



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE  
SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 2000CC  
PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2014 DE LA FEDAK  
DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR.”**

**AUTORES: ESTEBAN ANDRÉS RIBADENEIRA TOVAR  
MARIO ALEJANDRO TOVAR JURADO**

**DIRECTOR: ING. MSc. FABIÁN SALAZAR  
CODIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS**

**LATACUNGA**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. MSc. Fabián Salazar (DIRECTOR)

Ing. Félix Manjarrés (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 2000CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2014 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR”** realizado por ESTEBAN ANDRÉS RIBADENEIRA TOVAR Y MARIO ALEJANDRO TOVAR JURADO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

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

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: ESTEBAN ANDRÉS RIBADENEIRA TOVAR Y MARIO ALEJANDRO TOVAR JURADO que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, 15 de mayo de 2015.

---

Ing. MSc. Fabián Salazar  
DIRECTOR

---

Ing. Félix Manjarrés  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTROS: ESTEBAN ANDRÉS RIBADENEIRA TOVAR  
MARIO ALEJANDRO TOVAR JURADO

**DECLARAMOS QUE:**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 2000CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2014 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR.”

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, 15 de mayo de 2015

---

Esteban Andrés Ribadeneira Tovar  
C.C.: 050345922-4

---

Mario Alejandro Tovar Jurado  
C.C.: 050322869-4

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS: ESTEBAN ANDRÉS RIBADENEIRA TOVAR  
MARIO ALEJANDRO TOVAR JURADO

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 2000CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2014 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 15 de mayo de 2015

\_\_\_\_\_  
Esteban Andrés Ribadeneira Tovar  
C.C.: 050345922-4

\_\_\_\_\_  
Mario Alejandro Tovar Jurado  
C.C.: 050322869-4

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que son importantes en mi vida, a mis padres por siempre brindarme su apoyo incondicional, y quienes me han formado para ser una persona de bien.

A mi esposa que con su apoyo y cariño me ha dado las fuerzas para salir adelante y poder culminar con este proyecto.

A mis hermanos, que son parte de mi vida que siempre me han brindado su apoyo, su respaldo las ganas de verme como un profesional.

Como no agradecer a mi difunta abuelita que fue una parte muy importante en mi etapa de estudiante y en mi vida, a todo mi familia mamita Evelin, tíos, tías, primos y primas que siempre han estado pendientes de mí.

A mis amigos que siempre estuvieron pendientes de mí en este largo proceso, brindándome siempre su apoyo incondicional y desinteresado.

Andrés Ribadeneira

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a todas las personas que me han guiado por el camino del bien y gracias a ellas he logrado concluir mis estudios.

Primero quiero dedicar con todo mi cariño este trabajo a mis padres quienes siempre estuvieron junto a mí en las buenas y en las malas, porque con su apoyo incondicional me hicieron salir adelante ayudándome a cumplir una meta más en mi vida.

A mi hermano que es la persona que seguirá mis pasos mejorándolos cada día más.

A toda mi familia Abuelitos, tíos, primos quienes con sus consejos y experiencias siempre me hicieron mejorar a cada instante haciéndome sentir que todos somos una sola persona que lucha para salir adelante.

A mis profesores que sin ellos no pudiera haber cumplido esta meta ya que siempre estuvieron en este gran camino iluminándome con su sabiduría.

A todos mis amigos que con su apoyo incondicional siempre estuvieron conmigo durante todo este tiempo.

Mario Tovar

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, que con sus consejos, cariño y apoyo han hecho de mí una persona de bien, con todas sus enseñanzas he logrado culminar esta etapa de mi vida con mucha satisfacción.

A mi esposa que con todo su apoyo, cariño y comprensión me ha hecho salir adelante, superar obstáculos y poder culminar con esta etapa de mi vida.

A mis hermanos que siempre han estado apoyándome que siempre han estado junto a mi dándome ánimo, alegría ayudándome hacer la persona que ahora soy.

A mi difunta abuelita que fue y siempre va a ser parte fundamental de mi vida y sobre todo un ejemplo a seguir, gracias siempre por tu apoyo.

A mi mamita Evelin, mis tíos, tías, primos y primas que siempre con sus consejos y su apoyo supieron ayudarme y siempre apoyarme.

A los Ingenieros Fabián Salazar y Félix Manjarres quienes con su experiencia y conocimiento han sabido aportar y guiar este proyecto de la mejor manera.

Por ultimo a mis amigos, a Mario que formaron parte de una de las mejores etapas de mi vida y ayudaron a la culminación de este proyecto.

Andrés Ribadeneira

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por el apoyo que me han demostrado durante toda mi vida ayudándome siempre a salir adelante, que junto a mi hermano nos han inculcado con su ejemplo a ser personas de bien, gracias a ellos ahora estoy terminado una etapa tan importante de mi vida.

A toda mi familia que siempre estuvo junto a mí ayudándome día a día con su apoyo incondicional y de la mano me han llevado hasta donde estoy.

A mis profesores que gracias a ellos me encuentro culminando mis estudios, quienes me enseñaron muchas cosas y pude crecer en el ámbito profesional como también en el ámbito personal.

Mario Tovar



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICADO .....</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación e importancia .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	2
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. Generalidades.....	4
2.1.1. Vehículos de rally.....	8
2.2. Homologación .....	11
2.3. Historia.....	12
2.4. Características del vehículo .....	15
2.5. Jaula de seguridad.....	16

2.5.1.	Diámetro y espesor de los tubos.....	17
2.5.2.	Inspección y Herramientas para la fabricación de jaulas antivuelco.....	18
2.5.3.	Soldadora.....	18
2.5.4.	Herramienta de tubos de primera clase .....	19
2.5.5.	Dobladoras de tubos .....	19
2.6.	Torreta de marchas.....	20
2.7.	Sistema de extintor centralizado. ....	21
2.7.1.	Selección, operatividad y distribución. ....	22
2.8.	Tomas de aire. ....	23
2.9.	Sistema hidráulico de freno de mano.....	23
2.10.	Despliegue de la función de la calidad.....	24
2.10.1.	La voz del usuario .....	25
2.10.2.	Análisis de la competencia.....	25
2.10.3.	La voz del ingeniero .....	26
2.10.4.	Correlaciones.....	26
2.10.5.	Evaluación técnica .....	26
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>28</b>
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>28</b>
3.1.	Sistema de la Jaula de Seguridad .....	28
3.1.1	Análisis del despliegue de la calidad de la jaula de seguridad....	31
3.1.2	Especificaciones Técnicas .....	31
3.1.3	Estructura funcional .....	33
3.1.3.1	Función global y subfunciones.....	33
3.1.3.2	División Modular.....	36
3.1.4	Soluciones a los módulos .....	37
3.1.5	Diseño de la jaula de seguridad.....	38
3.1.5.1	Configuración geométrica de la jaula .....	38
3.1.5.2	Estudio estructural de la jaula de seguridad .....	39
3.1.5.3.	Resultados del Análisis .....	42
3.1.6.	Proceso de manufactura de la jaula de seguridad .....	45

3.1.6.1.	Diagrama de procesos .....	48
3.2	Sistema torreta de cambio de marchas.....	49
3.2.1	Análisis del despliegue de la calidad del sistema de torreta .....	52
3.2.2	Especificaciones Técnicas .....	52
3.2.3	Estructura funcional .....	53
3.2.3.1	Función global y subfunciones.....	53
3.2.3.2	División Modular.....	54
3.2.4	Soluciones al módulo .....	55
3.2.4.1	Análisis de alternativas de la torreta de cambios. ....	56
3.2.4.2	Consideraciones para el Diseño y dimensionamiento de la torreta de cambios.....	57
3.2.4.3.	Diseño de la palanca del sistema de la torreta. ....	59
3.2.4.4	Diseño de la base del sistema de la torreta. ....	63
3.2.4.5	Proceso de manufactura del sistema de torreta de marchas. ....	66
3.2.4.5.1	Diagrama de proceso del sistema de torreta de marchas. ....	67
3.3	Sistema de extintor centralizado .....	68
3.3.1	Análisis del despliegue de la calidad del sistema extintor centralizado.....	71
3.3.2	Especificaciones Técnicas .....	71
3.3.3	Estructura funcional .....	72
3.3.3.1	Función global y subfunciones.....	72
3.3.3.2	División Modular.....	73
3.3.3.2.1	Solución al módulo 1 .....	74
3.3.3.2.2	Solución al módulo 2.....	74
3.3.3.2.3	Solución al módulo 3.....	75
3.3.3.3	Configuración geométrica del sistema .....	75
3.3.3.4	Proceso de manufactura .....	76
3.3.3.4.1	Diagrama de procesos del sistema de extintor centralizado. ....	77
3.4	Sistema de freno de mano. ....	78
3.4.1	Análisis del despliegue de la calidad del sistema freno de mano hidráulico.....	81
3.4.2	Especificaciones Técnicas .....	81

3.4.3	Estructura funcional .....	82
3.4.3.1	Función global y subfunciones .....	83
3.4.3.2	División Modular.....	83
3.4.3.2.1	Solución al módulo 1 .....	84
3.4.3.2.2	Solución al módulo 2.....	84
3.4.3.2.3	Solución al módulo 3.....	85
3.4.4.	Proceso de manufactura del sistema hidráulico de freno de mano. ....	86
3.4.5.	Diagramas de procesos del sistema hidráulico de freno de mano. ....	88
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>89</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS, PROTOCOLO DE PRUEBA Y COSTOS.....</b>	<b>89</b>
4.1.	Análisis de la jaula de seguridad.....	89
4.2.	Análisis de la torreta de marchas.....	90
4.3.	Análisis del sistema de extintor centralizado.....	91
4.4.	Análisis del freno de mano hidráulico.....	92
4.5.	Protocolo de pruebas. ....	93
4.6.	Homologación y aprobación del vehículo en la FEDAK. ....	94
4.7.	Costos del proyecto .....	95
4.7.1.	Costos de mano de obra .....	96
4.7.2.	Costos de materiales .....	96
4.7.3.	Costos de diseño .....	98
4.7.4.	Costos totales .....	98
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>99</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
5.1.	Conclusiones .....	99
5.2.	Recomendaciones .....	102
LINKOGRAFÍA.....		103
ANEXOS .....		106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Ficha Técnica Volkswagen Gol 1997.....	15
Tabla 3.1	Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad de la jaula de seguridad.....	31
Tabla 3.2	Especificaciones Técnicas para la Jaula de Seguridad .....	32
Tabla 3.3	Simbología utiliza en el Diagrama funcional .....	34
Tabla 3.4	Diagrama de procesos de construcción de la jaula de seguridad.....	48
Tabla 3.5	Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad del sistema de torreta de cambio de marchas. ...	52
Tabla 3.6	Especificaciones Técnicas de la Torreta de cambios .....	53
Tabla 3.7	Parámetros previos al diseño .....	55
Tabla 3.8	Matriz morfológica para la torreta .....	56
Tabla 3.9	Matriz de ponderación .....	56
Tabla 3.10	Diagrama de procesos de la construcción de la torreta de marchas. ....	68
Tabla 3.11	Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad del sistema de extintor centralizado.....	71
Tabla 3.12	Especificaciones Técnicas del Sistema Extintor Centralizado.....	72
Tabla 3.13	Diagrama de procesos sistema de extintor centralizado.....	78
Tabla 3.14	Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad del sistema de freno de mano hidráulico. ....	81
Tabla 3.15	Especificaciones Técnicas del Freno de Mano Hidráulico .....	82
Tabla 3.16	Diagrama de procesos del sistema de freno de mano hidráulico. ....	88
Tabla 4.1	Protocolo de pruebas.....	93
Tabla 4.2	Costos de mano de obra.....	96
Tabla 4.3	Costos de materiales de la jaula de seguridad. ....	96
Tabla 4.4	Costos de materiales de la torreta de marchas .....	97

Tabla 4.5	Costos de los materiales del sistema de extintor centralizado .....	97
Tabla 4.6	Costos de los materiales del freno de mano hidráulico.....	97
Tabla 4.7	Costos de otros ítems de seguridad. ....	97
Tabla 4.8	Costos totales de materiales.....	98
Tabla 4.9	Costos de diseño .....	98
Tabla 4.10	Costos Totales del proyecto .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Vehículo de Rally apto para circular por carreteras públicas.....	4
Figura 2.2	Encolumnamiento de los vehículos de rally, .....	5
Figura 2.3	Campeonato del Mundo de Rally 2014.....	5
Figura 2.4	Rally Provincial de Cotopaxi .....	8
Figura 2.5	Volkswagen Polo R World Rally Car 2014.....	9
Figura 2.6	VW polo, a) modelo de serie, b) modelo de rally .....	10
Figura 2.7	Chasis de un Ford Fiesta S2000 con el arco de seguridad preparado su montaje. ....	11
Figura 2.8	Primeras carreras automovilísticas a finales del siglo XIX.....	12
Figura 2.9	Afiche Promocional del Primer Rally en Monte Carlo .....	13
Figura 2.10	Arco de seguridad.....	16
Figura 2.11	Accidente Jari Matti Latvala en Portugal.....	17
Figura 2.12	Soldadura de la jaula. ....	18
Figura 2.13	Herramienta para cortar tubos. ....	19
Figura 2.14	Dobladora de tubos hidráulica. ....	20
Figura 2.15	Torreta de marchas para Volkswagen GTI. ....	21
Figura 2.16	Palanca de accionamiento del sistema de extintor marcado con una letra E de color rojo en un círculo de color blanco . ....	22
Figura 2.17	Toma de aire en el techo. ....	23
Figura 2.18	Freno de mano Hidráulico.....	24
Figura 2.19	Estructura de la casa de la calidad .....	25
Figura 3.1	Ejemplo de Jaula de seguridad.....	29
Figura 3.2	Casa de la calidad para la jaula de seguridad .....	30
Figura 3.3	Simbología utilizada en la estructura funcional.....	35
Figura 3.4	Diagrama Funcional para la Jaula de Seguridad .....	36
Figura 3.5	Módulos de la Jaula de seguridad .....	36
Figura 3.6	Partes diferentes de la estructura .....	37
Figura 3.7	Dimensionamiento de la Jaula de seguridad .....	38

Figura 3.8	Asignación de perfil estructural.....	39
Figura 3.9	Jaula importada para el análisis .....	40
Figura 3.10	Relaciones de contacto entre los elementos .....	41
Figura 3.11	Fijación de soportes y aplicación de la carga .....	41
Figura 3.12	Deformación Total de la jaula de seguridad.....	42
Figura 3.13	Deformación elástica equivalente .....	43
Figura 3.14	Esfuerzo equivalente de von-Misses .....	44
Figura 3.15	Factor de seguridad de la jaula de seguridad.....	45
Figura 3.16	Doblado de tubos.....	46
Figura 3.17	Soldadura de tubos.....	46
Figura 3.18	Pintado de la jaula de seguridad.....	47
Figura 3.19	Casa de calidad para torreta de cambios de marcha .....	51
Figura 3.20	Estructura funcional de la torreta de cambios.....	54
Figura 3.21	Módulos de la Torreta de Cambios.....	55
Figura 3.22	Elementos del sistema de torreta de cambios .....	58
Figura 3.23	Sistema ensamblado de Torreta de Cambios.....	58
Figura 3.24	Dimensionamiento de la palanca de cambios.....	60
Figura 3.25	Deformación Total en la palanca de cambios .....	61
Figura 3.26	Deformación unitaria en el eje X.....	61
Figura 3.27	Esfuerzo equivalente de von-Misses .....	62
Figura 3.28	Factor de seguridad de la palanca de cambios .....	63
Figura 3.29	Deformación Total de la base de la torreta .....	64
Figura 3.30	Deformación Elástica equivalente.....	65
Figura 3.31	Esfuerzo Equivalente von Misses .....	65
Figura 3.32	Factor de Seguridad de la base de la torreta.....	66
Figura 3.33	Desarme del sistema de cambios original. ....	67
Figura 3.34	Torreta de marchas terminada.....	67
Figura 3.35	Casa de calidad para el sistema extintor centralizado .....	70
Figura 3.36	Estructura Funcional del Sistema Extintor centralizado .....	73
Figura 3.37	Módulos del sistema extintor centralizado .....	74
Figura 3.38	Configuración geométrica del sistema contra incendios.....	76
Figura 3.39	Corte de mangueras. ....	77



Figura 3.40	Instalación del sistema de extintor centralizado.....	77
Figura 3.41	Casa de la calidad para el freno de mano hidráulico .....	80
Figura 3.42	Estructura Funcional del freno de mano hidráulico.....	83
Figura 3.43	Módulos del freno de mano .....	84
Figura 3.44	Diagrama del sistema de freno de mano hidráulico.....	85
Figura 3.45	Diagrama del freno de mano hidráulico realizado en el vehículo .....	86
Figura 3.46	Mangueras de cobre del sistema.....	87
Figura 3.47	Instalación del freno de mano.....	87
Figura 4.1	Hoja de revisión mecánica realizada al vehículo Volkswagen Gol 2000cc, Vehículo aceptado y homologado para la competencia.....	95

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A PLANOS

ANEXO B REGLAMENTO TÉCNICO DE SEGURIDAD DE LA FEDAK

## RESUMEN

Este proyecto consta de la preparación de un vehículo Volkswagen Gol estándar en un vehículo de competición, mediante el diseñar y construir los ítems de seguridad según dicta el reglamento técnico de seguridad de la FEDAK (Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo), y sistemas como torreta de cambio de marchas, freno de mano hidráulico y toma de aire para mejorar la ergonomía del piloto durante las competencias. Nos basamos en el reglamento de la FEDAK, por ser la entidad delegada del poder deportivo internacional de la FIA en todo el territorio ecuatoriano y reconocida por el ministerio del deporte como máxima autoridad deportiva. Para la realización de este proyecto utilizamos el Software INVENTOR para la construcción de todos los sistemas requerido. Para verificar que todos los sistemas diseñados cumplan con un factor de seguridad apropiado, permitiendo el correcto funcionamiento, utilizamos el Software ANSYS. El Vehículo preparado consta de los requisitos del reglamento de seguridad como son: jaula de seguridad, sistema de extintor centralizado, ganchos de remolque, asientos y cinturones homologados para competencia, torreta de cambio de marchas, freno de mano hidráulico, toma de aire.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **FEDERACIÓN ECUATORIANA DE AUTOMOVILISMO Y KARTISMO.**
- **AUTOS DE COMPETICIÓN.**
- **VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL.**
- **FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE AUTOMOVILISMO.**

## **ABSTRACT**

This project consists of the preparation of a standard Volkswagen Gol car on a car competition, through the design and build of the safety items as there dictates the technical regulation of safety of the FEDAK (Ecuadorian Federation of Motor Racing and Karting), and systems as turret gearshift, hydraulic handbrake, and air capture to improve the ergonomics of the pilot during the competitions. We based on the regulations of the FEDAK, for being the entity delegated of the international sports power of the FIA throughout the Ecuadorian territory and recognized by the Ministry of Sport as the highest sports authority. For the achievement of this project we use the Software INVENTOR for the construction of all required systems. To verify that all systems designed comply with an appropriate safety factor, allowing the correct functioning, we use the ANSYS Software. The prepared racing car consists of the requirements of the safety regulation how they are: safety cage, system of centralized fire extinguisher, tow hooks, seats and belts approved for competition, turret gearshift, hydraulic handbrake, air capture.

### **KEYWORDS:**

- **ECUADORIAN FEDERATION OF MOTOR RACING AND KARTING.**
- **COMPETITION (RACING) CARS.**
- **VOLKSWAGEN GOL CAR.**
- **INTERNATIONAL AUTOMOBILE FEDERATION.**

## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1. Antecedentes**

Inicialmente la Asociación Nacional Ecuatoriana de Turismo y Automovilismo ANETA era la encargada de regular las competencias, la misma se inició hace 60 años cuando un grupo de personas cristalizaron la idea de esta asociación, la misma creció y así surgieron las primeras competencias primero en pequeños circuitos y después a nivel nacional.

En el presente la entidad encargada de regular las competencias es la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) empezó a operar el 18 de octubre del 2012, para todos los clubes de automovilismo del país, tendrán que registrarse en el Ministerio del Deporte como clubes deportivos, de ahí con el acuerdo ministerial estos podrán ser parte de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

Con el reconocimiento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) ante el estado Ecuatoriano en Septiembre del año 2013. El automovilismo ya es un deporte legal reconocido y adscrito al Ministerio del Deporte.

La función específica y legal de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) es organizar, reglamentar y ejecutar conjuntamente campeonatos nacionales y fomentar el deporte a través de los diferentes torneos. La idea es gestionar eventos, regular la actividad deportiva y promoverla en todas las modalidades, el primer paso es unificar todos los reglamentos deportivos y técnicos a nivel nacional y provincial en todas las modalidades.

## **1.2. Justificación e importancia**

Por muchos años el deporte del automovilismo se ha desarrollado con un bajo nivel de seguridad en lo que corresponde a sistemas para la protección del piloto y copiloto en el habitáculo del vehículo, con el pasar del tiempo se fueron incrementando reglamentos técnicos de seguridad para mejorar. Por tal motivo, este proyecto genera parámetros de seguridad para los autos y ocupantes, dentro del nuevo reglamento establecido por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK), quien menciona que todos los vehículos deben cumplir con homologaciones planteadas por la misma, para aumentar el nivel competitivo y de seguridad del rally en el Ecuador.

Este proyecto abrirá nuevas alternativas para estudios que presenten situaciones similares a las que aquí se plantea, sirviendo como marco referencial a éstas. Se pondrá en manifiesto los conocimientos adquiridos durante la etapa de formación que permitirá fomentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática aquí especificada.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar los sistemas de seguridad en un vehículo Volkswagen Gol 2000 cc para la homologación de la FEDAK.
- Implementar en el auto el sistema diseñado de seguridad para la participación en competencias de rally nacional.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Investigar la reglamentación vigente de la FEDAK que hace relación a la

homologación del sistema de seguridad de los vehículos de rally.

- Diseñar una jaula de seguridad con el dimensionamiento y material propuestos según el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).
- Diseñar una torreta para elevar la palanca de las marchas para una mejor ergonomía del piloto.
- Implementar un sistema de extintor centralizado, anti flama, según el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).
- Diseñar el sistema hidráulico de freno de mano.
- Implementar un ducto de ventilación en el habitáculo del vehículo.
- Construir la jaula de seguridad, la torreta para elevar la palanca de marchas, el freno de mano hidráulico.
- Instalar los sistemas de seguridad de corte de energía del vehículo según el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).
- Instalar un dispositivo para la comunicación entre piloto y copiloto según el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).
- Instalar los ganchos de remolque en la parte delantera y posterior del vehículo según el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).
- Instalar los pasadores metálicos para seguros del capot y de la puerta posterior según el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).
- Comprobación de los sistemas de seguridad en la participación en el campeonato nacional de rally.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. Generalidades

El Rally es una disciplina automovilística con una reglamentación propia y tiene cuatro grandes diferencias respecto a las carreras en circuitos. En primer lugar, se disputan en vías públicas convenientemente cerradas al tránsito rodado; en segundo lugar, el tipo de vehículos utilizados deben ser aptos para circular por carreteras públicas por lo que deben estar matriculados y dotados de los mismos elementos obligatorios que el resto de vehículos como los faros, la rueda de repuesto o los intermitentes, como muestra la figura 2.1. (Wikipedia, 2014)



**Figura 2.1. Vehículo de Rally apto para circular por carreteras públicas**

**FUENTE: [xtremecuadorsports.blogspot.com](http://xtremecuadorsports.blogspot.com)**

La tercera característica que tiene la disciplina del rally es que se cuenta con un piloto y un copiloto en el habitáculo del vehículo, el uno maneja y el otro dicta la hoja de ruta, y la cuarta y última es que en el rally la partida de los vehículos se la realiza de uno en uno con un tiempo determinado por la



organización de cada competencia, la misma que se llama encolumnamiento y se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.2. Encolumnamiento de los vehículos de rally,  
FUENTE: [www.eluniverso.com](http://www.eluniverso.com)**

Todas estas características del rally se cumplen internacionalmente, en cada país pueden ir variando las normas, pero se tiene un patrón que es el mismo. Por ejemplo estas normas pueden variar según sea el evento, en el Campeonato del Mundo de Rally como se muestra en la figura 2.3 son mucho más estrictas que una competencia nacional o regional.



