

Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA

Structural analysis of prototype chassis for SAE BAJA vehicle

HUERTA-GAMEZ, Hector†*, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto

Universidad Politécnica de Juventino Rosas, México.

ID 1^{er} Autor: *Hector, Huerta-Gamez* / ORC ID: 0000-0002-5088-310X, CVU CONACYT ID: 373690

ID 1^{er} Coautor: *Edgar Daniel, Herrera-Olivares* / ORC ID: 0000-0002-5776-0313

ID 2^{do} Coautor: *José Luis, Zuñiga-Cerroblanco* / ORC ID: 0000-0003-0493-8197, CVU CONACYT ID: 208410

ID 3^{er} Coautor: *Antonio Alberto, Aguilar-Moreno* / ORC ID: 0000-0002-7652-5925, CVU CONACYT ID: 254188

DOI: 10.35429/JOIE.2020.13.4.12.19

Recibido Enero 18, 2020; Aceptado Marzo 31, 2020

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla el análisis numérico de la estructura de un prototipo de chasis para automóvil tipo SAE BAJA. Dentro de la propuesta del modelo se consideran factores que se vuelven importante al momento de implementarlo, dichos factores son: seguridad al conductor, espacios suficientes para los componentes del vehículo, entre otros puntos básicos. Así mismo, el modelo es sometido a diferentes pruebas establecidas por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, siglas en inglés), pruebas como: Impacto frontal, impacto trasero, impacto lateral, volcadura, pruebas de aterrizaje por salto delantero y por salto trasero; las condiciones a las cuales son sometidas estas pruebas son extraídas de artículos (pruebas) y aplicadas en las zonas adecuadas para tener los resultados más precisos y cercanos a la realidad. El análisis se realiza con diferentes materiales y perfiles utilizados para miembros estructurales, de esta forma también se obtiene la configuración adecuada de estos parámetros. Debido a los parámetros satisfactorios obtenidos, se tiene como resultado un modelo bastante eficiente, esto repercute en la seguridad necesaria para el conductor, básicamente, debido a que el sistema cuenta bajas deformaciones en los materiales y soportando las tensiones relativamente altas.

Fuerza, Chasis, BAJA SAE

Abstract

In the present work, the numerical analysis of the structure of a prototype of a SAE BAJA type automobile chassis is developed. Within the proposal of the model, factors that become important when implementing it are considered, these factors are: driver safety, sufficient spaces for vehicle components, among other basic points. Likewise, the model is subjected to different tests established by the Society of Automotive Engineers (SAE), tests such as: Front impact, rear impact, side impact, overturn, landing tests for front jump and rear jump; the conditions to which these tests are subjected are extracted from articles (tests) and applied in the appropriate areas to have the most accurate and close to reality results. The analysis is carried out with different materials and profiles used for structural members, in this way the appropriate configuration of the profiles and materials is also obtained. Due to the satisfactory parameters obtained, a fairly efficient model is obtained, this has an impact on the necessary safety for the driver, basically, because the system has low deformations in the materials and withstands relatively high stresses.

Strength, Chassis, BAJA SAE

Citación: HUERTA-GAMEZ, Hector, HERRERA-OLIVARES, Edgar Daniel, ZUÑIGA-CERROBLANCO, José Luis y AGUILAR-MORENO, Antonio Alberto. Análisis estructural de chasis prototipo para automóvil tipo SAE BAJA. Revista de Ingeniería Innovativa. 2020. 4-11:12-19.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hhuerta_ptc@upjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

BAJA SAE es un evento para estudiantes universitarios de ingeniería, organizado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices. El evento organizado en nombre de la competencia Mini-BAJA sirve como una plataforma para que los jóvenes estudiantes de ingeniería muestren sus habilidades al diseñar, fabricar y validar un vehículo todo terreno de una sola plaza y adquirir una experiencia de la vida real mientras superan obstáculos y desafíos.

