



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ

**Adaptación de elementos del sistema de suspensión del vehículo Chok G2 a un vehículo
eléctrico biplaza.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores:

**KELVIN ALEJANDRO LEÓN NIETO
ANGEL ALEXANDER ZÚÑIGA VACA**

Director:

ING. HERNÁN VITERI MGST.

**CUENCA - ECUADOR
2022**

DEDICATORIA

A mis padres y a mi hermano mayor por darme todo el apoyo moral y económico, por su ejemplo de trabajo y dedicación para cumplir sus metas para realizar sus sueños gracias a los valores de responsabilidad, esfuerzo, dedicación, honestidad y ética.

A mí mismo por tener la valentía y constancia de esforzarme y no de darme por vencido ante las dificultades del proceso de formación académica.

Kelvin Alejandro León Nieto

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado a éste momento importante de mi formación profesional.

A mis padres que me apoyaron en todo momento tanto emocional como en lo económico, a mi hermana por el apoyo incondicional en este duro camino, amigos con quien compartí mi vida estudiantil y una verdadera amistad

Angel Alexander Zúñiga Vaca

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros familiares y allegados cercanos, en quienes hemos encontrado la motivación y valor para cumplir con nuestros objetivos. A los docentes por tener la paciencia y vocación de compartir sus conocimientos y ser nuestra guía.

Agradecemos a nuestras familias por ser de primera mano nuestro apoyo directo. A nuestros compañeros que se han convertido en amigos y luchar hombro a hombro en los momentos más difíciles del estudio.

A la Universidad del Azuay por darnos la oportunidad de prepararnos académicamente con el prestigio que la caracteriza

*Kelvin Alejandro León Nieto.
Ángel Alexander Zúñiga Vaca.*

ADAPTACIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO CHOK G2 A UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA.

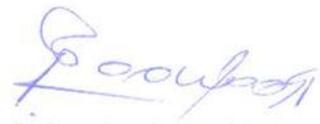
RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es adaptar los elementos del sistema de suspensión del vehículo Chok modelo G2 a un vehículo eléctrico biplaza. Este proceso dio inicio con una investigación bibliográfica sobre temas afines, con la finalidad de analizar la factibilidad de la adaptación de los componentes y piezas de la suspensión delantera y suspensión posterior para definir los métodos de diseño y fabricación adecuados con la toma de mediciones de las geometrías en el automóvil, con el propósito de dimensionar y ubicar con exactitud los puntos de sujeción y articulación de las distintas piezas. Para el diseño se empleó un software CAD/CAE en el que se modeló y ubicó los soportes de montaje y unión entre chasis y suspensión; y mediante el análisis de elementos finitos se garantizó que los esfuerzos aplicados a los elementos no generen fallas mecánicas en el chasis. Finalmente se llevó a cabo la manufactura de los soportes de montaje con el uso de herramientas de arranque de material y soldadura, con lo que se logró un correcto ajuste, maniobrabilidad, resistencia mecánica de los puntos de sujeción y confort en las pruebas de conducción.

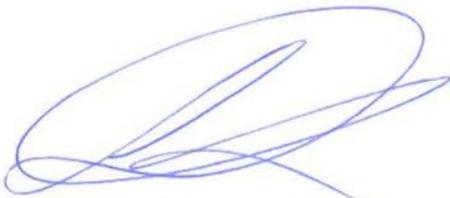
Palabras clave - Vehículo eléctrico, sistema de suspensión, fabricación, adaptación, pruebas de conducción.



Ing. Hernán Viteri. Msc.
Director del trabajo de titulación



Ing. Robert Rockwood. Msc.
Director de Escuela



Kelvin Alejandro León Nieto.
Autor



Ángel Alexander Zúñiga Vaca.
Autor

ADAPTATION OF ELEMENTS OF THE SUSPENSION SYSTEM OF THE CHOK G2 VEHICLE TO A TWO-SEATER ELECTRIC VEHICLE

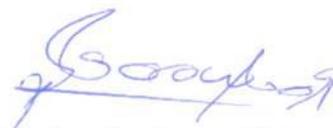
ABSTRACT

The objective of this project was to adapt the elements of the suspension system of the Chok vehicle model G2 to a two-seater electric vehicle. This process began with bibliographic research on related topics, in order to analyze the feasibility of adapting the components and parts of the front and rear suspension to define the appropriate design and manufacturing methods with the taking of measurements of the geometries in the car, in order to accurately size and locate the points of attachment and articulation of the various parts. For the design, CAD/CAE software was used to model and locate the mounting and joint supports between the chassis and suspension; and by means of finite element analysis, it was guaranteed that the stresses applied to the elements would not generate mechanical failures in the chassis. Finally, the mounting brackets were manufactured with the use of material removal and welding tools, thus achieving a correct adjustment, maneuverability, mechanical resistance of the fastening points and comfort in the driving tests

Keywords - Electric vehicle, suspension system, manufacturing, adaptation, test drive.

