

Análisis numérico del chasis de un vehículo de dos ruedas

Numerical Analysis of a Two-wheeled Vehicle Chassis

Atzimba Estefanía Bolaños Mejía ¹

Fernando Moreno González ²

Daniel Maldonado Onofre ³

Luis Antonio Mier Quiroga ⁴

Tomas de la Mora Ramirez ⁵

Elvis Coutiño Moreno ⁶

Tecnológico Nacional de México,
Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán,
Jocotitlán, MÉXICO

¹ ORCID: 0009-0002-4242-1789 / 2022150482256@tesjo.edu.mx

² ORCID: 0009-0000-1930-2859 / 2021150482016@tesjo.edu.mx

³ ORCID: 0000-0002-6078-2206 / daniel.maldonado@tesjo.edu.mx

⁴ ORCID: 0000-0001-8290-4115 / luis.mier@tesjo.edu.mx

⁵ ORCID: 0000-0001-6594-2777 / tomas.delamora@tesjo.edu.mx

⁶ ORCID: 0000-0003-2455-2574 / elvis.coutino@tesjo.edu.mx

<https://cientifica.site>

Recibido 05/06/2026, aceptado 10/07/2026, publicado 15-07-2026.



Resumen

Este trabajo presenta el análisis estructural y el rediseño del chasis de un vehículo eléctrico de dos ruedas mediante simulaciones numéricas con el método de elementos finitos (MEF). Utilizando software especializado como Abaqus y SolidWorks, se evaluó el comportamiento estructural del chasis bajo distintas condiciones de carga estática y dinámica, incluyendo estudios de impacto frontal y lateral. Como resultado, se identificaron zonas críticas de esfuerzo y se propusieron mejoras estructurales orientadas a reducir las deformaciones sin incrementar significativamente el peso de conjunto.

Palabras clave: análisis numérico, vehículo eléctrico, chasis, elementos finitos.

2

Abstract

This paper presents the structural analysis and redesign of the chassis of a two-wheeled electric vehicle using numerical simulations with the finite element method (FEM). Using specialised software such as Abaqus and SolidWorks, the structural behaviour of the chassis was evaluated under different static and dynamic load conditions, including frontal and lateral impact studies. As a result, critical stress areas were identified and structural improvements were proposed aimed at reducing deformations without significantly increasing the overall weight.

Index terms: numerical analysis, electric vehicle, chassis, finite element.

I. INTRODUCCIÓN

La larga trayectoria evolutiva de los vehículos de dos ruedas no ha sido suficiente para eliminar sus riesgos característicos, que siguen cobrando un alto precio en daños materiales y vidas humanas, exigiendo soluciones urgentes [1], por lo que es importante verificar la seguridad en todo tipo de vehículos, principalmente acerca de la resistencia al impacto como se establece en el manual de seguridad vial de la OMS: “La realización de modificaciones importantes en estos vehículos así como otros cambios menores podrían reducir el impacto de los componentes del vehículo en el cuerpo de los pasajeros en caso de colisión” [2], donde se menciona un vehículo de tres ruedas, sin embargo, este factor es aplicable a cualquier vehículo para garantizar la seguridad del usuario.

Por ello es fundamental continuar evaluando y mejorando la estructura de este tipo de vehículos, ya que los accidentes son frecuentes. Solo en la Ciudad de México, durante el primer trimestre de 2024, se registró que el 44.4% de decesos por accidentes viales fueron motociclistas, en su mayoría causados por choques o impactos, según datos publicados en El Herald de México [3].

El presente trabajo se enfoca en el análisis estructural y rediseño de un chasis para un vehículo eléctrico de dos ruedas, con el objetivo de mejorar su comportamiento mecánico y garantizar su seguridad estructural bajo distintas condiciones de carga e impactos. La estructura del chasis debe cumplir con requisitos de resistencia y rigidez, soportando tanto cargas estáticas como dinámicas que se presentan durante su operación.

3

Se aplicaron herramientas de simulación numérica mediante el método de elementos finitos (MEF) utilizando SolidWorks y Abaqus. Estas herramientas permitieron identificar puntos críticos en el diseño original y generar propuestas de rediseño orientadas a minimizar deformaciones y esfuerzos, conservando un peso adecuado para un vehículo de esta categoría.