**Figura 2.3. Campeonato del Mundo de Rally 2014  
FUENTE: [autos.terra.mx](http://autos.terra.mx)**

En la antigüedad, las competencias se desarrollaban en carreteras o caminos abiertos eran mucho más extensas que en la actualidad, con vehículos sin preparación, y como meta se tenía una ciudad cualquiera.

En rally se compete con automóviles de turismo debidamente modificados para su adaptación a la competición aunque es frecuente ver motos y camiones en su principal variante los raids (competencia a campo traviesa) y al igual que otras competiciones automovilísticas, es un deporte mixto, donde hombres y mujeres compiten en igualdad de condiciones. (Wikipedia, 2014)

A nivel internacional se tiene una entidad que es la encargada de todos los reglamentos para este tipo de competencias, más en las que son de carácter internacional, la misma es la Federación Internacional de Automovilismo (FIA).

Fundada en 1904, con sede en París, la Federación Internacional del Automóvil (FIA), es una asociación sin fines de lucro, reúne a más de 230 organizaciones deportivas de automovilismo nacional de más de 135 países de los cinco continentes. Sus clubes y miembros representan a millones de competidores y sus familias.

Una de las principales responsabilidades de la FIA es el desarrollo de los deportes de motor en todo el mundo. A través de sus clubes nacionales, miembros de la FIA están involucrados en todos los niveles del deporte motor y su competencia se extiende a los millones de aficionados y profesionales que disfrutan del deporte motor en toda su variedad.

La FIA administra las reglas y regulaciones para todo el deporte internacional motor a las cuatro ruedas incluyendo la FIA Formula One World Championship , FIA World Rally Championship , FIA World Touring Car Championship y el Campeonato del Mundo FIA de Resistencia. (FIA, 2013).

Su objetivo es promover mejoras de seguridad del deporte motor y la sostenibilidad a través de la promoción de la investigación, la difusión de los resultados de la investigación y el suministro de información sobre los mejores procedimientos de seguridad y medio ambiente, seguimiento de la evolución del deporte motor con el fin de identificar las prioridades de investigación y regulación. (Instituto FIA, 2013)

En el Ecuador la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo FEDAK es la delegada de la FIA, es un organismo sin fines de lucro legalmente reconocido por el Estado Ecuatoriano, el Ministerio del Deporte y demás organismos pertinentes, la cual dando cumplimiento a lo que dispone la Ley del Deporte, Educación Física y Recreación, vigente y expedida el 11 de marzo 2010 y su reglamento expedido el 11 de abril del 2011, es la máxima autoridad del Automovilismo y el Kartismo deportivo, en todo el territorio ecuatoriano. (El Comercio, 2013)

Su estructura y estatutos debidamente aprobados le asignan la responsabilidad de Dirigir, Controlar, Regular, Organizar y Autorizar las actividades deportivas de las distintas modalidades del deporte motor que se practican a nivel nacional. (FEDAK, 2013)

En la provincia de Cotopaxi el club encargado de realizar y controlar las competencias de rally es el Cotopaxi Automóvil Club (CAC).

El 22 de septiembre de 1995, nace el COTOPAXI AUTOMÓVIL CLUB, como Institución Deportiva Tuerca. Actualmente forma parte de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo FEDAK. Acuerdo Ministerial 578 del 04 de mayo del 2012. La Institución ha organizado 81 Competencias de Rally Provincial como se muestra en la figura 2.4, la misma comprende 25 Competencias Nacionales de Rally, 17 Válidas Nacionales de Circuito, 5 Rally de Regularidad, 26 Trepadas de Montaña, 5

Rally Cross y una Competencia de Tractocamiones lo que nos da un total de 160 COMPETENCIAS. (Automovilismo del Ecuador, 2013)

**Diego Bonilla**, presidente del Cotopaxi Automóvil Club (CAC), comentó que luego de haber realizado una revisión del reglamento establecido por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) “la intención clara es homologar el automovilismo y apegarse a las disposiciones de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA), pero tiene una base de lo que ya se ha venido manejando, sin embargo, en el reglamento técnico hay cambios que son bastante drásticos”. (La Hora, 2013)



**Figura 2.4. Rally Provincial de Cotopaxi**

FUENTE: [www.cotopaxiautomovilclub.com](http://www.cotopaxiautomovilclub.com)

### **2.1.1. Vehículos de rally**

Un vehículo de rally es un vehículo de serie que ha sido modificado para la competición. Estas modificaciones las establece la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) en regulaciones que se dividen en grupos y clases, por lo que dependiendo de la categoría a la que pertenezca serán mayores o menores. Aunque muchos elementos se comparten, como los de seguridad que son obligatorios para todos, el resto, sobre todo en

relación al nivel de preparación, depende de la categoría a la que se someta. (Wikipedia, 2014) .

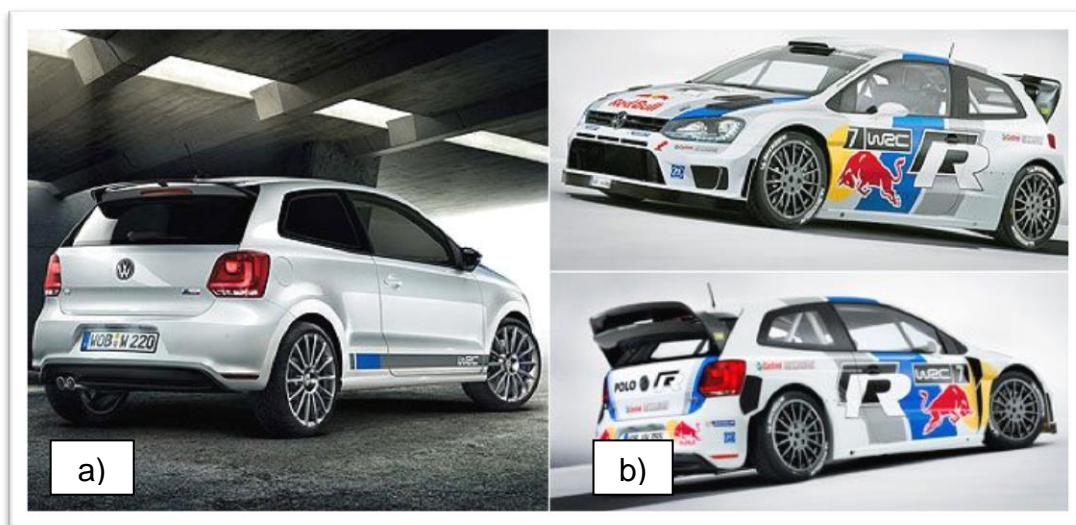
Mientras mayor sea la preparación de un vehículo de competencias, mayor será su costo y el nivel de las competencias aumentara, para evitar que estos vehículos se vuelvan un prototipo como la Formula 1, cada marca debe construir un mínimo de unidades anualmente de la versión del vehículo de competencia. La preparación de un vehículo puede dura de uno a dos años, como se muestra en la Figura 2.5 del Volkswagen Polo R World Rally Car 2014.



**Figura 2.5. Volkswagen Polo R World Rally Car 2014**

**FUENTE: es.autoblog.com**

Para el proceso de preparación, primero la marca empieza seleccionando un modelo de serie, se empieza a diseñar mediante software como será el resultado del vehículo de competencias, partiendo del vehículo estándar o de calle como se muestra en la figura 2. 6, a) modelo de serie, b) modelo de rally, puesto que muchos elementos no se pueden modificar.



**Figura 2.6. VW polo, a) modelo de serie, b) modelo de rally**

**FUENTE: [www.autocity.com](http://www.autocity.com)**

Luego se empieza a diseñar la jaula de seguridad, la misma será la que brinde la protección en accidentes de competencia. Se desarma la parte interna del vehículo para que los ingenieros puedan diseñar la jaula de seguridad tomando en cuenta el espacio interior del habitáculo, se coloca el arco de seguridad y se vuelve a soldar todo el chasis

Los ingenieros trabajan tanto la parte que permite dar mayor agarre y velocidad al vehículo. Por otra parte existen elementos que las marcas encargan a proveedores externos como los frenos, el turbo, los diferenciales o los amortiguadores puesto que no se conservan del modelo de serie. El último paso es llevar a cabo las primeras pruebas donde los equipos prueban configuraciones sobre tierra, asfalto y en donde se suele romper todas aquellas piezas susceptibles, que luego hay que sustituir, mejorar o cambiar de ubicación. (Wikipedia, 2014)

Una vez terminado este proceso de preparación, el vehículo debe ser presentado ante la FIA para su revisión y homologación, si la FIA da el visto bueno el vehículo está listo para las competencias.

## 2.2. Homologación



**Figura 2.7. Chasis de un Ford Fiesta S2000 con el arco de seguridad preparado su montaje.**

**FUENTE: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)**

La homologación de un vehículo de competición consiste en revisar que el mismo cumpla con el reglamento técnico y de seguridad, legalizándolo para su uso en competencias.

Una vez que un constructor haya desarrollado el vehículo que desea homologar, esta debe presentar ante un grupo de miembros de la FIA compuesto por varios inspectores y representantes de alguna marca de la competencia: un modelo del chasis desnudo del Ford Fiesta S2000 como se muestra en la figura 2.7, una carrocería del modelo de competición, veinte unidades de todas las piezas modificadas y un certificado que garantiza la fabricación de las unidades sacadas al mercado. Estas unidades mínimas varían en función de la categoría en la que se va a homologar el vehículo, por ejemplo para un World Rally Car se exigen 5.000 unidades anuales. Una vez la marca obtiene la aprobación de la FIA el vehículo ya se encuentra documentado y su homologación se mantendrá hasta que esta caduque. (Wikipedia, 2014)

Normalmente esta puede tener una vigencia de hasta quince años pero una vez esto suceda el vehículo ya no podrá participar en competiciones de

rally, salvo en pruebas regionales que lo permitan o, llegado el momento, en rally de históricos. Con la homologación conseguida la marca no puede utilizar ninguna pieza en el vehículo que no haya sido aprobada en la misma puesto que si lo desea debe volver a pasar de nuevo por el mismo procedimiento. (Blog de Hernan, 2013)

### 2.3. Historia

La historia del automovilismo abarca el período comprendido desde el nacimiento de las primeras carreras automovilísticas a finales del siglo XIX como muestra la figura 2.8, hasta la actualidad. Está fuertemente ligado al nacimiento y desarrollo del automovilismo. (Blog de Hernan, 2013)



**Figura 2.8. Primeras carreras automovilísticas a finales del siglo XIX**

**FUENTE:** [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org),

Con los años, las carreras en carreteras abiertas supusieron un peligro para participantes y la alternativa fue por un lado, el uso de circuitos cerrados como la Fórmula 1 y por otro competir en tramos de carreteras cerradas al tránsito rodado como en los rallyes. (Blog de Hernan, 2013)



En 1911 se organizó la primera carrera con el nombre de rally, fue realizada en Monte Carlo con diferentes vehículos como se muestra en el afiche promocional de la figura 2.9, para atraer a los turistas a la ciudad durante el invierno.



**Figura 2.9. Afiche Promocional del Primer Rally en Monte Carlo**

**FUENTE:** [www.albinabosch.com](http://www.albinabosch.com),

La prueba tenía como meta la ciudad de Monte Carlo y los competidores partían desde diferentes puntos de Europa donde el vencedor resultaba ser aquel que empleaba menor tiempo pero además puntuaban otros factores como el estado del vehículo, número de ocupantes, etc. (Wikipedia, 2014)

Un año más tarde se realizó la primera competencia automovilística cronometrada de la historia, la carrera París-Bordeaux-París, en junio de 1895. Consistía en probar la resistencia de los vehículos en un recorrido de mil doscientos kilómetros. (FOROS, 2010)

En lo que respecta a la historia de la evolución de los automóviles de rally y como se fueron creando las diferentes categorías tenemos que:

En las décadas de los cincuenta y sesenta los vehículos de rally eran turismos de serie con apenas preparación, y estas se realizaban con el fin de aumentar la robustez del mismo. Por tanto y al no existir una reglamentación las divisiones se establecían por clases según la cilindrada de los motores. En 1957 apareció el primer reglamento promulgado por la Comisión Deportiva Internacional que permitió sustituir piezas como la batería, frenos, faros, neumáticos, siempre de serie, con el fin de ganar Fiabilidad. Años después en 1966, la federación internacional publicó un reglamento que dividía a los vehículos de carreras, tanto de rally como circuitos, en grupos y clases según su grado de preparación. En esa primera normativa se establecían seis grupos diferentes y designados con números.

El grupo 1 incluía vehículos de cuatro plazas de serie de los que se fabricaría al menos 5.000 unidades anuales

El grupo 2 se permitía cierto grado de preparación y un mínimo de 1.000 unidades.

El grupo 3 y grupo 4 eran semejantes a los dos primeros pero destinados a los vehículos de gran turismo. Finalmente el grupo 5 y grupo 6 se destinaba a los prototipos.

En rally los más exitosos fueron los grupo 2 y 4, especialmente este último que fue el gran dominador de la especialidad en la década de los setenta. La mayoría consistían en vehículo con una mecánica clásica: motor delantero, tracción trasera y con culata de cuatro válvulas por cilindro.

En 1982 la FIA sustituyó la vieja por una nueva que se establecía por letras: grupo A, grupo B y grupo N.

A	→	GRUPO 2
B	→	GRUPO 3 Y 4
N	→	GRUPO 1

El grupo A permitió años después, el nacimiento de otras categorías, como los World Rally Car, los Kit Car, los Super 1600 y los Super 2000. Los World Rally Car, nacieron en 1997 y permitía construir un vehículo de rally con tracción integral y motor turbo sin que el de serie lo tuviera. El resto de categorías convivieron en el mundial junto a los WRC, incluso llegando a discutirle la victoria en el caso de los Kit Car, pero que tuvieron mejor acogida en las competiciones continentales y nacionales.

## 2.4. Características del vehículo

El Volkswagen Gol es un automóvil del segmento B diseñado y producido en Brasil para América Latina por el fabricante alemán Volkswagen, en la tabla 2.1 se detalla la ficha técnica.

**Tabla 2.1.**

### Ficha Técnica Volkswagen Gol 1997.

FICHA TÉCNICA	
Fabricante	Volkswagen
Modelo	Gol II
Año de fabricación	1997
Ubicación del motor	Delantera
Motor	997 ccm (60.54 pulgadas cúbicas)
Tipo de motor	en-línea, 4-cyl
Potencia Máxima	50.00 PS (36,82 kW or 48,76 HP) at 5800 Rev. por min
Torque máximo	72 Nm (7,26 kgf-m or 52,83 ft.lbs) at 3500 Rev. por min
Combustible	Gasolina
Transmisión	Manual, 5-velocidades
Relación peso/potencia	0.0559 PS/kg
Tracción	Delantera
Número de asientos	5
Número de puertas	3
País de origen	Brasil
Peso del vehículo	891 kg.
Longitud del vehículo	3810 mm (149,25 pulgadas)
Ancho del vehículo	1630 mm (63,88 pulgadas)
Altura del vehículo	1420 mm (55,62 pulgadas)
Distancia entre el vehículo y el suelo	130 mm (5,07 pulgadas)
Distancia entre ejes	2480 mm (97,11 pulgadas)
Tipo de frenos delanteros	Discos Ventilados, 288 mm
Tipo de frenos traseros	Tambores
Coefficiente de arrastre aerodinámico	0.4
Capacidad máxima del tanque de combustible	55.0 litros (14,46 galones)

**Fuente:** <http://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-volkswagen-gol-ii-ensamblado-en-1997/>

## 2.5. Jaula de seguridad

Los arcos de seguridad como se muestra en la Figura 2.10, son los elementos más importantes de seguridad en un vehículo de competencias, protegiendo y salvaguardando al piloto y copiloto en caso de un accidente.



**Figura 2.10. Arco de seguridad.**

**FUENTE:** [www.bbsport.es](http://www.bbsport.es)

En los últimos 20 años, se ha pasado de colocar cuatros barras escasas a complejos diseños de ingeniería que llevan detrás profundos estudios de ligereza, materiales, resistencia y rigidez.

Las funciones de estas estructuras de seguridad son dos.

Una de ellas es la de aportar rigidez al conjunto, evitando los balanceos de la carrocería y así aportar una mayor eficacia a la hora de tomar las curvas y la segunda es mantener intacto el habitáculo dónde se encuentran situados los pilotos evitando las deformaciones excesivas de la carrocería.

Los casos más recientes en los que hemos podido apreciar la efectividad de estos elementos han sido: el accidente en el Rally de Portugal de Jari

Matti Latvala, piloto oficial de Ford en el mundial de rallys, el cual cayó por un terraplén de unos 100 metros dando 20 vueltas de campana, como se muestra en la figura 2.11.



**Figura 2.11. Accidente Jari Matti Latvala en Portugal.**

**FUENTE:** [specialrallyaut.blogspot.com](http://specialrallyaut.blogspot.com)

En este caso el vehículo quedó completamente destrozado, pero el habitáculo se mantuvo intacto. Las barras sufrieron deformaciones, pero no lo suficientemente grandes como para poner en peligro la integridad física de los pilotos.

### **2.5.1. Diámetro y espesor de los tubos**

ROLL BAR: Debe ser como mínimo de tubo estructural negro de 2 milímetros de espesor como mínimo y en el arco central de un diámetro no menor a 1"7/8 de pulgada. Deberá tener como mínimo 6 anclajes de fijación al piso con placas de 3 milímetros de espesor como mínimo y tener 3 pernos de fijación al piso por cada placa como mínimo. Todos los pernos del Roll Bar deberán ser de acero grado 8 como mínimo y todas las tuercas de sujeción deberán ser tuercas de seguridad. En las puertas delanteras debe

tener la barra lateral de protección para las piernas y cadera en ambos lados del vehículo con la finalidad de garantizar la misma resistencia estructural al impacto. (ACELERANDO, 2015)

### **2.5.2. Inspección y Herramientas para la fabricación de jaulas antivuelco**

La razón de ello es que durante una inspección técnica o inspección de seguridad, el inspector u oficial de pistas se fijará en la caja de seguridad para determinar si es segura de usar. Si la jaula no pasa la inspección, no se permitirá usar en la pista (EHOWENESPAÑOL, 2013)

### **2.5.3. Soldadora**

Para unir los tubos de la jaula de seguridad entre sí como se muestra en la figura 2.12, se utiliza distintas herramientas de soldadura, dependiendo del constructor o el tipo de material. El producto final será el miso.



**Figura 2.12. Soldadura de la jaula.**

**FUENTE:** [foro.tuning-on.com](http://foro.tuning-on.com)

#### 2.5.4. Herramienta de tubos de primera clase

Las herramientas de tubos de primera clase son dispositivos que usan un taladro eléctrico típico y una sierra para agujeros en metal para cortar muescas redondas en los extremos de la tubería, como se muestra en la figura 2.13. Esto le permite adaptarse perfectamente al extremo de un tubo junto con la sección intermedia de un segundo tubo en un punto de soldadura mucho más fuerte y más atractiva. Para utilizar el dispositivo, coloca una sierra de perforación en el portabrocas de un taladro eléctrico y luego fíjalo al accesorio. El extremo del tubo se sujeta en su lugar en el aparato y luego la broca se baja por medio de una palanca para cortar el extremo del tubo de metal. (EHOWENESPAÑOL, 2013)



**Figura 2.13. Herramienta para cortar tubos.**

**FUENTE:** <http://www.rems.de/cortar-biselar-escariar-montar/herramienta-para-cortar-tubos/rem-s-cut-110-cu-inox.aspx>

#### 2.5.5. Dobladoras de tubos

Son herramientas que mediante la presión doblan al tubo adquiriendo el mismo el doblado deseado como se muestra en la figura 2.14 de una

máquina dobladora de tubos hidráulica. La razón por la cual se doblan los tubos y no se cortan para luego ser unidos por procesos de soldadura es que las estructuras redondas soportan más cargas que una estructura recta.



**Figura 2.14. Dobladora de tubos hidráulica.**

**FUENTE:** <https://www.youtube.com/watch?v=KKXofFcf3yU>

## **2.6. Torreta de marchas.**

La torreta de marchas es un sistema que nos ayuda a mejorar la ergonomía del piloto elevando la palanca del cambio de marchas para estar más cerca del piloto, este sistema también nos ayuda a reducir el recorrido del cambio de marcha.

Para realizar este sistema de la torreta debemos saber qué tipo de sistemas tiene el vehículo en el que se va hacer la modificación para que en base a esto podamos determinar y diseñar un sistema práctico para construir la torreta, como se muestra en la figura 2.15.





**Figura 2.15. Torreta de marchas para Volkswagen GTI.**

**FUENTE: [www.mercadoracing.org](http://www.mercadoracing.org)**

### **2.7. Sistema de extintor centralizado.**

El extintor debe ser mínimo de dos kilogramos de peso con la instalación de repartidores de cañería hacia el motor y hacia el piloto en el habitáculo, debiendo activarse por el piloto sentado en el asiento con los cinturones de seguridad puesto y ajustado. Deberá estar señalado en el vehículo el lugar donde está el botón de accionamiento con una letra E de color rojo sobre un círculo blanco y una flecha que indique su ubicación, como se muestra en la figura 2.16.



**Figura 2.16. Palanca de accionamiento del sistema de extintor marcado con una letra E de color rojo en un círculo de color blanco.**

### **2.7.1. Selección, operatividad y distribución.**

Antes de la elección de un extintor es importante saber:

1. La naturaleza de los combustibles presentes;
2. Las condiciones ambientales del lugar donde se va a situar el extintor;
3. Quien utilizara el extintor y;
4. Si existen sustancias químicas, en la zona, que puedan reaccionar negativamente con el agente extintor.

Cuando se elija entre distintos extintores, debe considerarse:

1. Si es eficaz contra los riesgos específicos presentes.
2. Si resulta fácil de manejar
3. El mantenimiento que requiere.

## 2.8. Tomas de aire.

La toma de aire en el techo como se muestra en la figura 2.17 es para ingresar y generar ventilación a la cabina, dado que, se produce una transferencia de calor importante desde el motor.



**Figura 2.17. Toma de aire en el techo.**

**FUENTE:** [www.dirtyimpresza.com](http://www.dirtyimpresza.com).

## 2.9. Sistema hidráulico de freno de mano.

El freno hidráulico como se muestra en la figura 2.18, es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre el líquido de freno.