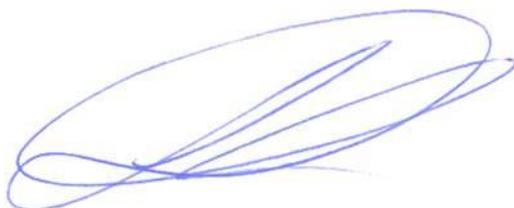


Ing. Hernán Viteri. Msc
Director of the degree project



Ing. Robert Rockwood. Msc.
School Director

Translated by:



Kelvin Alejandro Leon Nieto.
Author



Ángel Alexander Zúñiga Vaca.
Author



Adaptación de elementos del sistema de suspensión del vehículo Chok G2 a un vehículo eléctrico biplaza

Hernán Viteri Cerda.

*Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Universidad del Azuay
hviteri@es.uzuay.edu.ec*

Kelvin Alejandro León Nieto.

*Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Universidad del Azuay
kelvinalejandro@es.uzuay.edu.ec*

Ángel Alexander Zúñiga Vaca.

*Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Universidad del Azuay
angelito@es.uzuay.edu.ec*

Resumen — El objetivo del presente proyecto es adaptar los elementos del sistema de suspensión del vehículo Chok modelo G2 a un vehículo eléctrico biplaza tipo Ariel Atom. Este proceso dio inicio con una investigación bibliográfica sobre temas afines, con la finalidad de analizar la factibilidad de la adaptación de los componentes y piezas de la suspensión delantera y suspensión posterior para definir los métodos de diseño y fabricación adecuados con la toma de mediciones de las geometrías en el automóvil, con el propósito de dimensionar y ubicar con exactitud los puntos de sujeción y articulación de las distintas piezas. Para el diseño se empleó un software CAD/CAE en el que se modeló y ubicó los soportes de montaje y unión entre chasis y suspensión; y mediante el análisis de elementos finitos se garantizó que los esfuerzos aplicados a los elementos no generen fallas mecánicas en el chasis. Finalmente se llevó a cabo la manufactura de los soportes de montaje con el uso de herramientas de arranque de material y soldadura, con lo que se logró un correcto ajuste, maniobrabilidad, resistencia mecánica de los puntos de sujeción y confort en las pruebas de conducción.

Palabras clave - Vehículo eléctrico, sistema de suspensión, fabricación, adaptación, pruebas de conducción.

Abstract — The objective of this project is to adapt the elements of the suspension system of the Chok vehicle model G2 to a two-seater electric vehicle type Ariel Atom. This process began with a bibliographic research on related topics, in order to analyze the feasibility of adapting the components and parts of the front and rear suspension to define the appropriate design and manufacturing methods with the taking of measurements of the geometries in the car, in order to accurately size and locate the points of attachment and articulation of the various parts. For the design, CAD/CAE software was used to model and locate the mounting and joint supports between the chassis and suspension; and by means of finite element analysis, it was guaranteed that the stresses applied to the elements would not generate mechanical failures in the chassis. Finally, the mounting brackets were manufactured with the use of material removal and welding tools, thus achieving a correct adjustment, maneuverability, mechanical resistance of the fastening points and comfort in the driving tests.

Keywords - Electric vehicle, suspension system, manufacturing, adaptation, test drive.

Introducción

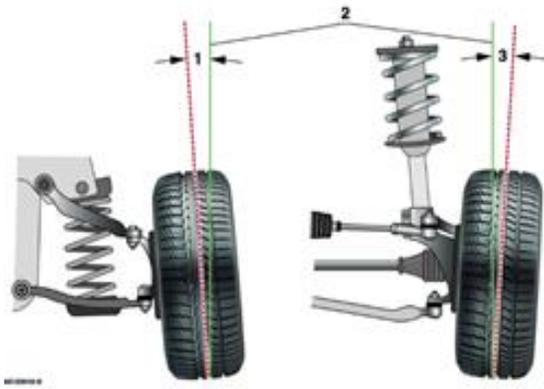
Se pretende llevar a cabo la adaptación mecánica de los elementos del sistema de suspensión y tracción de un vehículo Chok modelo G2 a un vehículo eléctrico biplaza fundamentado en el estudio de integración CAD/CAE y análisis metrológicos. La información bibliográfica concierne a métodos teóricos y prácticos en el desarrollo de procesos de ingeniería sobre ajuste y manufactura de los distintos elementos mecánicos, para obtener un sistema de suspensión que cumpla con los requerimientos de geometría y prestaciones mecánicas que propicia un buen funcionamiento y desempeño adecuado a las exigencias de una correcta y segura conducción.