El chasis del vehículo es la estructura de soporte principal de un vehículo BAJA SAE, en él se montan todos los demás componentes del vehículo. La función principal de un chasis es soportar todos los componentes mecánicos del vehículo y soportar cargas estáticas y dinámicas, sin deformarse. Debe diseñarse de manera ergonómica y eficiente, con un costo y peso óptimos, además debe de ser un diseño muy seguro para el conductor.

Material Utilizado

La selección del material adecuado es un punto importante a considerar, ya que de él dependerán los resultados de la simulación, en la tabla 1, se muestran los diferentes materiales con los que se trabajó dentro de la simulación.

	AISI 1020	AISI 1018	AISI 4130
Módulo Elástico	2×10^{11} Pa	2.05×10^{11} Pa	2.05×10^{11} Pa
Coefficiente de Poisson	0.29	0.29	0.29
Densidad de Masa	7900 K/m ³	7870 K/m ³	7850 K/m ³
Límite Elástico	351 MPa	370 MPa	460 MPa

Tabla 1 Propiedades Mecánicas Aceros AISI

Fuente: elaboración propia [Word]

Un factor importante dentro del desarrollo del proyecto es la selección del perfil adecuado, dentro del software de simulación, existen diversos perfiles, en el caso del proyecto, se trabajó con el perfil cuadrado, el cual se muestra en la figura 1, dicho perfil tiene las dimensiones que se muestran en la tabla 2.

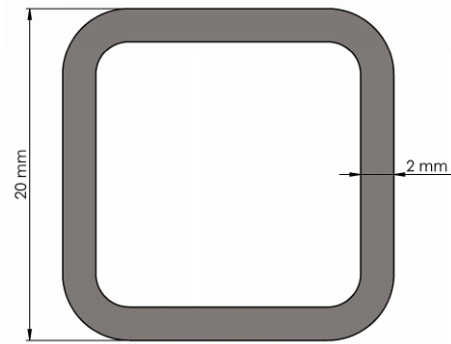


Figura 1 Perfil de trabajo

Fuente: Elaboración propia [Solidworks]

Perfil Cuadrado	
Lado	20 mm
Espesor	2 mm

Tabla 2 Dimensiones del perfil de trabajo

Fuente: elaboración propia [Word]

Análisis

Después de haber seleccionado el perfil para el chasis, fue necesario someter a pruebas de esfuerzo y resistencia toda la armadura bajo condiciones severas. El fin de poder soportar los impactos a los que se somete es que proporcionará mucha mayor seguridad para el conductor sin sufrir deformaciones significativas.

Las pruebas a las que sometió el chasis fueron las siguientes:

1. Impacto Frontal
2. Impacto Trasero
3. Impacto Lateral
4. Impacto Por Volcadura
5. Impacto Por Salto Delantero
6. Impacto Por Salto Trasero

El modelo del chasis se realizó considerando que éste fuera lo más seguro posible, de ahí que se utilizaron geometrías triangulares, dicho modelo se muestra en la figura 2:

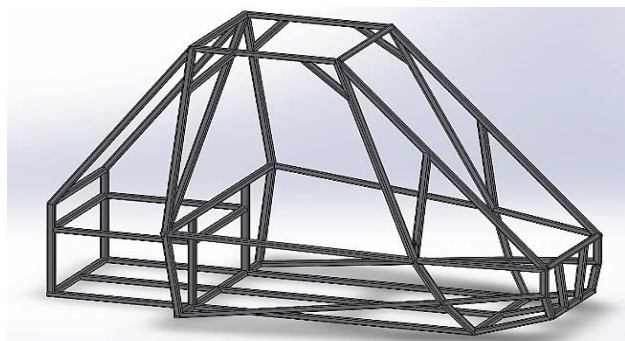


Figura 2 Modelo del chasis
Fuente: Elaboración propia [Solidworks]

Impacto Frontal

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto frontal se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 4 de acuerdo con la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*4*9.1 = 5500$ N (aprox) aplicamos 5500N en la parte frontal del chasis divididas en 4 fuerzas de 1375 N c/u, se realizaron 6 sujeciones de geometría fija en la parte trasera del chasis. La figura 3, muestra las condiciones de carga a las cuales el modelo fue sometido para llevar a cabo la simulación de cargas por impacto frontal.

