



Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura



Cátedra UNESCO
Tecnologías de apoyo para la Inclusión Educativa



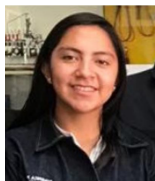
REVISTA

JUVENTUD Y CIENCIA SOLIDARIA

En el camino de la investigación

DESARROLLO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE UN GO-KART DE COMPETENCIA

Tatiana Vásquez, Doménica Patiño, Franklin Villacís,
Kevin Morocho, Estefanía Sigüencia

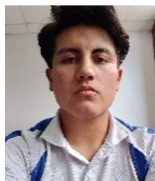


Tatiana Vásquez. Nací en Cuenca – Ecuador, el 22 de Junio de 2001. Tengo 18 años. Actualmente, me encuentro culminando el Bachillerato en Electromecánica Automotriz en la “Unidad Educativa Técnico Salesiano”. Me gusta mucho la natación, además soy catequista y es algo que realmente me apasiona. Busco un cupo en la Universidad de Cuenca y como figura profesional me gustaría ser profesora.



Doménica Patiño. Nací en Cuenca-Ecuador, el 20 de Julio de 2001. Tengo 17 años. En estos momentos estoy a punto de finalizar el Bachillerato en Electromecánica Automotriz en la “Unidad Educativa Técnico Salesiano”. Una de las cosas que mas me gusta es practicar deporte, me encanta leer libros y escribir relatos cortos, doy catequisis en la zona que vivo. Siempre trato de dar mi mejor esfuerzo. Estoy a la espera de

obtener un cupo en la Universidad de Cuenca y lograr ser una gran Ing. Civil.



Franklin Villacís. Nací en Cuenca – Ecuador un 27 de Agosto del 2001, tengo 17 años de edad. En la actualidad me encuentro por concluir el bachillerato en la especialidad de Electromecánica Automotriz en la “Unidad Educativa Técnico Salesiano”. En mis tiempos libres me gusta hacer deporte tanto futbol como baloncesto o como puede ser montar a caballo, me atrae mucho la carrera de diseño así que me encuentro en la



Kevin Morocho. Nací en Cuenca-Ecuador, el 12 de Julio de 2001. Tengo 17 años. En estos momentos estoy por finalizar el Bachillerato en el área de Electromecánica Automotriz en la “Unidad Educativa Técnico Salesiano”. Mis actividades favoritas son la lectura y el deporte tanto como futbol y ecuavoley. En todas mis actividades me esfuerzo completamente e intento progresar día a día para fomar un futuro estable. Estoy en espera de mi ingreso a la universidad y empezar mi

búsqueda de un cupo en la Universidad de Cuenca aspiro a crear grandes cosas que dejen huellas en este mundo.

profesión como Ing. Automotriz.



Estefanía Sigüencia. Nací en Cuenca – Ecuador un 21 de agosto del 2001, tengo 17 años de edad. En la actualidad me encuentro por concluir el bachillerato en la especialidad de Electromecánica Automotriz en la “Unidad Educativa Técnico Salesiano”. Soy una persona muy activa, me gusta el deporte, además soy muy sociable, me gustaría involucrarme en el mundo de la investigación.

Resumen

En la competencia de Go-Karts se requiere alcanzar las máximas prestaciones con los mínimos recursos, para ello toda optimización del vehículo dará mayor ventaja en la pista, se analiza los diferentes sistemas, componentes y todas las características que influyen en el diseño como los diferentes ángulos para entender la funcionalidad estructural para posteriormente analizar la resistencia de la estructura principal del vehículo denominado chasis y garantizar que soporte los esfuerzos a los que se somete durante la competencia. Por ello es esencial lograr una gran resistencia con la menor cantidad de material posible, para ello el análisis de elementos finitos determinará los puntos a reforzar en su estructura.

Palabras clave: Go – Kart, elementos finitos, geometría direccional, optimización, chasis, optimización, esfuerzos, deformación.

1. Explicación del tema

1.1. Introducción

Un Go-Kart consta de una estructura simple en conjunto por cuatro neumáticos y un solo asiento, el cual es propulsado por un motor de combustión interna o motores eléctricos [1]. Constituye un diseño básico y su proceso se basa en varias fases de ingeniería centrándose en los siguientes objetivos tales como: se-

guridad, resistencia, robustez, estandarización, costo y ergonomía del conductor [2].

Existen varios métodos con los cuales se pueden realizar diversas modificaciones en el chasis basándose en estudios o investigaciones que se centran en: el análisis en nodos de la estructura tubular, estudio del modelado geométrico, análisis estructural y dinámico, y finalmente la modificación de estructuras para su construcción logrando así obtener menor peso en el Go-kart, todo esto sin alterar los aspectos de rigidez o estabilidad [3].