**Figura 2.18. Freno de mano Hidráulico**  
**FUENTE: mercadoracingperu.blogspot.com.**

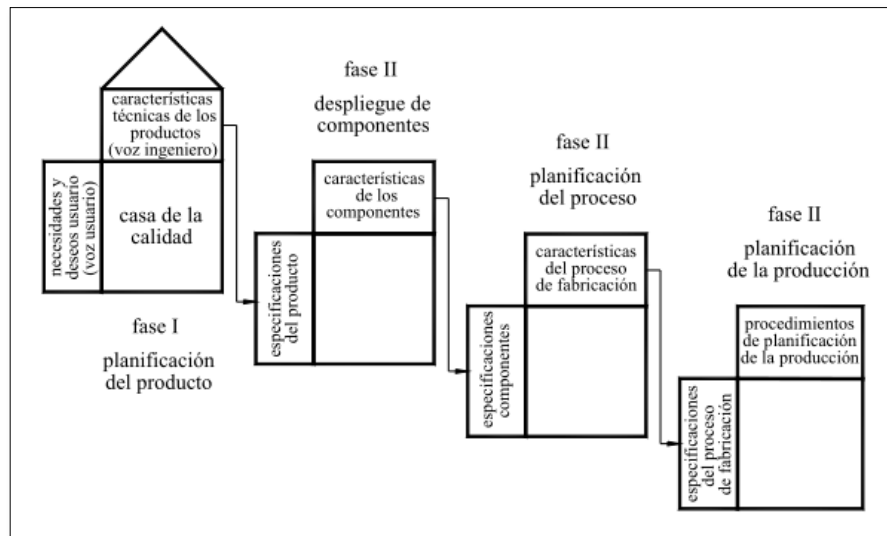
La presión que se ejerce sobre un pistón que actúa sobre el líquido es transmitida a otros pistones que accionan los frenos, con lo cual se logra la misma presión de frenado en los distintos elementos de fricción y se evita la necesidad de realizar diferentes ajustes.

Su principal función es disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmobilizado cuando está detenido. El sistema de freno principal, o freno de servicio, permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda.

## **2.10. Despliegue de la función de la calidad**

El desarrollo de la función de calidad QFD (Quality function deployment) es un método globalizador cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición de un producto o servicio se han considerado las necesidades y requerimientos de los usuarios (o, la voz del usuario), a la vez que también constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo

de vida. Consiste en un proceso estructurado que permite traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño como se muestra en la figura 2.19 de la estructura de la casa de la calidad. (Romeva, 2002)



**Figura 2.19. Estructura de la casa de la calidad**

**FUENTE:** Diseño concurrente Carles Riba Romeva

### 2.10.1. La voz del usuario

Los requerimientos y deseos de los usuarios son el elemento conductor para empezar en el proceso de diseño. Estos requerimientos se pueden captar mediante una lluvia de ideas, las mismas que después son usadas como entradas para seguir con nuestro diseño. Si la lista de requerimiento y deseos es demasiado extensa, debemos agruparlos con títulos más generales.

### 2.10.2. Análisis de la competencia

A continuación, hay que plantear al grupo de usuarios las tres preguntas siguientes sobre el análisis de la competencia en relación con cada

demanda: a) ¿Qué importancia tiene para usted su cumplimiento? b) ¿En qué grado los productos de la empresa la cumplen? c) ¿En qué grado los productos de la competencia la cumplen? Una vez obtenidas estas respuestas (evaluadas generalmente de 1 a 5), los datos se compilan y los resultados se introducen en la casa de la calidad. (Romeva, 2002)

### **2.10.3. La voz del ingeniero**

En este tipo de diseño, la interpretación de los requerimientos y deseos de los clientes, constituye la parte más importante. Se debe incorporar una característica técnica a cada demanda del cliente, lo que constituye la voz del ingeniero.

### **2.10.4. Correlaciones**

El cuerpo de la casa de la calidad muestra las capacidades de cada característica técnica para satisfacer al cliente en cada una de las demandas. En este paso hay que formularse la siguiente pregunta: ¿Hasta qué punto se podrá predecir que se van a satisfacer las demandas a partir de las características técnicas elegidas? El resultado de esta pregunta debe obtenerse por consenso del equipo de diseño y se establece en tres niveles: fuerte, mediano y débil (simbolizados por un círculo con punto, un círculo y un triángulo, respectivamente y, si no existe relación, el espacio se deja en blanco). Este trabajo de evaluación establece un lenguaje común entre los miembros del equipo de diseño y fomenta las comunicaciones entre los departamentos durante todo el proyecto. (Romeva, 2002)

### **2.10.5. Evaluación técnica**

Este paso se realiza después de haber completado el cuadro de correlaciones del paso anterior y consiste en la evaluación de la incidencia

de cada una de las características técnicas en la satisfacción de las demandas del usuario.

Para ello, el equipo de diseño calcula la incidencia de cada característica técnica en base al sumatorio de productos de los factores de incidencia.

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

Para efecto del desarrollo adecuado del despliegue de la casa de la calidad en el presente proyecto se ha determinado la aplicación de esta herramienta para cada sistema que se está pretendiendo diseñar, de tal forma que se puede extraer la información necesaria para cumplir los requerimientos que cada uno de los conjuntos amerita según las condiciones que regulan los reglamentos de la FIA y el cliente que en este caso resulta ser el piloto.

#### **3.1. Sistema de la Jaula de Seguridad**

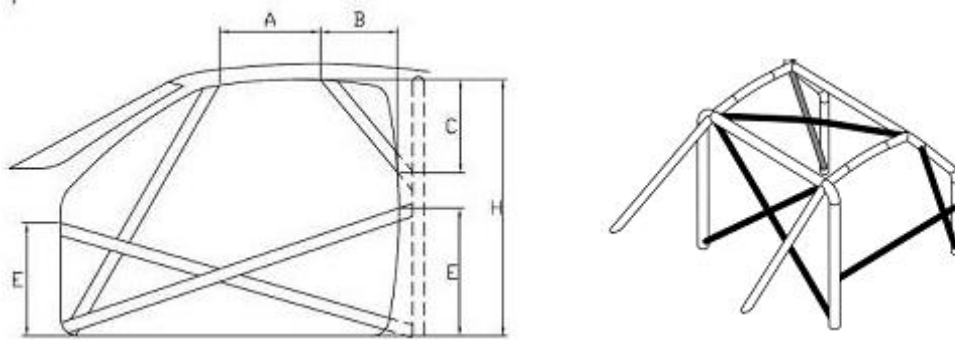
El sistema de la jaula de seguridad para que pueda ser homologado según las normas de la FIA, debe considerar lo dispuesto en el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo Deportivo (FEDAK) que manifiesta lo siguiente:

#### **ARTÍCULO 5, LIETAL k) ROLL BAR**

Es responsabilidad del Club organizador que cada vehículo inscrito tenga para la revisión mecánica obligatoriamente lo siguiente:

1. Rollbar con tubo estructural del arco central no menor al diámetro de 1"7/8 de pulgada, tipo jaula de 6 puntos mínimo anclados al piso, con protección lateral en las puertas en forma de X. como se puede observar un ejemplo en la figura 3.1.





**Figura 3.1. Ejemplo de Jaula de seguridad**

Además de lo anteriormente mencionado el piloto del vehículo requiere:

- Que el sistema sea seguro y fiable es decir resistente
- Que el sistema sea liviano
- Que el sistema sea de bajo costo
- Que el sistema sea ergonómico
- Que el sistema cumpla con lo dispuesto en el Art. 5, literal k) de la FEDAK para poder competir.

Se ha considerado los ítems anteriormente expuestos para la definición de la casa de la calidad y ejecutar el despliegue de la función de la calidad para la jaula de seguridad, mismo que se presenta en la figura 3.2 mostrada a continuación:



### 3.1.1 Análisis del despliegue de la calidad de la jaula de seguridad

La herramienta de la casa de la calidad ha permitido identificar los parámetros importantes a cumplir con su respectivo orden de importancia, de esta manera la ficha técnica va a contener objetivos reales y por ende el sistema que se conciba será el más idóneo.

Por tanto lo más importante a considerar en el diseño de la jaula de seguridad y según el criterio de pesos ponderados de la casa de la calidad son los que a continuación se presentan:

**Tabla 3.1.**

**Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad de la jaula de seguridad.**

PRIORIDAD	PARAMETRO
1	El tipo y tamaño del perfil
2	Cumplimiento de las normas de la FEDAK
3	Peso del sistema, es decir debe ser liviano
4	Resistencia al impacto y a fluencia
5	Ergonomía

Una vez obtenidos los parámetros del QFD o despliegue de la casa de la calidad, se procede a obtener las especificaciones técnicas y el diagrama funcional que permitirá determinar las funciones tanto principal como las secundarias del sistema que constituye la jaula de la seguridad.

### 3.1.2 Especificaciones Técnicas

La especificación del producto es la manifestación explícita del conjunto de determinaciones, características o prestaciones que debe guiar su diseño y desarrollo.

Cabe distinguir entre dos tipos de especificaciones: Requerimiento (R, o especificación necesaria) es toda especificación sin la cual la máquina

pierde su objetivo. Deseo (D, o especificación conveniente) es toda especificación que, sin ser estrictamente necesaria para el objetivo de la máquina o sistema, mejoraría determinados aspectos de ella.

Se ha determinado para el caso de las especificaciones de la jaula de seguridad la siguiente tabla de especificaciones técnicas que esta estructura debe cumplir en función de lo descubierto al revalidar la voz del cliente (normas de la FEDAK) y la voz del ingeniero.

**Tabla 3.2.**

**Especificaciones Técnicas para la Jaula de Seguridad**

<b>EMPRESA:</b>		<b>PRODUCTO:</b>		<b>FECHA INICIAL: 24-09- 2014</b>
<b>ESPEL</b>		<b>JAUOLA DE SEGURIDAD</b>		<b>ULTIMA REVISIÓN: 24-09-2014</b>
PÁGINA 1 de 1				
ESPECIFICACIONES				
CONCEPTO	FECHA	PROPONE	R/D	DESCRIPCIÓN
<b>FUNCIÓN</b>	24/09/2014	C + I	R	• Estructura para soportar cargas de impacto
			R	• Estructura que tiene alta rigidez o baja deformación a carga de impacto
			R	• Proteger a los tripulantes de posibles daños por impacto
			D	• Permitir fijar algunos accesorios útiles para el vehículo y la competencia
<b>DIMENSIÓN</b>	25/09/2014	I	R	Altura aprox: 1145 mm
				Ancho: 1250 mm
				Profundidad: 2300 mm
<b>MOVIMIENTOS</b>	25/09/2014	I	R	
<b>FUERZAS</b>	26/09/2014	I	R	Debe cumplir con la siguiente hipótesis: la estructura debe soportar una carga vertical de $1,25 \cdot W$ aplicada en la parte superior del arco principal, donde W es igual al peso del vehículo + 150 Kg. Debe cumplir con la siguiente hipótesis: La estructura debe soportar una carga de $1,25W$ aplicada en la parte superior de la barra frontal, en el lado del piloto/copiloto y en la intersección con el elemento transversal. W es igual al peso del vehículo + 150 Kg. C
<b>MATERIALES</b>	26/09/2014	C + I	R	El material debe ser acero estructural, Acero al carbono no aleado estirado en frío sin soldadura. • Con un contenido máximo del 0,3% de carbono. • De una resistencia mínima a la tracción de 350 N/mm <sup>2</sup> .
<b>COSTOS</b>	07/10/2014	C	D	Debe ser de Bajo costo
<b>Propone: C = Cliente ; I = Ingeniería</b>				
<b>R/D: R = requerimiento; D =Deseo; MR = Modificación requerimiento; NR = Nuevo requerimiento;</b>				

Para un acero aleado, el contenido máximo de aditivos es de 1% para magnesio y de 0,5% para otros elementos. Al seleccionar el acero, debe prestarse atención a la obtención de buenas propiedades de elongación y adecuadas características de soldabilidad. El curvado del tubo debe hacerse en frío con un radio de curvatura del eje del tubo de, al menos, 3 veces el diámetro.

Si el tubo se ovaliza durante esta operación la relación entre el diámetro menor y mayor no será inferior a 0,9.

### **3.1.3 Estructura funcional**

Para la estructura funcional de la jaula de seguridad se dividen en subtemas, los mismos que se explican a continuación:

#### **3.1.3.1 Función global y subfunciones**

Con el propósito de describir y resolver los problemas de diseño, es útil aplicar el concepto de función, que es cualquier transformación (en el sentido de realización de una tarea) entre unos flujos de entrada y de salida, tanto si se trata de funciones estáticas (invariables en el tiempo) como de funciones dinámicas (que cambian con el tiempo).

La función es, una formulación abstracta de una tarea, independientemente de la solución particular que la materializa. La función global representa la tarea global que debe realizar el producto que se va a diseñar y se establece como una caja negra que relaciona los flujos de entrada y los de salida. Sin embargo, esta presentación es muy esquemática y, para obtener una representación más precisa, hay que dividir la función global en subfunciones (correspondientes a subtareas) y a la vez, establecer las relaciones de flujos entre estas subfunciones. La representación del

conjunto de subfunciones con las entradas y salidas así como las interrelaciones de flujos entre ellas se denomina estructura funcional.

La descomposición funcional del producto se llevara a cabo mediante diagramas de flujo en los que aparecerá cada función, que puede tener tres tipos de entradas y salidas: señal, material y energía. Los diagramas de flujo se presentarán en diferentes niveles, comenzando con el nivel 0 o función global, y continuando hasta el nivel que se estime conveniente.

### Simbología<sup>1</sup>




Para facilitar la representación de las funciones y los flujos en la estructura funcional de la jaula de seguridad, y de los otros sistemas a diseñar, es conveniente disponer los símbolos adecuados cuya utilización sea lo suficientemente flexible.

Se utiliza la simbología propuesta por la norma VDI 2222, en la cual, sin limitar las funciones a las estrictamente matemáticas y lógicas, y sin forzar a precisar ni a cuantificar las variables de los flujos, permite establecer una estructura funcional suficientemente articulada que sirva de guía para fijar la estructura modular del producto o sistema.

Los símbolos utilizados se detallan en la siguiente tabla.

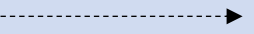

**Tabla 3.3.**

#### Simbología utiliza en el Diagrama funcional

<b>Función</b>	<b>Rectángulo de línea continua</b>	
<b>Flujo de material y dirección</b>	Flecha de doble línea continua	
<b>Flujo de energía y dirección</b>	Flecha de línea continua	

CONTINÚA →

<sup>1</sup> RIBA Carles (2002) *“Diseño Concurrente”*. Ed. UPC, 1 era Edición, Barcelona, pág 129.

<b>Flujo de señal y dirección</b>	Flecha de línea discontinua	
<b>Sistema, subsistema y módulo.</b>	Polígono de línea de punto y raya	

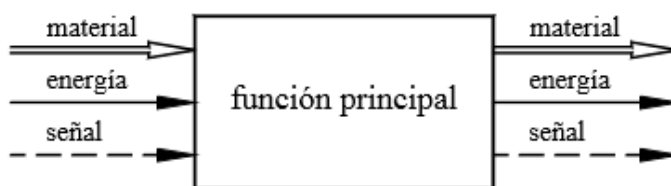
**FUENTE:** Diseño concurrente Carles Riba Romeva

Las descripciones de los diferentes conceptos se realizan de la siguiente manera y se la simbología se indica en la figura 3.3

**Funciones.** Se sitúan dentro del rectángulo y preferentemente se definen con un verbo seguido de un predicado por ejemplo: soportar cargas; transferir pieza; mover torreta; controlar posición.

**Flujos.** Su objeto se indica encima de las flechas correspondientes: de pieza en bruto, acabada; de alimentación eléctrica, de accionamiento del cabezal; de señal de puesta en marcha, de posición.

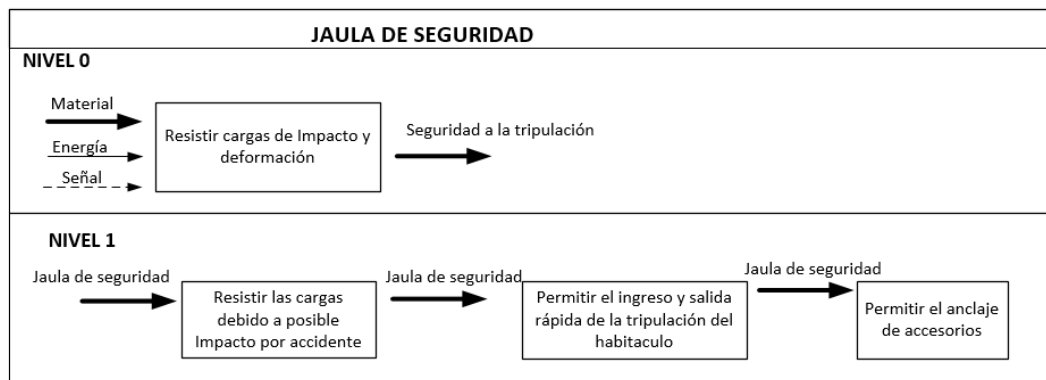
**Sistema, subsistemas y módulos.** Se indica encima y a mano izquierda del polígono que los delimita.



**Figura 3.3 Simbología utilizada en la estructura funcional**

**FUENTE:** Diseño concurrente Carles Riba Romeva

La estructura funcional para la jaula de seguridad se presenta a continuación en la figura 3.4:

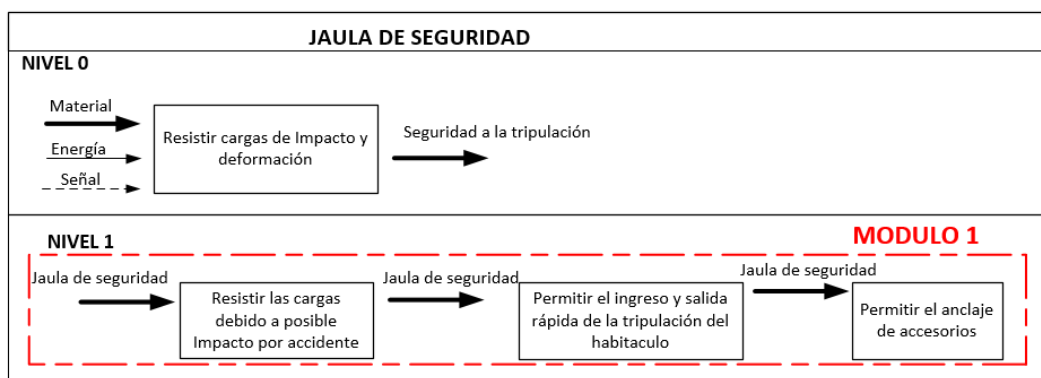


**Figura 3.4 Diagrama Funcional para la Jaula de Seguridad**

### 3.1.3.2 División Modular

Para efecto de discriminar adecuadamente las soluciones que se plantearan para las subfunciones del sistema, es necesario identificar los módulos que los diagramas pueden llegar a tener, así se busca las subfunciones que tienen objetivos comunes entre sí y se las separa como se muestra en la figura 3.5, posterior a ello se encontrará por algún método conocido la solución idónea para cumplir con la subfunción.

Sin embargo en el presente caso de la jaula de seguridad se considera que esta es una sola estructura por tanto se tiene un módulo.



**Figura 3.5. Módulos de la Jaula de seguridad**





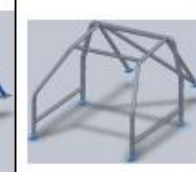


### 3.1.4 Soluciones a los módulos

Para la obtención de la solución a los módulos se toman en cuenta las posibles alternativas que se pueden presentar para cumplir con los requerimientos establecidos por el usuario y además por las normas de la competencia.

En el presente caso las soluciones al módulo de la jaula de seguridad estará dada en función a las diferentes configuraciones geométricas como se muestra en la figura 3.6, dimensionales y propiedades del material, que puede presentar la jaula de seguridad considerando los elementos constitutivos de la misma como son:

- El arco principal o central
- El arco delantero o miembro transversal
- El arco posterior
- El arco frontal lateral
- Tirantes traseros.
- Semiarcos laterales

1 arco principal	2 semiarcos laterales	1 miembro transversal	2 tirantes traseros	6 pies de anclaje
				

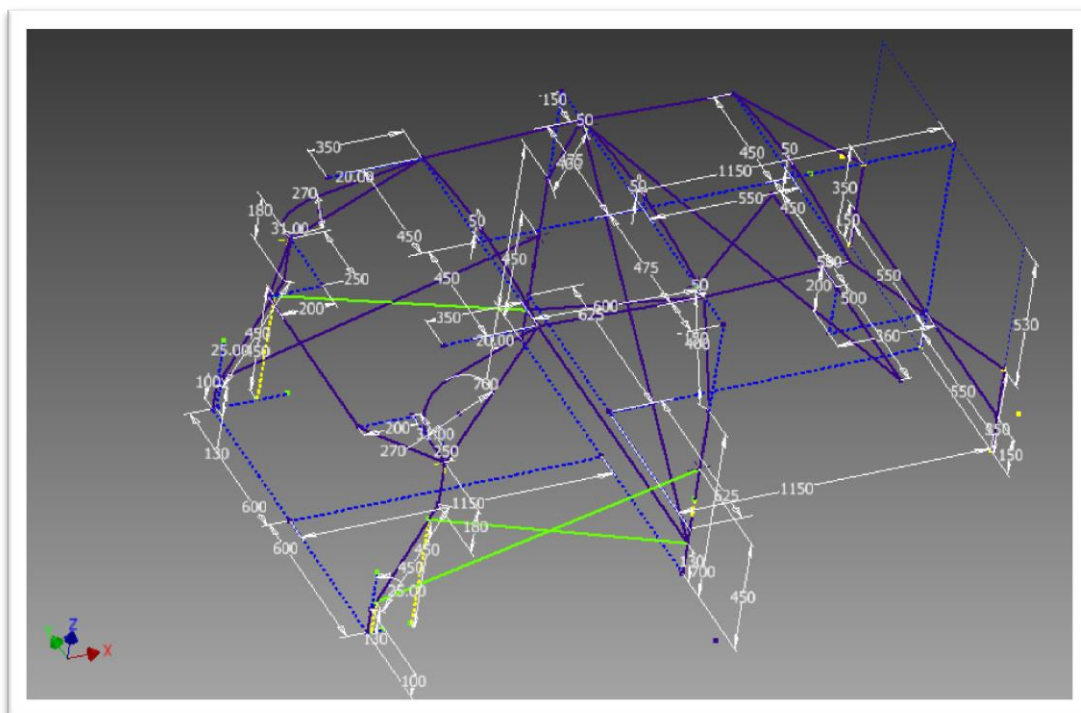
**Figura 3.6. Partes diferentes de la estructura**

### 3.1.5 Diseño de la jaula de seguridad.

Para el diseño de la jaula de seguridad se tomarán en consideración los requerimientos establecidos en la casa de la calidad y las reglamentaciones de la FEDAK.

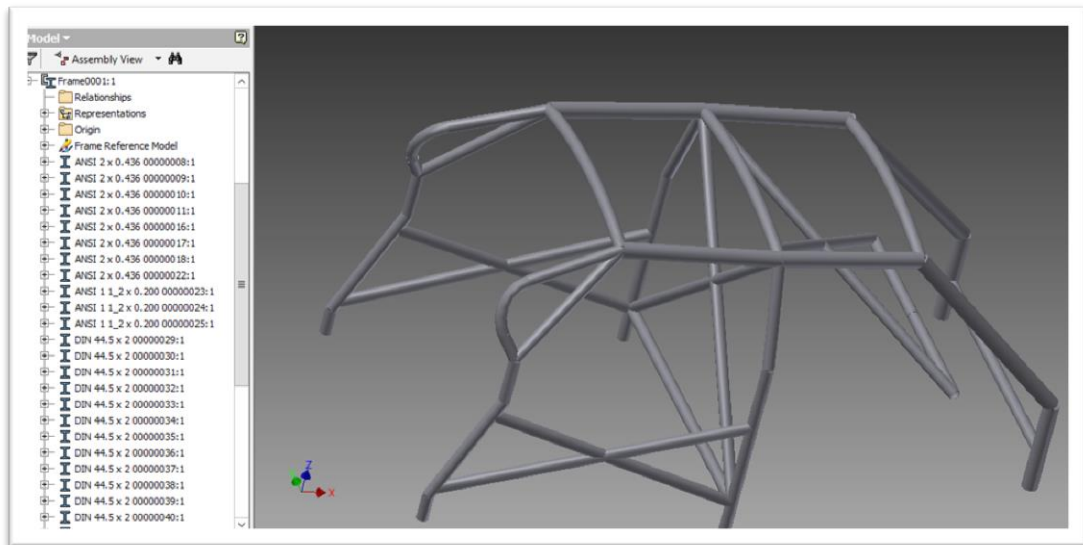
#### 3.1.5.1 Configuración geométrica de la jaula

La configuración geométrica de la jaula se la realizó considerando la reglamentación de la FEDAK y tomando en cuenta el espacio interior del vehículo para el cual va a ser proyectada la jaula, que nuestro caso es un Volkswagen Gol 2000 cc, para el efecto de realizar el diseño se procedió a proyectar la configuración geométrica de la jaula de seguridad considerando los elementos estructurales que conforman la misma y que se describieron en el punto anterior, para el efecto se utilizó el programa de diseño asistido por computadora Inventor versión estudiantil como se observa en la figura 3.7 del dimensionamiento de la jaula de seguridad.