El método de los elementos finitos (MEF) permite resolver problemas complejos dividiéndolos en partes más simples, facilitando su análisis y solución. Anteriormente, esto requería costosos prototipos y pruebas físicas. El desarrollo informático ha potenciado el uso de herramientas como Abaqus, que ofrece soluciones robustas para diversas aplicaciones industriales [4].

Un factor determinante en el diseño estructural es la selección de materiales; en un estudio realizado para evaluar materiales para estructuras de vehículos eléctricos, donde se realizaron simulaciones de propiedades mecánicas de materiales tales como resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y resistencia a la fatiga, se encontró que el uso de materiales avanzados, como aleaciones de aluminio y compuestos de fibra de carbono, podría reducir significativamente el peso del vehículo hasta en un 30 %, mejorando así la eficiencia energética y la autonomía. Sin embargo, los costos de producción aumentaron con la incorporación de estos materiales [5].

II. DESARROLLO

A. Ingeniería inversa y modelado CAD

El análisis comenzó con un proceso de ingeniería inversa, importando el modelo CAD del chasis original en SolidWorks para su simplificar geometrías y eliminar elementos no relevantes para facilitar la simulación; en la figura 1 se muestra el chasis inicial.

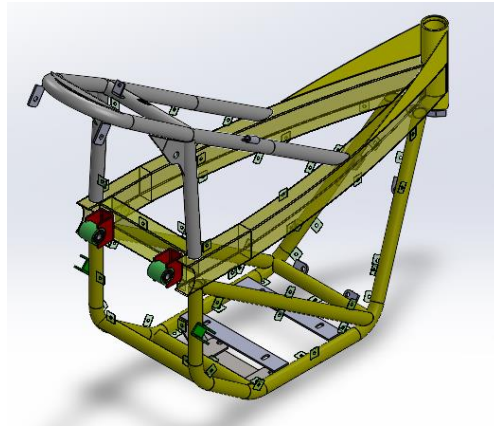


Fig. 1. CAD inicial.

Principalmente, se realizaron ajustes en la unión de sus partes, ya que algunas piezas no se encontraban bien ensambladas y dejaban espacios vacíos (véase sección resaltada en figura 2), lo que provocaría que los resultados no sean del todo correctos.

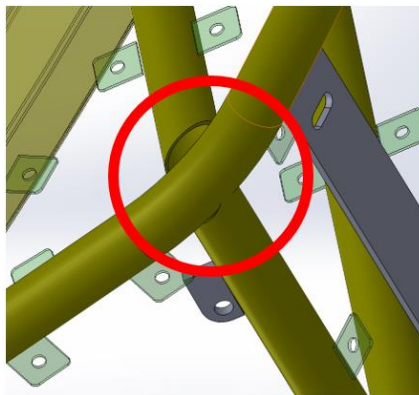


Fig. 2. Ajustes en ensamblaje.

En la figura 3, se muestra el modelo 3D corregido y simplificado. Dentro de las simplificaciones, se eliminaron elementos prescindibles para los estudios realizados en este proyecto; en este caso, los slots de sujeción, bisagras de asiento y los soportes para posapiés, baterías y horquilla, entre otros. Esto para disminuir recursos necesarios al ejecutar los estudios.

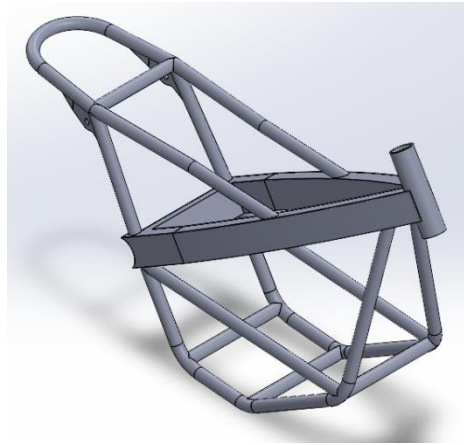


Fig. 3. Chasis simplificado.

Otra simplificación que se realizó fue eliminar redondeos no necesarios para facilitar la simulación en Abaqus, ya que estas pequeñas curvaturas generan errores al momento de realizar el mallado, en la figura 4 se muestran las curvaturas que fueron suprimidas.