El diseño 3D del Go-Kart se lo puede realizar mediante el software SolidWorks, el cual brinda muchas ventajas, entre ellas, obtener una referencia visual muy clara de las piezas. De la misma manera, nos permite realizar el análisis de esfuerzos y deformaciones de las estructuras [4], proceso basado en un método numérico, que divide un cuerpo en un número finito de elementos, los cuales resuelven el problema de manera individual, y proporcionan el resultado de las restricciones de manera conjunta [5].

1.2. Componentes principales

1.2.1. Chasis

Es la estructura del conjunto del Go-Kart que une las partes mecánicas y la carrocería, está compuesto por un conjunto de tubos de acero soldado, no atornillado, formando una estructura rígida. Los parámetros a considerar en el momento de diseñar un chasis son: peso, rigidez, altura, equilibrio y costo (Figura 1) [6].

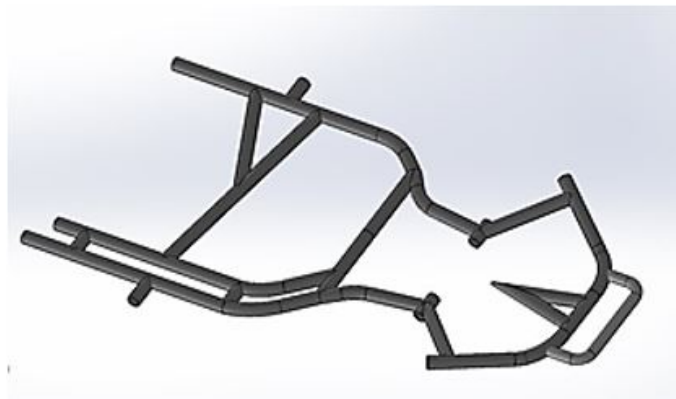


Figura 1. Chasis Go-kart. Elaboración propia

El material utilizado en la fabricación de este chasis es el acero estructural ASTM-A36, las propiedades principales de este material se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades. Elaboración propia

Propiedad	Valor	Unidad
Módulo Elástico	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo Cortante	79300	N/mm ²
Densidad de masa	7850	Kg/m ³
Límite de tracción	400-552	N/mm ²
Elongación	18	%
Dureza Rockwell	67-83	B
Dureza Brinell	119-159	-

- 1) Equilibrio del Chasis: Se define como aquella condición de la materia que le permite ser estable o firme con respecto a las fuerzas con las que interactúa en el espacio donde se encuentra, es decir, el chasis debe disponer de una estabilidad alta, de tal manera que los componentes que se encuentran fijados a él, se mantengan sólidos según su funcionalidad. Se realiza en un suelo plano, las distancias de ambos ejes al suelo, en el lado derecho y en el izquierdo, las mismas deberán realizarse periódicamente para mantener la seguridad del chasis [8].
- 2) Rigidez: Es la capacidad que tienen los elementos de las estructuras de aguantar los esfuerzos sin perder su forma y mantener sus uniones, es decir, la resistencia que logra soportar el chasis a torsión [9]. Un chasis muy rígido puede perder la capacidad de flexión para un óptimo agarre en piso deslizante, por ello se opta por una mayor capacidad de flexión (chasis blandos) de forma que, para conseguir la rigidez necesaria en otras pistas se acude al uso de una cantidad creciente de barras estabilizadoras [10].
- 3) Altura del Chasis: La altura del chasis depende de los parámetros de las competencias, también hace relevancia al estado del peso del chasis y dimensiones que lo constituyen. Normalmente se

tiende a mantenerlo tan bajo como sea posible y con la misma altura de derecha a izquierda, se puede emplear para ajustar el reparto de pesos y el agarre. Aumentar la altura del chasis en un extremo (detrás o delante) incrementará ligeramente el agarre en el extremo que se alza. Bajar hasta el tope la altura de los rodamientos del eje trasero resultará en un mejor deslizamiento en la parte posterior, estos son algunos ejemplos en los que se modifica la altura del chasis para obtener mejores resultados [11].

1.2.2. Sistemas y Subsistemas

- 1) Transmisión: Conjunto mecánico indispensable de la cadena cinemática de un vehículo con el propósito de convertir la energía necesaria para propulsarlos [12]. Por medio de la cadena dirige la potencia y el par motor hacia las ruedas del Go-kart [13].

Transmisión por cadena: Esta transmite la potencia desde el piñón que a su vez pasa por la salida del cigüeñal hasta una corona dentada que es solidaria con el eje trasero. Esto ayuda a la reducción de RPM ya que la relación que existe en la transmisión es de reducción, como lo podemos observar en Figura 2 [11] [13].



Figura 2. Sistema de trasmisión. Elaboración propia

Embrague: El conjunto llamado embrague es el que permite suspender la potencia dirigida por la cadena cinemática de transmisión, dando paso así a que el vehículo pueda permanecer estático mientras el motor está girando [13].