Los accesorios y elementos de suspensión fueron extraídos de un vehículo Chok G2 para ejecutar la adaptación en un chasis tubular tipo Ariel Atom previamente diseñado y fabricado con las dimensiones geométricas exactas. Esto para el perfecto acople en los puntos de anclaje y desgonce de suspensión tipo independiente MacPherson en la parte delantera y tipo eje rígido con muelles helicoidales en la zona posterior.

La geometría de la suspensión es el resultado de las mediciones y cotas originales del Chok G2 para ser proyectadas en el nuevo chasis, respetando el ángulo de caída “Camber” y ángulo de avance “Caster”, pero incrementando el ancho de vía básicamente.

El Camber es el ángulo entre el plano central de la rueda y el plano vertical de la carretera. Se dice que el Camber es positivo cuando la rueda está inclinada hacia el exterior, y negativo cuando la rueda está inclinada hacia el interior (Maza, 2016, pág. 20) [1].

El ángulo de caída debe garantizar la perpendicularidad entre la calzada y el neumático, la tolerancia entre ruedas es 0.5° sexagesimales de diferencia como se muestra en la figura 1.

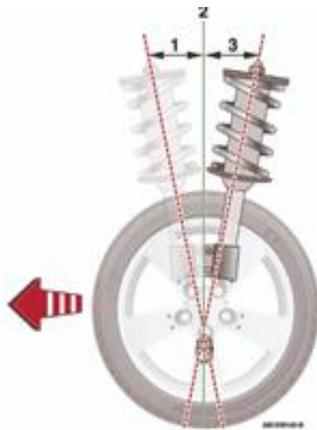


1. Caída negativa 2. Eje vertical de la rueda 3. Caída positiva

Fig. 1. Ángulo camber

Fuente: Autodata (2020). *Las necesidades de la geometría de la suspensión. España.* <https://www.autodata-group.com/es/noticias/industria/las-necesidades-de-la-geometria-de-la-suspension/>

El ángulo Caster se refiere a la posición del eje de dirección desde el eje vertical de la rueda cuando se ve desde el costado del vehículo como se representa en figura 2. Si el eje de dirección hace contacto con la superficie de la carretera antes que el eje vertical de la rueda, se denomina avance positivo. Por el contrario, el Caster negativo implica que el eje de la dirección hace contacto con la superficie de la carretera después de que el eje vertical de las ruedas haga contacto.



1. Lanzamiento negativo 2. Eje vertical de la rueda. Lanzamiento positivo

Fig. 2. Ángulo camber

Fuente: Autodata (2020). *Las necesidades de la geometría de la suspensión. España.* <https://www.autodata-group.com/es/noticias/industria/las-necesidades-de-la-geometria-de-la-suspension>

Los autores E. Mejía y D. Reyes en su artículo “Diseño y selección del sistema de suspensión de un prototipo de auto eléctrico biplaza uta-cim17” [2]. Exponen el uso de una suspensión de tipo MacPherson en la parte frontal y de tipo eje rígido con muelles helicoidales para la parte posterior del vehículo. Se realiza un ajuste de suspensión con optimización y

simulación CAD de los desplazamientos y compararlos con los desplazamientos reales de los muelles. (Mejía & Reyes, 2018).

En el artículo científico de los autores Alcalá, J. R. R., Sarmiento, C. E. V., & Granja, A. V. en el “Análisis dinámico de la suspensión Pull-Rod y PuhsRod para el vehículo eléctrico tipo monoplaza” [3] se realizó el cálculo para el coeficiente de elasticidad de los resortes helicoidales de suspensión mediante la Ley de Hooke, obtenido como resultado un coeficiente de elasticidad de $13.1 \frac{KN}{m}$ para los resortes delanteros y $16.6 \frac{KN}{m}$ para los resortes posteriores.

El autor Byron Enríquez en el “Estudio del comportamiento de un corrector de Camber y Caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con suspensión MacPherson” [4]. En el estudio que realizaron de elementos finitos dentro del entorno computacional de ANSYS EDUCATIONAL se evidencio que no se produce esfuerzos excesivos en el amortiguador, además la mangueta resistió debido a que no se sobrepasó el factor de seguridad tanto para la fuerza de empuje como la fuerza de retracción, garantizando que no exista fallas en el material al no superar la resistencia última (Sut) de 880 MPa logrando obtener esfuerzos de 811 MPa y 481 MPa para cada fuerza aplicada.

En el trabajo de titulación de B. Gavilánez y W. Yumbo en el “diseño y construcción del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera del vehículo híbrido tipo buggy 4x4 para la carrera de ingeniería automotriz de la Espoch” [5]. Se calculó las condiciones de potencia y torque requeridos para el desplazamiento del prototipo de 15 KW y 286.7 Nm, respectivamente con el cual es suficiente para vencer las resistencias a la rodadura. También determinaron los esfuerzos de anclajes y bases del sistema de suspensión, seleccionaron chapa metálica de 5 mm de espesor de acero ASTM A36, obteniendo un factor de seguridad de 15, calculados por el software ANSYS y una deformación máxima de 0.03 mm. En este proyecto seleccionaron y adquirieron un motor eléctrico (DC HPM-10KW tipo brushless), un controlador (HPC-500 200A) y un sistema de suspensión MacPherson ya que se consideran elementos de bajo peso.