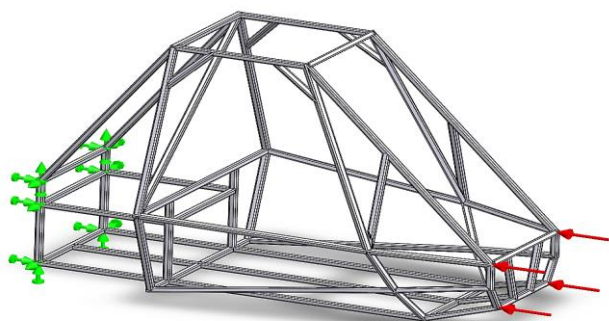


Figura 3 Condiciones de carga para simulación de impacto frontal.
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 4, se muestra la zona donde los desplazamientos debido al impacto frontal repercutieron en mayor medida, así mismo, numéricamente se observaron los siguientes parámetros en el caso de la deformación máxima: 3.68 mm en el material AISI 1020, 3.59 mm en el material AISI 1018 y 3.59mm en el material AISI 4130.

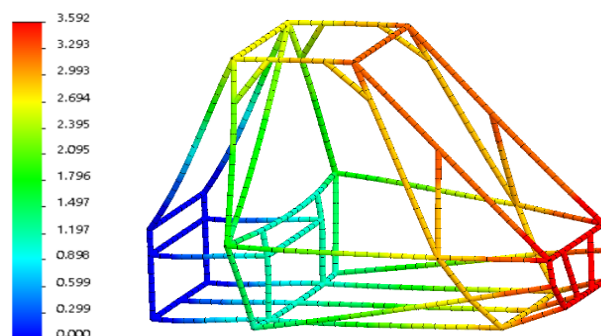


Figura 4 Desplazamientos debido al impacto frontal
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

También, se obtuvieron los esfuerzos debido al impacto frontal; la figura 5 muestra las zonas en las cuales el sistema está más esforzado, así como también se observaron los siguientes parámetros: un esfuerzo máximo de 102.4 MPa en la estructura quedando a un 29% en el material AISI 1020, 27% en el material AISI 1018 y 22% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

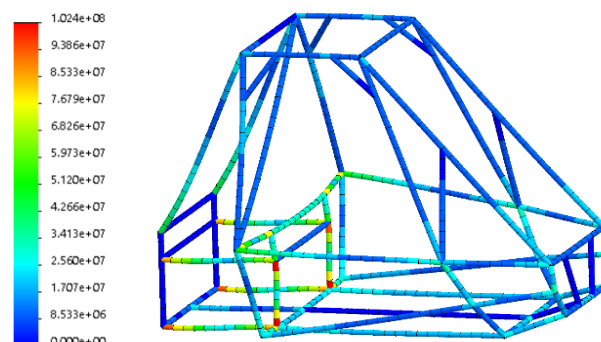


Figura 5 Esfuerzos debido al impacto frontal
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto Trasero

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto trasero se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 4 de acuerdo a la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*4*9.1 = 5500$ N (aprox) aplicamos 5500N en la parte trasera del chasis divididas en 4 fuerzas de 1375N c/u, se realizaron 4 sujeciones de geometría fija en la parte delantera del chasis. En la figura 6 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto trasero.

