

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.

Ing. MSc. Fabián Salazar / Ing. Félix Manjarrés / Andrés Ribadeneira / Mario Tovar

*Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza s/n*

*Email: mfsalazar@espe.edu.ec, fxmanjarres@espe.edu.ec, ch25rt@hotmail.com, marioalejndro_@hotmail.es
Latacunga – Ecuador*

RESÚMEN

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 reconocido 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 y ANSYS para el estudio de cargas estáticas.

ABSTRACT

This project consists of the preparation of a standard vehicle Volkswagen Gol in a race car, by designing and building safety items as dictated by technical safety regulations FEDAK (Ecuadorian federation of motor racing and karting), and turret systems as gearshift, hydraulic handbrake and air intake to improve rider ergonomics during competitions. We rely on the rules of the FEDAK, as the body delegated the power of international sporting FIA throughout the Ecuadorian territory and recognized by the ministry of sport as a maximum sports authority. For this project we used Inventor

software to build all systems and ANSYS for the study of static charges.

I. INTRODUCCIÓN

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.



Figura 1: Vehículo de rally Volkswagen Gol

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

Este proyecto abrirá nuevas alternativas para estudios que presenten situaciones

similares a las que aquí se plantea, sirviendo como marco referencial a estas.

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.

II. DISEÑO DE LA JAULA DE SEGURIDAD

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 26 del dimensionamiento de la jaula de seguridad.



Figura 2: Geometría de la jaula de seguridad

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

III. ANALISIS 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 1⁷/₈ de pulgada, en el proyecto se utilizó tubo de 2" para la construcción del arco central.

La jaula de seguridad cuenta con 6 anclajes con placas de 5mm con 3 pernos de grado 8 cada una para la fijación, 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.

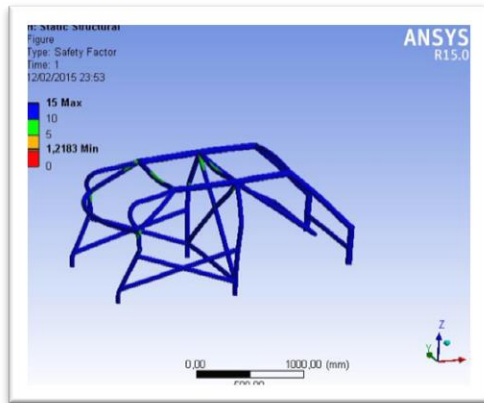


Figura 3: Factor de seguridad de la jaula de seguridad

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

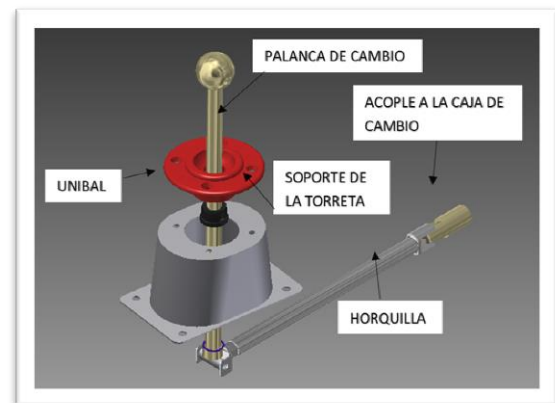


Figura 4: Geometría de la torreta de cambio de marchas.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

IV. DISEÑO DE LA TORRETA DE CAMBIO DE MARCHAS

Para el diseño y dimensionamiento de la torreta de cambios hay que considerar 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:

- Palanca de cambio.
- Soporte de la torreta.
- Horquilla
- Uniball
- Junta universal
- Acople a la caja de cambios.

V. ANALISIS DE LA TORRETA DE CAMBIO DE MARCHAS.

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 ultimo 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.

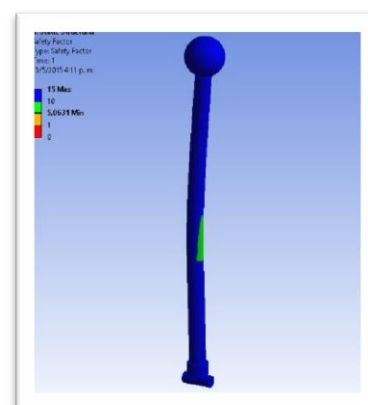


Figura 5: Factor de seguridad de la palanca de cambio de marchas.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

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.

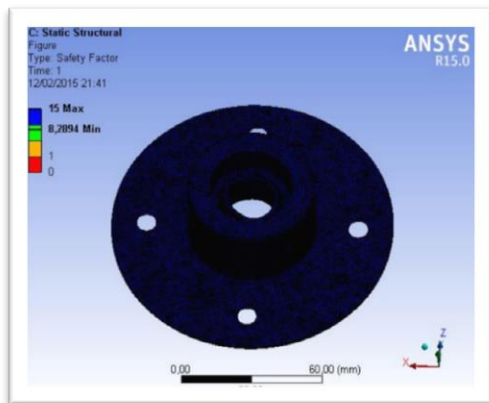


Figura 6: Factor de seguridad del uniball.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

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.



Figura 7: Torreta de cambio de marchas.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

VI. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTINTOR CENTRALIZADO.