J. Narváez y M. Pomaquero trabajaron en la “Construcción e implementación de un sistema de suspensión neumática inteligente en un vehículo tipo automóvil Mazda 323 “[6], construyeron un módulo de control electrónico, el cual recibe señales de sensores de altura y velocidad del vehículo, este procesa la información y ordena actuar a electroválvulas para determinar el nivel y estado del sistema de suspensión del vehículo Mazda 323. Con la implementación de la suspensión neumática y realizadas las pruebas afirma tener una mejora en la estabilidad de un promedio aproximado del 45%, con un error de $\pm 10\%$.

I. METODOLOGÍA

A partir de la dimensiones y cotas obtenidas en el estudio Integración CAD/CAE y análisis metrológico de los componentes del sistema de suspensión de un vehículo eléctrico biplaza se llevará a cabo la fabricación de los puntos de anclaje

ya que el mayor esfuerzo generado es de 182.89 MPa, que se encuentra bajo el límite de fluencia del material siendo de 250 MPa para el acero ASTM A36, como se muestran en la figura 3, figura 4 y figura 5.

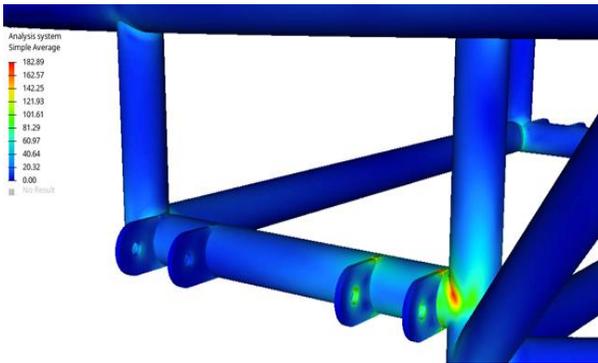


Fig. 3. Esfuerzo en puntos de anclaje de trapecios posteriores de 160 MPa.

Fuente: Autores

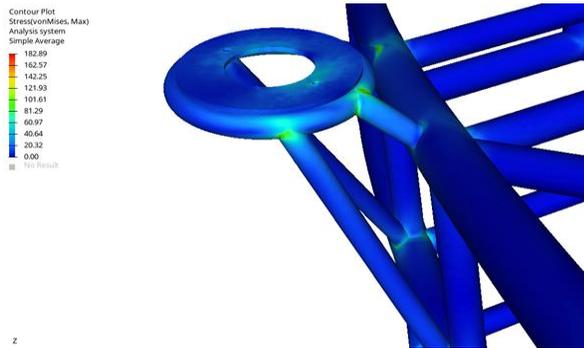


Fig. 4. Esfuerzo en bases de cazoletas de torretas MacPherson de 140 MPa.

Fuente: Autores

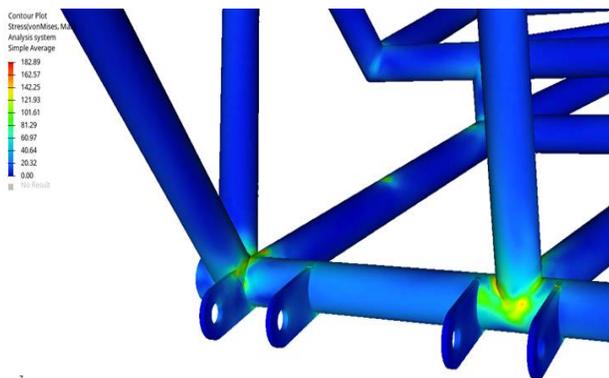


Fig.5. Esfuerzos en puntos de anclaje de trapecios posteriores de 150 MPa.

Fuente: Autores

El proceso de adaptación de la suspensión inició con las mediciones físicas reales de los elementos de la suspensión del vehículo eléctrico Chok G2, para luego adaptar y trazar con exactitud las cotas de los puntos de anclaje y desgonce de la suspensión sobre el chasis diseñado en software CAD que se muestra en la figura 6.