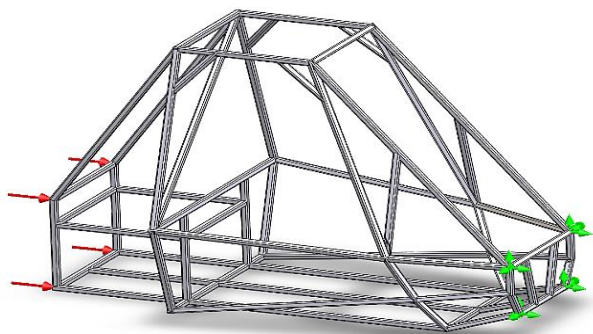


Figura 6 Condiciones de carga debido al impacto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 7 se observa cómo son los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto trasero; en dicho análisis se obtuvo que la máxima deformación fue de 1.61mm en el material AISI 1020, 1.57mm en el material AISI 1018 y 1.57mm en el material AISI 4130.

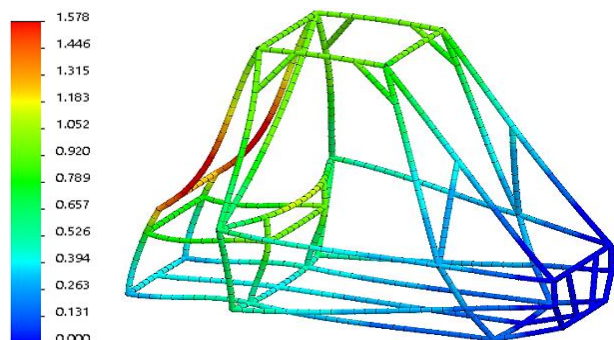


Figura 7 Desplazamientos debido al impacto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 8 se observan las zonas en las cuales el chasis se encuentra más esforzado debido a las condiciones de carga consideradas para el impacto trasero; de la misma manera se obtuvo que el esfuerzo máximo fue de 107.1MPa en la estructura quedando a un 30% en el material AISI 1020, 28% en el material AISI 1018 y 23% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

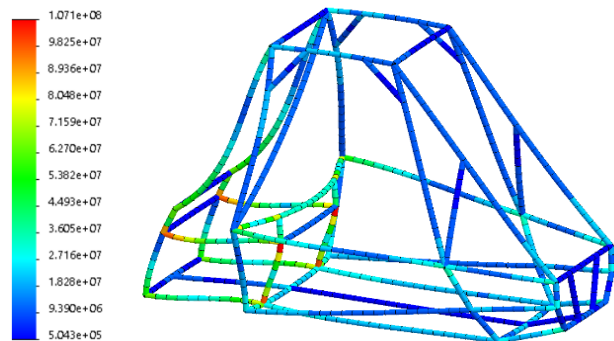


Figura 8 Esfuerzos debido al impacto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto Lateral

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto lateral se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 2.5 de acuerdo a la fomula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*2.5*9.1 = 3500N$ (aprox) aplicamos 3500N en la parte lateral izquierda del chasis divididas en 4 fuerzas de 875N c/u, se realizaron 4 sujeciones de geometría fija en la parte lateral derecha del chasis. En la figura 9 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular las cargas por impacto lateral.

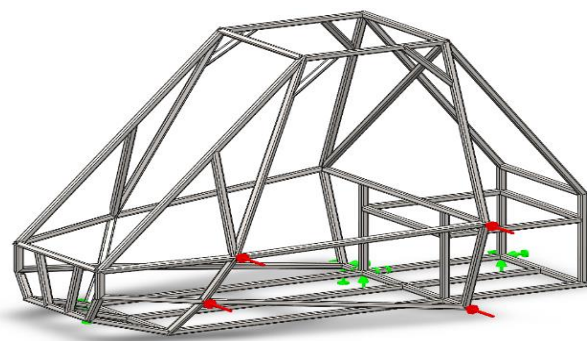


Figura 9 Condiciones de carga debido al impacto lateral
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 10 se observan las deformaciones del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto lateral; también se observó que la máxima deformación fue de 5.46mm para el material AISI 1020, 5.32mm para el material AISI 1018 y 5.32mm para el material AISI 4130.

