0.25%
Manganeso (Mn)	0.95%
Molibdeno (Mo)	0.15%
Cromo (CR)	0.40%
Fosforo	0.050%
Azufre	0.045%
Vanadio	0.080%
Límite de tensión	330Mpa
Limite elástico	206 Mpa
Elongación	25%

(Acero Chulavista, 2016)

Para el cálculo estructural del roll bar como lo determina la norma de la FIA, la resistencia estática que se deberá determinar deberá ser $3.5w(daN)$ 35N, fuerza aplicada al arco vertical principal, con factor de multiplicación el peso del vehículo $w(\text{peso})$ más 150 kg, esto determina la siguiente fórmula:

$$Resistencia = 3.5(w + 150kg)daN \quad [5]$$

Donde:

w : peso del vehículo con asientos y sin accesorios.

3.5: constante de resistencia impuesta por FIA

150: constante de peso adicional impuesta por FIA.

daN : decanewtons

$$Resistencia = 3.5(w + 150kg)daN$$

$$Resistencia = 3.5(800 + 150kg)(10)N$$

$$Resistencia = 33250N$$

De esta manera se determinará que el perfil interno del tubo cedula 40 a utilizar, tal y como se aprecia en la figura 43 a continuación:

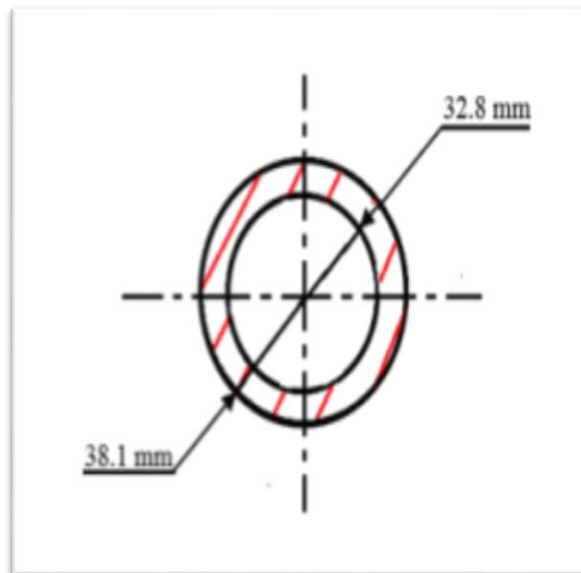


Figura 43. Perfil interno del tubo cedula 40
(Acero Chulavista, 2016)

$$\text{Área del tubo} = ((19.05mm)^2\pi - (16.4mm)^2\pi)$$

$$\text{Área del tubo} = 295.13mm^2$$

Posteriormente a este cálculo se ha realizado la medición de acuerdo a la fórmula de esfuerzo:

$$\vartheta = \frac{P}{A} \quad [6]$$

Donde:

P: Carga

A: Área

$$\vartheta = \frac{33250N}{295.13}$$

$$\vartheta = 112.66Mpa$$

Si el esfuerzo máximo a aplicarse es de 112.66Mpa, el material como se aprecia anteriormente cuenta con 206Mpa.

Se puede por medio del cálculo del factor de seguridad determinar que:

$$FDS = \frac{c.m.m}{c.c} \quad [7]$$

Donde:

FDS: factor de seguridad.

c. m. m: carga máxima material

c. c: carga calculada

$$FDS = \frac{206Mpa}{112.66Mpa}$$

$$FDS = 1.83$$

Dando como resultado un valor positivo, la carga calculada establece que el trabajo soportara de manera correcta casi dos veces las especificaciones del material originario.

4.3. DISEÑO DEL ROLL BAR

Para el esquema de la jaula de seguridad se ha determinado en el reglamento de la FIA, el diseño depende del tamaño del vehículo.

Para esto existen tres tipos principales de jaula de seguridad, las mismas que se aprecian en la figura 44 a continuación:

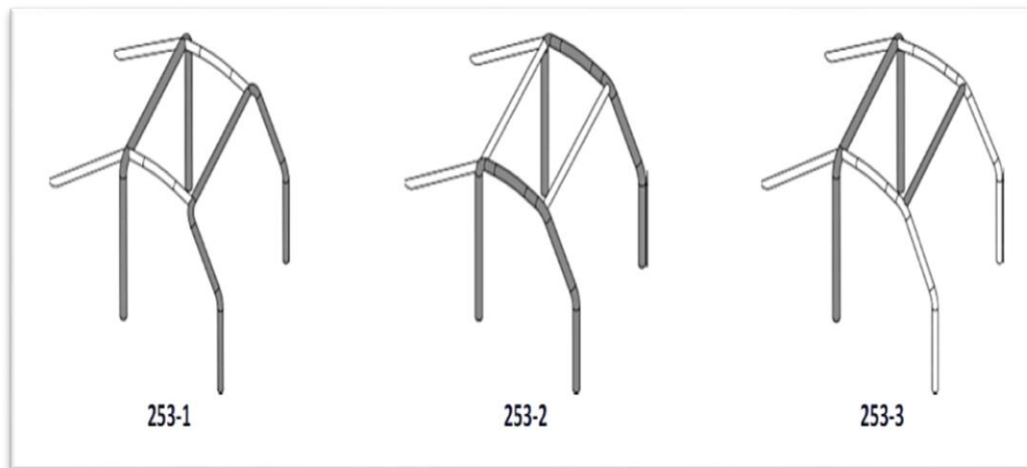


Figura 44. Estructura básica
(FIA, 2016)

La primera (grafico 253-1) detalla 1 arco central + 1 arco delantero + 2 miembros longitudinales + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje al suelo.

La segunda (grafico 253-2) se compone de 2 arcos laterales + 2 miembros transversales + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje al suelo.

El tercer (grafico 253-3) se compone de 1 arco principal + 2 semiarcos laterales + 1 miembro transversal + 2 tirantes traseros + 6 pies de anclaje al suelo. (FIA, 2016)

Una vez analizado las diferentes estructuras se puede determinar que la jaula será la de tercer tipo, esto se debe a que el automóvil no cuenta con un espacio suficiente para realizar dos arcos principales.

Además, se realizará refuerzos en la estructura ya seleccionada, dichos refuerzos de igual manera serán en base a la normativa FIA.

Pese a que el presente trabajo se basa estrictamente en la normativa de competición de FEDAK en cuya normativa no exige un roll bar completo ver

anexo dos, se los realizara con la finalidad de obtener un roll bar de altas prestaciones de seguridad.

Una vez determinado esto se procedió a desarrollar el diseño computarizado de la jaula de seguridad, la misma que será posteriormente se simulará en SolidWorks.

En la figura 45, se aprecia el diseño de la estructura, el mismo que preliminarmente es resultado de la medición precisa del interior del vehículo.

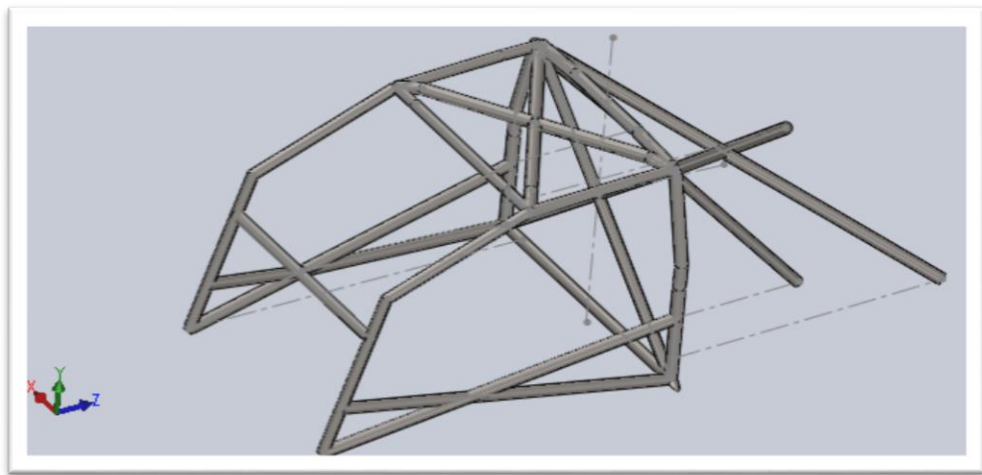


Figura 45. Vista 3d, roll bar diseñado

De igual manera se realizaron capturas de pantalla laterales, como se aprecia en la figura 46.

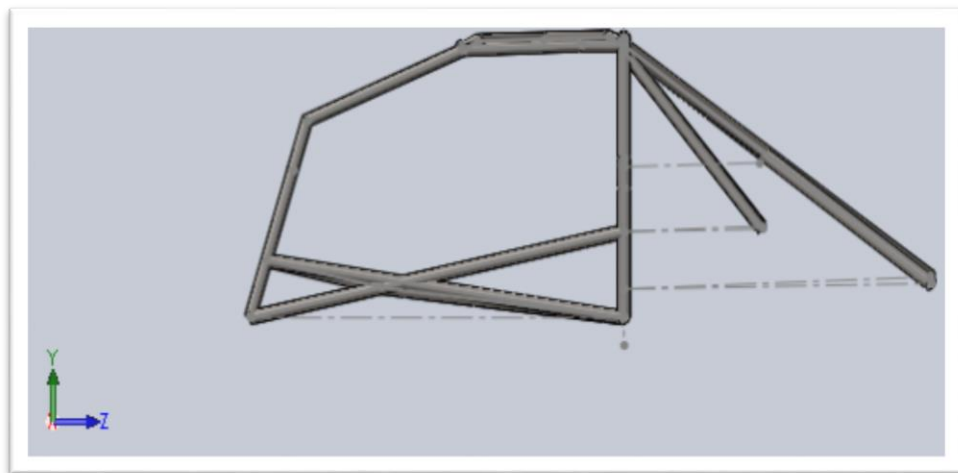


Figura 46. Vista lateral

Por otra parte, se realizó la captura de pantalla de la vista frontal se aprecia en la figura 47, esto determinó de una manera correcta el interior de la jaula de seguridad para el vehículo Corsa Wind.

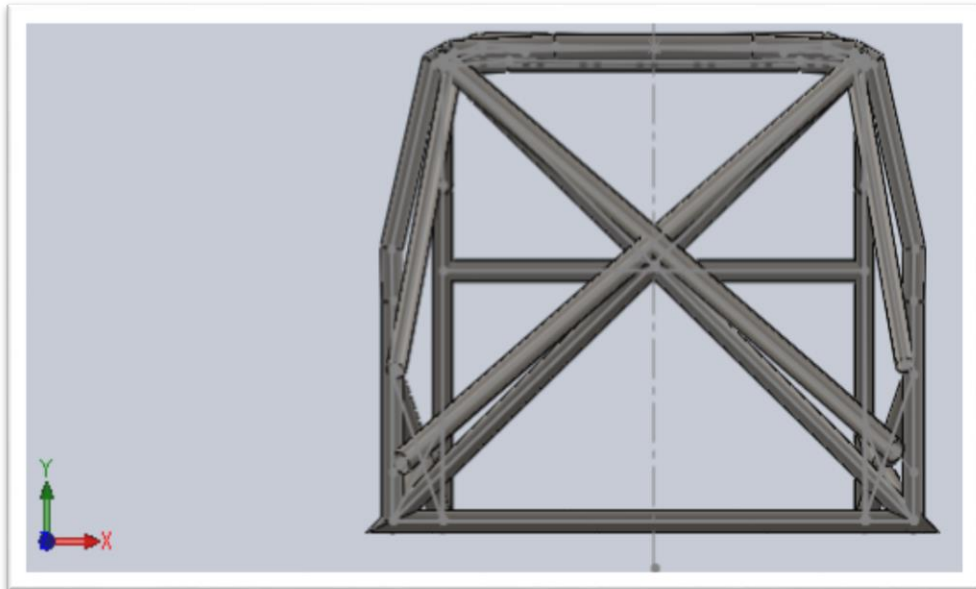


Figura 47. Vista frontal

El diseño permite ver una vista superior de la estructura tubular, la misma que se aprecia en la figura 48.