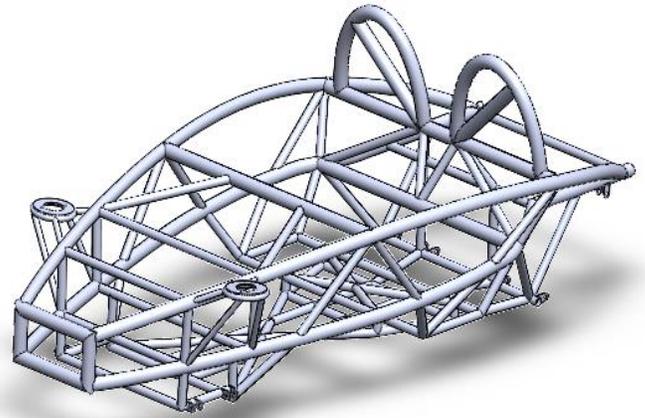


Fig. 6. Chasis diseñado en software CAD.

Fuente: Autores

Se determinó la constante de elasticidad de los muelles mediante prueba de compresión a distintas cargas lo que nos dio como resultado las gráficas que se muestran en la figura 7 y en la figura 8.

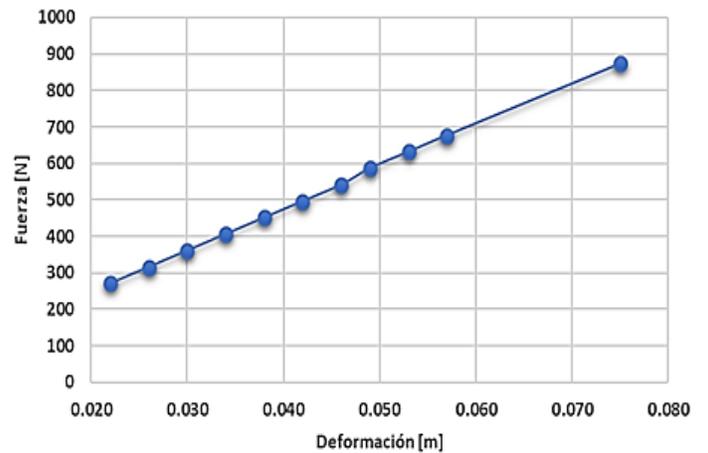


Fig. 7. Fuerza vs Deformación muelle posterior

Fuente: Autores

El coeficiente de elasticidad de los muelles delanteros es de $12 \frac{KN}{m}$ y $25 \frac{KN}{m}$ para los muelles posteriores, según la fórmula: $K = \frac{\Delta F}{\Delta S}$.

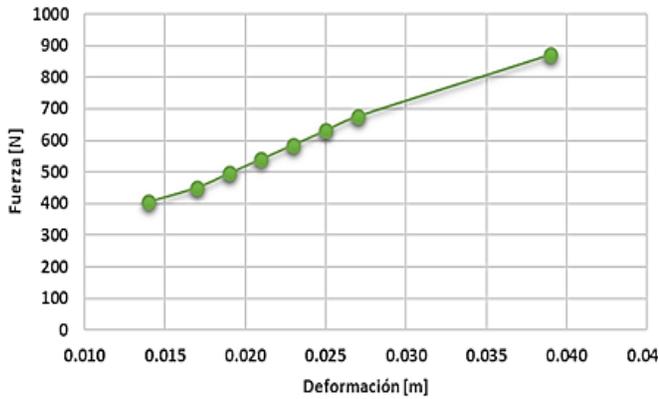


Fig. 8. Fuerza vs Deformación de muelle delantero.
Fuente: Autores

En la figura 9 y en la figura 10 se presentan la suspensión delantera y la suspensión posterior respectivamente que fueron adaptadas al chasis tubular.



Fig. 9. Suspensión independiente MacPherson.
Fuente: Autores



Fig. 10. Suspensión tipo eje rígido con muelles helicoidales.
Fuente: Autores

MATERIALES Y HERRAMIENTAS

En la tabla I presentamos las herramientas que se usó en la construcción del sistema de suspensión posterior y delantero.

TABLA I. HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE MEDICION

HERRAMIENTAS	
Instrumentos de medición	Pie de rey Flexómetro Nivel de burbuja Regla metálica Escuadra
Herramientas de arranque de material	Taladro Amoladora angular Esmeril Torno
Sueldas	Soldadora eléctrica con material de aporte de electro 6011 Suelda MIG Oxicorte
Otros	Gatos hidráulicos Granete Martillo Llaves y dados

En la tabla II mostramos los materiales usados en la construcción en los soportes de sujeción y tubos y platinas para la adaptación de los elementos de suspensión de la parte delantera, usamos pernos de calidad 8.8 que se puede encontrar con facilidad en el mercado.

TABLA II. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE SUSPENSION

MATERIALES	
Tubos de acero ASTM A36	Tubo de 25.4 mm de diámetro con espesor 2 mm, L= 2 m. Tubo de 38 mm diámetro con espesor 2 mm, L=2 m.
Platinas de acero ASTM A36	Ancho 38 mm por 6.35 mm de espesor.
Pernos calidad 8.8	M10 UNF, L=120mm. M12 UNF, L=100mm M14 UNF, L=100mm
Expansores	Fundición de aluminio de 120 mm de diámetro

En la figura 11 se presenta el flujograma de la metodología.