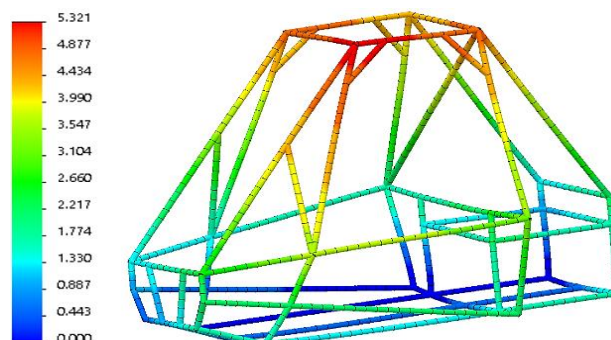


Figura 10 Deformaciones debido al impacto lateral
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 11 muestra las zonas donde se encuentra mas esforzado el chasis debido a las cargas por impacto lateral; así mismo se obtuvieron los siguientes resultados: el esfuerzo máximo fue de 184.9MPa en la estructura quedando a un 52% en el material AISI 1020, 49% en el material AISI 1018 y 40% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

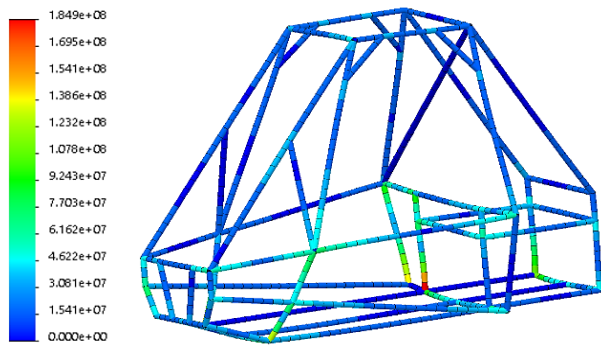


Figura 11 Esfuerzos debido al impacto lateral
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto por volcadura

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto por volcadura se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 4 de acuerdo a la fomula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*4*9.1 = 5500N$ (aprox) aplicamos 5500N en la parte superior del chasis divididas en 2 fuerzas de 2750N c/u, se realizaron 8 sujeciones de geometría fija en la parte inferior del chasis. En la figura 12 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto por volcadura.

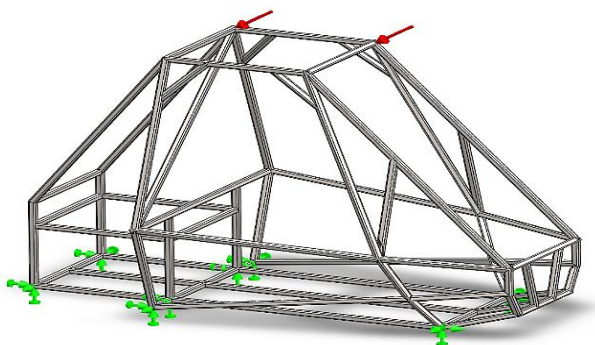


Figura 12 Condiciones de carga debido al impacto por volcadura
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 13 se observan los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto por volcadura, las cuales arrojaron los siguientes datos numéricos: la máxima deformación fue de 5.17mm para el material AISI 1020, 5.04mm para el material AISI 1018 y 5.04mm para el material AISI 4130.

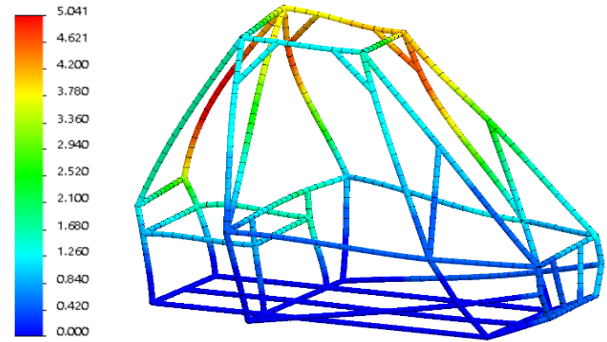


Figura 13 Deformaciones debido al impacto por volcadura
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 14 muestra en qué partes el chasis se encuentra más esforzado debido a las condiciones de carga debido al impacto por volcadura; de igual manera se obtuvieron los siguientes datos numéricos: el esfuerzo máximo fue: 314.4MPa en la estructura quedando a un 89% en el material AISI 1020, 84% en el material AISI 1018 y 68% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