**Figura 3.7 Dimensionamiento de la Jaula de seguridad**

Una vez construido la jaula se procedió a asignar el tipo de sección transversal como se muestra en la figura 3.8, indicando los diámetros y espesores que tendrán cada componente de la jaula como se observa en la siguiente figura, y luego para proceder a la exportación al programa ANSYS para realizar el estudio estructural.



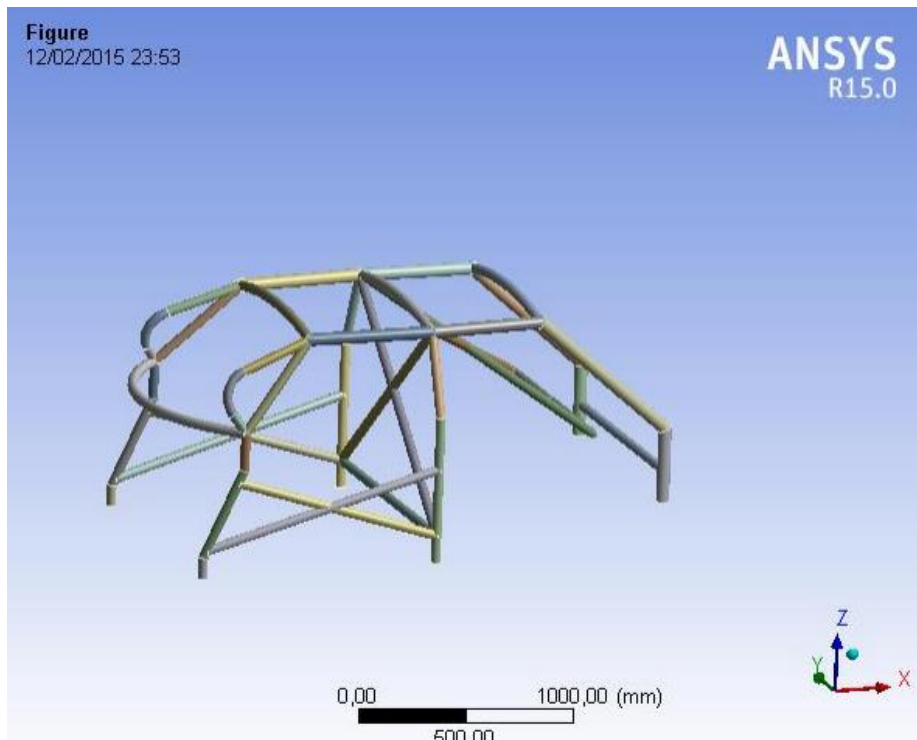
**Figura 3.8 Asignación de perfil estructural.**

### 3.1.5.2 Estudio estructural de la jaula de seguridad

Para realizar el estudio estructural de la jaula de seguridad, es necesario establecer las condiciones de carga a las que estará sometido la jaula de seguridad, que para el presente estudio se consideró la aplicación de un carga puntual de 5000 N, que corresponde a 1,25 veces el peso del vehículo (8750 N) dividido por dos.

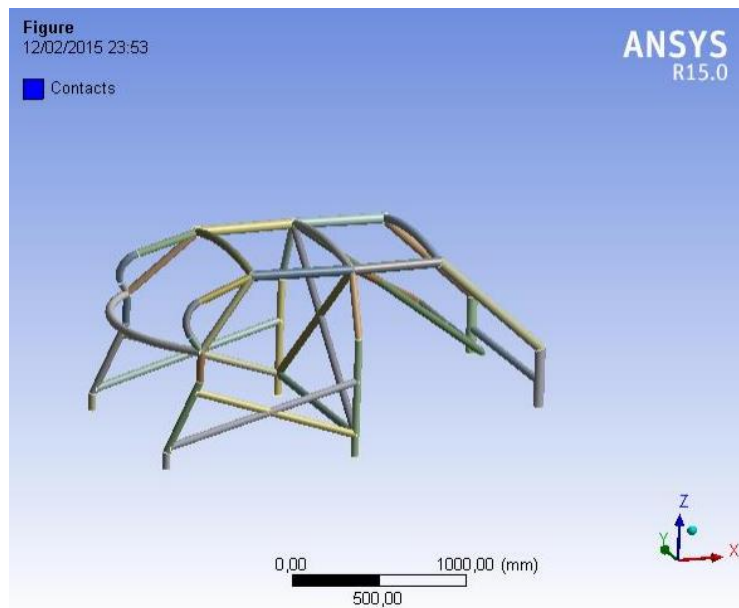
Para realizar el estudio estructural de la jaula de seguridad, al ser un sistema rígido, se procedió a realizar el estudio mediante el uso del programa computacional ANSYS, empleando para el efecto del módulo de análisis estructural, Statical Structural que dispone el programa dentro del workbench, el procedimiento que se siguió se resume a continuación:

1. Se procede a realizar la importación del modelo geométrico realizado en el programa CAD, como se muestra en la figura 3.9.



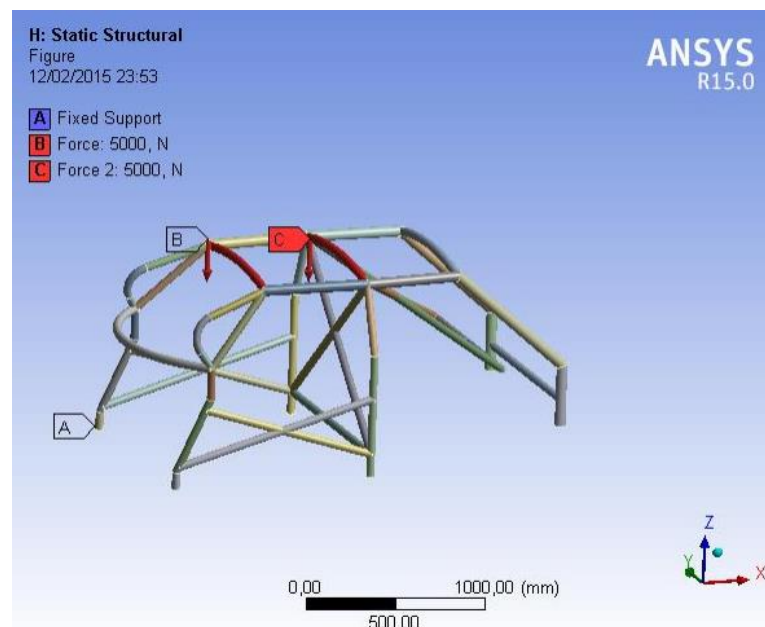
**Figura 3.9 Jaula importada para el análisis**

2. Se configura las propiedades de los materiales a utilizar en el estudio. En el presente estudio se utilizó un acero A560 (esfuerzo último a la tracción de 350 MPa)
3. Se configura las condiciones de borde, en este caso se establecen las relaciones de contacto existentes entre los elementos como se muestra en la figura 3.10, se estableció como fijas o rígidas (bonded)



**Figura 3.10 Relaciones de contacto entre los elementos**

4. Se procede a fijar los soportes y a aplicar las cargas en el arco superior como se muestra en la figura 3.11:



**Figura 3.11 Fijación de soportes y aplicación de la carga**

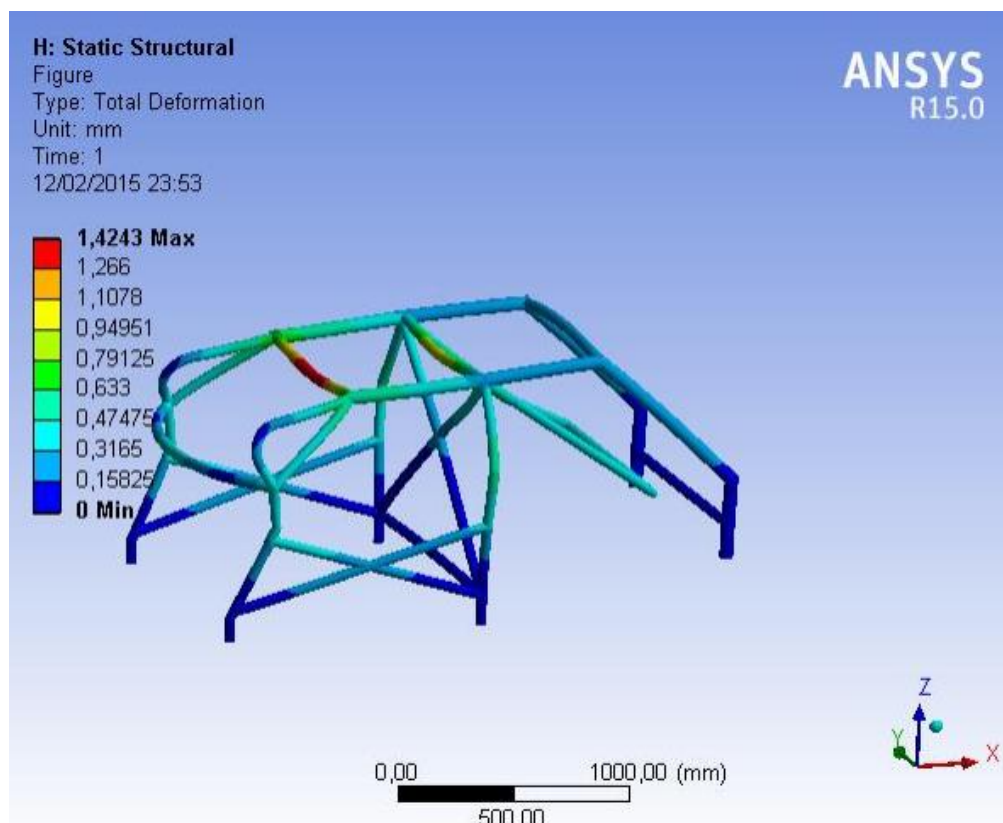
5. Se procede a realizar la configuración del mallado y realizar la simulación configurando los parámetros a obtener, que en el presente

caso fueron, la deformación total, la deformación elástica equivalente, el esfuerzo de von Mises, el factor de seguridad

### 3.1.5.3. Resultados del Análisis

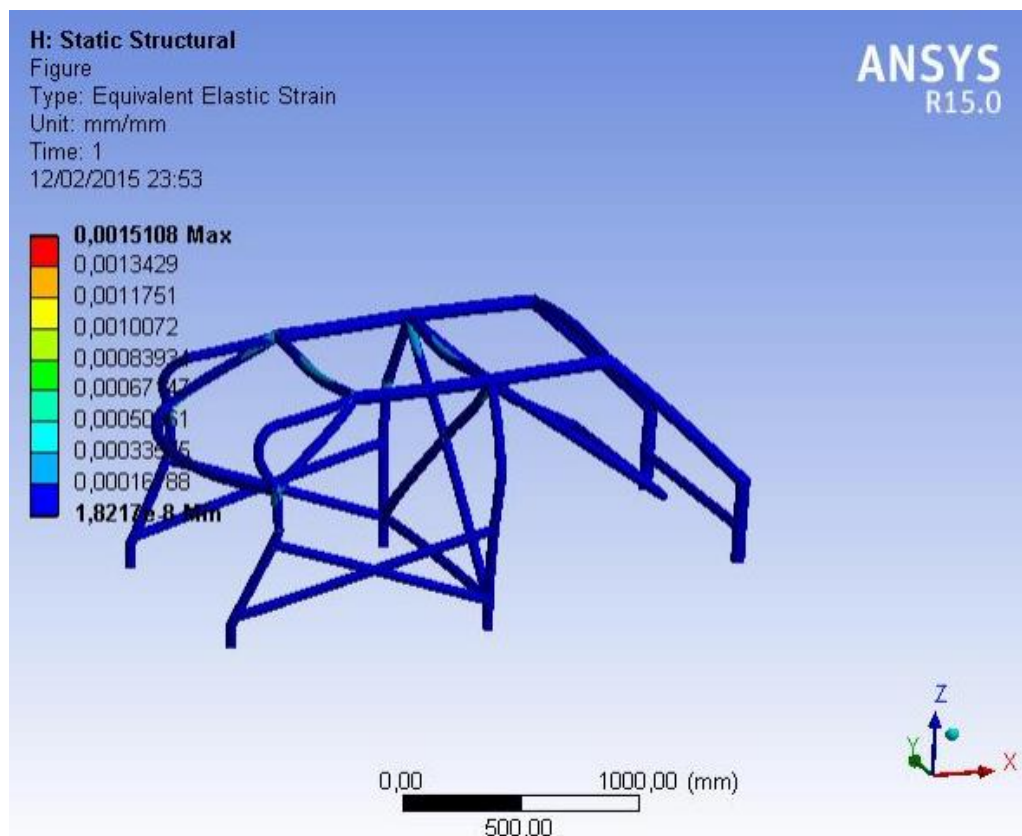
Una vez realizado los pasos descritos en el punto anterior se obtuvieron los siguientes resultados, que servirán para validar el diseño de la jaula de seguridad.

#### Deformación Total de la jaula de seguridad



**Figura 3.12 Deformación Total de la jaula de seguridad**

Del estudio se observa que se presenta una deformación máxima de 1,424 mm que se produce en la parte media del arco superior delantero de la jaula de seguridad, como se muestra en la figura 3.12 de la deformación total de la jaula de seguridad.

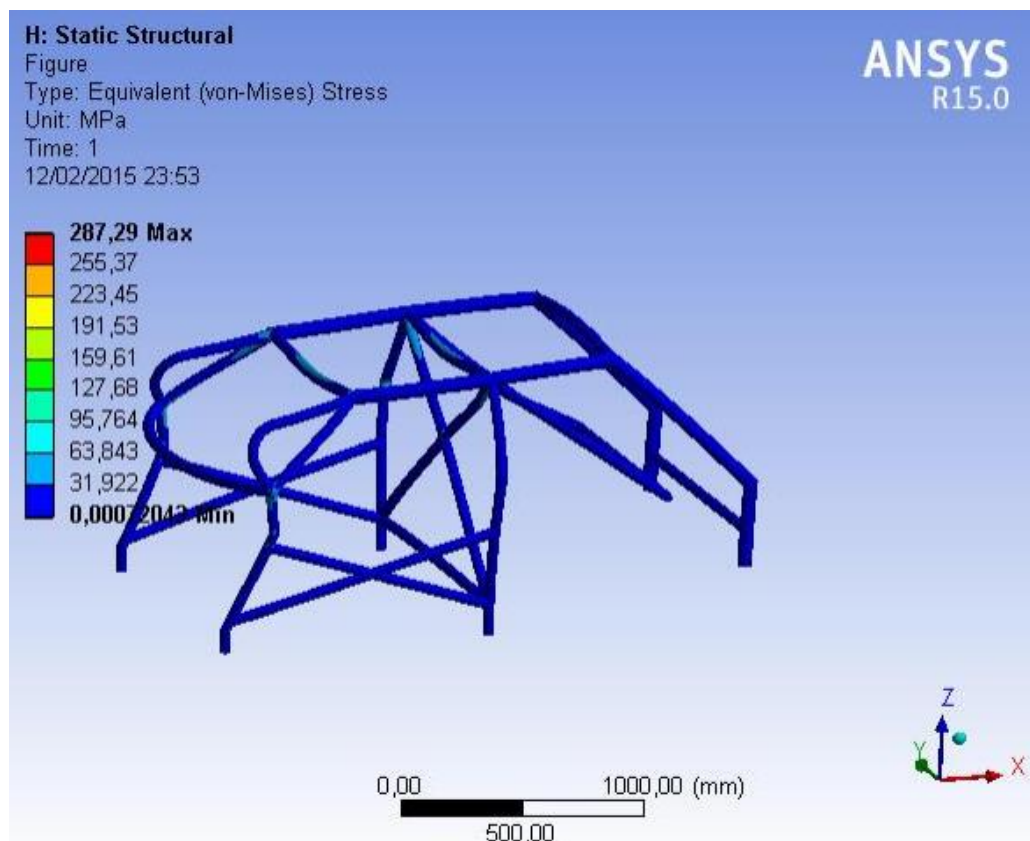


**Figura 3.13 Deformación elástica equivalente**

Del estudio se observa que la deformación elástica equivalente máxima como se muestra en la figura 3.13 es de  $1,5108e-003$  mm/mm y un valor de deformación elástica equivalente mínima de  $1,821e-08$  mm/mm

### **Esfuerzos equivalentes (von-Misses)**

Considerando que el material utilizado es un acero estructural A560 con esfuerzo ultimo de 350 MPa, se aplicó la teoría de esfuerzos equivalentes de von Misses, para determinar el esfuerzo equivalente y el posterior factor de seguridad.



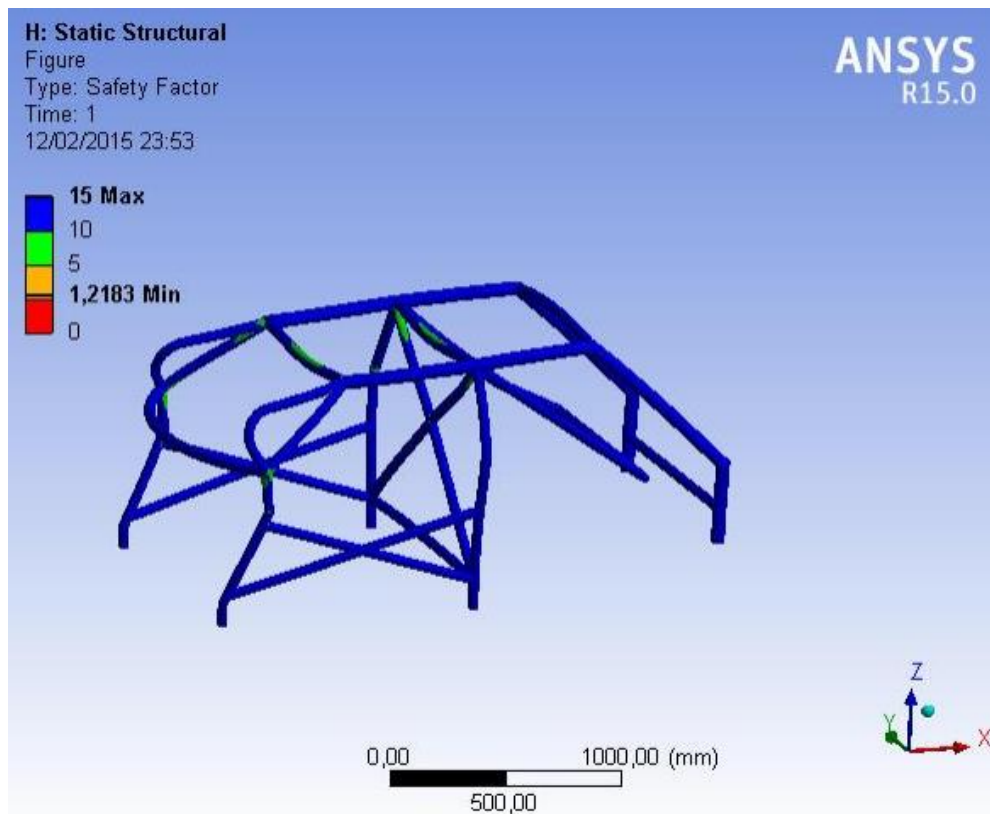
**Figura 3.14 Esfuerzo equivalente de von-Misses**

Se observa que del estudio se presenta un valor máximo del esfuerzo equivalente de Von.Misses como se muestra en la figura 3.14, de 287,29 MPa y un esfuerzo mínimo de  $7,20e-04$ MPa

#### **Factor de seguridad de la jaula de seguridad.**

Una vez establecido el esfuerzo máximo de von-Misses se procedió a establecer el factor de seguridad como se muestra en la figura 3.15, para las condiciones planteadas, cuyo valor máximo corresponde a **1,22** valor que se lo considera adecuado para las condiciones del sistema, validándose de esta manera el diseño de la jaula de seguridad.





**Figura 3.15 Factor de seguridad de la jaula de seguridad**

### **3.1.6. Proceso de manufactura de la jaula de seguridad**

Para la construcción de la jaula de seguridad nos ayudamos con el diseño planteado, se toma en cuenta los factores ya estudiados.

El material debe ser acero estructural, Acero al carbono no aleado estirado en frío sin soldadura, con un contenido máximo del 0,3% de carbono, de una resistencia mínima a la tracción de 350 N/mm<sup>2</sup>.

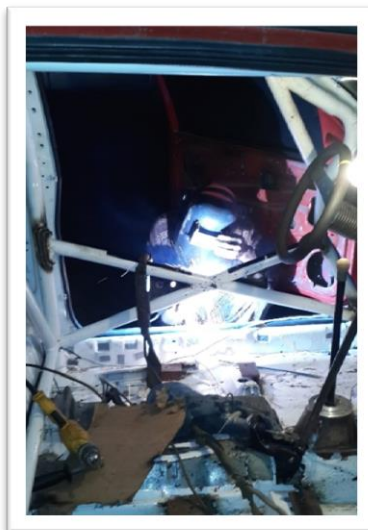
Con el tubo especificado se procedió con la construcción de la jaula de seguridad. Se empezó tomando en cuenta las medidas preestablecidas en el diseño. Ver Anexos Planos.

Se procedió a la construcción de los tubos para la jaula de seguridad cortando los tubos a las medidas establecidas y doblando cada uno de ellos como se indica en la figura 3.16.



**Figura 3.16. Doblado de tubos**

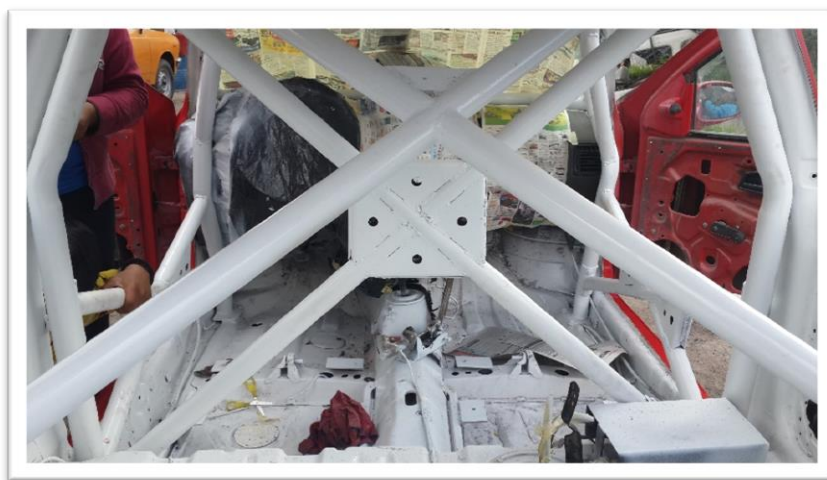
Una vez cortados y doblados los tubos, procedemos a soldar los mismos en el habitáculo del vehículo como se muestra en la figura 3.17.