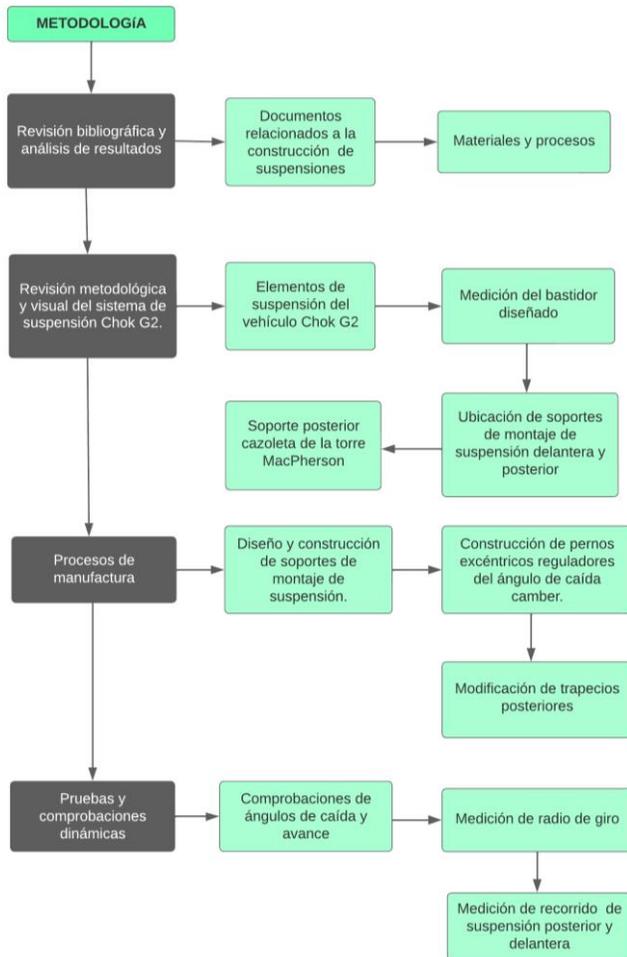


Fig. 11. Diagrama de procesos llevados a cabo para la construcción de la suspensión.

Fuente: Autores

FABRICACIÓN DE SOPORTES DE SEJECION ENTRE SUSPENSION Y CHASIS

SUSPENSION DELANTERA

Para la adaptación de los componentes de la suspensión delantera se empieza con la manufactura de los soportes de platina de los trapecios en base al siguiente plano de la figura 12 y figura 13.

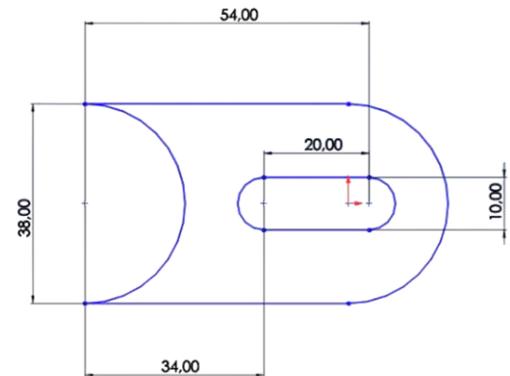


Fig. 12. Diseño de soporte de trapecios.
Fuente: Autores



Fig. 13. Manufactura del soporte desbaste del material
Fuente: Autores

Se ubica dichos soportes como en el chasis como se muestra en la figura 14.



Fig. 14. Ubicación de soportes con el chasis
Fuente: Autores

Se fabrica el soporte circular superior de sujeción de la cazoleta de muelle tipo MacPherson como se muestra en la figura 15.



Fig. 15. Fabricación soporte circular de sujeción muelle tipo MacPherson.
Fuente: Autores.

Se ubica el soporte circular superior de sujeción de la cazoleta de muelle tipo MacPherson en el chasis respetando el ángulo de caída y la geometría previamente diseñada como se muestra en la figura 16.



Fig. 16. Colocación del soporte de sujeción de la cazoleta
Fuente: Autores

Se suelda el soporte al chasis con los tubos de la estructura se muestra en la figura 17.



Fig. 17. Ubicación de soportes con tubos estructurales
Fuente: Autores

Se comprueba la correcta geometría con la medición del ángulo de caída y la convergencia entre las ruedas delanteras como se muestra en la figura 18, para la alineación correcta de los neumáticos construimos pernos excéntricos con su respectiva normalización.