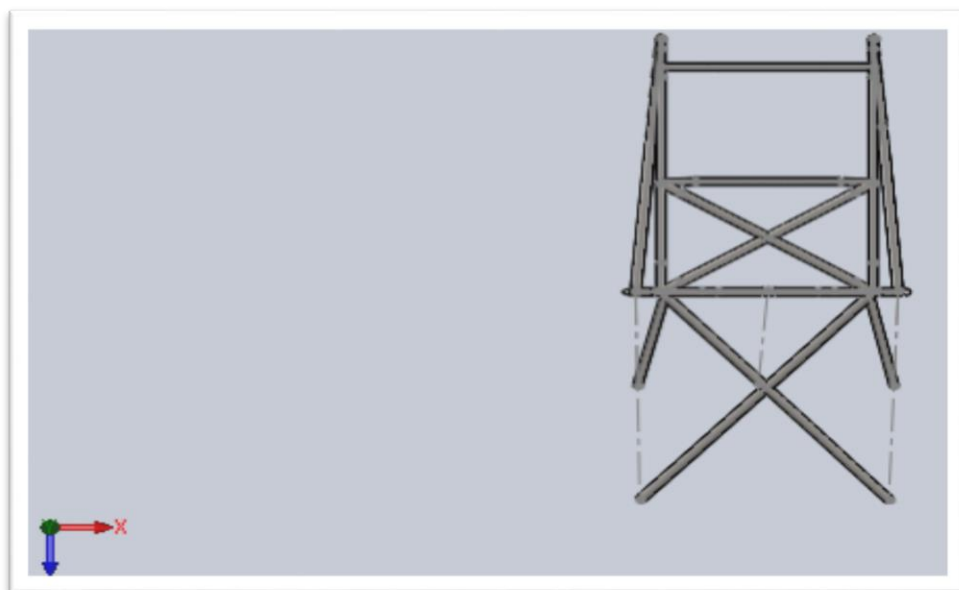


Figura 48. Vista superior

Así se aprecia una vista trimétrica del diseño realizado, el mismo que se aprecia en la figura 49.

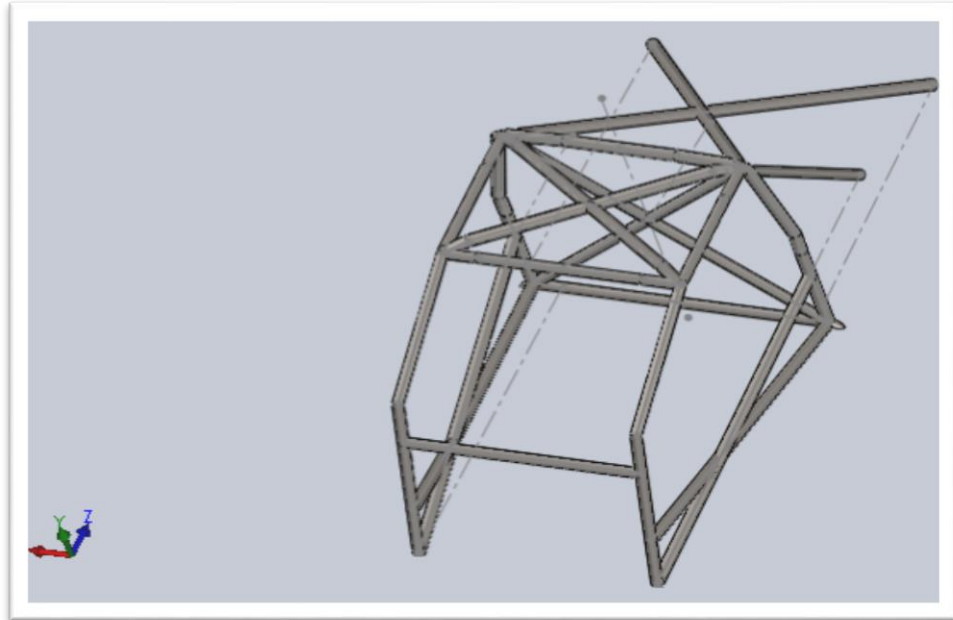


Figura 49. Vista 3d Trimétrico

4.3.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA

En el programa del software de SolidWorks 2016 se realizó el diseño y las respectivas pruebas de resistencia, a continuación, se analiza cada prueba realizada y sus resultados que nos arroja el programa para poder analizarlos de una manera concreta la estructura modelada con la ayuda del mallado se obtendrá los resultados.

4.3.1.1. Análisis estático carga superior

Una vez terminados los diseños 3D y delimitando los materiales a utilizar, se dio paso a la primera prueba, la cual determina que:

La estructura se probará en compresión desde la parte superior, como se determinó anteriormente, para esto se aplicó un a tensión de $33250N$.

La misma que hace referencia al cálculo previo realizado en el capítulo 4.2. con lo cual se procede.

El resultado presenta tres importantes partes las cuales se detallan a continuación

La primera que básicamente es la que mide la tensión axial aplicada, la misma se aprecia en la figura 50. La tensión en el material, efectúa un desplazamiento de energía relativamente aceptable.

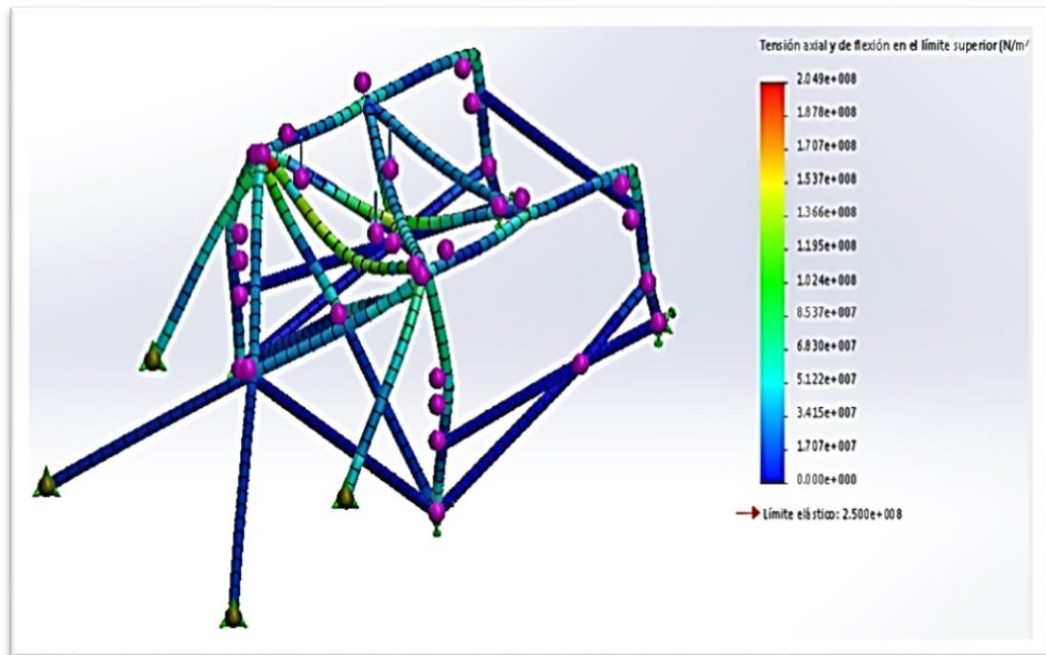


Figura 50. Tensión Axial, prueba de compresión superior

El resultado se corrobora en la tabla 8 en la que se determina que la carga máxima que soportaría el elemento es de 204.891Mpa .

Este valor es determinado en los parámetros del material, los mismos que determinaban que la carga máxima de fábrica es de 206Mpa .

Tabla 8. Tensión cortante

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	TXY: Tensión cortante en dir. Y en plano YZ	0 N/m ² Elemento: 300	2.04891e+008 N/m ² Elemento: 480

Los resultados del parámetro URES, se determinan en milímetros, el desplazamiento que se puede realizar en la estructura de una manera real, después de efectuar la carga, como se aprecia en la figura 51.

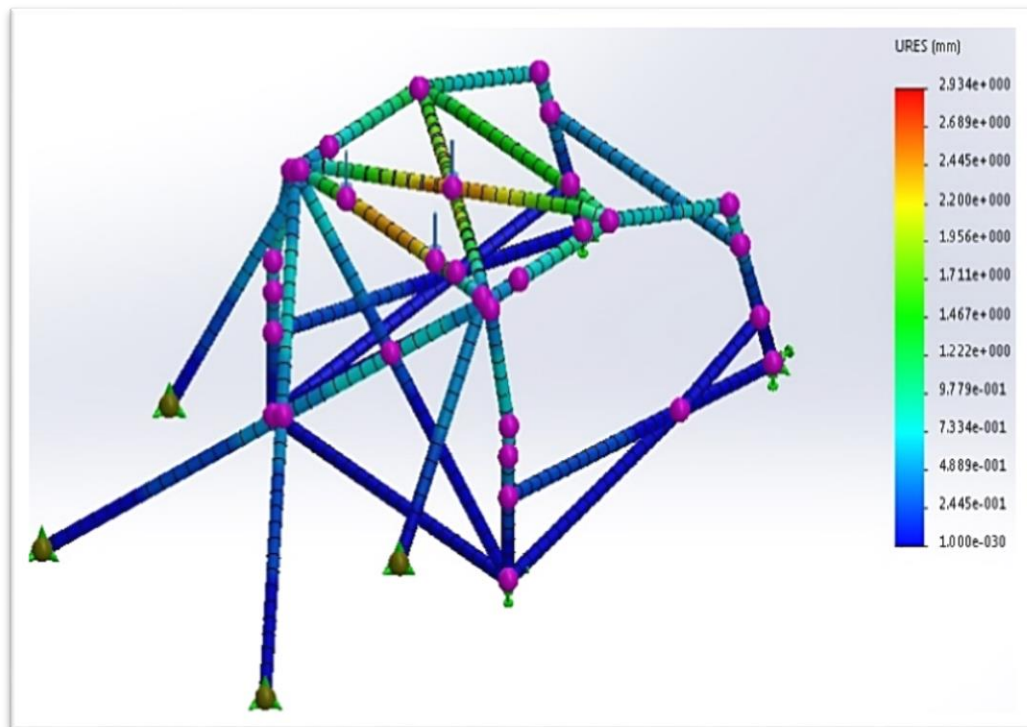


Figura 51. Desplazamiento URES

El resultado se aprecia en la tabla 9, la misma que determina que este desplazamiento podría ser de hasta 2.933mm , en un impacto de este tipo, es decir que la estructura quedaría con esta desviación.