Caja de cambios: su función es capacitar las prestaciones de par a distintos regímenes de giro que aporta el motor de combustión [13].

2) Sistema de dirección.: Es el encargado de permitir un control direccional muy estable y preciso ya que así otorga la seguridad al momento de realizar cualquier maniobra en la carretera como evasiones de obstáculos o giros en los momentos que lo ameriten, [13] en el gráfico número 2 muestra visualmente como está estructurado el sistema de dirección, observar la Figura 3.



Figura 3. Sistema de dirección. Elaboración propia

3) Elementos de rodadura: Los elementos de rodadura son aquellos encargados de pasar la fuerza del par motor hacia el terreno y así el vehículo se desplace. Los elementos de rodadura vendrían

siendo neumáticos, llantas y los bujes, este último es el encargado de sujetar las llantas a las manguetas para el caso del eje delantero, y al eje de transmisión para eje posterior. [14], Figura 4.

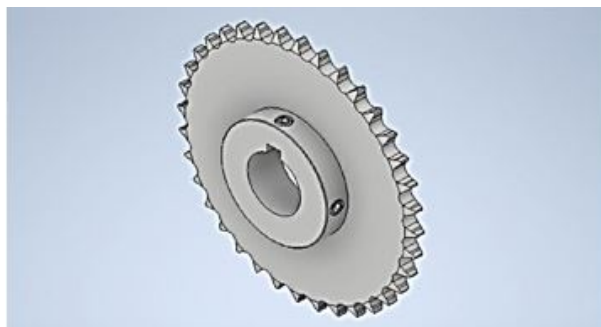


Figura 4. Elemento de Rodadura. Elaboración propia

- 4) Sistema de frenos.: Es el sistema encargado de disminuir progresivamente la velocidad del vehículo, esto se consigue al dispersar la energía cinética que se almacena durante la trayectoria en forma de calor a través de un rozamiento [14]. Como se observa en la Figura 5.
- 5) Doble de Tubos: En uno de los procesos de doblado de tubos del Go-kart, por un extremo del tubo se sella con una platina, mientras que,

por el otro, se rellena con arena sílice hasta que esté bien compactada esto permitirá dar una mayor solidez para así poder efectuar el corte y no existan rupturas previas. Esto hará que el tubo tenga una gran cantidad de peso, por esta razón este proceso solo es utilizado para poder efectuar el doblado de los tubos, después se lo extrae completamente para así proceder con la etapa de armado y confección [6].



Figura 5. Sistema de Frenos. Elaboración propia

1.2.3. Geometría Direccional

Comprende todos los factores que incurren en el comportamiento direccional del vehículo [17].

- 1) Ángulo de Caída: También llamado camber, dicho ángulo hace referencia a la inclinación que presenta la rueda respecto a un eje vertical de tipo neutro. Cuando la rueda carece de inclinación positiva, converge hacia la parte inferior y negativo cuando converge hacia la parte superior.
- 2) Ángulo de Salida: Comprendido entre la línea imaginaria compuesta por la rótula superior e inferior de la mangueta y un eje vertical, (Figura 6). Reduce el esfuerzo al realizar giros en el vehículo ya que permite una mejor asimilación de las irregularidades del terreno [18].

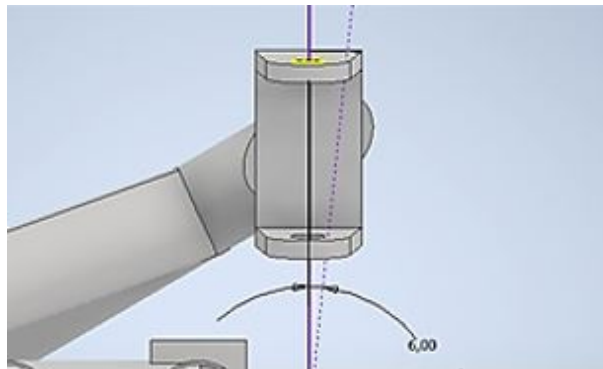


Figura 6. Ángulo de Salida. Elaboración propia

- 3) **Ángulo de Avance:** Visto desde el frente comprende la línea imaginaria compuesta por la rótula superior e inferior de la mangueta y un eje vertical. Permite que la dirección se mantenga

estable y fija. Se emplea para mejorar la estabilidad del Go – Kart en una recta, se observa en Figura 7.