**Figura 3.17. Soldadura de tubos.**

Terminada la construcción de la jaula y fijada en el habitáculo del vehículo procedemos a revisar que las medidas sean las mismas preestablecidas.

Procedemos a pintar la jaula de seguridad como se indica en la figura 3.18.



**Figura 3.18 Pintado de la jaula de seguridad**

Para la construcción de la jaula de seguridad, se toma en cuenta el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) y todos los parámetros ya antes estudiados.

### 3.1.6.1. Diagrama de procesos

**Tabla 3.4.**

#### Diagrama de procesos de construcción de la jaula de seguridad.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 1600CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2013 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR											
Método Actual <input type="checkbox"/>			Método Propuesto <input type="checkbox"/>			Fecha:					
Descripción de la parte:				Jaula de Seguridad							
Descripción de la operación:				Construcción							
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
	OPERACIONES	82	254								
	TRANSPORTE	8	16								
	INSPECCIONES	74	238							ESTUDIADO POR: RIBADENEIRA A./ TOVAR M.	
	RETRASOS	0	0								
	ALMACENAMIENTO	0	0								
DIST. RECORRIDA (Km)		7,015									
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO (horas)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición de materiales	Vehículo						7000	1	3	
2	Medición de tubos	Flexómetro						2	58	4	
3	Corte de tubos	Sierra						2	50	3	
4	Doblada de tubos	Dobladora						2	15	5	
5	Corte de platinas	Sierra						2	15	2	
6	Perforación de platinas	Taladro						1	25	3	
7	Soldadura de estructuras	GMAW-MIG						3	60	35	
8	Pulido	Amoladora						1	12	3	
9	Pintura de la jaula	Soplete						2	18	24	

### 3.2 Sistema torreta de cambio de marchas

El sistema de torreta para el cambio de marchas está pensado para aumentar la efectividad y sensibilidad en el cambio de marchas. Una palanca con recorrido original, puede hacer perder tiempo a la hora de reducir o acelerar, lo correcto para esta acción es tener un recorrido corto y que sea preciso.

Es muy importante considerar también la posición, debe ser lo más cercana al volante para no perder el tiempo en subir o bajar marcha y así mantener las dos manos en el volante lo más rápidamente posible.

El sistema de la torreta deberá ser fabricada considerando la ergonomía del piloto y las condiciones de espacio del vehículo, esta torreta sustituye la palanca de cambios original y se montará en los mismos anclajes para evitar al máximo los componentes auxiliares a diseñar, en la parte superior se ubica la propia palanca, que puede ser fabricada en diferentes materiales como aluminio macizo y pulido, el accionamiento debe ser estudiado para ser ajustado a la medida del conductor. Puede disponer de un gatillo para accionar la marcha atrás en caso de necesitarlo. En la parte inferior de la palanca, algunos sistemas accionan un cable y en la parte lateral de la torreta una bieleta que conecta otro cable.

Hay vehículos que tienen accionamiento a cable o a varillas, en todos los casos, este sistema substituye el sistema de varillas o los cables originales y débiles en otro caso.

Cada cable acciona un selector del cambio, estos son muy reforzados y montan una rótula en la punta, cada pieza móvil es ajustable al recorrido permitiendo modificar el reglaje.

## SISTEMA TORRETA DE MARCHAS

Del sistema de torreta se requiere además que:

- Sea seguro y fiable es decir resistente
- Sea cómodo y ergonómico
- Sea liviano
- Sea de bajo costo
- Que el sistema cumpla con lo dispuesto en el Art. 3, numeral 3.5 de la FEDAK elementos de seguridad obligatorios.
- Fácil reparación

Considerando los ítems anteriormente expuestos se procedió a definir la casa de la calidad y desarrollar el despliegue de la función de la calidad para el sistema de torreta de cambio de marchas que se presenta en la figura 3.19.



### 3.2.1 Análisis del despliegue de la calidad del sistema de torreta

Mediante el uso de la herramienta de la casa de la calidad fueron identificados los parámetros importantes a cumplir, así como el orden de importancia respectivo, de esta manera la ficha técnica va a contener objetivos reales y garantizar que el sistema que se conciba será el más eficiente. En el caso del sistema de la torreta los aspectos iniciales más importantes a considerar en el diseño y según el criterio de pesos ponderados de la casa de la calidad son los que indican a continuación:

**Tabla 3.5.**

**Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad del sistema de torreta de cambio de marchas.**

PRIORIDAD	PARAMETRO
1	Peso del sistema
2	El tipo y tamaño de perfiles de la torreta
3	Ergonomía para el piloto
4	Resistencia Última
5	Resistencia a la fluencia
6	Cumplimiento de las normas de la FEDAK

Una vez obtenidos y definidos los parámetros del QFD o despliegue de la casa de la calidad, se procede a establecer las especificaciones técnicas , para posteriormente definir el diagrama funcional que permitirá establecer la función principal y secundarias en el caso de existir, del sistema que constituye el sistema de torreta para el cambio de marchas.

### 3.2.2 Especificaciones Técnicas

En la tabla 3.6 se detallan las especificaciones técnicas del sistema de torreta las mismas que servirán de base para el diseño y selección de las diferentes piezas y componentes que conforman el sistema y que cumplen con los requerimientos iniciales establecidos en la voz del cliente y la voz del ingeniero.



Tabla 3.6.

## Especificaciones Técnicas de la Torreta de cambios

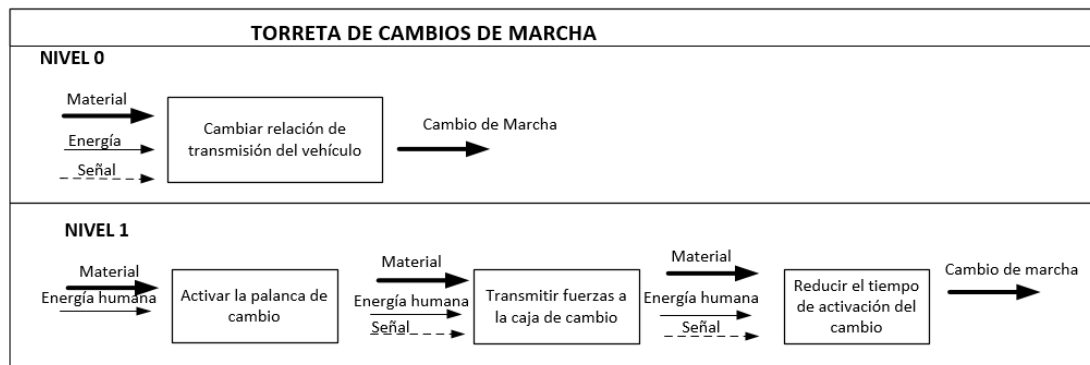
<b>EMPRESA:</b>		<b>PRODUCTO:</b>		<b>FECHA INICIAL: 05-10- 2014</b>	
<b>ESPEL</b>		<b>SISTEMA DE TORRETA</b>		<b>ULTIMA REVISIÓN: 05-10-2014</b>	
				PÁGINA 1 de 1	
<b>ESPECIFICACIONES</b>					
<b>CONCEPTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>PROPONE</b>	<b>R/D</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>FUNCIÓN</b>	05/10/2014	C + I	R	• Soportar cargas a flexión y axiales	
			R	• Torreta alta rigidez o baja deformación	
			R	• Trasmitir fuerzas de accionamiento a la caja de cambio	
			R	• Permitir acoplarse directamente con el eje de la caja de cambios	
			R	• Reducir el recorrido de la palanca de cambio de marcha.	
			R	• Ergonomía al piloto	
<b>DIMENSIÓN</b>	06/10/2014	I	R	Altura aprox: 560 mm	
				Ancho: 40 mm	
				Longitud: 35 mm	
<b>FUERZAS</b>	07/10/2104	I	R	Debe cumplir con la siguiente hipótesis: la torreta debe soportar una carga transversal de 120 N.	
<b>MATERIALES</b>	07/10/2014	C + I	R	El material debe ser acero estructural	
<b>VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO</b>	07/10/2014	C + I	R	En operación: 10 años realizar mantenimiento regular	
<b>COSTOS</b>	07/10/2014	C	D	Bajo costo	
<b>Propone: C = Cliente ; I = Ingeniería</b>					
<b>R/D: R = requerimiento; D =Deseo; MR = Modificación requerimiento; NR = Nuevo requerimiento;</b>					

## 3.2.3 Estructura funcional

Para la estructura funcional de la torreta de cambios se dividen en subtemas, los mismos que se explican a continuación:

## 3.2.3.1 Función global y subfunciones

Considerando las funciones: global y secundarias que debe cumplir el sistema de la torreta de cambios se detalla la estructura funcional que se representa en los niveles 0 y 1 respectivamente como se muestra en la figura 3.20.



**Figura 3.20 Estructura funcional de la torreta de cambios**

### Nivel 0

Se observa el nivel 0 en el que se presentan los factores en cuanto a material, energía y señal que el sistema de torreta necesita para cumplir su función global que consiste en cambiar la relación de transmisión del vehículo modificando la velocidad del vehículo y obtener el producto deseado que cumple con los requerimientos iniciales del usuario.

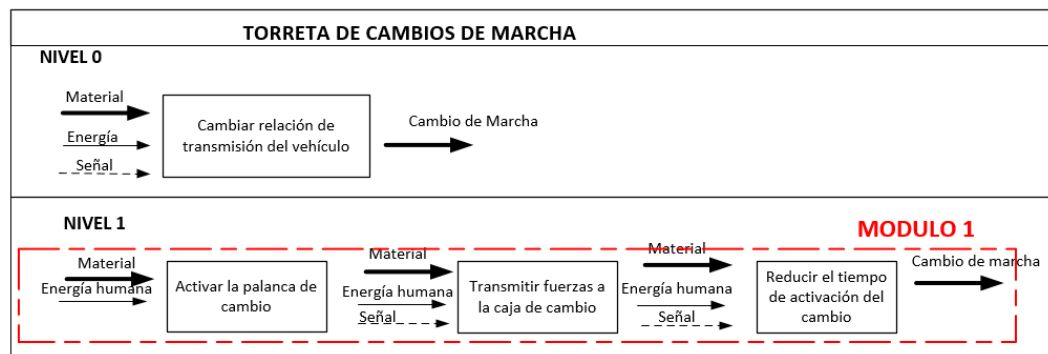
### Nivel 1.

Se detalla el nivel 1 en el que se detalla un desglose de todas las subfunciones que aportan a la obtención del sistema.

#### 3.2.3.2 División Modular

Para efecto de lograr segregar adecuadamente las soluciones que se plantearan para las subfunciones del sistema, es necesario identificar los módulos que el diagrama pueden llegar a tener como se muestra en la figura 3.21, así se busca las subfunciones que tienen objetivos comunes entre sí y se las separa, posterior a ello se encontrará la solución idónea por algún método conocido para cumplir con la subfunción.

En el presente caso se dispone de un solo modulo que aglutina la función principal y secundaria del sistema de torreta de cambios.



**Figura 3.21 Módulos de la Torreta de Cambios.**

### 3.2.4 Soluciones al módulo

El sistema de la torreta de la caja de cambios junto con sus componentes brindará, facilidades al piloto para lograr una reducción en los tiempos y sensibilidad en el cambio de marchas, siendo esta su función específica.

Para realizar un análisis de alternativas, primero hay que determinar la función de la torreta de cambios de marcha.

La tabla 3. 7 muestra los objetivos que se derivan de la función principal del sistema, los mismos que ayudan a generar las restricciones y variables.

**Tabla 3.7.**

#### Parámetros previos al diseño

<b>FUNCIÓN PRINCIPAL</b>	Cambiar relación de transmisión del vehículo
<b>RESTRICCIONES</b>	bajo peso, alta resistencia, alta rigidez,. Bajo costo
<b>OBJETIVOS</b>	Minimizar peso y optimizar espacio.
<b>VARIABLES LIBRES</b>	Seleccionar el material ideal

### 3.2.4.1 Análisis de alternativas de la torreta de cambios.

Para poder escoger la mejor alternativa, se considera algunas opciones, con sus características en una matriz morfológica, que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 3.8.**  
**Matriz morfológica para la torreta**

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
<b>Tipos de torreta</b>	<b>Cables</b>	<b>Hibrido</b>	<b>TUBULAR</b>
<b>Característica</b>			
<b>Rigidez</b>	Media	Media	Alta
<b>Resistencia</b>	Elevada	Elevada	Elevada
<b>Peso</b>	Alto	Alto	Medio
<b>Costo de material</b>	Elevado	Elevado	Bajo
<b>Mantenimiento</b>	Elevado	Elevado	Bajo

Para tener una idea más clara de que opción es la más adecuada, se realiza una matriz de ponderación, en el que el peso y la resistencia tienen un valor mayor, seguido por el costo del material; ya que son las características del material que necesitan mayor atención para llegar a cumplir con el objetivo del sistema estructural.

**Tabla 3.9.**  
**Matriz de ponderación**

MATRIZ DE PONDERACIÓN							
	TIPO	Cable		Híbrido		Tubular	
Características	Ponderación	Valoración	Calificación	Valoración	Calificación	Valoración	Calificación
Aplicación	0,05	6	0,3	6	0,3	6	0,3
Rigidez	0,1	7	0,7	7	0,7	8	0,8
Resistencia	0,3	8	2,4	8	2,4	9	2,7

CONTINÚA →

Peso (más liviano)	0,3	8	2,4	7	2,1	9	2,7
Costo del sistema	0,2	7	1,4	8	1,6	7	1,4
Costo Mantenimiento	0,05	4	0,2	8	0,4	7	0,35
	TOTAL		7,4		7,5		<b>8,25</b>

De la matriz de ponderación y considerando los criterios establecidos en la casa de calidad se selecciona el tipo de tubular como mejor opción, ya que brinda una gran rigidez, elevada resistencia, el peso del sistema y el costo del material es bajo.

### 3.2.4.2 Consideraciones para el Diseño y dimensionamiento de la torreta de cambios

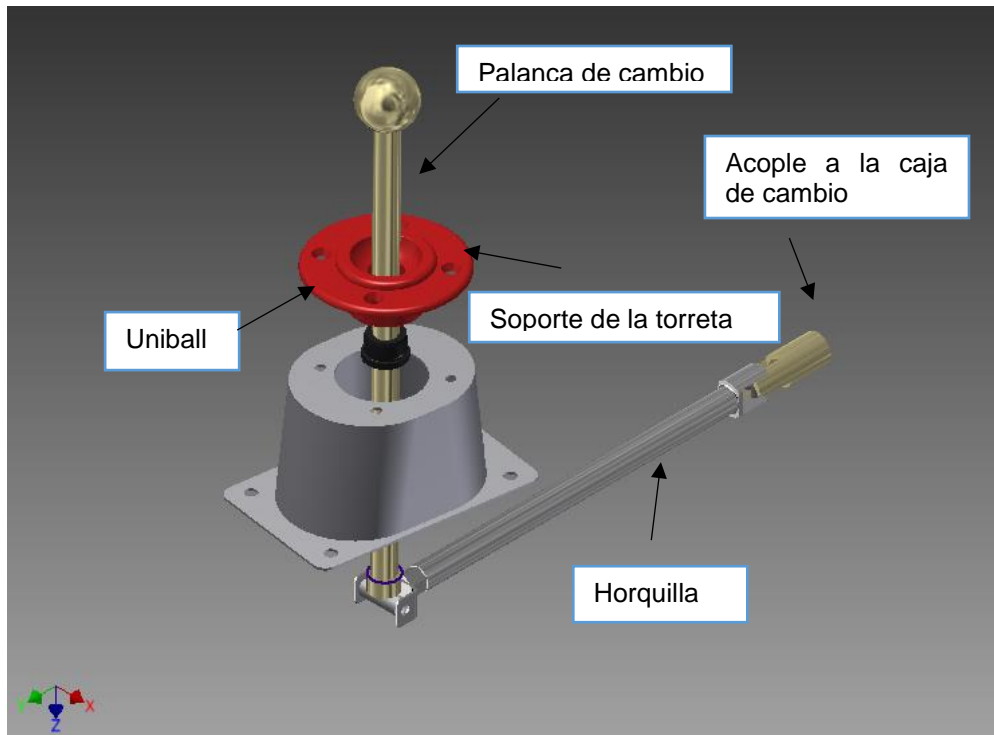
Además de los requerimientos previamente establecidos en la casa de calidad y en las especificaciones técnicas, para el diseño y dimensionamiento de la torreta de cambios hay que considerar además los siguientes parámetros:

- En el diseño del sistema se debe considerar el espacio necesario y disponible en el interior del vehículo para los componentes que integrarán el sistema.
- Debe considerarse la facilidad de acceso para el mantenimiento de los elementos del sistema.
- El sistema no debe interferir con los movimientos del piloto.
- Los elementos integrantes del sistema deben ser en lo posible estandarizados

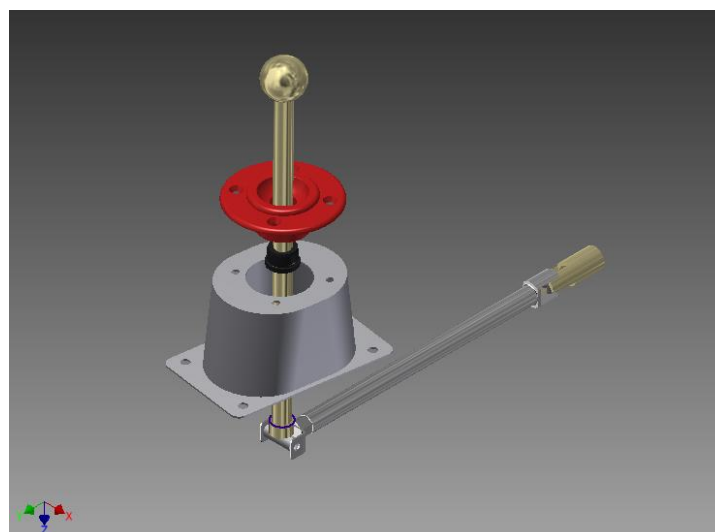
En virtud de las consideraciones de diseño y los requerimientos técnicos, se considera proyectar el diseño del sistema de torreta que estará integrado por los siguientes elementos como se muestra en la figura 3.22:

- Palanca de cambio.
- Soporte de la torreta.
- Horquilla

- Uniball
- Junta universal
- Acople a la caja de cambios.



**Figura 3.22 Elementos del sistema de torreta de cambios**



**Figura 3.23 Sistema ensamblado de Torreta de Cambios**

De los elementos antes mencionados se procederá a realizar el diseño de la palanca del sistema de la torreta y de la base del sistema como se muestra en la figura 3.23, considerando que son los elementos más críticos del sistema en virtud de las condiciones de trabajo del mismo, y además porque los otros elementos del sistema son estandarizados y se los puede seleccionar y encontrar en el mercado.

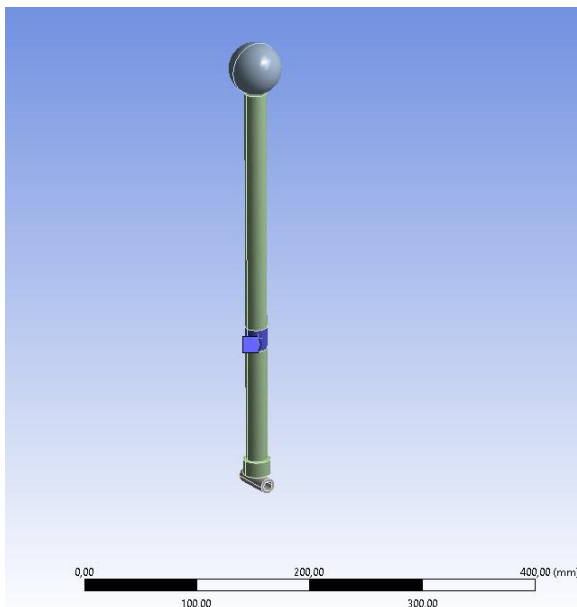
#### **3.2.4.3. Diseño de la palanca del sistema de la torreta.**

Para el diseño de la palanca de la torreta de la caja de cambios, se debe considerar la carga a aplicar en la misma, que se debe a la acción del piloto para efectuar el cambio de marchas, la misma es de 120 N., la misma que se transmitirá hacia la base del sistema de torreta.

Para la validación y diseño de la palanca del sistema de la torreta de cambio, se consideró el uso del programa de diseño asistido por computadora INVENTOR versión estudiantil, y del programa de ayuda de diseño por computadora (CAE) Ansys V15 versión demo, que permitieron desarrollar el modelo geométrico tentativo a diseñar de todo el sistema, y al cual se le procedió a realizar el análisis estructural estático de la palanca utilizando el módulo Statical Structural del programa Ansys, en el cual para el análisis respectivo, se importó la geometría CAD realizada en Inventor, y se seteo y se configuro las propiedades del material de la palanca, así como las condiciones de carga que actúan, las relaciones de contacto, el tipo de mallado, y el post procesamiento en los resultados para determinar, las deformaciones totales, los esfuerzos y factor de seguridad obtenido en el proceso que permitan validar el diseño del elemento considerado.

### Dimensionamiento de la palanca de cambios

Para el dimensionamiento de la palanca de cambios como se muestra en la figura 3.24, se consideró el espacio disponible internamente en el vehículo y la posición de la caja de cambios del vehículo.

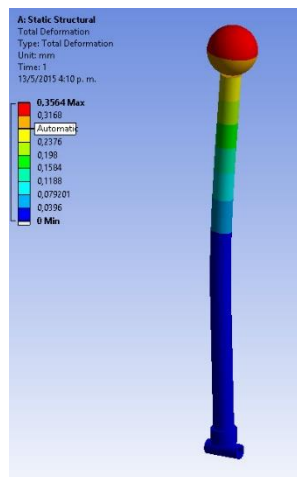


**Figura 3.24 Dimensionamiento de la palanca de cambios**

### Deformación Total de la palanca de cambios

Es la deformación que se produce en la palanca como se muestra en la figura 3.25 con respecto al punto de apoyo ubicado en la junta de revoluta o uniball que estará localizada en la parte superior de la base de la torreta y que servirá punto de pivote para el movimiento de la palanca.

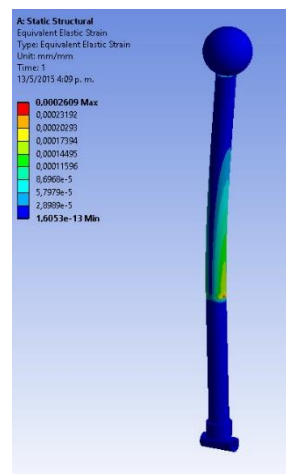




**Figura 3.25 Deformación Total en la palanca de cambios**

### Deformación Unitaria de la palanca en el eje X

Es la deformación que se obtiene en la palanca de cambios por efecto de realizar la aplicación de la carga de 120 N en la parte superior de la palanca de cambios como se muestra en la figura 3.26.

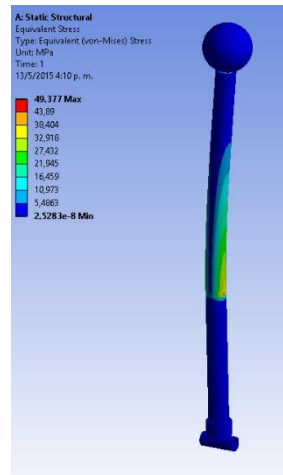


**Figura 3.26 Deformación unitaria en el eje X**

### Esfuerzos equivalentes (von-Misses)

Considerando que el material utilizado es un acero estructural A36 con esfuerzo ultimo de 250 MPa y cuyo comportamiento corresponde a los materiales elásticos, se aplicó la teoría de esfuerzos equivalentes de von

Misses como se muestra en la figura 3.27, para determinar el esfuerzo equivalente de la palanca de cambios y el posterior factor de seguridad.