La configuración dimensional y geométrica del sistema está desarrollada 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

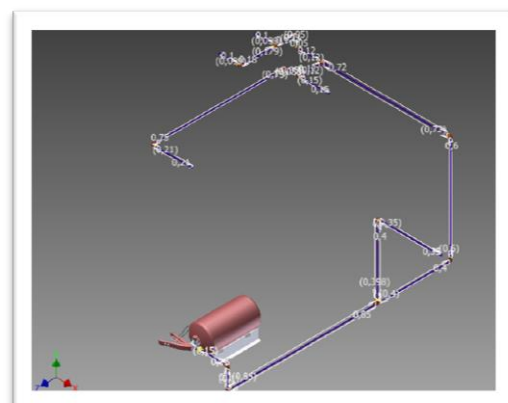


Figura 8: Geometría del sistema de extintor centralizado.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

VII. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE EXTINTOR CENTRALIZADO.

El extintor usado para este proyecto es de 2kg, 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.

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 al extintor mediante un cable de freno de bicicleta.

La palanca para accionar el sistema de extintor centralizado está debidamente marcada 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 de para fuegos ABC, que se emplean para materias sólidas (plásticos o sintéticos), líquidas (gasolina, aceite, pintura, líquidos inflamables) y gaseosas (gases de combustibles), siendo este el apropiado para este tipo de uso en un vehículo de competencias.

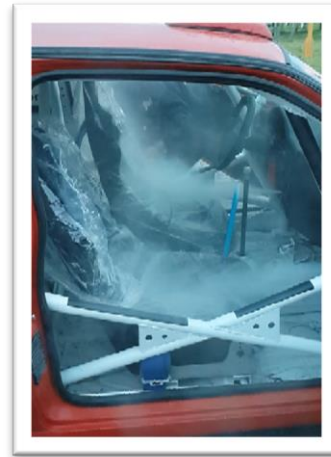


Figura 9: Prueba del sistema de extintor centralizado.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

VIII. DISEÑO DEL FRENO DE MANO HIDRÁULICO.

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.

Como elemento que permite llevar la presión generada por la bomba a los diferentes receptores, se utilizarán cañerías que se caracterizan por que pueden ser tuberías rígidas y metálicas, que se convierten en flexibles cuando pasan del bastidor a los elementos receptores de presión.

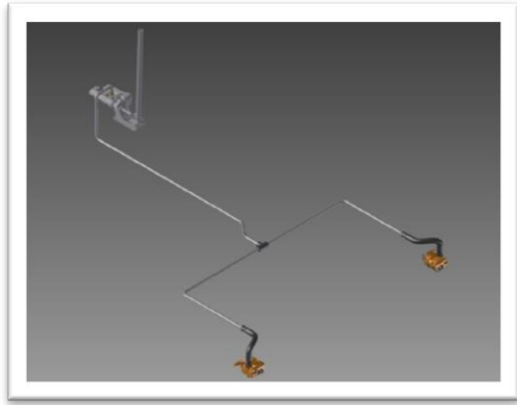


Figura 10: Geometría del freno de mano Hidráulico.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

IX. ANÁLISIS DEL FRENO DE MANO HIDRÁULICO.

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.



Figura 11: Freno de Mano Hidraulico.

Fuente: Ribadeneira A, Tovar M.

X. 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 desarrollo de la mejor manera dándonos buenos resultados en las pruebas, se pudo constatar que el sistema de extintor centralizado funciono 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 solidas (plásticos o sintéticos), líquidas (gasolina, aceite, pintura, líquidos inflamables) y gaseosas (gases de combustibles), siendo este 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 las 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.

XI. 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 está 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.

XII. LINKOGRAFÍA.

- *ACELERANDO*. (2015). Obtenido de <http://www.acelerando.com.ec/deporte/pista/689-reglamento-tecnico-de-circuitos-fedak-2015>
- *Automovilismo del Ecuador*. (23 de Junio de 2013). Obtenido de <https://sucesosdeportivos.wordpress.com/2013/06/23/actividad-deportiva-tuerca-del-cotopaxi-automovil-club/>
- *Blog de Hernan*. (22 de Junio de 2013). Obtenido de <http://hernanvenega.blogspot.com/>

- *EHOWENESPAÑOL*. (2013). Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/heramientas-fabricacion-jaulas-antivuelco-info_223208/
- *El Comercio*. (2013). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/tag/federacion-ecuatoriana-de-automovilismo-y-kartismo>
- *FEDAK*. (2013). Obtenido de http://fedakecuador.com/?page_id=160
- *FIA*. (2013). Obtenido de <http://www.fia.com/home>
- *FOROS*. (23 de 06 de 2010). Obtenido de <http://entrenosotrasyellos.foroactivos.net/t4033-la-historia-del-rally-y-su-desarrollo-desde-la-decada-de-1970>
- *Instituto FIA*. (2013). Obtenido de <http://www.fia.com/about-fia/fia-institute>
- *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
- *Wikipedia*. (19 de 01 de 2014). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Rally>
- Romeva, C. R. (2002). *Diseño Concurrente*. Ediciones UPC.

XIII. BIOGRAFÍA.



Fabián Salazar, nació en Latacunga, Ecuador, es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial, posee estudios en Administración de Empresas, Gerencia de Marketing, Especialista en Proyectos, Diseño Curricular. Energías Renovables y Magister en Dirección de Empresas y Gestión de Energía. Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 1997.



Félix Manjarrés, nació en Guayaquil – Ecuador, Tecnólogo en Mecánica de Aviación, Ingeniero Automotriz e Ingeniero Industrial, Egresado en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en el programa de Diseño, Producción y Automatización industrial. Docente tiempo parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga desde el 2010. Consultor de proyectos en el área de Ingeniería Industrial y Mecánica.



Esteban Andrés Ribadeneira Tovar, nació en Latacunga, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.



Mario Alejandro Tovar Jurado, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor comercial en DITECA- KOMATSU

S.A.