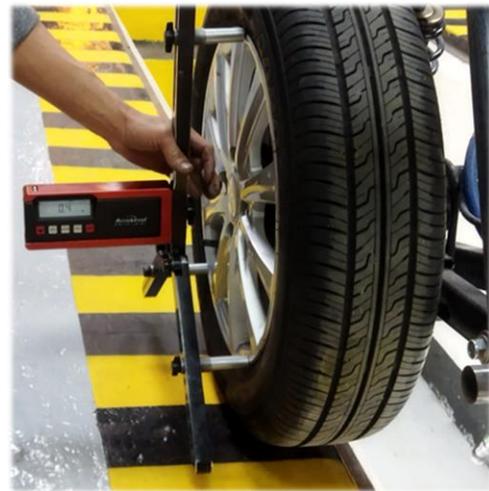


Fig. 18. Medición de ángulo de caída camber.
Fuente: Autores

A partir de soldar las arandelas excéntricas, con el fin de evitar tensiones por soldadura se procedió a realizar el tratamiento térmico de Normalización a 900° Celsius durante 15 minutos con enfriamiento lento en aire como se representa en la siguiente figura 19, el tratamiento térmico está fundamentado en el artículo científico *Annealing and Normalizing of AISI 1045 Steel: A Lamellae Analysis* [10].

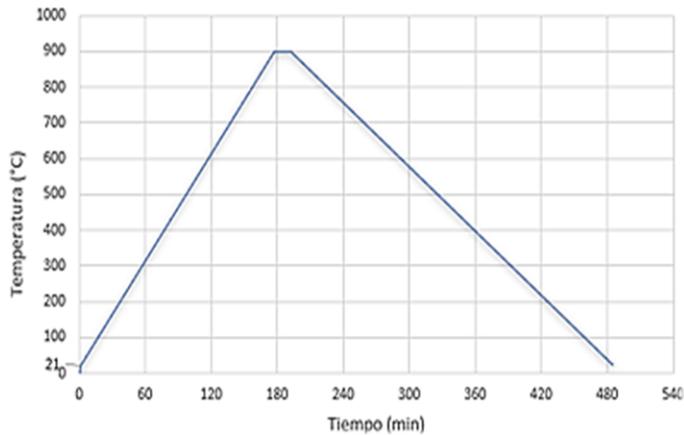


Fig. 19. Comportamiento térmico de Normalización temperatura vs tiempo.

Fuente: Autores

SUSPENSION POSTERIOR

Una vez realizados los planos y dimensiones se ubicó en el chasis los vértices, se soldó todos los soportes de sujeción de los trapecios y amortiguadores, respetando las cotas de la figura 20.

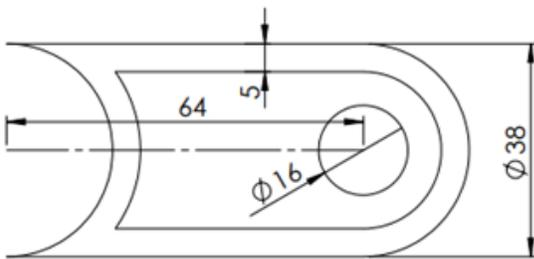


Fig. 20 Cotas de soportes de trapecios de suspensión posterior. Fuente: autores. Fuente: Autores

Se modificó el soporte de los trapecios que sujeta el amortiguador, con el fin de disminuir la distancia entre el suelo y la parte posterior del vehículo para ganar estabilidad, ver figura 21. Los soportes se manufacturaron en acero ASTM A36 y se cortaron con amoladora angular; para la unión con el bastidor se usó soldadura tipo MIG.



Fig. 21. Ubicación de soportes superiores de amortiguadores posteriores. Fuente: Autores

Se ensambló los soportes con el bastidor y se verifica que no haya interferencia con otros elementos o accesorios del vehículo como se muestra en la figura 22.



Fig.22. Ensamble de suspensión posterior. Fuente: Autores.

Se realizó el ensamble total de los elementos de la suspensión, para sujeción del tren motriz con los trapecios posteriores se empleó pernos en U ajustados con su respectivo torque para asegurar su apriete homogéneo en las 4 tuercas.

El ancho de vía de la suspensión posterior fué insuficiente resultando en una interferencia entre las ruedas posteriores con el carenado, por lo que se procedió a fabricar expansores de aluminio como se muestra en la figura 23, los cuales incrementan dicha cota en 170 mm.



Fig. 23. Expansores de ruedas posteriores. Fuente: Autores.

En la figura 24, se muestra la comprobación de la correcta geometría con la medición de ancho de vía con el uso de una regla.



Fig. 24. Medición de suspensión posterior.
Fuente: autores.

En la tabla III se muestra las especificaciones de los principales componentes mecánicos.

TABLA III.
ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL VEHÍCULO CON SUS PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS.

Componentes principales del vehículo	Peso (Kg)
Chasis	120
Tren de suspensión delantero	109
Tren de suspensión delantero	59
Baterías	300

II. RESULTADOS

El ancho de vía delantera aumentó a 1.66 m con respecto al original del Chok G2 de 1.44 m debido a que buscamos más estabilidad en curva, para lograr esto, la distancia entre los trapecios delanteros se incrementó.