Tabla 9. Desplazamiento URES, carga superior

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 1	2.93357 mm Nodo: 260

Como último se analiza el resultado obtenido en el presente estudio es el factor de seguridad, el mismo que determina que la estructura, posee un factor de seguridad de 1.22 este valor determina que la estructura podría eventualmente soportar dicha carga, sin embargo, se determina que dicho valor es aplicando la carga máxima permisible, en condiciones extremas, por esto en la figura 52, se aprecia la estructura en cuestión.

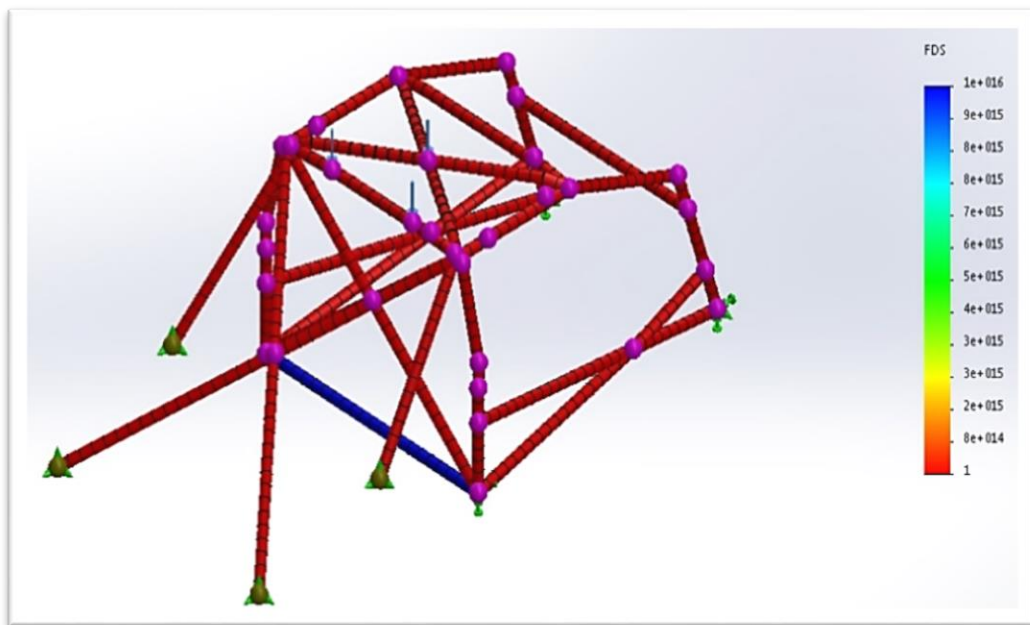


Figura 52. Factor de seguridad carga superior

El resultado se puede apreciar en la tabla 10, la misma que determina el valor máximo es de 1.22.

Tabla 10. Factor de seguridad carga superior

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.22016 Nodo: 453	1e+016 Nodo: 41

4.3.1.2. Análisis estático impacto lateral

De esta manera se realizó la prueba de impacto lateral, la misma que establece que el vehículo soportará o no la carga, por esto se analizan los resultados, los mismos que se analizan a continuación; se dará un estudio primero al resultado de carga aplicada, el cual establece una carga de $33250N$, este valor genera como resultado una tensión cortante de $206Mpa$, equivalente a la resistencia del material como se indica en la figura 53.

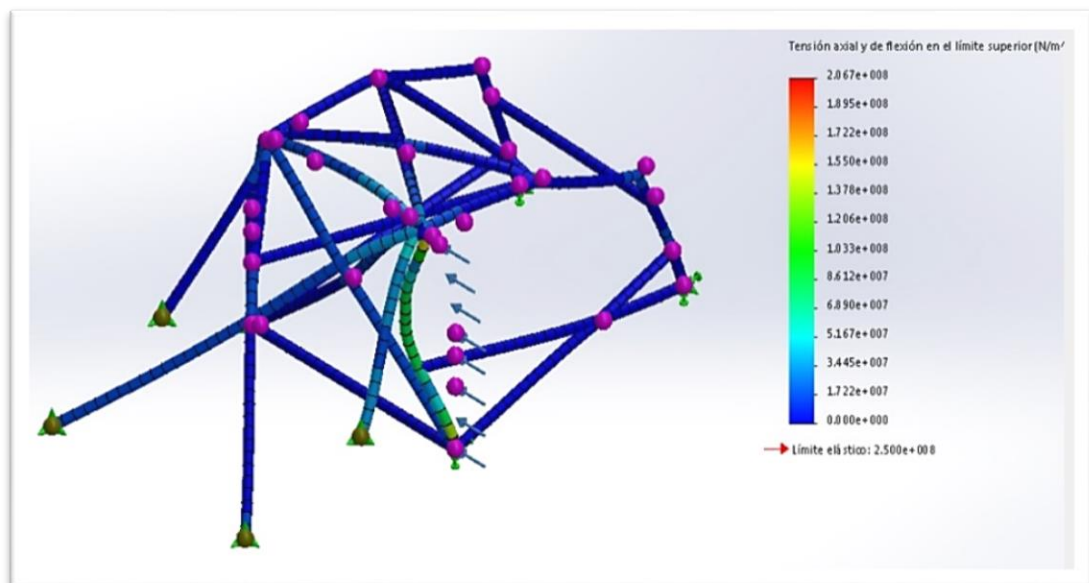


Figura 53. Tensión cortante prueba lateral

Este resultado se aprecia en la tabla 11, la misma que determina que el roll bar soportaría la carga en un impacto lateral de este tipo de $206.688Mpa$.

Tabla 11. Tensión cortante prueba lateral

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	TXY: Tensión cortante en dir. Y en plano YZ	0 N/m ² Elemento: 300	2.06688e+008 N/m ² Elemento: 38

Posteriormente se analiza el resultado del desplazamiento real, el que establece que, en un impacto de este tipo, la estructura del roll bar, se desplazaría 1.18mm.

Este es un valor positivo, se aprecia en la figura 54 a continuación.

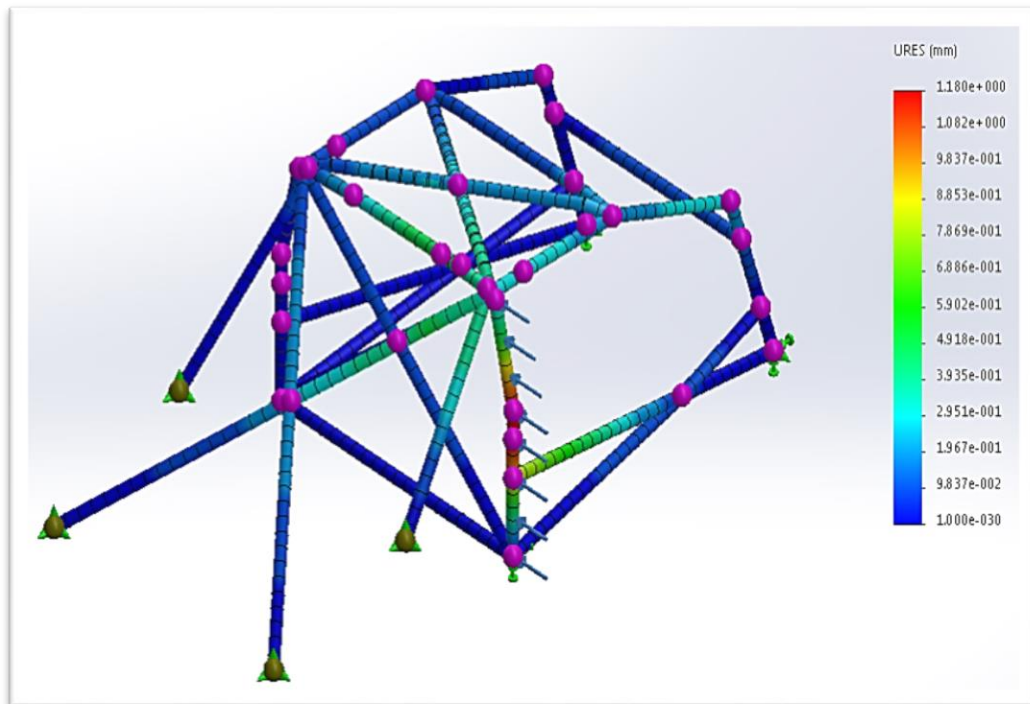


Figura 54. Desplazamiento URES, prueba lateral

Los resultados se aprecian en la tabla 12 a continuación en la misma se puede determinar que el desplazamiento es inclusive menos al de la prueba superior.

Tabla 12. Desplazamiento URES, prueba lateral

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 1	1.1804 mm Nodo: 456

Por último, se analiza el factor de seguridad, el mismo que cuantifica el impacto, la estructura puede soportar dicho impacto en 1.2.

Es decir que pasa las pruebas, dando visto bueno a la construcción, en la figura 55 se analiza dicha información.

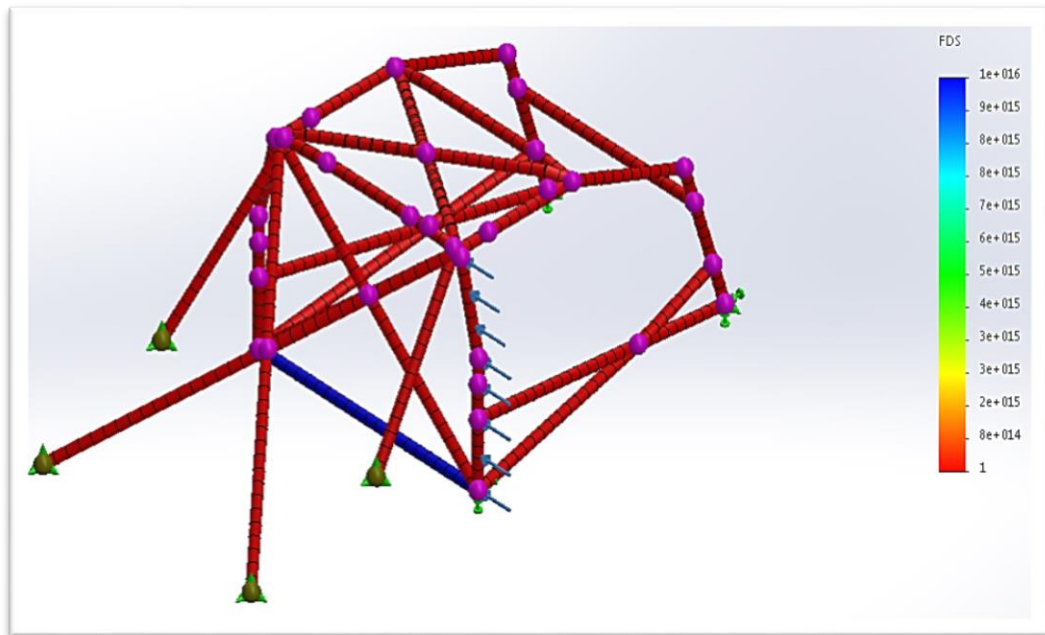


Figura 55. Factor de seguridad, prueba lateral

Así los resultados se tabulan en la tabla 13, los que determinan que la prueba es aprobada exitosamente. Con esto se da paso a la construcción de la estructura.

Tabla 13. Factor de seguridad, prueba lateral

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.20955 Nodo: 40	1e+016 Nodo: 41

4.4. CONSTRUCCIÓN ROLL BAR

La construcción de la jaula de seguridad, se basó en el esquema realizado en el diseño de la jaula, el mismo que determinó las dimensiones de cada parte, para esto, se recopiló toda la información del diseño, se aprecia en la tabla 14.