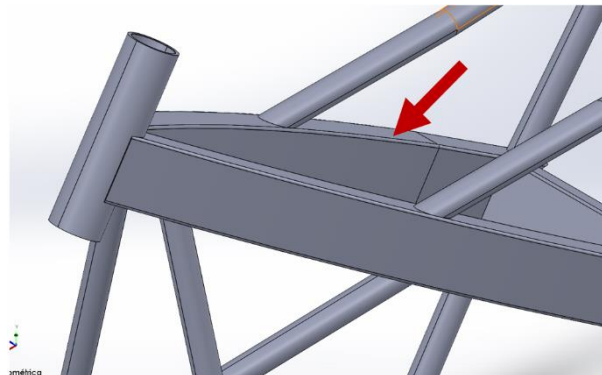


Fig. 4. Redondeos eliminados.

Se realizó el modelo 3D del chasis en SolidWorks para posteriormente exportarlo como una sola pieza en Abaqus y realizar los estudios correspondientes; donde también se le asignó el material AISI 1018 para analizar y obtener información como el peso, volumen, densidad y la masa que se muestran en la figura 5.



Fig. 5. Información del chasis (Acero AISI 1018).

B. Análisis numérico en Abaqus

Se realizaron estudios de carga e impacto sobre el chasis con la finalidad de identificar puntos críticos y áreas de mejora, tomando en cuenta el peso de una y dos personas.

1) Velocidad e inercia para estudios de impacto

La velocidad máxima del vehículo es 80 kilómetros por hora, por lo que se emplea ese dato para los análisis. Debido a que se está trabajando con las unidades del SI, se realiza la conversión de la velocidad; como se observa en la ec. 1.

$$V = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right) = 22.22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(1)

Para la masa inercial, se toma la masa total, no solo del chasis sino del vehículo con todos los componentes (110 kilogramos) además de la masa de una persona (90 kilogramos) y dos personas (180 kilogramos), por lo que durante la simulación se emplea una masa inercial de 200 y 280 kilogramos respectivamente.

2) Fuerza para estudios de carga

Se utiliza la masa de una y dos personas, a partir de la masa antes mencionada por lo que el cálculo del peso se puede observar en las ecuaciones 2 y 3.

$$F_{1\text{persona}} = 90 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 882.9 \text{ N}$$

(2)

$$F_{2\text{personas}} = 180 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1765.8 \text{ N}$$

(3)

3) Análisis estático de carga

Se realizó un estudio de carga con una fuerza concentrada en el Punto de Referencia 1 (RP-1) con la masa de una persona (90kg). Se agregó una interacción de conexión tipo “coupling” en el área mostrada, como se observa en la figura 6, debido a que ahí es donde se encuentra el asiento.

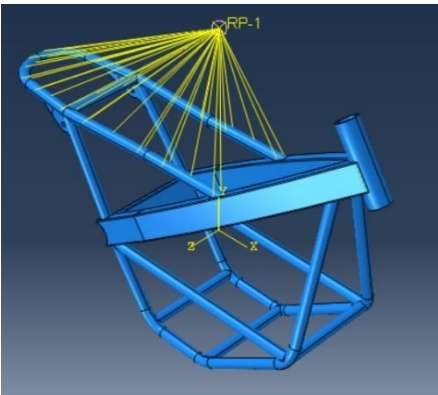


Fig. 1. Interacción en estudio de carga.

7

Para el estudio de carga con un peso de dos personas, se realiza el mismo procedimiento con la diferencia de que la masa aplicada es de 180 kg. En la tabla 1 se muestran las condiciones aplicadas a este análisis.

TABLA 1.
CONDICIONES DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE CARGA.

Condiciones de carga:	- Fuerza concentrada uniformemente distribuida en RP-1 con una interacción de “acoplamiento” tipo “distribución estructural en el área del asiento. - Encastre en la dirección y la conexión con el basculante.
Restricciones:	Ninguna
Material (SI mm):	AISI 1018
Malla:	Tetrahédrica tipo C3D10

4) Estudio dinámico de impacto

Se realizó un estudio dinámico explícito de impacto frontal del chasis con una carga de dos personas y una velocidad máxima de 22.22 m/s; para este estudio se realizaron distintas pruebas para obtener resultados óptimos.

En la primera prueba realizada se impactó directamente el chasis contra una pared, como se observa en la figura 7; sin embargo, en un caso real esto no sucede debido a que el primer impacto lo recibe la rueda.

En este estudio no se interpreta ningún resultado debido a que los obtenidos no son realistas, la imagen solo muestra el impacto del chasis contra la pared sin tomar en cuenta la existencia de las ruedas.