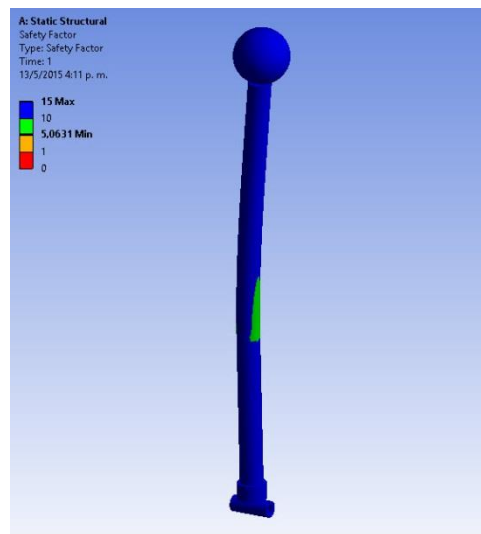


**Figura 3.27 Esfuerzo equivalente de von-Misses**

En el presente caso se obtuvo que el máximo valor del esfuerzo equivalente de von Misses fue de 49,37 MPa, y el mínimo valor es de 2,53e-8 MPa

### **Factor de seguridad de la palanca de cambios.**

Una vez establecido el esfuerzo máximo de von-Misses se procedió a establecer el factor de seguridad para las condiciones planteadas como se muestra en la figura 3.28, cuyo valor máximo corresponde a **5,06** valor que se lo considera óptimo para las condiciones de funcionamiento del sistema, validándose de esta manera el diseño de la palanca de cambios del sistema de torreta.



**Figura 3.28 Factor de seguridad de la palanca de cambios**

#### **3.2.4.4 Diseño de la base del sistema de la torreta.**

El diseño de la base del sistema de la torreta se ha realizado considerando que en la misma estará colocado el uniball que servirá como pivote para facilitar el movimiento que será transmitido hacia la horquilla y posteriormente mediante una junta universal o cruceta al acople del eje que unirá la caja de cambios produciéndose el cambio de marcha requerido.

El diseño de la base del sistema, se realizó siguiendo los pasos descritos para el diseño de la palanca de cambios, es decir mediante el programa de diseño asistido por computadora INVENTOR versión estudiantil, y del programa de ayuda de diseño por computadora (CAE) Ansys V15 versión demo, se desarrolló el modelo geométrico tentativo a diseñar, y al cual se le procedió a realizar el análisis estructural estático utilizando el módulo Statical Structural del programa Ansys, en el cual para el análisis respectivo, se importó la geometría CAD realizada en Inventor, y se seteo y se configuró las propiedades del material de la base, que el caso fue una aleación de aluminio 6063 (con una resistencia a la tracción de 280 MPa), así como las condiciones de carga que actúan, las relaciones de contacto, el tipo de mallado, y el post procesamiento en los resultados tendientes a determinar,

la deformación total, los esfuerzos equivalente de von Mises y el factor de seguridad obtenido.

### Deformación Total de la base de la torreta

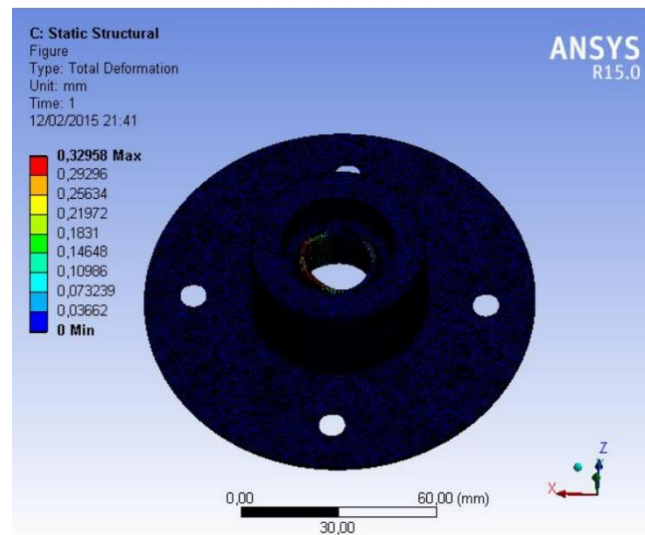
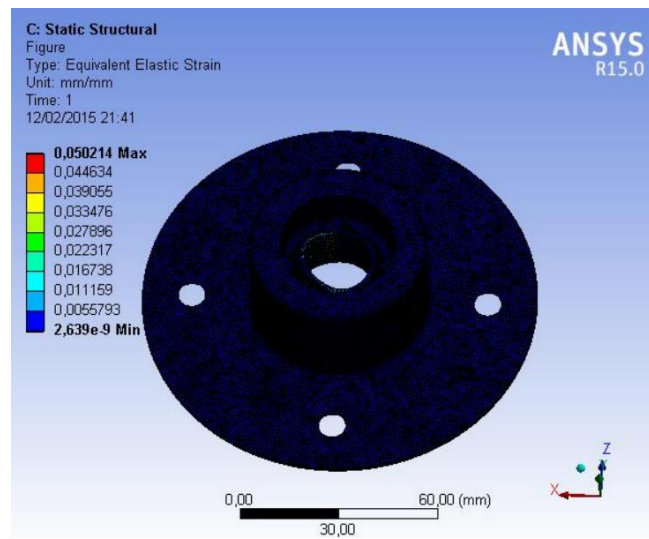


Figura 3.29 Deformación Total de la base de la torreta

### Deformación elástica equivalente

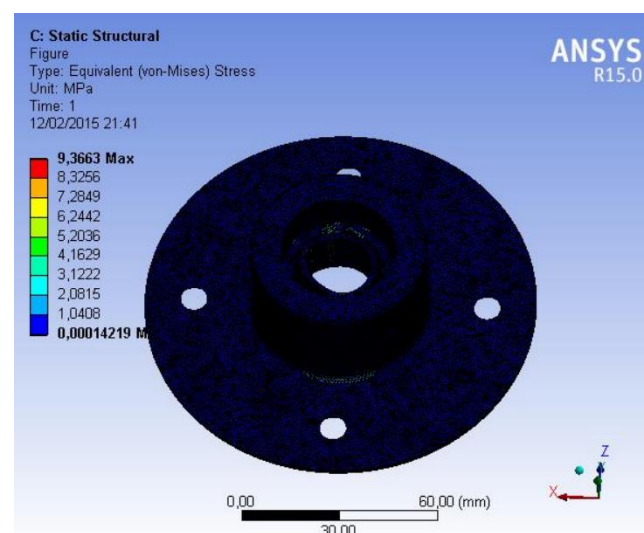
Es la deformación que se obtiene en la base de la torreta por efecto de realizar la aplicación de la carga de 120 N en la parte superior de la palanca de cambios, como se muestra en la figura 3.30 de la deformación elástica equivalente.



**Figura 3.30 Deformación Elástica equivalente**

### Esfuerzo Equivalente von Mises

Considerando que el material utilizado es una aleación de aluminio 6063 con una resistencia a la tracción de 260 MPa, se aplicó la teoría de esfuerzos equivalentes de von Mises como se muestra en la figura 3.31, para determinar el esfuerzo equivalente y el posterior factor de seguridad.

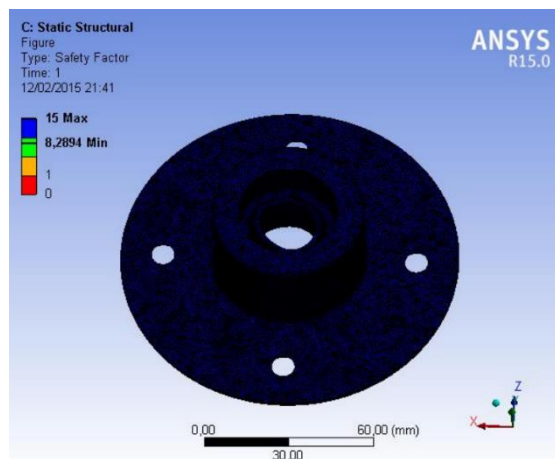


**Figura 3.31 Esfuerzo Equivalente von Mises**

En el presente caso se obtuvo que el valor máximo del esfuerzo equivalente de von Mises es de 9,36 MPa y que el valor mínimo es de 1,42e-04 MPa

### Factor de seguridad de la base de la torreta.

Una vez establecido el esfuerzo máximo de von-Misses se procedió a establecer el factor de seguridad para las condiciones planteadas, cuyo valor máximo corresponde a **8,29** valor que se lo considera óptimo para las condiciones de funcionamiento del sistema, validándose de esta manera el diseño de la base de la torreta, como se puede observar en la figura 3.32.



**Figura 3.32 Factor de Seguridad de la base de la torreta**

#### 3.2.4.5 Proceso de manufactura del sistema de torreta de marchas.

Para la construcción del sistema de torreta de marchas, nos ayudamos con el diseño planteado, se toma en cuenta los factores ya estudiados.

El material debe ser acero estructural.

Una vez que tenemos las medidas y el diseño del sistema de torreta de marchas, procedemos a sacar el sistema de cambio de marchas original como se indica en la figura 3.33.



**Figura 3.33 Desarme del sistema de cambios original.**

Una vez sacado el sistema original, procedemos a la construcción e instalación del sistema de torretas de marchas como se muestra en la figura 3.34, verificamos que cumplan con las medidas preestablecidas en el diseño.



**Figura 3.34 Torreta de marchas terminada.**

#### **3.2.4.5.1 Diagrama de proceso del sistema de torreta de marchas.**

##### **Torreta de Marchas.**

Para la construcción de la torreta de marchas se toma en cuenta el sistema más confiable y ergonómico, también se tiene en cuenta el reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

**Tabla 3.10.**  
**Diagrama de procesos de la construcción de la torreta de marchas.**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHICULO VOLKSWAGEN GOL 1600CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2013 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR											
Método Actual			Método Propuesto			Fecha:					
Descripción de la parte:			Torreta de Marchas								
Descripción de la operación:			Construcción								
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
○	OPERACIONES	10,45	39								
→	TRANSPORTE	3	5								
□	INSPECCIONES	10,45	39								ESTUDIADO POR: RIBADENEIRA A./ TOVAR M.
⌒	RETRASOS	1	7								
▽	ALMACENAMIENTO	3	5								
DIST. RECORRIDA (Km)		4.017									
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO (horas)	CALCULO DE TIEMPO/COS
1	Desmontaje del sistema original	Herramientas	●	→	■	⌒	▽	2	1	1	
2	Adquisición de materiales	Vehículo	●	→	■	⌒	▽	4000	5	3	
3	Toma medidas de	Flexómetro	●	→	■	⌒	▽	1	3	1	
4	Corte de tubos	Sierra	●	→	■	⌒	▽	2	3	0,30	
5	Corte de platinas	Sierra	●	→	■	⌒	▽	2	8	1	
6	Soldadura de tubos	GMAW	●	→	■	⌒	▽	2	5	1	
7	Soldadura de platinas	GMAW	●	→	■	⌒	▽	2	10	1	
8	Perforación de platinas	Taladro	●	→	■	⌒	▽	1	4	0,30	
9	Pintura de la base	Soplete	●	→	■	⌒	▽	1	1	0,15	
10	Torneado de la palanca	Torno	●	→	■	⌒	▽	1	1	0,30	
9	Ensamble del sistema	Herramientas	●	→	■	⌒	▽	3	7	1	

### 3.3 Sistema de extintor centralizado

El sistema del extintor centralizado debe garantizar la seguridad del piloto y del copiloto, para lo cual deberá cumplir con la normativa Art. 5, literal a) de la FEDAK elementos de seguridad obligatorios que indica que debe ser mínimo de dos kilogramos de peso y debe estar ubicado de



manera tal que la instalación de repartidores de cañería este dirigida hacia el motor y hacia el piloto en el habitáculo debiendo activarse por el piloto sentado en el asiento con los cinturones de seguridad puestos y ajustados. Deberá estar señalado en el vehículo el lugar donde está el botón de accionamiento con una letra E de color rojo sobre un círculo blanco y una flecha que indique su ubicación.

## SISTEMA DEL EXTINTOR CENTRALIZADO

Se requiere además que el sistema centralizado:

- Sea seguro y fiable
- Sea liviano
- Sea de bajo costo
- Sea fácil de manejar
- Que el sistema cumpla con lo dispuesto en el Art. 5, letar l a) de la FEDAK elementos de seguridad obligatorios.
- Fácil reparación y mantenimiento
- Que no sea tóxico.

Considerando los ítems anteriormente expuestos se procedió a definir la casa de la calidad y desarrollar el despliegue de la función de la calidad para el sistema del extintor centralizado que se presenta en la figura 3.35.

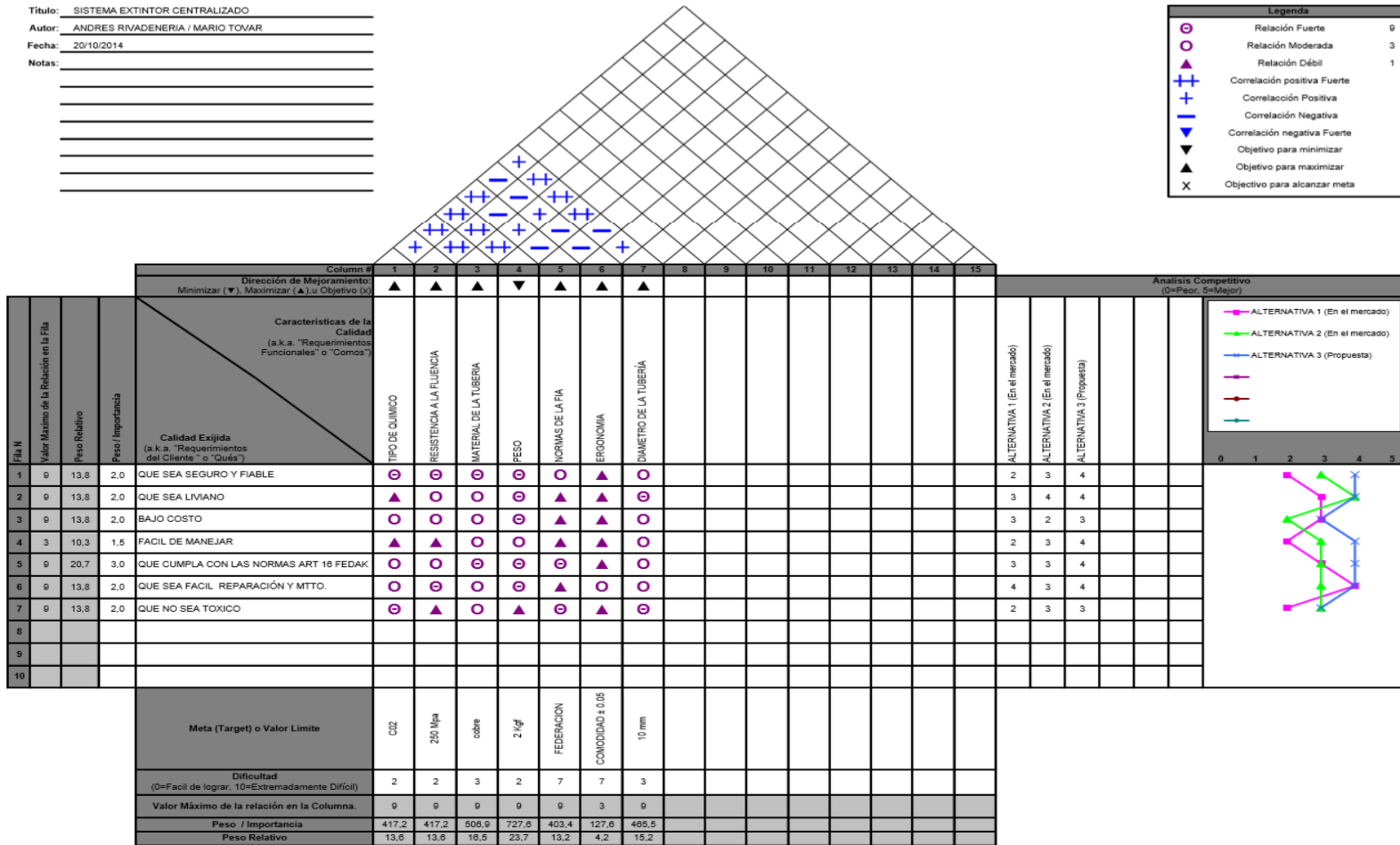


Figura 3.35 Casa de calidad para el sistema extintor centralizado

### 3.3.1 Análisis del despliegue de la calidad del sistema extintor centralizado

Mediante el uso de la herramienta de la casa de la calidad se identificó los parámetros importantes a cumplir, así como el orden de importancia respectivo, de esta manera la ficha técnica va a contener objetivos reales y que garantiza que el sistema que se conciba será el más eficiente.

En el caso del sistema extintor centralizado los aspectos iniciales más importantes a considerar en el diseño y según el criterio de pesos ponderados de la casa de la calidad son:

**Tabla 3.11.**

**Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad del sistema de extintor centralizado.**

PRIORIDAD	PARAMETRO
1	Peso del sistema, Mínimo 2 Kg.
2	Material de la tubería
3	Diámetro de la tubería.
4	El tipo de químico, y resistencia a la fluencia
5	Cumplimiento de las normas de la FEDAK
6	Ergonomía

Una vez obtenidos los parámetros del QFD, se procede a establecer las especificaciones técnicas a partir de las cuales se obtiene el diagrama funcional y determinar la función principal y secundaria del sistema que constituye el sistema extintor centralizado.

### 3.3.2 Especificaciones Técnicas

En la Tabla 3.12 se detallan las especificaciones técnicas que debe cumplir el sistema del extintor centralizado y que servirán de base para el diseño y selección de los componentes del sistema y que cumplen con los requerimientos iniciales establecidos.

Tabla 3.12.

## Especificaciones Técnicas del Sistema Extintor Centralizado

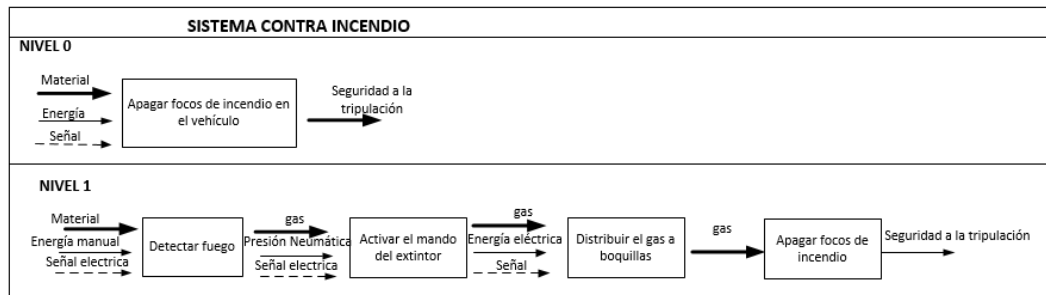
EMPRESA:		PRODUCTO:		FECHA INICIAL: 20-10-2014
ESPEL		EXTINTOR CENTRALIZADO		ULTIMA REVISIÓN: 20-10-2014
				PÁGINA 1 de 1
ESPECIFICACIONES				
CONCEPTO	FECHA	PROPONE	R/D	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	20/10/2014	C + I	R	• Soportar cargas a impacto
			R	• Cañerías resistentes al calor
			R	• Seguridad al piloto, copiloto
			R	• Componente del material del extintor que no sea tóxico para los ocupantes
			R	• Extintor multipropósito de polvo químico seco (Fosfatmonoamonio al 75%) o CO2
DIMENSIÓN	20/10/2014	I	R	Altura: 510 mm con válvula Diámetro: 117 mm
PRESIÓN DE TRABAJO	20/10/2014	I	R	195 Psi / 1,34 MPa.
CAPACIDAD MÍNIMA	20/10/2014	C+I	R	2Kg
TIEMPO DE DESCARGA (SEG)	20/10/2014	I	R	10 seg.
TEMPERATURA DE TRABAJO	20/10/2014	I	R	-40 ° C a 60 ° C
AGENTE EXTINTOR	20/10/2014	I	R	CO2 ó Fosfatmonoamonio al 75% y otras sales pulverizadas (ABC)
MATERIALES	20/10/2014	I	R	El recipiente debe ser resistente al fuego, impactos y que soporte la presión interna del refrigerante
VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO	20/10/2014	C + I	R	En operación: 1 año. realizar mantenimiento regular
COSTOS	20/10/2014	C	D	Bajo costo
Propone: C = Cliente ; I = Ingeniería				
R/D: R = requerimiento; D =Deseo; MR = Modificación requerimiento; NR = Nuevo requerimiento;				

## 3.3.3 Estructura funcional

Para la estructura funcional de la torreta de cambios se dividen en subtemas, los mismos que se explican a continuación:

## 3.3.3.1 Función global y subfunciones

Considerando las funciones: global y secundarias que debe cumplir el sistema del extintor se detalla la estructura funcional que se representa en el niveles 0 y 1 representados en la figura 3.36.



**Figura 3.36. Estructura Funcional del Sistema Extintor centralizado**

#### Nivel 0.

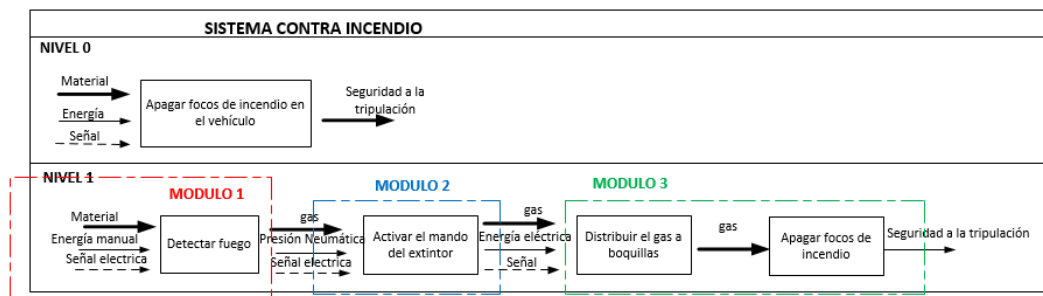
En el nivel 0 los factores en cuanto a material, energía y señal que el sistema extintor necesita para cumplir su función global de apagar focos de incendio en el vehículo y obtener el producto deseado que cumpla con los requerimientos iniciales de prestar la seguridad a la tripulación del vehículo.

#### Nivel 1.

En el nivel 1 en el que se hace un desglose de todas las subfunciones que aportan a cumplir con la función principal y que permiten proyectar y obtener el sistema

#### 3.3.3.2 División Modular

En el presente caso la división modular está constituido por tres módulos en que se considera las subfunciones que se detallan en el nivel 1 y que servirá de guía para estructurar los componentes del sistema contra incendio como se muestra en la figura 3.37 de módulos del sistema de extintor centralizado.



**Figura 3.37 Módulos del sistema extintor centralizado**

### 3.3.3.2.1 Solución al módulo 1

Para el desarrollo de las soluciones o alternativas al módulo 1, se considera que en el mismo se debe usar sensores de temperatura ubicados en el interior del motor, y cerca al tanque de combustible, lugares que podrían ser fuentes de posibles incendios, los mismos se encargarán de emitir una señal luminosa para activar el botón de accionamiento E que estará ubicado en el panel del piloto.