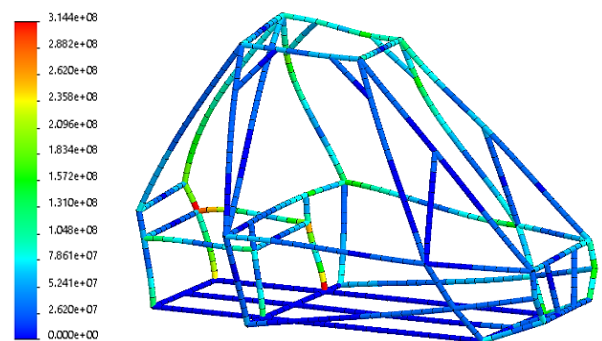


Figura 14 Esfuerzos debido al impacto por volcadura
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto por salto delantero

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto por salto delantero se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería.

La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 5 de acuerdo a la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*5*9.1 = 7000N$ (aprox) aplicamos 7000N en la parte donde se situará la suspensión delantera del auto en el chasis divididas en 8 fuerzas de 875N c/u, se realizaron 6 sujeciones de geometría fija en la parte trasera inferior del chasis. En la figura 15 se observan las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto por salto delantero.

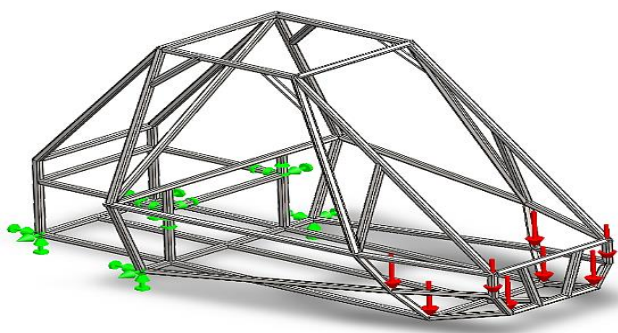


Figura 15 Condiciones de carga debido al impacto por salto delantero

Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 16 se muestra un esquema sobre los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto por salto delantero, en el cuál se obtuvieron los siguientes datos numéricos: la máxima deformación fue de 8.07mm para el material AISI 1020, 7.87mm para el material AISI 1018 y 7.87mm para el material AISI 4130.

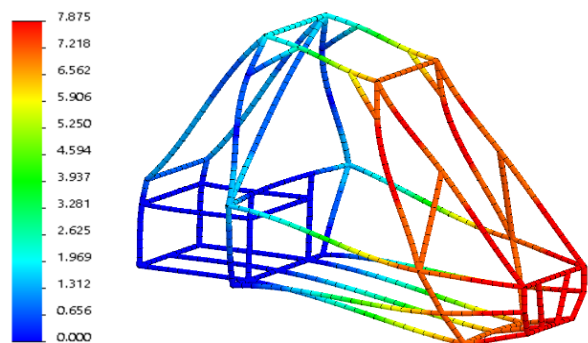


Figura 16 Deformaciones debido al impacto por salto delantero

Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 17 muestra las zonas donde el chasis corre mayor riesgo debido al mayor riesgo debido a las condiciones de carga debido al impacto por salto delantero.