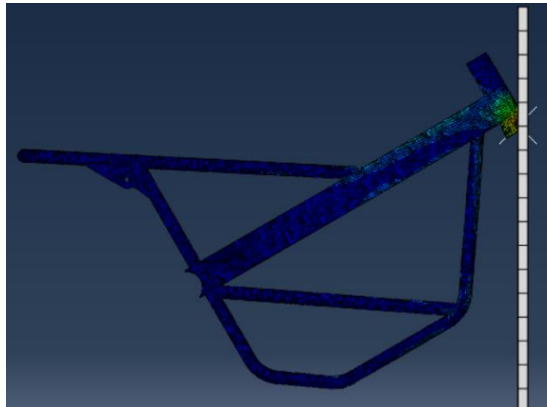


Fig. 7. Primera prueba.

En la segunda prueba, se cambió la pared por un plano inclinado para verificar si de esta manera los resultados de la deformación se acercaban los de un caso real, sin embargo, aunque sí mejoraron no eran los esperados. En la figura 8 se muestra como se hizo el estudio.

Nuevamente, no se interpreta ningún resultado debido a que, en este punto, aún no se llega a un impacto realista; el propósito de la imagen es únicamente ilustrar la forma en que se realizó el estudio.

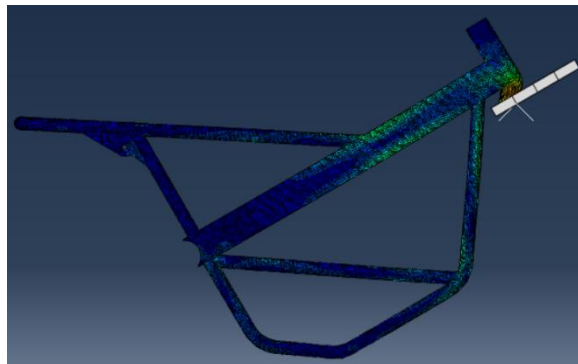


Fig. 8. Segunda prueba.

Para el último estudio se agregó una viga circular para simular el impacto de la rueda, además se volvió a incluir la pared en lugar del plano inclinado, como se muestra en la figura 9.

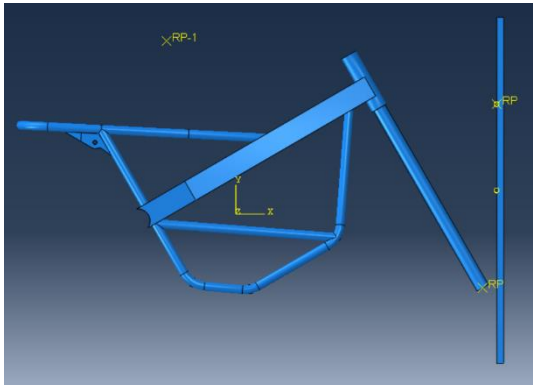
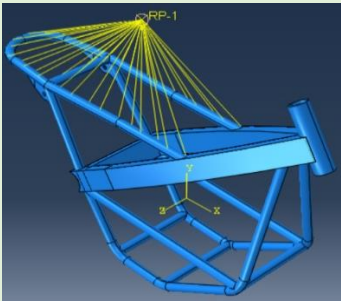
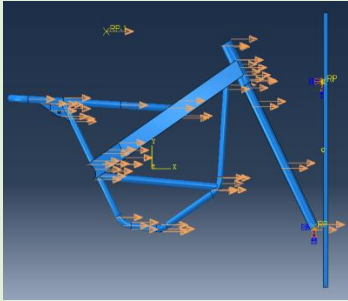


Fig. 9. Ensamble en estudio con viga.

En la tabla 2 se muestran las condiciones para la realización de este estudio.

TABLA 2. CONDICIONES DEL ANÁLISIS DINÁMICO DE IMPACTO FRONTAL.

Condiciones de carga:	— Fuerza concentrada uniformemente distribuida en RP-1 con una interacción de “acoplamiento” tipo “distribución estructural” en el área del asiento; con una magnitud de 882.9 N.
	
	— Velocidad traslacional aplicada en todos los nodos del chasis; con una magnitud de 22 m/s.
	— Encastre en RP de la “pared”.
	
	— Contacto general tipo “penalty” con un coeficiente de fricción de 0.4.