### 3.3.3.2.2 Solución al módulo 2

La solución al módulo 2, que tiene la subfunción de activar el mando del extintor, será de tipo manual y consiste en un pin de seguridad, pasador o tope que evita que se accione de manera accidental, montado sobre un pulsador, una vez retirado este seguro en el momento de la competencia normalmente tirando de una anilla o solapa, el extintor está listo para su uso y para activarse en el momento de una emergencia, este dispositivo será activado mediante un cable de acero galvanizado de hilos de BTT de 5 mm de diámetro, utilizado como elemento del sistema de frenado de las bicicletas montaÑeras

### **3.3.3.2.3 Solución al módulo 3**

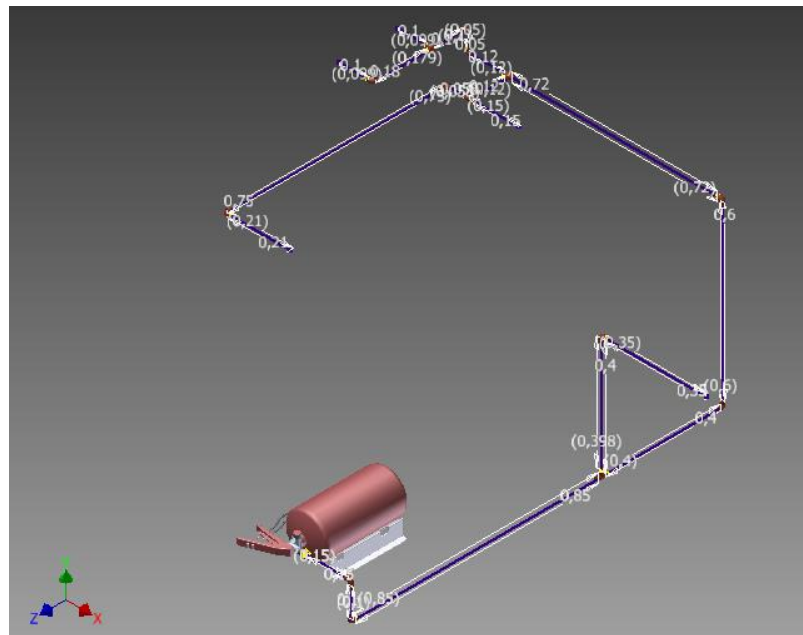
La solución al módulo 3, que tiene la subfunción de conducir el gas (Fosfatmonoamonio al 75% y otras sales pulverizadas ABC) desde el extintor a las boquillas para apagar los posibles incendios. Este sistema por requerimientos de las normas FEDAK deben ubicar las boquillas y cañerías de manera tal que la instalación de repartidores de cañería este dirigida hacia el motor y hacia el piloto en el habitáculo debiendo activarse por el piloto sentado en el asiento con los cinturones de seguridad puestos y ajustados.

En el presente caso además se agregó, como medida de seguridad adicional boquillas de distribución hacia el tanque de gasolina y al puesto del copiloto.

### **3.3.3.3 Configuración geométrica del sistema**

Una vez establecida las soluciones a los módulos que integran el sistema del extintor, se procede a la configuración dimensional y geométrica del sistema en función de: el espacio disponible dentro del vehículo, la ergonomía del piloto, la ubicación de los asientos del piloto y del copiloto, la ubicación de las boquillas de descarga para el motor y el tanque de gasolina.

Considerando las características anteriores y los requerimientos de la Norma FEDAK la ubicación del extintor estará en la parte posterior del asiento del piloto colocada de forma horizontal, como se observa en la figura 3.38.



**Figura 3.38 Configuración geométrica del sistema contra incendios**

### 3.3.3.4 Proceso de manufactura

Para la construcción del sistema de Extintor centralizado, nos ayudamos con el diseño planteado, se toma en cuenta los factores ya estudiados.

Para la selección de materiales, debemos seleccionar un recipiente que debe ser resistente al fuego, impactos y que soporte la presión interna del refrigerante, también debemos basarnos en el reglamento de la FEDAK.

Una vez desarrollado el diseño, procedemos a cortar las mangueras del sistema como se muestra en la figura 3.39, tomando en cuenta las medidas antes obtenidas.

Colocamos la base del extintor en el habitáculo del vehículo.





**Figura 3.39 Corte de mangueras.**

Procedemos a la instalación del sistema como se muestra en la figura 3.40, basándonos en el diseño, una vez terminado el mismo procedemos a las respectivas pruebas de funcionamiento.



**Figura 3.40 Instalación del sistema de extintor centralizado**









































#### **3.3.3.4.1 Diagrama de procesos del sistema de extintor centralizado.**

Para realizar este sistema, debemos basarnos en el reglamento de la FEDAK, el mismo que dice lo siguiente: Mínimo de dos kilogramos de peso con la instalación de repartidores de cañería hacia el motor y hacia el piloto en el habitáculo debiendo activarse por el piloto sentado en el asiento con

los cinturones de seguridad puestos y ajustados. Deberá estar señalado en el vehículo el lugar donde está el botón de accionamiento con una letra E de color rojo sobre un círculo blanco y una flecha que indique su ubicación.

**Tabla 3.13.**

**Diagrama de procesos sistema de extintor centralizado.**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 1600CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2013 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR											
Método Actual			Método Propuesto			Fecha:					
Descripción de la parte:						Sistema de extintor centralizado					
Descripción de la operación:						Construcción					
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA				ANÁLISIS	
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
	OPERACIONES	8,45	66								
	TRANSPORTE	3	9								
	INSPECCIONES	5,45	57					ESTUDIADO POR: RIBADENEIRA A./ TOVAR M.			
	RETRASOS	3	20								
	ALMACENAMIENTO	3	9								
DIST. RECORRIDA (Km)		5,007									
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO (horas)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición de materiales	Vehículo						5000	9	3	
2	Toma de medidas	Flexómetro						2	8	0,30	
3	Corte de mangueras	Sierra						1	12	1	
4	Perforación de base del extintor	Taladro						1	4	0,30	
5	Sujeción de manilla de activación	Pernos						1	1	0,15	
6	Ensamblaje del sistema	Herramientas						1	20	3	
8	Sujeción de manguera	Abrazaderas						1	12	0,3	

**3.4 Sistema de freno de mano.**

El sistema del freno de mano está pensado para aumentar la efectividad y sensibilidad en el frenado del vehículo ante situaciones de peligro que se pueden presentar en el manejo y como ayuda en la conducción del vehículo al permitir el bloqueo de las ruedas posteriores y tomar las curvas de manera correcta.

Se constituye, además, en un freno de socorro que permite la parada del vehículo en el caso de que falle el sistema de freno de servicio que dispone de manera normal el vehículo. El conductor deberá conseguir la frenada desde el asiento y controlando el volante al menos con una mano.

Según especificaciones de la reglamentación técnica del Reglamento General de Rally 2014 en su Art. 3 numeral 3.7, se establece que el freno de mano se permite modificar por uno hidráulico y/o cambiar su posición.

Además el freno de mano mecánico se puede reemplazar por un sistema hidráulico, para lo cual deberá estar ubicado en el túnel central, en la misma ubicación del freno de mano.

#### SISTEMA DE FRENO DE MANO HIDRÁULICO.

Se requiere además que el sistema:

- Sea seguro y fiable es decir resistente
- Sea ergonómico
- Sea liviano
- Sea de bajo costo
- Que el sistema cumpla con lo dispuesto en el Art. 3, numeral 3.7 de la FEDAK elementos de seguridad obligatorios.
- Fácil reparación y mantenimiento.

Considerando los ítems anteriormente expuestos se procedió a definir la casa de la calidad y desarrollar el despliegue de la función de la calidad para el sistema de freno de mano hidráulico que se presenta en la figura 3.41.



### 3.4.1 Análisis del despliegue de la calidad del sistema freno de mano hidráulico.

Mediante el uso de la herramienta de la casa de la calidad se ha identificado los parámetros importantes a cumplir, así como el respectivo orden de importancia, de esta manera la ficha técnica va a contener objetivos reales que garanticen que el sistema que se proyecte será el más eficiente.

En el caso del sistema del freno de mano hidráulico, los aspectos iniciales más importantes a considerar en el diseño y según el criterio de pesos ponderados de la casa de la calidad son los que indican a continuación:

**Tabla 3.14.**

**Orden de prioridades según las ponderaciones de la casa de la calidad del sistema de freno de mano hidráulico.**

PRIORIDAD	PARAMETRO
1	Peso del sistema, debe ser liviano
2	El tipo y tamaño de elementos del sistema de freno.
3	Ergonomía para el piloto
4	Resistencia última
5	Resistencia a la fluencia
6	Cumplimiento de las normas de la FEDAK

Determinado los parámetros del QFD o despliegue de la casa de la calidad, se procede a establecer las especificaciones técnicas y obtener el diagrama funcional que permitirá determinar la función principal y secundaria del sistema que constituye el sistema de freno de mano hidráulico.

### 3.4.2 Especificaciones Técnicas

En la tabla 3.15 se detallan las especificaciones técnicas del freno de mano las mismas que servirán de base para el diseño y selección de los diferentes componentes que integran el sistema y que cumplen con los

requerimientos iniciales establecidos en la voz del cliente y la voz del ingeniero.

**Tabla 3.15.**

**Especificaciones Técnicas del Freno de Mano Hidráulico**

<b>EMPRESA:</b>  ESPEL		<b>PRODUCTO:</b>  FRENO DE MANO HIDRÁULICO		<b>FECHA INICIAL:</b> 25-10- 2014 <b>ULTIMA REVISIÓN:</b> 25-10-2014
				PÁGINA 1 de 1
<b>ESPECIFICACIONES</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>PROPONE</b>	<b>R/D</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
FUNCIÓN	25/10/2014	C + I	R	• Soportar cargas combinadas a flexión y axial
			R	• Transmitir la presión desde el cilindro maestro a los cilindros del caliper de las ruedas posteriores.
			R	• Respuesta inmediata al momento de la activación manual
			R	• Permitir acoplarse indirectamente desde el cilindro maestro a los cilindros de simple efecto en las ruedas posteriores
			R	• Ergonomía al piloto
DIMENSIÓN	25/10/2014	I	R	Varias
FUERZAS	26/10/2104	I	R	Debe cumplir con la siguiente hipótesis: el sistema de freno debe garantizar una fuerza necesaria para soportar el 30% del peso del vehículo en el momento de frenado
MATERIALES	26/10/2014	C + I	R	El material debe ser acero estructural. Tubería cobreado galvánico
VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO	26/10/2014	C + I	R	En operación: 5 años realizar mantenimiento regular
COSTOS	27/10/2014	C	D	Bajo costo

Propone: C = Cliente ; I = Ingeniería

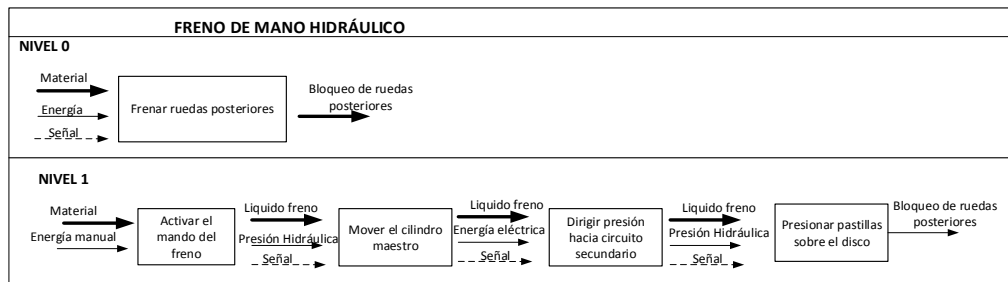
R/D: R = requerimiento; D =Deseo; MR = Modificación requerimiento; NR = Nuevo requerimiento;

**3.4.3 Estructura funcional**

Para la estructura funcional del freno de mano hidráulico se dividen en subtemas, los mismos que se explican a continuación:

### 3.4.3.1 Función global y subfunciones

Considerando las funciones: global y secundarias que debe cumplir el sistema del freno de mano se detalla la estructura funcional que se representa en los niveles 0 y 1 respectivamente, detallados en la figura 3.42.



**Figura 3.42 Estructura Funcional del freno de mano hidráulico.**

Nivel 0.

En el nivel 0 en el que se presentan los factores en cuanto a material, energía y señal que el freno de mano hidráulico necesita tener para cumplir su función global (Frenar las ruedas posteriores).

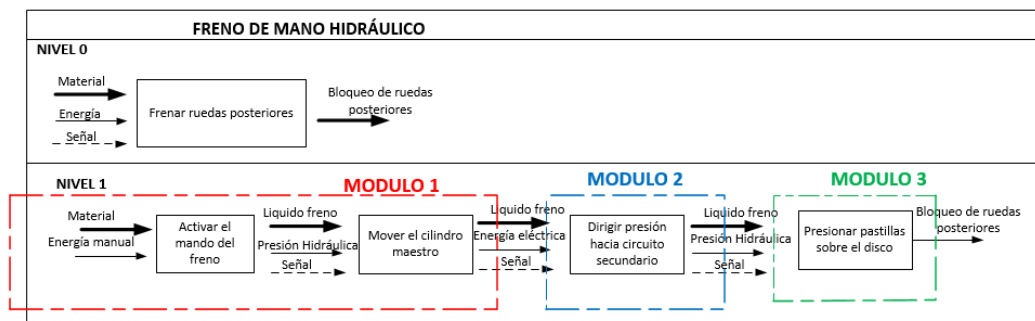
Nivel 1.

En el nivel 1 en el que se hace un desglose de todas las funciones que aportan a la obtención del sistema.

### 3.4.3.2 División Modular

Para efecto de lograr discriminar adecuadamente las soluciones que se plantearan para las subfunciones del sistema es necesario identificar los módulos que los diagramas pueden llegar a tener como se muestra en la figura 3.43, así se busca las subfunciones que tienen objetivos comunes entre sí y se las separa, posterior a ello se encontrará por algún método conocido la solución idónea para cumplir con la subfunción.

En el presente caso se dispone de tres módulos que incluyen las funciones detalladas en el nivel 1.



**Figura 3.43 Módulos del freno de mano**

### 3.4.3.2.1 Solución al módulo 1

Para el desarrollo de la solución o alternativas al módulo 1, se considera que en el mismo se activará de forma manual, sin la presencia de dispositivos de control electrónicos o eléctricos en función a los requerimientos del usuario, para el efecto se utilizará una palanca muy parecida al sistema de la torreta de cambios.

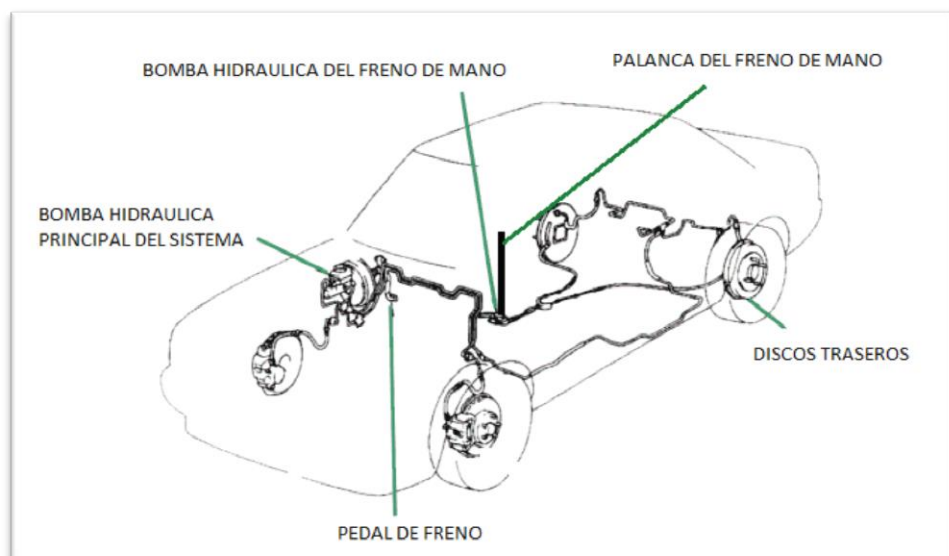
### 3.4.3.2.2 Solución al módulo 2

La solución al módulo 2, que tiene la subfunción de dirigir o conducir la presión hacia el circuito secundario puede presentar varias alternativas de solución que pueden ser; el uso de válvulas direccionales activadas eléctricamente por solenoide, por válvulas direccionales comandadas o pilotadas externamente por la presión propia del fluido, o válvulas comandadas manualmente. El uso de válvulas direccionales activadas eléctricamente requiere la utilización de un circuito eléctrico de control.



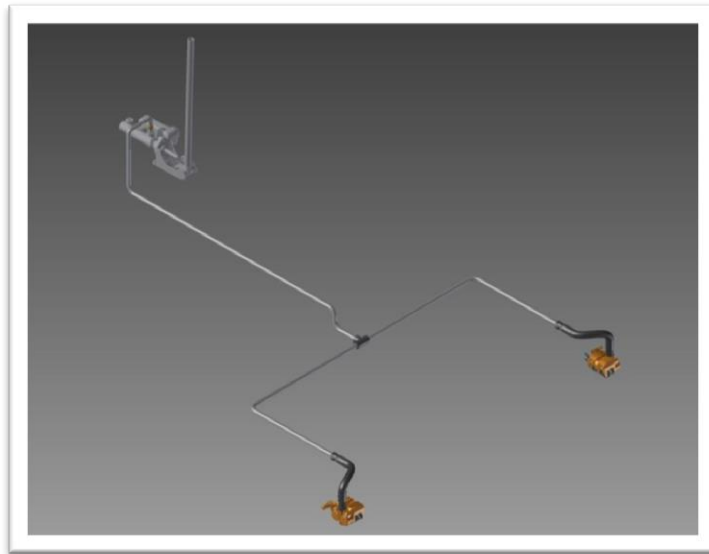
### 3.4.3.2.3 Solución al módulo 3

La solución al módulo 3, cuya subfunción consiste en aprovechar la presión que se genera en el sistema hidráulico por efecto de la bomba, para activar o mover mediante la aplicación de una fuerza hidrodinámica que actúa sobre los cilindros o actuadores montados en el caliper y que se presiona contra el disco de la rueda produciendo el frenado de la ruedas posteriores, está conformada por un freno de discos montados sobre el tambor de las ruedas posteriores como se muestra en la figura 3.44.



**Figura 3.44 Diagrama del sistema de freno de mano hidráulico.**

Como elemento que permite llevar la presión generada por la bomba a los diferentes receptores, se utilizarán cañerías que se caracterizan porque pueden ser tuberías rígidas y metálicas, que se convierten en flexibles cuando pasan del bastidor a los elementos receptores de presión como se muestra en la figura 3.45 del diagrama de freno de mano hidráulico.



**Figura 3.45 Diagrama del freno de mano hidráulico realizado en el vehículo**

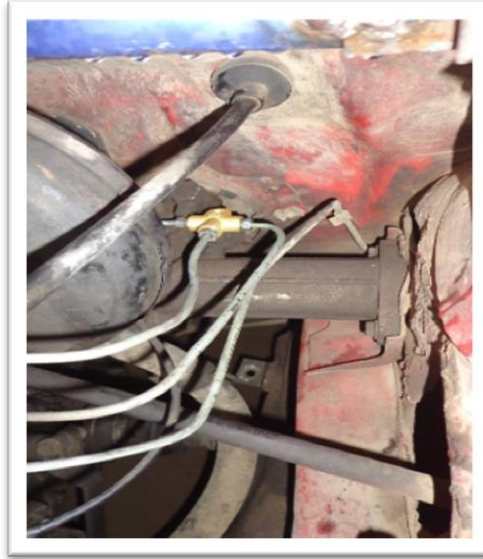
#### **3.4.4. Proceso de manufactura del sistema hidráulico de freno de mano.**

Para la construcción del sistema hidráulico de mano, nos ayudamos con el diseño planteado, se toma en cuenta los factores ya estudiados.

El material a utilizarse en este sistema debe ser acero estructural y Tubería cobreado galvánico.

Una vez desarrollado el diseño, procedemos a cortar la tubería del sistema tomando en cuenta las medidas antes obtenidas.

Construimos la base de la palanca y de la bomba para el freno de mano, doblamos y conectamos todas las mangueras de cobre hacia todo el sistema, como se indica en la figura 3.46.



**Figura 3.46 Mangueras de cobre del sistema.**

Procedemos a la instalación del sistema basándonos en el diseño como se indica en la figura 3.47, una vez terminado el mismo procedemos a las respectivas pruebas de funcionamiento.



**Figura 3.47. Instalación del freno de mano.**

### 3.4.5. Diagramas de procesos del sistema hidráulico de freno de mano.

Tabla 3.16.

#### Diagrama de procesos del sistema de freno de mano hidráulico.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHICULO VOLKSWAGEN GOL 1600CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2013 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR											
Método Actual			Método Propuesto			Fecha:					
Descripción de la parte:				Freno de mano hidráulico							
Descripción de la operación:				Construcción							
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA				ANALISIS	
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
	OPERACIONES	18,45	103								
	TRANSPORTE	3	8								
	INSPECCIONES	15,45	95							ESTUDIADO POR: RIBADENEIRA A./ TOVAR M.	
	RETRASOS	4	15								
	ALMACENAMIENTO	3	8								
DIST. RECORRIDA (Km)		7,018									
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO (horas)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Desmontaje del sistema original	Herramientas						2	1	1	
2	Adquisición de materiales	Vehículo						7000	8	3	
3	Toma de medidas	Flexómetro						1	17	2	
4	Corte de tubos	Sierra						2	27	1	
5	Doblado de tubos	Dobladora						2	7	2	
6	Avellanado de tubos	Puntas para avellanar						3	16	3	
7	Corte de platinas	Sierra						1	3	1	
8	Perforación de platinas	Taladro						1	4	0,30	
9	Corte de ejes	Sierra						1	2	0,15	
10	Soldado de platinas	GMAW						1	3	0,30	
11	Pintura de palanca y bases	Pistola de pintura						1	3	0,30	
12	Ensamblaje del sistema	Herramientas						3	15	4	

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS, PROTOCOLO DE PRUEBA Y COSTOS

#### 4.1. Análisis de la jaula de seguridad

Partiendo del reglamento de la Federación Ecuatoriana de automovilismo y Kartismo FEDAK pudimos obtener las siguientes especificaciones para la construcción de la jaula de seguridad:

- Para el tipo de material a utilizarse en la jaula de seguridad el reglamento dicta que debe ser de tubo estructural negro de 2 milímetros de espesor como mínimo, el mismo que cuenta con un esfuerzo mínimo a la tracción de 310 MPA, para el diseño y construcción de la jaula de seguridad el material utilizado es un acero A560 con un esfuerzo mínimo a la tracción de 350 MPa siendo mayor que el recomendado en el reglamento.
- En el arco central de jaula de seguridad el reglamento dicta que el diámetro del tubo no debe ser menor a 1"7/8 de pulgada, en el proyecto se utilizó tubo de 2" para la construcción del arco central.
- La jaula de seguridad deberá tener como mínimo 6 anclajes de fijación al piso con placas de 3 milímetros de espesor como mínimo y tener 3 pernos de fijación al piso por cada placa como mínimo y los pernos deben ser de grado 8, en el proyecto la jaula de seguridad cuenta con 6 anclajes con placas de 5mm con 3 pernos de grado 8 cada una para la fijación.
- En las partes de las puertas delanteras, la jaula de seguridad debe tener la barra lateral de protección para las piernas y cadera en ambos lados del vehículo con la finalidad de garantizar la misma resistencia estructural al impacto, la jaula de seguridad diseñada y construida cuenta con dos tubos en forma de x en cada lado de las puertas para la protección y seguridad de los ocupantes.