Las medidas de cada parte y el proceso de soldadura necesario, independientemente del procedimiento, es necesario detallar las especificaciones del mismo.

Tabla 14. Dimensiones jaula de seguridad

ESTRUCTURA	DIÁMETRO	ESPESOR	PERFIL	PROCESO
INTERNA	Pulgadas	Milímetros	Tubular	Soldadura
1 arco principal	2 "	2mm	Acero al carbono	MIG
Refuerzos arco principal en forma de x	1 ¾ "	2mm	Acero al carbono	MIG
2 semiarcos laterales	1 ¾ "	2mm	Acero al carbono	MIG
3 miembros transversales	1 ¾ "	2mm	Acero al carbono	MIG
2 tirantes traseros en forma de x	2 "	2mm	Acero al carbono	MIG
2 tirantes traseros	1 ¾ "	2mm	Acero al carbono	MIG
Tirantes de puertas	1 ½ "	2mm	Acero al carbono	MIG
Refuerzo de techo en forma de X	1 ¾ "	2mm	Acero al carbono	MIG

4.4.1. PROCESO DE INSTALACIÓN ROLL BAR

Se dispuso de la zona interior de la cabina o habitáculo central como se muestra en la figura 56, lista para poder trabajar la cual estuvo ya desmontado todos los elementos amovibles internos.

En la cabina del corsa wind se realizó la zona de ubicación de los anclajes para poder fijar la estructura básica del roll bar.



Figura 56. Habitaculo central corsa wind

Lo primero a realizarse fue los cortes de las bases o anclajes del roll bar, estas bases disponen de un espesor de acuerdo a la normativa FEDAK de 3mm, las mismas que se aprecian en la figura 57.



Figura 57. Bases de Jaula de seguridad

Una vez realizado el corte de las bases del roll bar, se procedió a la fijación de las mismas mediante el proceso de soldadura el cual es con soldadura MIG de electrodo de resistencia de 70 mil libras sobre pulgada cuadrada, como se aprecia en la figura 58.

Las mismas fueron soldadas al piso de la carrocería del corsa wind, en total se soldaron ocho pies de anclajes de fijación.

Cuatro bases posteriores, dos bases en la mitad de la cabina y dos bases delanteras.



Figura 58. Soldadura de bases de jaula de seguridad

Soldados los pies de anclaje del roll bar, se procedió al corte y doblado del tubo de diámetro de 2 pulgadas y espesor de 2mm como se muestra en la tabla 14. Una vez realizado el proceso de corte y doblado se dio paso a la ubicación del arco principal como es denominado ver anexo uno, en su posición final como se muestra en la figura 59, el mismo fue soldado a la unión de los pies de anclaje intermedios los cuales fueron soldados en el inicio del proceso de construcción del roll estos anclajes se encuentran en medio del habitáculo central de la carrocería.



Figura 59. Jaula principal

Una vez culminado con la fijación del arco principal en la cabina del corsa wind, se procedió al montaje y soldadura del tirante trasero, formando una X, como se aprecia en la figura 60 de tal manera que la conexión fue soldada al arco principal y a los dos anclajes posteriores.



Figura 60. Tirante en forma de X

Una vez soldado el tirante trasero, se continuó con la construcción del roll bar, el siguiente paso se procedió con los dos semiarcos laterales y con los dos tubos laterales de protección de piernas y cadera los cuales garantizaran la resistencia estructural al impacto lateral. Los mismo que fueron medidos, para proceder a cortar y doblar de acuerdo a las especificaciones de la tabla 14. Se soldó los dos semiarcos laterales los cuales cruzan todo el marco de la puerta y parabrisa delantero, culminando en los anclajes delanteros como se puede apreciar en la figura 61.



Figura 61. Semiarcos laterales roll bar

Una vez terminado con la parte frontal se procedió a soldar el tubo lateral de puertas como se muestra en la figura 62, el cual fue soldado tanto en la puerta del conductor como en la puerta del copiloto.



Figura 62. Tubo lateral puertas

Una vez realizada la estructura básica se procedió a soldar los refuerzos del roll bar ir anexo 3, lo cuales fueron basados en la normativa internacional FIA, estos refuerzos se los implemento en el techo, puertas, arco principal, parte frontal del roll bar, los mismos que se aprecian en la figura 63.



Figura 63. Soldadura de refuerzos del roll bar

Una vez finalizado el proceso de soldadura de los refuerzos estructurales, se procedió a la limpieza post-soldadura, debido a pequeñas escorias presentes en los puntos de unión de los tubos que conforman el roll bar,

posterior a la limpieza se preparó el roll bar para el proceso de pintura se aplicó fondo como se aprecia en la figura 64.



Figura 64. Preparado del Roll Bar para la pintura final

Una vez fondeado se procedió a pintar el roll bar de manera íntegra, de este modo se garantiza una resistencia a la corrosión como se puede apreciar en la figura 65.

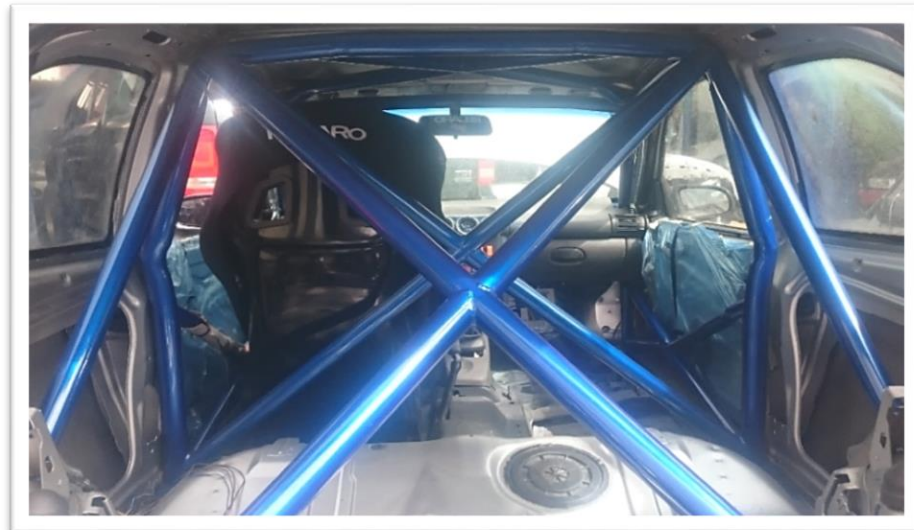


Figura 65. Roll Bar

Una vez culminado con el proceso de construcción se obtuvo un roll bar cuya parte de identificación se puede apreciar en el anexo uno, el cual cuenta con especificaciones como se muestra en la tabla 15. Finalizado la

construcción del roll bar se procedió a la instalación de todos los elementos de uso obligatorio de la parte interna de la carrocería.

Tabla 15. Especificaciones Técnicas Finales Roll Bar

FEDAK	Roll Bar Final
Anclajes al piso	8
Arco Central	2 "
Acero estructural (espesor)	2.mm
Puertas delanteras	Tubo lateral de protección
Refuerzos estructurales	Refuerzos basados en la normativa FIA
Cumplimiento de la normativa	Homologado
Espesor de placas al piso	3 mm

4.4.2. INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DE USO OBLIGATORIO

4.4.2.1. Asiento

Se adquirió un asiento de competición marca Recaro Hans el mismo se aprecia en la figura 66. Para su fijación al piso se construyó 4 puntos de anclajes al piso de la carrocería ir anexo 5, el asiento se fijó con pernos de 8mm, es un asiento de competición con respaldo para la nuca referentes al reglamento de seguridad de FEDAK ir anexo 2.



Figura 66. Asiento reglamentario

4.4.2.2. Cinturón de seguridad

Según la normativa de FEDAK fija un arnés de cuatro puntos, a pesar de que la normativa exige un arnés de 4 puntos se procedió a la adquisición de un arnés de 5 puntos de anclaje debido a que el asiento Recaro Hans cuenta con disposición para la ubicación de un arnés de 5 puntos de anclaje.

Una vez adquirido se procedió a la implementación del arnés en el habitáculo del piloto, como se aprecia en la figura 67, dichos puntos fueron anclados al piso de la carrocería del vehículo Chevrolet Corsa Wind.

El arnés de seguridad implementado cuenta con homologación vigente, la misma que en el presente caso es de hasta el 2018.

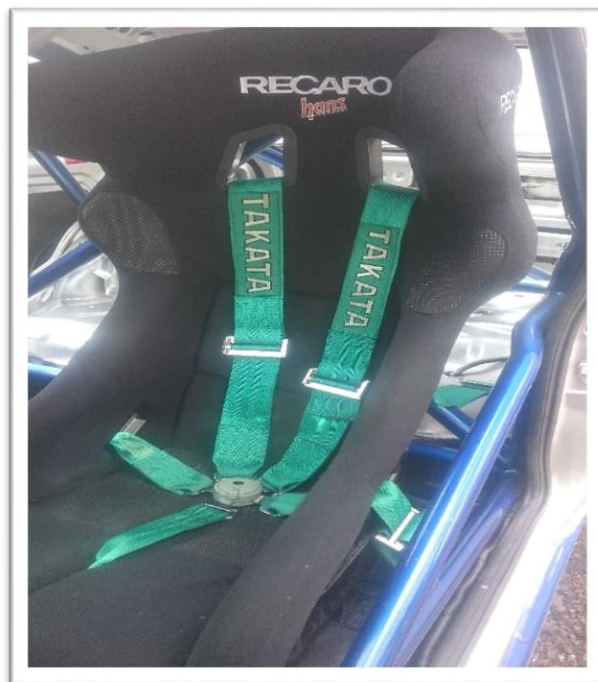


Figura 67. Cinturones de seguridad de 5 puntos

4.4.2.3. Extintor

Se procedió a la instalación del sistema de extintor centralizado, el cual tiene un peso de 2 kilogramos, como se aprecia en la figura 68.

Dicha instalación cuenta, con dos tomas de repartidores de cañerías, una está ubicada hacia el habitáculo central del piloto y la otra toma está

instalada en el habitáculo del motor como impone la normativa FEDAK ir anexo dos, además de la correcta ubicación ya que debe activarse con el piloto sentado y puesto el arnés de seguridad.



Figura 68. Instalación del extintor

4.4.2.4. Malla de seguridad

Se procedió a la implementación de la malla de seguridad la cual fue ubicada en la puerta derecha del piloto como se muestra en la figura 69.

La malla dispone de las dimensiones impuestas por la normativa FEDAK ir anexo dos, debe ser una red textil antilflama o similar.



Figura 69. Malla de seguridad

4.5. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EXTERNA

4.5.1. REGLAMENTO TÉCNICO DE CIRCUITOS FEDAK ESTRUCTURA EXTERNA

La Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK) establece en su normativa una aerodinámica libre, las mejoras se han planteado a manera de alternativas cuyos parámetros nos permitan mejorar la aerodinámica del vehículo Corsa Wind.

4.5.2. DISEÑO DE MEJORAS EXTERNAS

Una vez concluida la parte interna, se procedió a realizar las mejoras de la parte externa, se comenzó con la construcción de un aditamento aerodinámico se eligió la construcción del alerón para lo que se realizaron diseños preliminares.