Restricciones:	– Desplazamiento permitido únicamente en x, en RP del eje de dirección. – Eje de dirección y pared discretamente rígidos.
Material (SI):	AISI 1018
Malla:	– Tetrahédrica tipo C3D4 en chasis. – Cuadrilátera tipo R3D4 en eje de dirección y pared.

Además, se realizó un estudio dinámico de impacto lateral, donde se simula un impacto generado de otro vehículo (cualquiera con una velocidad de 80 km/h) contra el chasis del vehículo de dos ruedas que se analiza. Para este caso se utilizó únicamente un bloque, como se observa en la figura 10, para simular el vehículo que se impactará en el chasis, debido a que ese impacto puede ser generado por un automóvil, motocicleta, etc.

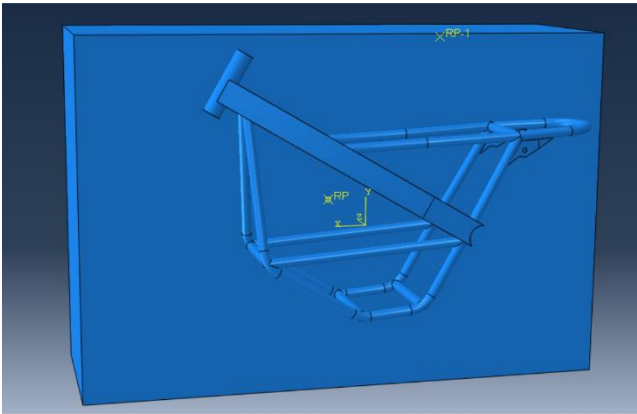
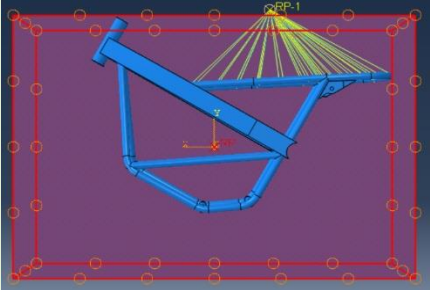


Fig. 10. Ensamble en estudio de impacto lateral.

En la tabla 3, se muestran las condiciones aplicadas a este estudio.

TABLA 3.
CONDICIONES DEL ANÁLISIS DINÁMICO DE IMPACTO LATERAL.

Condiciones de carga:	– Fuerza concentrada uniformemente distribuida en RP-1 con una interacción de “acoplamiento” tipo “distribución estructural” en el área del asiento. – Interacción de tipo “cuerpo rígido” aplicada en la placa.
	 – Velocidad traslacional aplicada en todos los nodos de la placa; con una magnitud de 22 m/s. – Encastre en la dirección y conexión con el basculante.  – Contacto general con un coeficiente de fricción de 0.4.
Restricciones:	Ninguna
Material (SI):	AISI 1018
Malla:	– Tetrahédrica tipo C3D4 en chasis. – Cuadrilátera tipo C3D8R en placa.

A partir de los estudios realizados se propuso un rediseño, donde se agregó una pieza para disminuir la deformación generada en la dirección del vehículo, la cual se muestra en la figura 11.

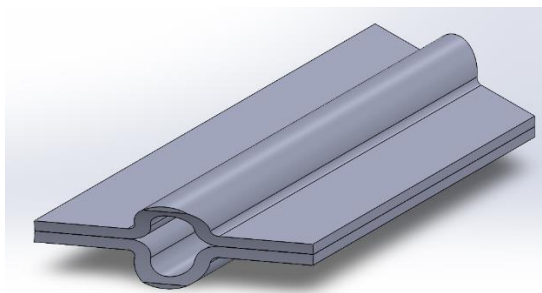


Fig. 11. Pieza para rediseño de chasis.

En la figura 12 se observa el área del chasis en donde se agregó la pieza propuesta.

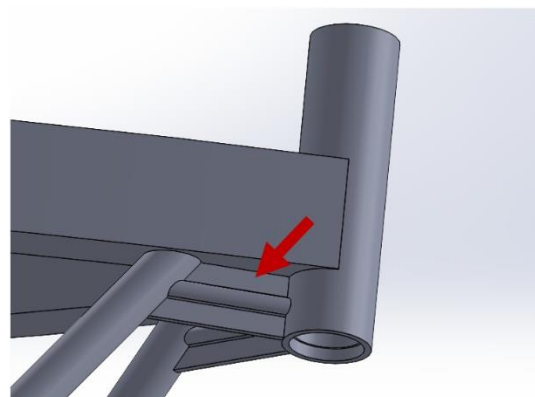


Fig. 12. Rediseño de Chasis 1.