La batalla es de 2.27 m incrementando 5 cm con respecto al del Chok G2 debido a que se buscó una mejor geometría de Ackerman.

La distancia mínima al suelo es de 15 cm, esto ayuda a tener más estabilidad en curva.

El recorrido de la suspensión delantero es de 11 cm y la de la posterior de 9 cm, siendo estas iguales a la del Chok G2.

El ángulo de avance Caster es de 3.5° , estando estos dentro de los parámetros.

El ángulo de caída Camber es de 0.4° en ambas ruedas delanteras.

A continuación, en la tabla IV se muestran los resultados.

TABLA IV.
RESUMEN DE RESULTADOS

RESUMEN DE RESULTADOS	
Ancho de vía delantera	1.66 (m)
Ancho de vía posterior	1.61 (m)
Batalla	2.27 (m)
Distancia al suelo mínima	15 (cm)
Radio de giro	7.7 (m)
Recorrido de suspensión delantera	11 (mm)
Ángulo de avance Caster	3.82°
Ángulo de caída Camber	0.35°

III. CONCLUSIONES

El diseño previo determinó que es factible la adaptación de los componentes de suspensión del vehículo Chok G2 en el chasis Ariel Atom.

Las dimensiones y ubicación de los soportes de sujeción y piezas de suspensión respetan la geometría modelada en CAD garantizando el funcionamiento adecuado entre los elementos de suspensión y los componentes mecánicos.

Se evidenció una buena resistencia de los soportes y de las soldaduras ya que se sometió al vehículo a circulación en vías irregulares a altas velocidades y no se detectaron fallas mecánicas.

Las pruebas de conducción proporcionaron excelentes resultados ya que se obtuvo un menor radio de giro, mayor estabilidad en curva debido al incremento del ancho de vía y a la disminución de la distancia entre el suelo y el bastidor; la convergencia entre ruedas proporciona un buen trazado de curvas y una circulación constante sin variación en línea recta.

IV.REFERENCIAS

- [1] Maza, J. (2016). *Diseño cinemático y dinámico del sistema de suspensión para vehículo de competición formula student*. Universidad De Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/8404/384327.pdf?sequence=1>
- [2] E. Mejía y D. Reyes (2018). “Diseño y selección del sistema de suspensión de un prototipo de auto eléctrico biplaza UTA-CIM17”. Universidad Técnica De Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27928>
- [3] Alcalá, J. R. R., Sarmiento, C. E. V., & Granja, A. V. (2016). Análisis dinámico de la suspensión Pull-Rod y PuhsRod para el vehículo eléctrico tipo monoplaza. *Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 110-131.
- [4] Enríquez Bustamante, B. (2019). *Estudio del comportamiento de un corrector de camber y caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con suspensión tipo mcpherson*. Universidad Técnica del Norte. https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTN_0d7445f45f99f9f06114b4a966303386
- [5] B. Gavilanez y W. Yumbo (2016). diseño y construcción del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera del vehículo híbrido tipo buggy 4x4 para la carrera de ingeniería automotriz de la Epoch. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/11587/1/65T00309.pdf>
- [6] J. Narvaez y M. Pomaquero (2011). Construcción e implementación de un sistema de suspensión neumática inteligente en un vehículo tipo automóvil Mazda 323. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/939/1/65T00010.pdf>
- [7] Cevallos Sandoval, j. 2vallesteros blanco, c. (2016).: Diseño, análisis e implementación de los sistemas de suspensión, dirección y frenos para un prototipo de vehículo biplaza tipo roadster. Universidad de las Fuerzas Armadas. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12239>
- [8] Moncayo, A. (2015)., Diseño y construcción del sistema de suspensión de un vehículo monoplaza para la competencia fórmula SAE. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8929/1/UPS-CT005175.pdf>
- [9] Al Yáñez, EA Narváez, LF Salinas y EA Bonifaz (2020). Annealing and Normalizing of AISI 1045 Steel: A Lamellae Analysis. Universidad San Francisco de Quito. <https://www.vibgyorpublishers.org/content/ijmmp/fulltext.php?aid=ijmmp-5-053>
- [10] Mejía Mayorga, E. y Reyes Pérez, D. (2021). *Diseño y selección del sistema de suspensión de un prototipo de auto eléctrico biplaza UTA-CIM17*. Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27928>
- [11] De la Cruz Suntaxi, A., e Inga Cueva, R. (2014). *Diseño y construcción de los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, en un vehículo eléctrico biplaza plegable*. Universidad de las Fuerzas Armadas. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8979>
- [12] Autodata (2020). *Las necesidades de la geometría de la suspensión*. España. <https://www.autodata-group.com/es/noticias/industria/las-necesidades-de-la-geometria-de-la-suspension>