Se primó en mantener las condiciones del vehículo de una manera en la que no se afecte la estética por una parte y la funcionalidad por otro lado, ya que un alerón de diseño rustico dañaría la estética del auto.

4.5.2.1. Análisis de la implementación del alerón

El alerón cumple con la función de mejorar la maniobrabilidad del vehículo, ya que el alerón da estabilidad en curvas y mejor asentamiento en rectas, con lo cual su uso es sumamente importante en competición.

Es un aditamento que día a día es mejorado por los ingenieros, es por esto que en base a los conceptos que determinen su correcto funcionamiento, hay que determinar que el mismo podría generar una carga excesiva de peso a las ruedas posteriores, razón por la cual se construirá de un material ligero. Lo primero a determinar es el área del vehículo del corsa wind, la misma que se calculará multiplicando la altura del automotor por el ancho del mismo, para esto se utilizan los datos de la figura 70.

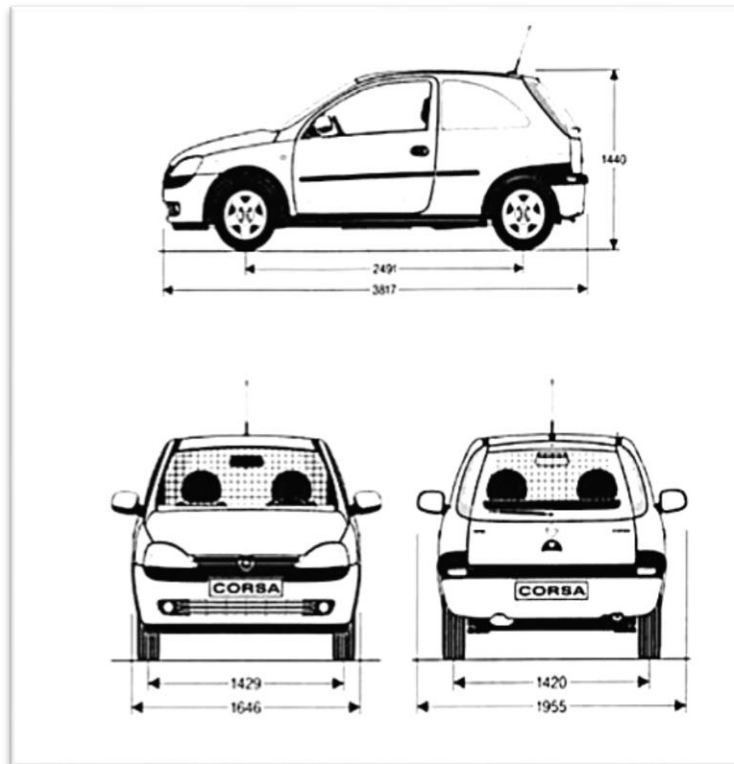


Figura 70. Dimensiones del vehículo
(Coppermine, 2016)

Estas dimensiones darán la superficie de área planar, la misma que se considera el área del frente del vehículo, para esto se determina en la figura 70.

El ancho del vehículo el mismo que es de 1646mm y el alto del vehículo que es 1440mm , la expresión se determina como:

$$S = l * h \quad [8]$$

Donde:

l : largo

h : alto

$$S = 1.646 \times 1.440$$

$$S = 2.37\text{m}^2$$

De acuerdo a las especificaciones del fabricante, el coeficiente de rozamiento es de:

$$C_x = 0.28$$

La velocidad de la prueba será de 100km/h , la misma que es m/s :

$$27.8\text{m/s}$$

La densidad del aire en la ciudad de Quito es:

$$0.892\text{Kg/m}^3$$

Se aplican los datos en la siguiente fórmula:

$$D = Cx \frac{1}{2} \rho V^2 S \quad [9]$$

Donde:

D : resistencia aerodinámica

Cx : coeficiente aerodinámico

ρ : densidad del aire

V^2 : velocidad de la prueba

S : superficie planar

Dando como resultado:

$$D = 0.28 \frac{1}{2} \left(0.892 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(27.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 2,37\text{m}^2$$

$$D = 220.04 \text{ N}$$

Si la velocidad se duplicase a 200km/h , el resultado original del vehículo realizaría

$$D = 0.28 \frac{1}{2} \left(0.892 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(55.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 2,37\text{m}^2$$

$$D = 880.191 \text{ N}$$

Esto determina que la fuerza se cuadriplica, esto se debe a que en el teorema la velocidad se expone a la segunda potencia.

Con el fin de optimizar la aerodinámica del vehículo, se han determinado la adaptación de faldones los cuales permitirán mejorar la aerodinámica de todo el conjunto, estos ayudarán a disminuir la afluencia del aire el cual crea turbulencias en el vehículo ocasionando inestabilidad es por esto que:

- El spoiler delantero en automóviles con carrocería hace la función de impedir el paso de aire y así hacer pasar por el mínimo hueco posible al aire para que haya efecto suelo.
- Reducir la altura frontal del vehículo para generar un vacío, el mismo que se traduce en estabilidad de curvas.
- Menor contacto del aire a las llantas del vehículo.

Para esto se ha realizado el cálculo que determina que, si bien por una parte se aumenta la superficie de contacto frontal, la misma permitiría reducir notablemente los puntos negativos que se mencionan anteriormente, mejorando la conducción en curvas.

Se realizó un alerón, el mismo que cuenta con una inclinación de 6°, el perfil que se ha indicado para el presente trabajo será el de Davis Sm, por ser el que genere la menor carga aerodinámica en todos los niveles, como se aprecia en la tabla 16.

Tabla 16. Comparativa del coeficiente antisustentación

ÁNGULO DE ATAQUE	CH 10	DAVIS SM	E385
6°	1.77	1.11	1.34
10°	2	1.4	1.62
12°	2.11	1.48	1.71
14°	2.15	1.51	1.75
16°	2.22	1.50	1.71
18°	2.15	1.48	1.65
20°	2.09	1.42	1.60

(Campos, 2008)

De esta manera y con esta especificación, se primara en realizar un alerón que cuente con el perfil Davis sm, el mismo que se aprecia en la figura 71.

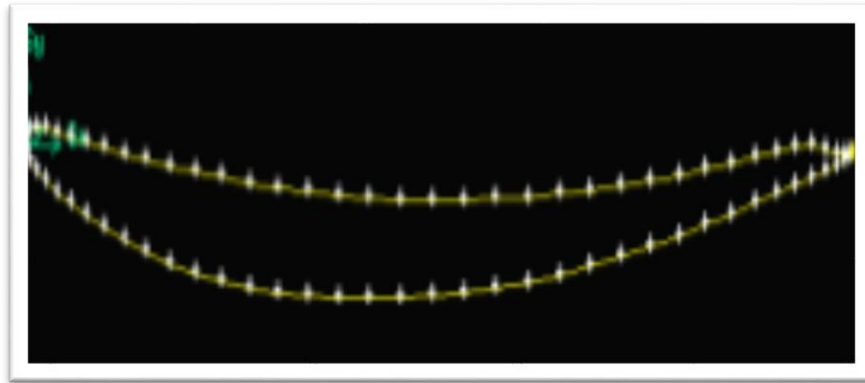


Figura 71. Perfil Davis sm
(Campos, 2008)

Se calculó de esta manera con la ayuda de la figura 72, la carga aerodinámica ejercida en el vehículo, la misma sin alerón el peso se aplica en la tabla 5, da la siguiente respuesta.

El vehículo sin alerón, generaría una carga que se puede determinar:

$$cgW = d \times W \quad [10]$$

Donde:

cgW : carga aerodinámica.

d : distancia del frente al fin del techo.

W : peso del vehículo de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

$$cgW = 3.115m \times 895kg$$

$$cgW = 2787.925N$$

El alerón realizaría una carga a las ruedas de:

$$cgW = d2 \times W$$

$$cgW = 3.741m \times 895kg$$

$$cgW = 3348.195N$$

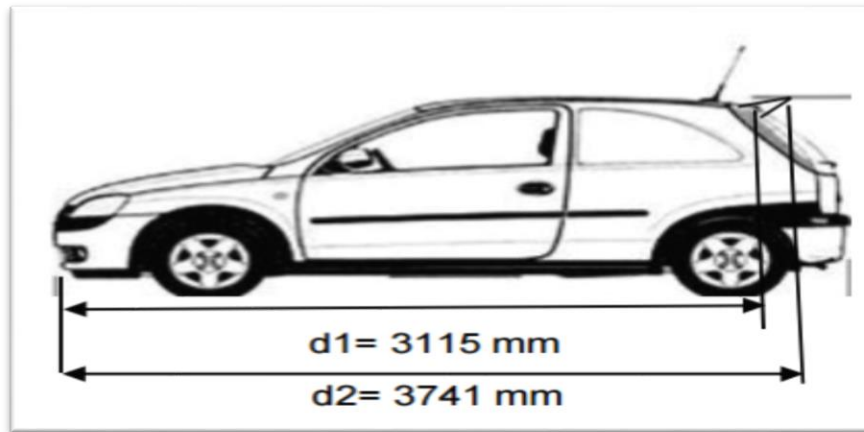


Figura 72. Distancias de medición

Restando la carga aerodinámica de 3348.195 con alerón y la carga aerodinámica sin alerón, se tiene la siguiente respuesta.

$$3348.195N - 2787.925N = 560.27N$$

De esta manera se justifica la construcción, el alerón deberá generar una carga de 560.27N a las ruedas posteriores.

Como consecuencia de esto se podrá mejorar la respuesta en curvas. Con el objetivo de reducir al máximo el peso de la parte posterior se hizo énfasis en la construcción de un alerón de reducido peso.

El material adecuado para el mismo es la fibra de vidrio como se puede apreciar en la figura 73 el alerón.

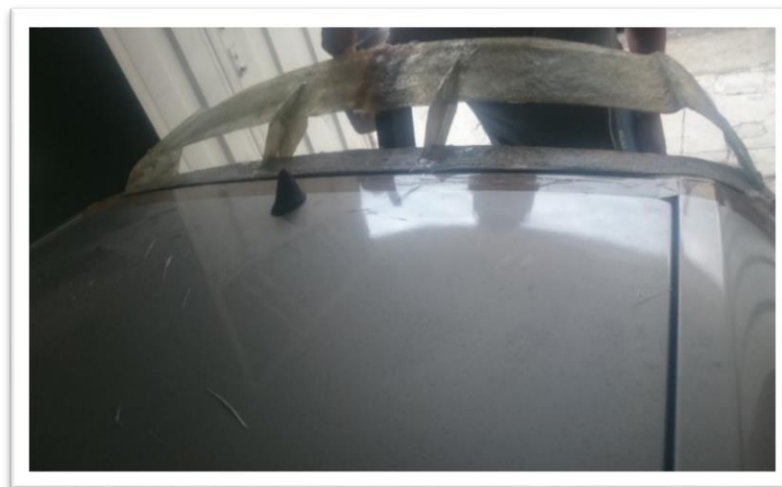


Figura 73. Alerón de fibra de vidrio colocado en posición

Una vez realizada la construcción del alerón se procedió a la instalación definitiva en la parte posterior de la carrocería como se la puede apreciar en la figura 74.

Cabe señalar que el alerón cuenta con una inclinación de 6° en la pendiente.