Además, se agregó un perfil circular al chasis, que se encuentra indicado en la figura 13; con el cual se pretende disminuir la deformación generada en el resto del chasis.

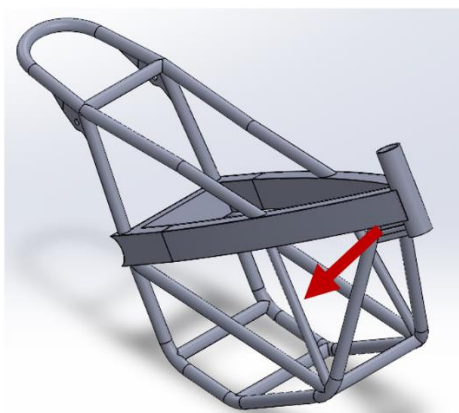


Fig. 13. Rediseño de Chasis.

III. RESULTADOS

La Figura 14 presenta la distribución de esfuerzos equivalentes de Von Mises obtenida mediante el análisis estático del chasis para dos condiciones de carga: una persona y dos personas. En ambos casos, los esfuerzos se distribuyen a lo largo de los elementos estructurales, concentrándose principalmente en la zona central donde se ubica el soporte del asiento y en las uniones entre los tubos que conforman la estructura principal.

Para la condición de una persona, el esfuerzo máximo registrado fue de aproximadamente 30,87 MPa, observándose que la mayor parte del chasis permanece en niveles bajos de tensión, representados por tonalidades azules. Las concentraciones de esfuerzo se localizan en las zonas de transferencia de carga hacia la estructura, indicando un comportamiento adecuado y una distribución uniforme de las solicitaciones mecánicas.

En la condición de dos personas, el esfuerzo máximo aumenta hasta aproximadamente 61,76 MPa, valor que representa prácticamente el doble del obtenido para una sola persona. Este incremento es consistente con el aumento de la carga aplicada sobre la estructura. A pesar de ello, la distribución de esfuerzos mantiene una tendencia similar a la observada en el caso anterior, concentrándose en las mismas regiones críticas sin evidenciar cambios significativos en el patrón de comportamiento estructural.

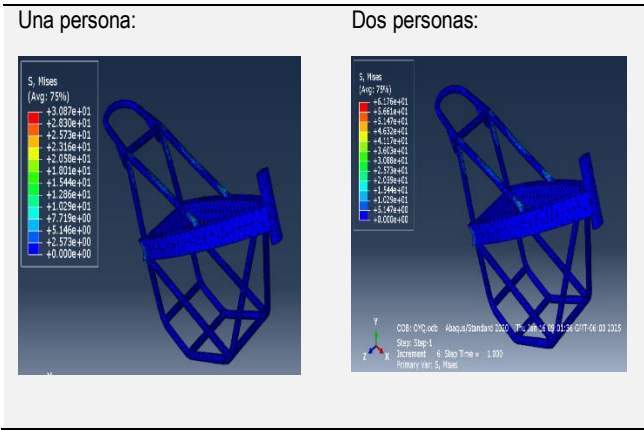


Fig. 14. Resultados del estudio estático de carga.

En la condición de impacto frontal, se observa una distribución de esfuerzos a lo largo de gran parte de la estructura, especialmente en los elementos longitudinales y diagonales que conforman el marco principal. Los mayores niveles de tensión se concentran en las zonas cercanas al punto de aplicación de la carga y en las uniones entre los miembros estructurales, alcanzando un esfuerzo máximo aproximado de $1,24 \times 10^9$ Pa (1240 MPa). La presencia de áreas con tonalidades verdes y amarillas indica que la carga de impacto genera una elevada transferencia de esfuerzos a través del chasis, involucrando una porción considerable de la estructura en la absorción de energía.