Los parámetros encontrados con estas condiciones de carga para el esfuerzo fueron que el esfuerzo máximo fue de 299.5MPa en la estructura quedando a un 85% en el material AISI 1020, 80% en el material AISI 1018 y 65% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

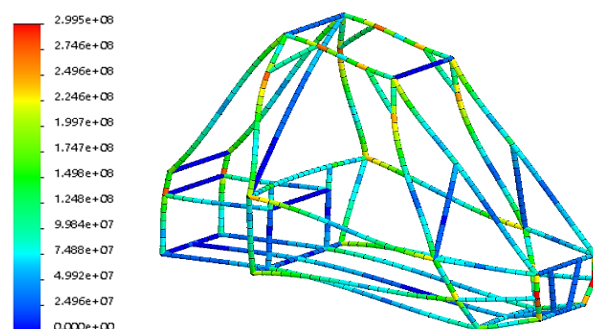


Figura 17 Esfuerzos debido al impacto por salto delantero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Impacto Por Salto Trasero

Para calcular la fuerza a aplicar en el impacto por salto trasero se utilizó la masa total del chasis + masa total del motor + masa total de la batería. La suma de todas ellas se multiplicó por una fuerza G de 2.5 de acuerdo a la fórmula de BAJA SAE. $F=ma$ $140*2.5*9.1 = 3500N$ (aprox) aplicamos 3500N en la parte donde se situará la suspensión trasera del auto en el chasis divididas en 4 fuerzas de 875N c/u, se realizaron 8 sujeciones de geometría fija en la parte delantera inferior del chasis. En la figura 18 se muestran las condiciones de carga a las cuales fue sometido el chasis para simular el impacto por salto trasero.

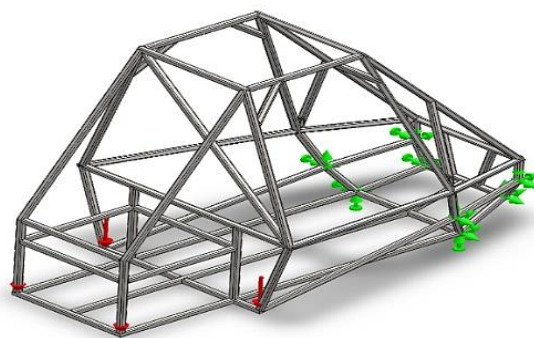


Figura 18 Condiciones de carga debido al impacto por salto trasero

Fuente: elaboración propia [Solidworks]

En la figura 19 se muestra un esquema sobre los desplazamientos del chasis bajo las condiciones de carga debido al impacto por salto trasero, dentro del cual se obtuvieron los siguientes resultados: la máxima deformación fue de 7.39mm para el material AISI 1020, 7.20mm para el material AISI 1018 y 7.20mm para el material AISI 4130.

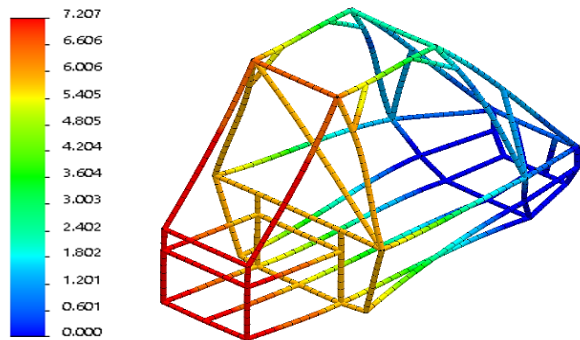


Figura 19 Deformaciones debido al impacto por salto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

La figura 20 muestra en qué secciones el chasis se encuentra más esforzado debido a las condiciones de carga debido al impacto por salto trasero; dentro de dicha simulación se obtuvieron los siguientes parámetros: el esfuerzo máximo fue de 328.7MPa en la estructura quedando a un 93% en el material AISI 1020, 88% en el material AISI 1018 y 71% en el material AISI 4130 de su límite elástico.