Figura 74. Alerón colocado a 6°

4.5.3. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXTERNA

Una vez concluido con el estudio aerodinámico, se dio paso a la instalación del resto de partes y piezas reglamentarias necesarias para el vehículo como se menciona en el anexo dos. A continuación, se analiza la instalación de cada una.

4.5.4. INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DE USO OBLIGATORIO

4.5.4.1. Gancho de remolque

Se procedió a la implementación del gancho de remolque. Uno en la parte posterior y uno en la parte frontal del vehículo, los mismos se aprecian en las figuras 75 y 76.



Figura 75. Gancho de remolque delantero



Figura 76. Gancho de remolque posterior

4.5.4.2. Capot

Con la finalidad de eliminar cualquier posible apertura del capot en medio de la competencia y además de ser un elemento de uso obligatorio para vehículos de competencia se procedió a la implementación de los seguros de capot.

Este dispositivo lo impone la Federación ecuatoriana de automovilismo y kartismo (FEDAK) ver anexo dos, para esto fue necesario taladrar el capot

para poder realizar la instalación de los seguros de capot como se aprecia en la figura 77.



Figura 77. Taladrado de capot

Una vez taladrado, se procedió a colocar los seguros de capot, para asegurar se lo realizo con remaches como se aprecia en la figura 78.



Figura 78. Remachada de seguros de capot

4.6. PINTURA

Acercándonos ya al final de la elaboración el siguiente paso es la preparación y pintado de la carrocería para este fin se van a realizar los

siguientes pasos: Se limpió la superficie tanto interna como externa ir al anexo 4 y 6, se realizó un lavado total del vehículo y se lijo con lijas de grano intermedio número 400, como se aprecia en la figura 79.



Figura 79. Limpieza del vehículo para el proceso de fondeo

Se preparó las partes de plástico por separado, para poder trabajar de una manera más cómoda, se procedió a la aplicación de adherente de plástico como se aprecia en la figura 80.



Figura 80. Preparado de guardachoques

Posteriormente se fundearon todas las partes plásticas que componen la parte externa de la carrocería, como es el guardachoque delantero, guardachoque posterior, y los deflectores de bajo o cantoneras como se aprecia en la figura 81.



Figura 81. Fondeado de plásticos

Posteriormente, una vez lista la superficie de la carrocería se procedió a la limpieza final, para continuar con el proceso de fondeado que se lo realizó a la carrocería del vehículo corsa wind.

Este procedimiento se lo realizó con la finalidad de sellar los pequeños puntos que pudieron quedar por el proceso de lijado que se lo realizo anteriormente como se aprecia en la figura 82.



Figura 82. Fondeado del vehículo

Una vez listo el vehículo se realizó la fase de pintura definitiva del mismo, la que conto con dos manos de color plateado y dos manos de barniz ir anexo 7. Una vez terminado el proceso de pintura el cual tardo una hora y media, se puede observar que el acabado final de la pintura en la carrocería del vehículo corsa wind, es realmente positivo como se aprecia en la figura 83.



Figura 83. Pintado del vehículo

Para la finalización del proyecto se procedió a la instalación de publicidad al vehículo corsa wind como se puede apreciar en la figura 84



Figura 84. Logotipo Ingeniería Atutomotiz

4.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FINALES

El vehículo presentaba daños en su estructura externa e interna, cómo se muestra en la figura 85. El vehículo Chevrolet corsa wind contaba con todos sus elementos de seguridad pasiva estándar.



Figura 85. Corsa Wind Estándar

Además, disponía de las siguientes especificaciones técnicas y de seguridad estándar como se indica en la tabla 17

Tabla 17. Vehículo estándar

Clase	Automóvil
Marca	Chevrolet
Modelo	Corsa 3 puertas
Color	Plateado
Placa	PSF 0432
Año	1996
No. motor	B13NE31001934
No chasis	S08136F00540
Característica de construcción de la carrocería	Autoportante
Distribución de espacio interior	Dos volúmenes
País Origen	Ecuador
Peso	0.75 T
Estructura de seguridad interna	Estándar.
Elementos de seguridad parte interna	Estándar
Elementos de seguridad parte externa	Estándar
Aditamentos aerodinámicos	Estándar

Una vez realizado las modificaciones e implementaciones, se dispone de un vehículo de competencia con elementos de seguridad pasiva en base a la normativa de competición FEDAK, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Vehículo modificado

Clase	Automóvil
Marca	Chevrolet
Modelo	Corsa Wind 3 puertas
Color	Plateado
Placa	PSF 0432
Año	1996
No. Motor	B13NE31001934
No chasis	S08136F00540
Característica de construcción de la carrocería	Autoportante
Distribución de espacio interior	Dos volúmenes
País Origen	Ecuador
Peso	0.87T
Estructura de seguridad interna	Estándar + Roll Bar
Elementos de seguridad parte interna	Estándar + Extintor, asiento, arnés, malla de seguridad
Elementos de seguridad parte externa	Estándar + Seguros de capot, gancho delantero y posterior.
Aditamentos aerodinámicos	Estándar + Faldones inferiores, alerón posterior.

La carrocería del corsa quedo totalmente restaurado y modificado para competir, como se muestra en la figura 86, se realizó un overhaul completo ir anexo 7, a la carrocería tanto en su parte interna como externa.



Figura 86. Corsa Wind Modificado

Se dio con el cumplimiento de la normativa de seguridad impuesta para vehículos de competencia, cuyos parámetros se los realizó de manera exhaustiva de tal manera que las modificaciones e implementaciones están basadas en el reglamento de la Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK) ir anexo 2.

Logrando con ello cumplir con el factor más importante como es la seguridad del piloto como se muestra en la figura 87.



Figura 87. Vehículo de competencia

4.8. PRUEBAS DEL ADITAMENTO AERODINÁMICO EN EL AUTÓDROMO INTERNACIONAL DE YAGUARCHOCHA

Las pruebas en pista se las realizó en el Autódromo Internacional José Tobar Yaguarcocha ir anexo 8, con la finalidad de recopilar información de tiempos por vuelta.

Es una pista de ensayo y de competencia para automóviles, motos y cabezales. Se realizan competencias válidas para campeonatos nacionales e internacionales de automovilismo.

La pista completa dispone de una longitud de 3650 metros como se puede apreciar en la tabla 19.

Así como también se puede observar la forma de la pista en la figura 88, en la cual se realizó pruebas con el uso y sin el uso del aditamento aerodinámico como es el alerón.

Tabla 19. Datos Técnicos Autódromo Internacional Yaguarochocha

Longitud de la pista	3650 metros
Localización	Ibarra-Ecuador
Ancho de vía	14 metros constantes
Tipo de pista	Autódromo
Ancho de la vía	14 metros constantes
Longitud de la recta	770 metros
Curvas	9 curvas, 3 izquierdas, 6 derechas
Temperatura promedio	18 °C
Altura sobre el nivel del mar	2200msnm
Numero de PITS	43

(Mundo Motorizado, 2005)

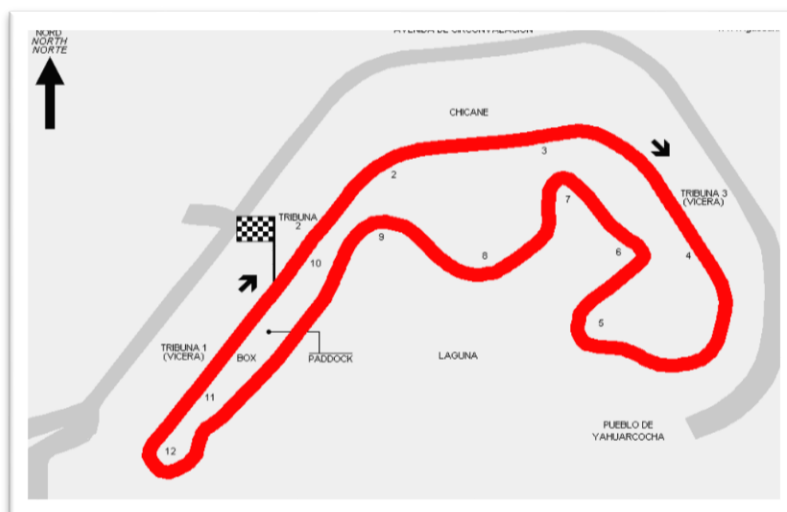


Figura 88. Autódromo Internacional Yaguarochocha.
(Mundo Motorizado, 2005)

4.8.1. PRUEBA EN PISTA SIN ALERÓN.

Se procedió al desmontaje del alerón de la carrocería del vehículo corsa wind como se muestra en la figura 89.

Se realizó el desmontaje del tubo de escape para el inicio de las pruebas en el autódromo Internacional de Yaguarcocha.



Figura 89. Corsa Win sin alerón

Una vez conocida la distancia, número de vueltas a recorrer en los datos recopilados de la tabla 19, y desmontado el alerón se procedió a la prueba del vehículo en el autódromo.

Inicialmente se realizó el reconocimiento de pista conduciendo el vehículo a una velocidad prudente. En el cual se toma un tiempo de reconocimiento de pista como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Tiempo de reconocimiento de pista

Vuelta	Tiempo(min)(s)	Tiempo (s)
Vuelta 1	4 min 40 s	280 s

Luego del reconocimiento de pista se procedió al inicio de la prueba del vehículo sin alerón como se muestra en la figura 90.

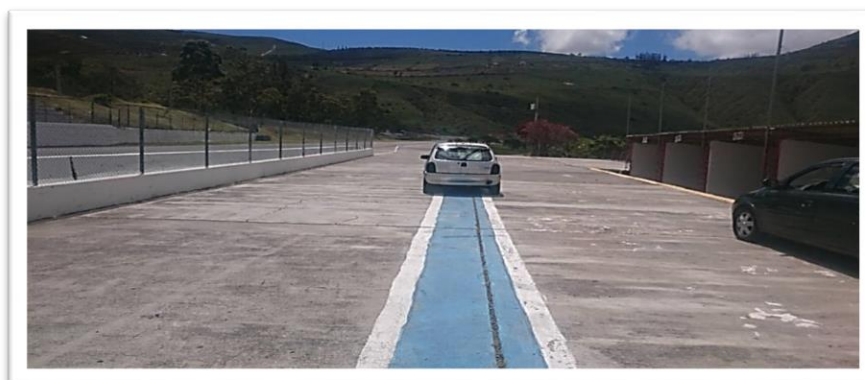


Figura 90. Prueba de pista sin alerón

Se dio uno número de dos vueltas, en el cual el vehículo mostró un poco de inestabilidad en curvas, obteniendo valores de tiempo por vuelta como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Valores de tiempo por vuelta sin alerón

Vuelta	Tiempo(min)(s)	Tiempo (s)
Vuelta 1	3 min 47 s	227 s
Vuelta 2	3 min 28 s	208 s

4.8.2. PRUEBA EN PISTA CON ALERÓN.

Luego de la realización de la prueba en la pista sin el aditamento se procedió al montaje del aditamento en la carrocería como se muestra en la figura 91, con lo cual se inició la prueba con alerón en la pista.