- Para realizar el estudio estructural de la jaula de seguridad, es necesario establecer las condiciones de carga a las que estará sometido la jaula de seguridad, partiendo que el reglamento de la FEDAK no menciona ninguna carga para el estudio estructural de la misma, se consideró la aplicación de una carga puntual de 5000 Newton, la misma que corresponde a 1,25 (se toma en cuenta el peso del vehículo y un 25% más del peso de la jaula) veces el peso del vehículo (8750 N) dividido para dos (se divide para dos porque se cuenta con dos arcos centrales en la jaula de seguridad).
- Una vez obtenido el factor de seguridad de la jaula, el mismo que es de un valor que corresponde a 1,22, el mismo que se lo considera adecuado para las condiciones del sistema, validándose de esta manera el diseño de la jaula de seguridad.

#### **4.2. Análisis de la torreta de marchas**

Para el diseño y construcción de la torreta de marchas, primero partimos del reglamento de la FEDAK, luego nos basamos en la fiabilidad y en ergonomía del piloto, obteniendo como resultados los siguientes datos:

- En el reglamento de la FEDAK no se encontró ninguna restricción en cuanto al sistema de torreta de cambio de marchas, es por este motivo que tuvimos libre elección para un diseño apropiado para el vehículo.

Para el tema de fiabilidad, realizamos el estudio estructural para el análisis de cargas, basándonos en dos elementos que son los que más cargas van a soportar, primero se realizó el estudio en la palanca de cambios, en el cual se utilizó un acero estructural A36 con esfuerzo último a la tracción de 250 MPa, obteniendo un factor de seguridad de 5,06, valor que se lo considera óptimo para las condiciones de funcionamiento del sistema. El otro elemento sometido al estudio de cargas es la base de la torreta, con un material de aleación de aluminio 6063 con una resistencia mínima a la tracción de 280 MPa, la misma que después del estudio nos dio un factor de

seguridad de 8,29 valor que se lo considero óptimo para para las condiciones de funcionamiento del sistema. Obtenidos estos dos valores de factores de seguridad se valida el diseño y se cuenta con una excelente fiabilidad por parte de este sistema.

- En la parte de la ergonomía para la conducción del piloto, el sistema de torreta de marchas presenta una reducción en la distancia de cambio de marchas y a su vez se encuentra situada cerca del volante dando así un mejor confort y ergonomía para la conducción del piloto.

### **4.3. Análisis del sistema de extintor centralizado**

Para realizar el sistema de extintor centralizado, netamente consideramos el reglamento de la FEDAK, en el cual se detalla los siguientes ítems:

- El extintor usado para este proyecto es de 2kg, igual que el recomendado en el reglamento.
- El sistema de extintor centralizado está instalado de tal manera que tiene repartidores de cañería hacia el piloto, copiloto, tanque de gasolina y dos hacia el motor, brindando un máximo alcance en todo el vehículo en situaciones de incendio.
- El sistema de extintor centralizado es accionado de tal manera que el piloto acciona el mismo sentado en el asiento con los cinturones de seguridad puestos y ajustados, mediante el accionamiento de una palanca que está conectada el extintor mediante un cable de freno de bicicleta.
- La palanca para accionar el sistema de extintor centralizado está debidamente marcado como dicta el reglamento, el mismo que dice que deberá estar con una letra E de color rojo sobre un círculo blanco y una flecha que indique su ubicación.
- En la prueba de funcionamiento del sistema de extintor centralizado se pudo observar que el sistema está bien distribuido hacia las

partes más importantes del vehículo, el tiempo de funcionamiento del mismo es en un rango de 5 a 10 segundos.

- El tipo de extintor utilizado en el sistema es para fuegos ABC, que se emplean para materias solidas (plásticos o sintéticos), liquidas (gasolina, aceite, pintura, líquidos inflamables) y gaseosas (gases de combustibles), siendo este el apropiado para este tipo de uso en un vehículo de competencias.

#### **4.4. Análisis del freno de mano hidráulico.**

Para el análisis del freno de mano hidráulico nos basamos en el reglamento de la FEDAK, en la ergonomía y buen funcionamiento del sistema, del cual tenemos los siguientes ítems:

- El reglamento dicta que se puede reemplazar el freno de mano original por uno hidráulico, que deberá estar ubicado en el túnel central, en nuestro proyecto el sistema de freno hidráulico que se diseñó está ubicado en el túnel central, donde anteriormente estaba el freno de mano original.
- Este sistema de freno hidráulico, brinda una respuesta inmediata al momento de la activación manual y a su vez su diseño es de gran confort y ergonomía para su activación por parte del piloto en posición de conducción.
- En las pruebas realizadas a este sistema, se observó un gran funcionamiento de este sistema aportando para una mejor conducción y mejorando los tiempos de activación en relación al sistema original.



#### 4.5. Protocolo de pruebas.

Tabla 4.1.

#### Protocolo de pruebas

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
<b>PROYECTO :</b>	<b>“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL 1600CC PARA RALLY SEGÚN EL REGLAMENTO 2013 DE LA FEDAK DELEGADA DE LA FIA EN EL ECUADOR.”</b>	<b>FECHA:</b>	25/10/2014
		<b>HORA:</b>	10:00 a.m.
<b>RESPONSABLES</b>	Esteban Andrés Ribadeneira Tovar- Mario Alejandro Tovar Jurado		
<b>LUGAR:</b>	COLEGIO VICENTE LEON-ALAUQUEZ		
<b>1 VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES</b>			
<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>			
	<b>ACEPTACION</b>		
	<b>IGUAL AL DISEÑO, SI</b>	<b>DIFERENTE AL DISEÑO, NO</b>	
JAUULA DE SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>		
TORRETA DE MARCHAS	<input type="checkbox"/>		
FRENO DE MANO HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>		
SISTEMA DE EXTINTOR CENTRALIZADO	<input type="checkbox"/>		
<b>2 VERIFICACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>FUNCIONAMIENTO</b>		
	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALO</b>
JAUULA DE SEGURIDAD		<input type="checkbox"/>	
FRENO DE MANO HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>		
SISTEMA DE EXTINTOR CENTRALIZADO	<input type="checkbox"/>		
TORRETA DE MARCHAS		<input type="checkbox"/>	
<b>3 VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO</b>			
<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>SISTEMA</b>	<b>SEGURA</b>	<b>INSEGURA</b>	
JAUULA DE SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>		
CONTINÚA →			
<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>SISTEMA</b>	<b>ERGONOMICA</b>	<b>FUNCIONAL</b>	<b>CONFI</b>

					ABLE	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
FRENO DE MANO HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
TORRETA DE MARCHAS	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
COMPONENTES PRINCIPALES						
SISTEMA	SEGURA		TIEMPO DE ACTIVACION		FUNCIONAL	
	SI	NO	0-5 SEG.	5-10 SEG.	SI	NO
EXTINTOR CENTRALIZADO	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**4 HOMOLOGACION**

HOMOLOGACION		
SISTEMA	HOMOLOGADO	NO HOMOLOGADO
VEHICULO DE RALLY	<input type="checkbox"/>	

**5 ACEPTACION**


SI  NO

#### 4.6. Homologación y aprobación del vehículo en la FEDAK.

Para la homologación del vehículo se realiza una hoja de revisión mecánica en el cual constan ciertos ítems que el vehículo debe cumplir para su homologación, pasada la revisión mecánica, el vehículo queda totalmente homologado y listo para competir en cualquier tipo de eventos de rally a nivel nacional.

En este caso el club encargado de esta homologación fue el Cotopaxi Automóvil Club C.A.C que es el club encargado de supervisar y revisar a los vehículos antes de una competencia en la provincia de Cotopaxi, es la encargada de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo FEDAK en esta zona.

RALLY: \_\_\_\_\_  
 COMISARIO TÉCNICO: \_\_\_\_\_  
 FECHA: 25/10/2014

  
**Quito Racing**

VOLKSWAGEN  
 MARCA

214  
 Nº VEHÍCULO

2000  
 CATEGORÍA

**12º CAPEONATO PROVINCIAL DE RALLY**

Nº	DESCRIPCION	CONFORME		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	SISTEMA DE ESCAPE	✓		
2	NEUMATICOS + REPUESTO	✓		
3	TANQUE DE GASOLINA (desfogue)	✓		
4	PROTECCION DE TANQUE DE GASOLINA	✓		
5	SWITCH MASTER (debe apagar el motor y ser accesible)	✓		
6	ARCO DE SEGURIDAD - ROLL BAR	✓		
7	CINTURONES TIPO ARNES (4 ptos a chasis)	✓		
8	ASIENTO LIBRE CON APOYACABEZAS (fijado al chasis)	✓		
9	BLOQUEO AL VOLANTE O ANTIRROBO PROHIBIDOS	✓		
10	EXTINTOR CARGADO Y FIJADO (con número del auto)	✓		
11	BOTIQUIN (con numero del auto)	✓		
12	BANDERA AMARILLA Y BLANCA	✓		
13	CASCO Y OVEROL	✓		
14	SEGUROS DEL CAPOT	✓		
15	LIMPIA Y LAVAPARABRISAS	✓		
16	CUARDABARROS (4)	✓		
17	ESPEJOS RETROVISORES	✓		
18	ALUMBRADO Y SEÑALIZACION (luces stop)	✓		
19	CARROCERIA Y VIDRIOS ORIGINALES	✓		
20	NUMERO SEGÚN EL REGLAMENTO	✓		
21	RECUPERADOR DE ACEITE	✓		
22	SEGURIDAD DE BATERIA	✓		
23	LLAVE DE RUEDAS FIJADA AL PISO	✓		
24	PROPAGANDA OFICIAL	✓		

ES CONFORME CON LA VERIFICACIÓN REALIZADA  SI  NO

**Figura 4.1 Hoja de revisión mecánica realizada al vehículo Volkswagen Gol 2000cc, Vehículo aceptado y homologado para la competencia.**

#### 4.7. Costos del proyecto

A continuación se desglosan todos los costos del proyecto, divididos en materiales, mano de obra y costos de diseño.

#### 4.7.1. Costos de mano de obra

En la tabla 4.2 se detalla todos los costos de mano de obra que se presentaron este proyecto.

**Tabla 4.2.**

#### **Costos de mano de obra.**

COSTOS DE MANO DE OBRA	
SISTEMA	COSTO USD
Jaula de seguridad	900,00
Sistema de extintor centralizado	40,00
Torreta de marchas	130,00
Freno de mano hidráulico	125,00
Ítems de seguridad	50,00
<b>Total USD</b>	<b>1245,00</b>

#### 4.7.2. Costos de materiales

En las siguientes tablas, se detallan cada uno de los costos de los materiales, las mismas que están divididas por cada sistema.

**Tabla 4.3.**

#### **Costos de materiales de la jaula de seguridad.**

JAULA DE SEGURIDAD	
MATERIAL	COSTO USD
Tubos	250,00
Discos de corte	15,00
Sierras	5,00
Electrodos	10,00
<b>Total USD</b>	<b>280,00</b>

**Tabla 4.4.**

**Costos de materiales de la torreta de marchas**

TORRETA DE MARCHAS	
MATERIAL	COSTO USD
Tubos	5,00
Uniball	20,00
Bases – Acoples	60,00
Herramientas de corte	5,00
Total USD	90,00

**Tabla 4.5.**

**Costos de los materiales del sistema de extintor centralizado**

SISTEMA DE EXTINTOR CENTRALIZADO	
MATERIAL	COSTO USD
Cañerías	10,00
Acoples en T	5,00
Terminales cañerías	2,00
Base del extintor	20,00
Cable de activado	4,00
Total USD	41,00

**Tabla 4.6.**

**Costos de los materiales del freno de mano hidráulico.**

FRENO DE MANO HIDRAULICO	
MATERIAL	COSTO USD
Tubos	5,00
Cañerías	20,00
Bomba de freno	37,00
Bases de discos	40,00
Válvulas para sangrar el sistema	10,00
Total USD	112,00

**Tabla 4.7.**

**Costos de otros ítems de seguridad.**

OTROS ITEMS DE SEGURIDAD	
MATERIAL	COSTO USD
2 ASIENTOS	1100,00
2 CINTURONES	320,00
2 SEGUROS DEL CAPO	63,00
2 Ganchos de remolque	32,00
2 Cubre bombas y filtros de gasolina	25,00
Toma de aire	120,00
Total USD	1660,00

**Tabla 4.8.**

**Costos totales de materiales**

TOTAL DE MATERIALES	
MATERIAL	COSTO USD
JAULA DE SEGURIDAD	280,00
TORRETA DE MARCHAS	90,00
SISTEMA DE EXTINTOR CENTRALIZADO	41,00
FRENO DE MANO HIDRAULICO	112,00
OTROS ITEMS DE SEGURIDAD	1660,00
<b>Total USD</b>	<b>2183,00</b>

**4.7.3. Costos de diseño**

En la tabla 4.9 se detalla los costos totales en el capítulo de diseño.

**Tabla 4.9.**

**Costos de diseño**

COSTOS DE DISEÑOS	
MATERIAL	COSTO USD
Implementos de oficina	100,00
Impresiones	80,00
Honorarios del diseñador	500,00
<b>Total USD</b>	<b>680,00</b>

**4.7.4. Costos totales**

En la tabla 4.10 se detalla los costos totales del proyecto, donde se encuentran los costos de mano de obra, costos de materiales y costos de diseño.

**Tabla 4.10.**

**Costos Totales del proyecto**

COSTOS TOTALES	
RUBROS	COSTO USD
<b>Mano de obra</b>	<b>1245,00</b>
<b>Materiales</b>	<b>2183,00</b>
<b>Costos de diseño</b>	<b>680,00</b>
<b>Total USD</b>	<b>4108</b>

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se diseñó los sistemas de seguridad como son la jaula de seguridad, sistema de extintor centralizado, para un vehículo de competencias, todo este diseño se basó en el reglamento de la Federación Ecuatoriana de automovilismo y Kartismo FEDAK que es la delegada de la Federación Internacional de Automovilismo en el Ecuador. Se incluyó algunos otros ítems de diseño como son torreta de cambio de marchas y freno de mano hidráulico.
- Con este diseño se pudo escoger los materiales adecuados, la geometría más viable para la construcción de todos los sistemas del vehículo.
- Se investigó en fuentes bibliográficas especializadas los ítems que necesitábamos para basarnos en el diseño e implementación para la homologación de nuestro vehículo.
- Se obtuvo un valor que corresponde a 1,22 valores que se lo considera adecuado para las condiciones del sistema, validándose de esta manera el diseño de la jaula de seguridad.
- El diseño y construcción del sistema de torreta para el cambio de marchas, que involucro varios factores de diseño, utilizando como material el acero estructural A36 para la palanca de cambio de marchas.
- Se obtuvo un valor de factor de seguridad de 5,06 que se considera óptimo para el diseño, validando el diseño de la palanca de cambio de marchas.

- Se utilizó un material de aluminio aleado 6063, en el estudio de la base de la torreta, el resultado obtenido de factor de seguridad es de 8,29, valor que se considera óptimo para validar este diseño.
- Otro factor importante en este proyecto fue la implementación del sistema de extintor centralizado o anti fuego, el mismo se lo desarrolló de la mejor manera dándonos buenos resultados en las pruebas, se pudo constatar que el sistema de extintor centralizado funcionó de una buena manera, con varios desfuegos que se encuentran en partes claves del vehículo como al tanque de gasolina, al habitáculo del vehículo tanto para el piloto como para el copiloto y dos para el motor.
- Se utilizó un extintor de 2 kilogramos para fuegos tipo ABC que se emplean para materias sólidas (plásticos o sintéticos), líquidas (gasolina, aceite, pintura, líquidos inflamables) y gaseosas (gases de combustibles), siendo éste el apropiado para este tipo de uso en un vehículo de competencias. Se concluye que este sistema es seguro.
- Se diseñó y construyó sistema de freno de mano hidráulico para mejorar la conducción y ergonomía del piloto en lo que corresponde a curvas cerradas, para este sistema se tuvo que realizar una serie de pruebas para determinar cuál era la más efectiva de todas y se basó en el reglamento de la FEDAK para determinar su posición y además saber si es permitido, mediante este diseño se pudo implementar este sistema de una manera eficiente ergonómica y segura. Este sistema responde inmediatamente a su activación, mejorando el manejo y acortando el tiempo de activación comparado con el sistema original.
- Se implementó un ducto de ventilación para el habitáculo del vehículo con la finalidad de equilibrar la temperatura de los ocupantes del vehículo, el mismo que está ubicado en el techo del vehículo.



- Se instaló un sistema de intercomunicación entre el piloto y copiloto para poder comunicarse en las competencias y que el copiloto dicte la hoja de ruta al piloto.
- Por último se implementó una serie de pequeños ítems que se tenía en el reglamento de la FEDAK, se instaló cinturones de seguridad para Piloto y Copiloto de 4 puntos de anclaje tipo arnés y Homologados. Se instaló un gancho de color amarillo en el parte delantera y posterior. Se instaló asientos para Piloto y Copiloto, de una sola pieza, Homologados y fijados al piso o en los rieles originales del vehículo, por 4 pernos de 8 milímetros de diámetro por cada asiento.
- Se aisló todos los dispositivos como bombas de gasolina, filtros de gasolina que se encontraban en el habitáculo del piloto.
- Se instaló seguro de pasador metálico en el capot del vehículo.
- Con todas estas implementaciones, se procedió a la participación en una competencia de rally y a su vez a la homologación directa del vehículo para participar en cualquier competencia de rally en el Ecuador sin tener ningún problema, con esto queda concluido este proyecto y se pudo comprobar la hipótesis de que se pudo homologar el vehículo y participar en una competencia de rally

## 5.2. Recomendaciones

- Especificar una carga puntual en el reglamento de la FEDAK para futuros estudios de simulación de cargas en la jaula de seguridad.
- Incorporar más lugares de descarga en el sistema de extintor centralizado.
- En el sistema de extintor centralizado se recomienda otra palanca de accionamiento que puede estar afuera del vehículo en caso de que los ocupantes del mismo no puedan activar el sistema por algún accidente grave.
- Utilizar otro software de diseño para la elaboración de este tipo de proyectos, como AUTO CAD, SOLID WORKS.
- Diseñar el sistema de la torreta de cambio de marchas por cable.
- Realizar este proyecto en otra marca de vehículo con diferente geometría del habitáculo.

## LINKOGRAFÍA

- ACELERANDO. (2015). Obtenido de <http://www.acelerando.com.ec/deporte/pista/689-reglamento-tecnico-de-circuitos-fedak-2015> : [Citado el 17/09/2014]
- *Albina Bosch*. (15 de Junio de 2011). de <http://www.albinabosch.com/blog/categoria-decoracion/primer-rally-de-la-historia-rally-de-montecarlo-de-1911/#more-912> : [Citado el 10/07/2014]
- *Autoblog*. Obtenido de [www.autoblog.com](http://www.autoblog.com).: [Citado el 17/07/2014]
- *Autocity*. (12 de Noviembre de 2012) de <http://www.autocity.com/volkswagen/polo/novedades/volkswagen-polo-r-wrc-calle-o-rally/>: [Citado el 10/07/2014]
- Automovilismo del Ecuador. (23 de Junio de 2013). Obtenido de <https://sucesosdeportivos.wordpress.com/2013/06/23/actividad-deportiva-tuerca-del-cotopaxi-automovil-club/>.: [Citado el 15/07/2014]
- *BBSport*. (2013). Obtenido de <http://www.bbsport.es/1094-barras-antivuelco>.: [Citado el 20/07/2014]
- Blog de Hernán. (22 de Junio de 2013). Obtenido de <http://hernanvenega.blogspot.com/>.: [Citado el 25/07/2014]
- *Cotopaxi Automovil Club*. (6 de Junio de 2013), de [www.cotopaxiautomovilclub.com](http://www.cotopaxiautomovilclub.com). : [Citado el 11/06/2014]
- *Dirtyimpreza*. (4 de Octubre de 2013). Obtenido de [www.dirtyimpreza.com](http://www.dirtyimpreza.com). : [Citado el 17/07/2014]

- EHOWENESPAÑOL. (2013). Obtenido de [http://www.ehowenespanol.com/herramientas-fabricacion-jaulas-antivuelco-info\\_223208](http://www.ehowenespanol.com/herramientas-fabricacion-jaulas-antivuelco-info_223208).: [Citado el 11/07/2014]
- El Comercio. (2013). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/tag/federacion-ecuatoriana-de-automovilismo-y-kartismo>.: [Citado el 20/07/2014]
- *El Universo*. (9 de Septiembre de 2013), de <http://www.eluniverso.com/deportes/2013/09/08/nota/1405486/final-rally-nacional-suspendida>.: [Citado el 10/06/2014]
- FEDAK. (2013). Obtenido de [http://fedakecuador.com/?page\\_id=160](http://fedakecuador.com/?page_id=160).: [Citado el 10/07/2014]
- FIA. (2013). Obtenido de <http://www.fia.com/home>.: [Citado el 20/07/2014]
- FOROS. (23 de junio de 2010). Obtenido de <http://entrenosotrasyellos.foroactivos.net/t4033-la-historia-del-rally-y-su-desarrollo-desde-la-decada-de-1970>.: [Citado el 03/10/2014]
- Instituto FIA. (2013). Obtenido de <http://www.fia.com/about-fia/fia-institute>.: [Citado el 23/07/2014].
- La Hora. (1 de Febrero de 2013). Obtenido de [http://www.lahora.com.ec/noticias/show/1101459295/-1/Fedak\\_socializa\\_en\\_Latacunga.html#.VSxHO\\_mG8kw](http://www.lahora.com.ec/noticias/show/1101459295/-1/Fedak_socializa_en_Latacunga.html#.VSxHO_mG8kw).: [Citado el 03/08/2014]

- *Mercado Racing*. (2013). Obtenido de [www.mercadoracing.org](http://www.mercadoracing.org). .: [Citado el 03/12/2014]
- *Mercado Racing Perú*. (2013). Obtenido de [mercadoracingperu.blogspot.com](http://mercadoracingperu.blogspot.com) .: [Citado el 03/12/2014]
- *REMS*. (2013). Obtenido de <http://www.rems.de/cortar-biselar-escariar-montar/herramienta-para-cortar-tubos/rems-cut-110-cu-inox.aspx>. .: [Citado el 03/12/2014]
- Romeva, C. R. (2002). *Diseño Concurrente*. Ediciones UPC, Barcelona.: [Citado el 03/12/2014]
- *Specialrallyaut*. (19 de julio de 2012). Obtenido de [www.specialrallyaut.blogspot.com](http://www.specialrallyaut.blogspot.com).: [Citado el 03/12/2014]
- *Terra Autos*. (9 de Febrero de 2015, de <http://autos.terra.mx/noticias/rally-mexico-2015-todo-listo-para-el-wrc/>.: [Citado el 08/03/2015]
- Wikipedia. (19 de 01 de 2014). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Rally>.: [Citado el 08/03/2015]
- *Xtremecuadorsports*. (30 de Abril de 2011), de <http://xtremecuadorsports.blogspot.com>.: [Citado el 10/06/2014]
- *Youtube*. (2013 de Febrero de 2013), de <https://www.youtube.com/watch?v=KKXofFcf3yU>.: [Citado el 10/07/2014]

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los Señores Esteban Andrés Ribadeneira Tovar y Mario Alejandro Tovar Jurado, bajo mi supervisión.

.....  
ING. FABIÁN SALAZAR  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

.....  
ING. FÉLIX MANJARRÉS  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

.....  
ING. JUAN CASTRO  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**

.....  
DR. FREDDY JARAMILLO  
**SECRETARIO ACADÉMICO**