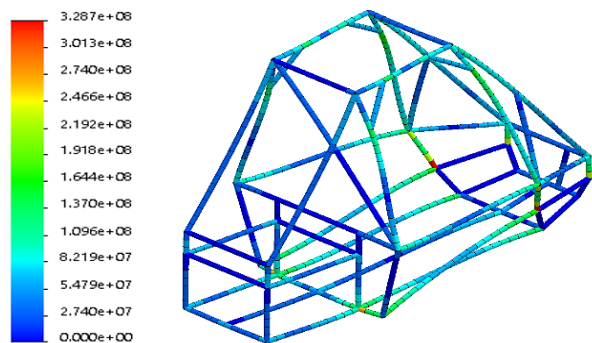


Figura 20 Esfuerzos debido al impacto por salto trasero
Fuente: elaboración propia [Solidworks]

Resultados

En las tablas 3 y 4 se muestran en forma de resumen todos los resultados de las pruebas en cada uno de los materiales, tanto para desplazamientos como para esfuerzos, respectivamente.

Análisis	AISI 1020	AISI 1018	AISI 4130
Impacto Frontal	3.68	3.59	3.59
Impacto Trasero	1.61	1.57	1.57
Impacto Lateral	5.46	5.32	5.32
Impacto Por Volcadura	5.17	5.04	5.04
Impacto Por Salto Delantero	8.07	7.87	7.87
Impacto Por Salto Trasero	7.39	7.20	7.20

Tabla 3 Resultados de desplazamientos en mm
Fuente: elaboración propia [Word]

Análisis	AISI 1020	AISI 1018	AISI 4130	Esfuerzo (MPa)
Impacto Frontal	29%	27%	22%	102.4
Impacto Trasero	30%	28%	23%	107.1
Impacto Lateral	52%	49%	40%	184.9
Impacto Por Volcadura	89%	84%	68%	314.4
Impacto Por Salto Delantero	85%	80%	65%	299.5
Impacto Por Salto Trasero	93%	88%	71%	328.7

Tabla 4 Resultados de esfuerzos en % de acuerdo con el límite elástico de cada material
Fuente: elaboración propia [Word]

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en los diferentes análisis se procede con la fabricación del chasis con el acero AISI 1018 debido a su buen comportamiento en las pruebas, en gran similitud a la AISI 4130, con un costo reducido.

Se continuará trabajando en el miniauto para cualquier ajuste que se realice al chasis, mejorando de esta forma el diseño, además de continuar trabajando en un mediano plazo con el sistema de dirección del vehículo.

6 Referencias

[1] Nawani, S., Bisht, K., & Chopra, S. . (2014). FEM Analysis of BAJA Chassis. Octubre, 2019, de International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering Sitio web: <http://ijamejournals.com/pdf/FEM%20Analysis%20of%20BAJA%20Chassis.pdf>

- [2] Shivam, M.. (2017). Static Analysis of the Roll Cage of an All-Terrain Vehicle (SAE BAJA). Octubre, 2019, de International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Sitio web: <https://www.irjet.net/archives/V4/i9/IRJET-V4I9157.pdf>
- [3] Hemant, K., Nagendra, P., & Deepty, V.. (2011). Finite Element Analysis of Impact on Chassis & Frame of a Mini Baja Vehicle. Octubre, 2019, de International Journal of Emerging trends in Engineering and Development Sitio web: https://pdfs.semanticscholar.org/e9dd/04f944cf8f20624eb9c3d8010c38c490d386.pdf?_ga=2.240623043.17508895.1593288825-1473742366.1593288825
- [4] Krishna, J., Ambesh, S., & Prabhudev, M.. (2017). Design and Analysis of Chassis for SAE BAJA Vehicle. Octubre, 2019, de IOSR Journal of Engineering (IOSR JEN) Sitio web: <https://www.iosrjen.org/Papers/Conf.19017-2019/Volume-4/7.%2051-57.pdf>
- [5] BAJA SAE. (2019). Collegiate Design Series Baja SAE® Rules 2020. Octubre, 2019, de BAJA SAE Sitio web: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiJgP__66LqAhUHCM0KHUzxCpwQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.bajasae.net%2Fcdsweb%2Fgen%2FDownloadDocument.aspx%3FDocumentID%3Dcd6d65ab-b69b-4e1e-990d-f961b9f4cccb&usg=AOvVaw0_KbKi-6AisT0HQ_82ZxE6