Figura 91. Prueba de pista con alerón

De igual manera se dio un número de 2 vueltas el autódromo arrojándonos datos en tiempo como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Valores de tiempo por vuelta con alerón

Vuelta	Tiempo(min)(s)	Tiempo (s)
Vuelta 1	3 min 30 s	210 s
Vuelta 2	3 min 19 s	199 s

Con el alerón instalado en la carrocería mostro mayor estabilidad en curvas y mejor asentamiento en rectas, con lo que se demuestra que el uso de este aditamento aerodinámico en el vehículo es esencial para competiciones. Finalmente, el presente proyecto se cumplió con todos los objetivos planteados en sus inicios, como resultado de aquello se dispone de un vehículo de competencia como se muestra en la figura 92, para participar en circuitos.



Figura 92. Auto de Competencia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el trabajo y cumplidos los objetivos se concluyó que:

- Durante el análisis de la estructura interna y externa se pudo obtener los parámetros del vehículo Corsa Wind tipo Coupe, cuyos datos nos sirvieron para el desarrollo del proyecto.
- El reglamento de la FIA y de la FEDAK, permitieron modificar un vehículo estándar destinado para competir, con las más altas prestaciones, principalmente enfocándose en lograr que el piloto disponga de un entorno de mayor seguridad.
- Se probó que los materiales usados en el roll bar están dentro de las especificaciones necesarias y que son accesibles en el mercado, terminado el diseño se realizó pruebas de resistencia de impactos y volcaduras de grandes cargas para demostrar que el diseño si funcionaria al final, además de conocer su factor de seguridad.
- Una vez realizado el análisis se procedió a la modificación de la estructura interna. Se procedió a la implementación del roll bar, el asiento rígido de piloto, el cinturón de cinco puntos, el sistema contra incendios, y todos los elementos internos de manera satisfactoria.
- Dentro del análisis de la estructura externa se optó por la construcción del aditamento aerodinámico como es el alerón.
- Una vez realizado el análisis se procedió a la modificación de la estructura externa.
- Se realizó la implementación del alerón y de todos los dispositivos externos de uso obligatorio para el vehículo de competencia como son los seguros de capot, gancho delantero y trasero.
- Con el uso del aditamento aerodinámico se mejora la estabilidad en curvas y se consigue un mejor asentamiento al piso en rectas que en competición de circuitos son factores sumamente importantes.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer mayores investigaciones en el mundo de la aerodinámica y de la resistencia de materiales.
- Se recomienda realizar pruebas en un túnel de viento, o utilizar software de simulaciones de fluidos para corroborar los resultados obtenidos a lo largo del trabajo.
- Se recomienda realizar pruebas en el vehículo en condiciones de competencia, para comparar los resultados con algún vehículo sin las modificaciones realizadas.
- Se recomienda realizar este tipo de modificaciones en vehículos que se destinaran para competencias, ya que los mismos quedarán totalmente inhabilitados para el uso diario.
- Se recomienda realizar más pruebas virtuales al resto de elementos, para poder tener una mirada más clara de si las partes medulares del asunto pasaran o no las distintas pruebas.
- Se recomienda seguir todas las anotaciones, para enfocarse en una correcta construcción.
- La presente guía contiene un instructivo, pero no deberá de utilizarse los datos obtenidos si el desarrollo sería de otro vehículo.
- Se recomienda para las modificaciones e implementaciones internas como externas basarse en normativas de seguridad de competición, como son la FIA y la FEDAK.
- Se recomienda al momento de realizar las pruebas en la pista que se disponga de un piloto profesional para obtener datos más exactos.

GLOSARIO

GLOSARIO

Down-Force: Fuerza de agarre

Distribución de Pesos: Concepto que ayuda a lograr el equilibrio del auto, y por lo tanto a una mejor dinámica en el movimiento.

Efecto Suelo: Efecto derivado del "Efecto Venturi", por el cual se reduce la presión del aire que circula por debajo del vehículo, aumentando el "Down-Force".

Grip/Agarre: Término referente al nivel de adherencia que se tiene en algún sector del monoplaza, o en todo su conjunto.

Agarre Aerodinámico: Radica en el implemento de todo tipo de dispositivos aerodinámicos que permitan aumentar la diferencia de presión entre los flujos que son atravesados por el automóvil, consiguiendo una mayor adherencia.

Arrastre: Este fenómeno está vinculado con la resistencia que se produce al desplazarse, aumentando en relación a la velocidad. Por lo que a medida que se aumenta la velocidad éste es mayor y por consiguiente resulta más difícil aumentar la velocidad.

Fluido Laminar: Término opuesto al de Turbulencia.

Cx: Coeficiente de Penetración Valor adimensional (sin unidad física de medición) que permite comparar la resistencia de un determinado cuerpo en relación a una plancha de 1 metro de lado.

URES: Es el valor de desplazamiento posterior a la carga, es decir es el resultado final de la carga realizada a la estructura.

CAD: Diseño asistido por computadora

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Acelerando. (2015). <http://www.acelerando.com.ec>. Recuperado el 14 de 12 de 2015, de <http://www.acelerando.com.ec>: <http://www.acelerando.com.ec/deporte/pista/689-reglamento-tecnico-de-circuitos-fedak-2015>
- Ayala, D. (09 de 02 de 2015). Motor Giga. Recuperado el 14 de 12 de 2015, de Motor Giga: <http://motorgiga.com/el-automovil-a-fondo/aerodinamica-conceptos-basicos/gmx-niv199-con387137.htm>
- Budynas, Richard G.;. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA S.A DE C.V.
- Campos, R. (2008). Diseño de un alerón de un vehículo de competición. Catalunya: EPSC.
- Cárdenas, L. (2015). Diseño de un roll bar para un vehículo Suzuki Forza 1 de Competición. Cuenca.
- Carmona, A. (2015). Aereodinámica y actuaciones del Avión . Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.
- Domínguez Soriano, Esteban; Ferrer Ruiz, Julián. (2008). Elemento Amovibles De La Carrocería. Madrid: Editex, S.A.
- Editex. (s.f.). <http://www.editexebooks.es/>. Obtenido de <http://www.editexebooks.es/>: http://www.editexebooks.es/AdjuntosLibros/Elemen_Meta_Sinte_UD01.pdf
- Empanan, Ion;. (22 de 01 de 2012). <http://www.formulaf1.es/>. Recuperado el 29 de 12 de 2015, de <http://www.formulaf1.es/>: <http://www.formulaf1.es/16542/lotus-78-el-f1-mas-influyente-de-la-historia/>
- FIA. (07 de 03 de 2016). <http://www.fia.com/>. Recuperado el 18 de 03 de 2016, de <http://www.fia.com/>: http://www.fia.com/Regulations?search_api_views_fulltext=Safety+security y

- Fullmecnica. (2014). <http://www.fullmecnica.com/>. Recuperado el 21 de 01 de 2016, de <http://www.fullmecnica.com/>: <http://www.fullmecnica.com/component/content/article/4-d/285-densidad-del-aire?highlight=WyJkZW5zaWRhZCIsImRlbCIsImFpcmUiLCJkZW5zaWRhZCBkZWwiLCJkZW5zaWRhZCBkZWwgYWlyZSIsImRlbCBhaXJlIi0=>
- García Martín, Miguel ;. (2009). DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN ARCO DE SEGURIDAD. Madrid.
- García Martín, Miguel. (2009). DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN ARCO DE SEGURIDAD. Madrid.
- Gómez, T. (2011). Estructuras del vehículo. Madrid: Paraninfo, SA.
- Hearst Magazines S.L. (2016). <http://www.caranddriverthef1.com/>. Recuperado el 12 de 02 de 2016, de <http://www.caranddriverthef1.com/>: <http://www.caranddriverthef1.com/formula1/blogs/angelesf1/aerodinamica-3-analisis-la-capalimite-y-el-efecto-coanda>
- Jesús Rueda Santander. (2005). Mecánica Automotriz. Colombia: diseli.
- Jiménez, G. (2014). Amovibles. Madrid: Paraninfo, SA.
- Lanas, David;. (2007). “ANALISIS Y OPTIMIZACION DE LA AERODINAMICA DE LA CARROCERIA DE UN AUTOBÚS POR MEDIO DE LA UTILIZACIÓN DE UN PROGRAMA DE DISEÑO POR ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS (ENGINEERING FLUID DYNAMICS)”. Latacunga.
- Martín Navarro, José; Gómez Morales, Tomás; García Jiménez, José Luis; Águeda Casado, Eduardo; Gonzalo, Gracia Joaquín. (2010). Elementos Fijos. Madrid: Paraninfo, SA.
- Mcbeath, S. (2005). Aerodinámica del automóvil de competición. Barcelona: CEAC.
- Mechanic. (2015). <http://homologacionitv.es>. Recuperado el 11 de 09 de 2015, de <http://homologacionitv.es>: <http://homologacionitv.es/homologar-carroceria/>

- Motorgiga. (29 de 04 de 2011). <http://diccionario.motorgiga.com/>. Recuperado el 14 de 12 de 2015, de <http://diccionario.motorgiga.com/>: <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/rollbar-definicion-significado/gmx-niv15-con195426.htm>
- Mott, Robert L.; Untener, Joseph A.;. (2015). Mecánica de fluidos. Mexico: Progreso, S.A de C.V.
- Mundo Motorizado. (17 de Septiembre de 2005). Mundo Motorizado.com. Recuperado el 15 de Mayo de 2016, de <http://www.mundomotorizado.com/foros/viewtopic.php?f=9&t=10999><http://www.mundomotorizado.com/foros/viewtopic.php?f=9&t=10999>
- Olivares de Jodar, J. (2011). Estudio aerodinámico aplicado en el campo de la automoción. Barcelona.
- Oliveros Fortich, Juan Carlos;. (2012). Manual de reparación de automóviles. Barcelona: Grafos S.A.
- Orovio Astudillo, Manuel. (2010). Tecnología del Automóvil. Madrid: Paraninfo, SA.
- Real Academia, E. (2015). <http://buscon.rae.es/>. Recuperado el 10 de 11 de 2015, de <http://buscon.rae.es/>: http://buscon.rae.es/drae/?type=3&val=berlina&val_aux=&origen=REDRA
E
- Rodríguez, Carlos;. (04 de 08 de 2014). <http://www.technicalcourses.net/>. Recuperado el 15 de 12 de 2015, de <http://www.technicalcourses.net/>: http://www.technicalcourses.net/portal/es/blog/blog_entrada.php?entrada_id=89
- Santamaría, J. (2012). Análisis de las propiedades aerodinámicas, efecto suelo y su aplicación en vehículos convencionales específicamente en el chevrolet Aveo sedán como forma para aumentar la seguridad activa. Latacunga.
- Solid Works. (07 de 05 de 2016). Obtenido de <http://www.solidworks.es/sw/products/simulation/structural-analysis.htm>

- Tablado, F. (2 de 12 de 2014). Motor a fondo. Recuperado el 15 de 12 de 2015, de Motor a fondo: <http://www.motorafondo.net/la-aerodinamica-en-los-coches-historia-y-evolucion/>
- Vizán Viñas, G. (2014). Estructuras del vehículo. Madrid: Editex, S.A.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1

Identificación partes del roll bar



ARCO PRINCIPAL



REFUERZO ARCO CENTRAL TIRANTES FORMA DE X



SEMIARCO LATERAL ROLL BAR



MIEMBROS TRANSVERSALES



TIRANTES TRASEROS

REFUERZOS DE TECHO EN FORMA DE X



REFUERZO TIRANTES POSTERIORES EN FORMA DE X



REFUERZO TIRANTES DE PUERTAS EN FORMA DE X



ANEXO 2

Reglamento Técnico de Circuitos FEDAK 2016



CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS

REGLAMENTO GENERAL TÉCNICO SEGURIDAD



CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS

DISPOSICIONES DE SEGURIDAD PARA TODAS LAS CLASES Y CATEGORÍAS

Para los Campeonatos Nacional y Regional de circuitos 2016 las disposiciones de seguridad, son las siguientes:

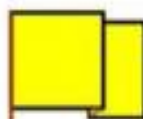
BANDERAS



Bandera a cuadros
Fin de carrera



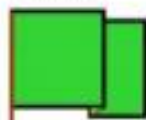
Bandera roja
Carrera parada



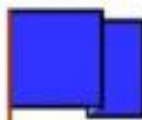
Bandera amarilla
Peligro



Bandera a rayas
Pista desviante



Bandera verde
Fin del peligro



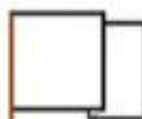
Bandera azul
Facilitar adelantamiento



Bandera partida
Conducción incorrecta



Bandera negra
Exclusión de pista



Bandera blanca
Safety-car en pista



Bandera negra con círculo
Vehículo con avería mecánica

CERTIFICACION DE EXPERIENCIA.