Por su parte, en la condición de impacto lateral, la distribución de esfuerzos se concentra principalmente en la región donde actúa la carga y en los elementos que conectan el soporte superior con la estructura central. El esfuerzo máximo registrado es de aproximadamente $3,41 \times 10^6$ Pa (3,41 MPa), valor significativamente menor al obtenido en el impacto frontal. La predominancia de tonalidades azules evidencia que la mayor parte del chasis trabaja bajo niveles reducidos de tensión, limitándose las concentraciones de esfuerzo a zonas específicas de transferencia de carga.

Al comparar ambos escenarios, se aprecia que el impacto frontal representa la condición más crítica para la estructura, ya que genera esfuerzos considerablemente superiores y una participación más amplia de los elementos estructurales en la disipación de la energía del impacto. En contraste, el impacto lateral produce una respuesta más localizada, con menores niveles de esfuerzo y una distribución más uniforme en el resto del chasis. Estos resultados indican que la resistencia del diseño frente a impactos frontales constituye el caso de análisis más exigente y, por tanto, el más relevante para la evaluación de la integridad estructural y la seguridad del sistema.

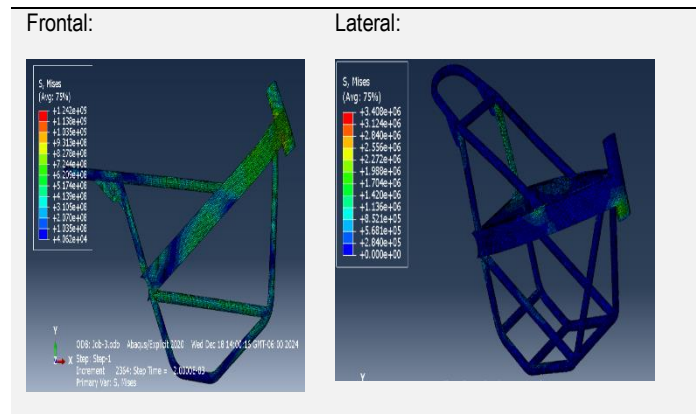


Fig. 15. Estudio dinámico de impacto (descartando la tensión absorbida por la suspensión).

La Figura 16 muestra la comparación de la deformación total obtenida mediante análisis por elementos finitos para el chasis inicial y el chasis rediseñado. Los resultados indican que el chasis original presenta una deformación máxima de 0.035 m, mientras que el diseño optimizado alcanza una deformación máxima de 0.029 m.

La reducción de la deformación máxima corresponde aproximadamente a un 17.14 %, lo que evidencia una mejora significativa en la rigidez estructural del sistema. Esta disminución sugiere que la nueva configuración geométrica del chasis distribuye de manera más eficiente los esfuerzos y cargas aplicadas, reduciendo las concentraciones de deformación presentes en el diseño inicial.

Los resultados muestran que el chasis original registra un esfuerzo máximo de 1.242 GPa, mientras que el chasis rediseñado alcanza un valor de 4.64 GPa.

El incremento de los esfuerzos máximos en el diseño rediseñado se atribuye principalmente a la modificación de la geometría estructural y a la incorporación de nuevos elementos de refuerzo, los cuales alteran la distribución de cargas dentro de la estructura. Aunque la deformación global disminuye, las cargas tienden a concentrarse en zonas específicas de unión y en algunos elementos estructurales de menor sección transversal, generando valores más elevados de esfuerzo local.