Es obligación de los pilotos, poseer y presentar el día de la competencia al momento de la inscripción, la LICENCIA DEPORTIVA emitida por la FEDAK.

ASIENTOS.

Es obligatorio el uso de asiento tipo cubo para competencia de construcción monolítica, y con respaldo para la nuca, en buen estado. Para las categorías TCM1 – TCM2 – TCM3 – TCM4 – TCM5, es opcional.



CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS

CINTURON DE SEGURIDAD.

Arnés de seguridad de cuatro (4) puntos mínimo, firmemente anclado al piso o estructura del vehículo, en buen estado. Para todas las clases y categorías.

MALLAS DE SEGURIDAD.

La ventana del Piloto deberá tener obligatoriamente la red textil anti flama o similar. Para las categorías **TCM1 – TCM2 – TCM3 – TCM4 – TCM5**, es opcional.

ROLL – BAR.

Es obligatorio el uso de jaulas de seguridad de diseño apropiado, que incluya barras laterales para protección del piloto. Los arcos principales deben ser de una sola pieza.

Para las categorías **TCM1 – TCM2 – TCM3 – TCM4 – TCM5**, es opcional.

Para las categorías **TCM1 – TCM2 – TCM3 – TCM4 – TCM5**, se sugiere como opción, la implementación de un arco de seguridad central, de un solo cuerpo.

SEGUROS DE CAPOT.

Seguros de capó mediante pines metálicos, NO se permiten seguros atornillados, correas, ni pulpos elásticos. Para las categorías **TCM1 – TCM2 – TCM3 – TCM4 – TCM5**, es opcional.

LUBRICACION.

La válvula PCV debe estar conectada al múltiple de admisión o debe tener un tanque recuperador de aceite.

EXTINTOR DE INCENDIOS.

Debe portar un extintor de incendios de tipo PQS, mínimo de 1 Kg de capacidad, que este bien fijado en el interior del vehículo y que sea de fácil acceso y accionamiento. Se debe tener otro extintor en los pits de cada vehículo. Aplica obligatoriamente para todos los vehículos de las clases **TCM** y **TMN**.

DEPOSITOS, CONDUCTOS O BOMBAS DE COMBUSTIBLE.

En vehículos que por fabricación o modificación tengan la bomba de combustible, filtros, reguladores, mangueras o depósitos en el interior del habitáculo, se exigirá blindaje o protección de seguridad.



CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS

INSTALACION ELECTRICA.

Se debe instalar un (1) interruptor maestro, dónde el piloto sentado y amarrado pueda accionarlo fácilmente. Deberá cortar motor y batería a cualquier nivel de revoluciones. Para las categorías **TCM1 – TCM2 – TCM3 – TCM4 – TCM5**, es opcional.

BATERIA.

La batería se debe fijar en toda su dimensión transversal, mediante correas de material resistente a la corrosión o soporte original. Se permite la colocación de la batería dentro del habitáculo siempre y cuando esté protegida mediante caja de seguridad.

VOLANTE DE DIRECCION.

Libre, NO se permite volantes con partes de madera.

LUCES Y FAROS.

Es obligatorio proteger los faros delanteros y cualquier tipo de faro adicional con cinta adhesiva o contact. NO aplica a faros plásticos.

ESPEJOS RETROVISORES.

Deberán tener un mínimo de tres (3)

GANCHO DE REMOLQUE.

Todos los vehículos deben tener un gancho de remolque en la parte delantera.

LUCES DE STOP.

Deberán tener un mínimo de tres (3) luces.

LIMPIA PARABRISAS.

Limpia parabrisas y lava vidrios en buen estado de funcionamiento.

IDENTIFICACION.

El vehículo deberá llevar en el lado del conductor el nombre y tipo de sangre del piloto, y en el lado del acompañante el nombre y tipo de sangre del copiloto.



CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS

EL PILOTO Y COPILOTO.

- Deberán contar con casco, guantes, overol y zapatos apropiados para tripulación de competencias automovilísticas, NO NECESARIAMENTE HOMOLOGADOS, NI VIGENTES pero si en buen estado.

NOTA: El uso de HANS DEVICE, LEAD BRACE, o NECK BRACE son opcionales para los Pilotos y Copilotos de todas las clases y categorías.

RESPONSABILIDAD CIVIL.

Todos los Pilotos, Copilotos, Concurrentes, Técnicos, Jueces, Autoridades, Personal de control, Miembros de los medios de comunicación, y Público en general, asisten a los eventos de estos Campeonatos, bajo su exclusiva cuenta y riesgo. En consecuencia, Scuderia Redin, Pichincha Automovil Club (PAC), Club de Automovilismo y Turismo de Imbabura (CATI), Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK), Autoridades, Auspiciantes y demás miembros de la organización, NO serán responsables judicial o extrajudicialmente, por su actuación durante el desarrollo y/o por daños o lesiones personales propias, y/o ajenas, y/o de terceros.

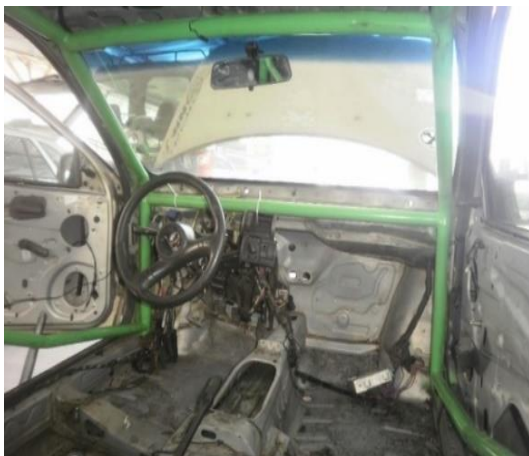
Los actos de conducta antideportiva, ya sean de manera verbal o física por parte del Piloto, y/o los integrantes de su equipo, hacia los organizadores, demás pilotos o miembros de otros equipos, público u otros asistentes dentro de las instalaciones del Autódromo, serán debidamente sancionados por parte de los Comisarios Deportivos y/o el Director de la Prueba.

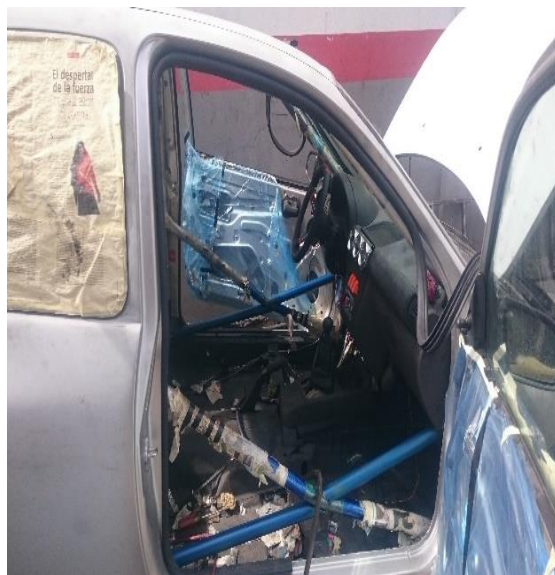
Cualquier daño ocasionado por un participante al Autódromo, será asumido en su totalidad por el mismo.

El desconocimiento del presente Reglamento NO exime de responsabilidad al Piloto y/o a los miembros de su equipo.

ANEXO 3

Proceso de construcción roll bar





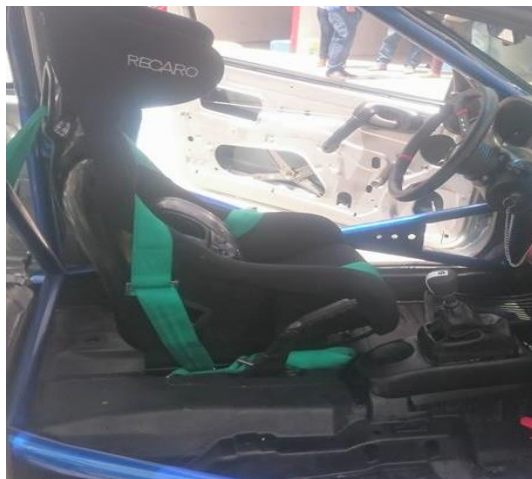
ANEXO 4

Proceso de limpieza y tratamiento parte interna

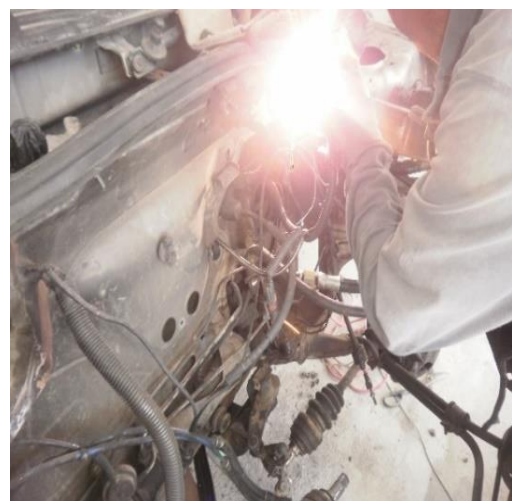
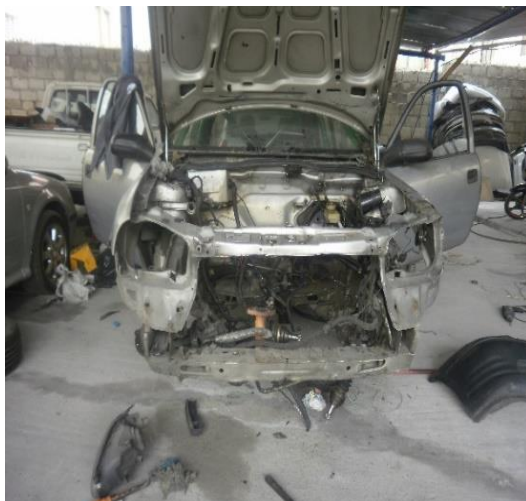


ANEXO 5

Implementación cinturón, asiento, extinguidor



ANEXO 6
Estado de latas parte externa



ANEXO 7

Proceso de restauración parte externa, proceso de pintura de la carrocería e implementación alerón



ANEXO 8

Autódromo Internacional Yaguarcocha