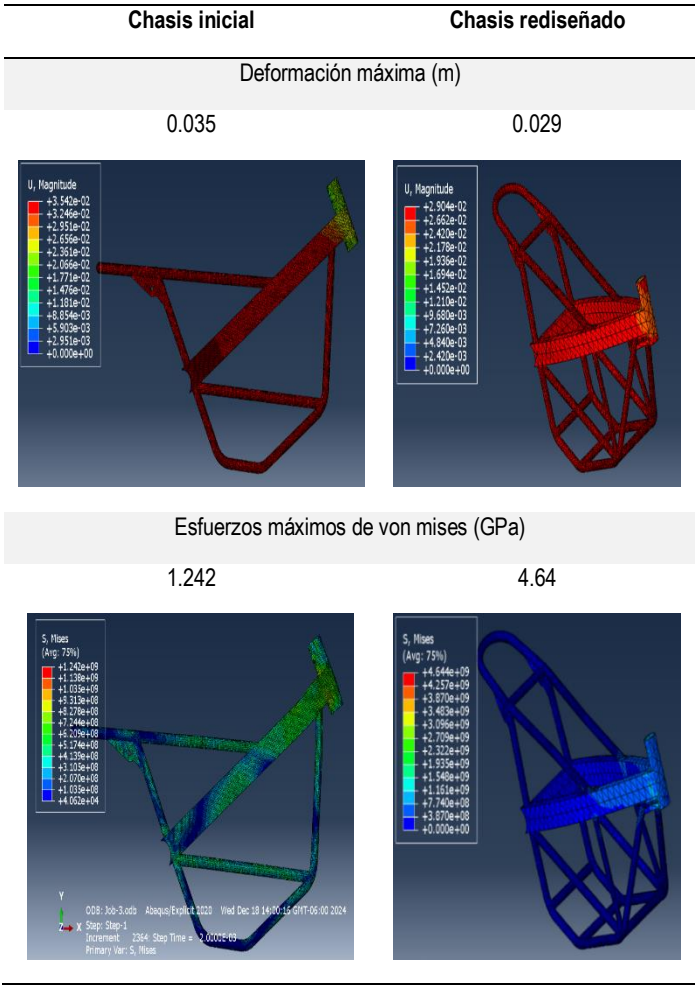


Fig. 16. Comparación de esfuerzos y deformaciones de chasis inicial con chasis rediseñado.

IV. CONCLUSIONES

En el análisis estático, se aplicaron cargas de 882.9 N y 1765.8 N, obteniendo deformaciones máximas de 0.042 mm y 0.084 mm respectivamente, con esfuerzos máximos de von Mises de 30.87 MPa y 61.75 MPa. Estos valores indican que el chasis soporta adecuadamente las cargas propuestas sin comprometer su integridad estructural.

Para el análisis dinámico de impacto frontal, se aplicó una velocidad de 22 m/s, obteniendo una deformación máxima de 0.035 m y un esfuerzo de 1.242 GPa. Al modificar el chasis, la deformación se redujo a 0.029 m, pero el esfuerzo aumentó a 4.64 GPa, lo que sugiere una mayor rigidez, pero también una concentración de esfuerzos que podría optimizarse en futuras iteraciones.

CRedit (Contributor Roles Taxonomy)

Contribuciones de los autores: Conceptualización: NPFA (líder) y JDGH; Metodología: JDGH; Desarrollo de software y desarrollo tecnológico: NPFA; Investigación: NPFA, JDGH y JMP; Redacción y preparación del borrador original: NPFA; Redacción, revisión y edición: NPFA y JDGH; Supervisión: JDGH; Análisis formal: JDGH; Administración del proyecto: JMP; Transferencia tecnológica e implementación: NPFA y JDGH; Adquisición de fondos: NPFA. Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.

Financiamiento: Los autores declaran que la presente investigación no recibió financiamiento externo específico de agencias del sector público, comercial o sin fines de lucro.

Declaración de la disponibilidad de datos: Los datos que sustentan los hallazgos de este estudio se encuentran disponibles dentro del artículo.

Agradecimientos: Los autores agradecen las facilidades otorgadas para el desarrollo de la presente investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, *Plan de acción mundial sobre la actividad física 2018-2030: Más personas activas para un mundo más sano*, Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 2018.
- [2] Alindonf, “Dos Ruedas, un Sinfin de Riesgos y Virtudes,” Club del Automóvil Nebrija, 20-Dec-2019. [Online]. Available: <https://www.nebrija.com/medios/clubdelautomovil/2019/12/20/2-ruedas-un-sinfin-de-riesgos-y-virtudes/>. [Accessed: 02-May-2025].
- [3] G. Domínguez, “Motociclistas encabezan las muertes viales en la CDMX, en 2024 llegaron casi al 50% de todos los fallecimientos,” El Herald de México, 20-Mar-2025. [Online]. Available: <https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2025/3/20/motociclistas-encabezan-las-muertes-viales-en-la-cdmx-en-2024-llegaron-casi-al-50-de-todos-los-fallecimientos-684997.html> [Accessed: 13-May-2025].
- [4] “Abaqus,” Dassault Systèmes, 25-Jul-2023. [Online]. Available: <https://www.3ds.com/es/products/simulia/abaqus> [Accessed: 02-May-2025].
- [5] X. Zhou, J. Jiang, Z. Hu, L. Hua, “Lightweight Materials in electric vehicles,” *International Journal of Automotive Manufacturing and Materials*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: <https://doi.org/10.53941/ijamm0101003>