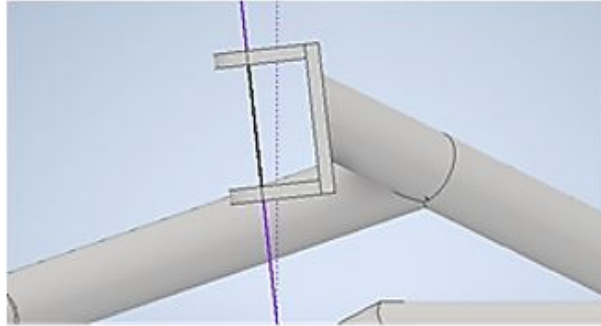


Figura 7. Ángulo de Avance. Elaboración propia

- 4) **Convergencia y Divergencia:** Distancia existente entre el ancho de vía de la parte frontal y posterior de los neumáticos del eje delantero de un Go – Kart. Si la distancia frontal de los neumáticos es mayor se llama divergencia, si la distancia posterior es mayor se habla de convergencia. Comprende valores entre 1 y 2 mm. Este parámetro influye directamente en el desgaste de las ruedas, lo ideal es que las mismas se encuentren paralelas puesto que así se conseguirá una marcha suave en un Go - Kart. La presencia de inclinaciones significa un desgaste en el neumático debido a que genera un valor de resistencia al avance.

2. Modelado 3D

2.1. Adquisición de Datos (medidas)

Se toman las medidas correspondientes al chasis, puesto que es la estructura base de un Go – Kart. Posteriormente se da paso a las mediciones de componentes tales como: motor, volante, ruedas, ejes, como se muestra en la Figura 8; siendo primordial definir su correcta ubicación con el fin de evitar una mala distribución de cargas que afecten directamente a la ergonomía. Todo este proceso es realizado tomando como referencia un punto específico del chasis.



Figura 8. Toma de Medidas. Elaboración propia

2.2. Modelado Go-Kart

Mediante uso de software se realiza el modelado 3D Figura 9 de todo el Go-Kart como punto de partida

para realizar cualquier análisis estructural para futuro modificar basándose en resultados obtenidos.

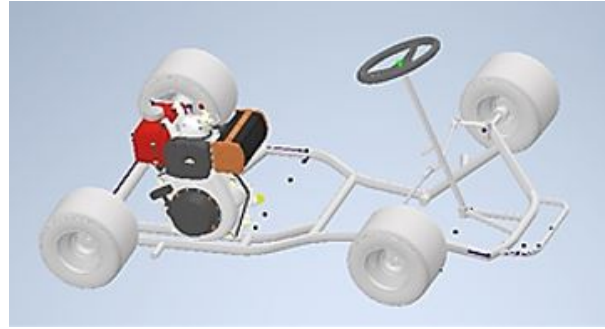


Figura 9. Modelo 3D Go-Kart. Elaboración propia

3. Método de optimización.

3.1. Análisis de componentes por elementos finitos

La determinación de tensiones, temperatura y los diferentes estados de funcionamiento que puede tener un elemento en base a ciertos parámetros o variables que van condicionando el mismo. Para analizar las diferentes condiciones no se establece un solo análisis aplicado a una estructura sino se debe dividir la estructura en un número de elementos (porciones) unidos por nodos en los cuales se materializan las principales incógnitas.

Es decir, todo esto permite generar una malla la cual debe cubrir al dominio [15]. Estos análisis se basan en el cálculo de las fuerzas, es decir, una fuerza aplicada en un punto específico de un elemento que puede producir deformaciones en la estructura del mismo. El elemento e viene definido por sus nodos (i, j, m) y por su contorno formado por líneas que unen los nodos. Los desplazamientos ya sean verticales u horizontales se asemejan por un vector columna \vec{u} . Tomando en cuenta que N es función de posición y a^e representa un vector formado por los desplazamientos de los nodos [16], como se muestra en la Figura 10.

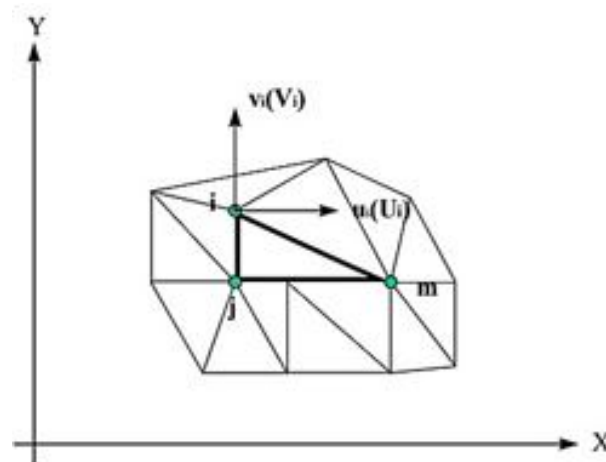


Figura 10. Coordenadas nodales (i, j, m) y desplazamientos nodales. Elaboración propia

Donde \vec{u} se representa en la ecuación (1):

$$\vec{u} = \sum N_i \cdot a_i^e = [N_i N_j \dots] \begin{pmatrix} \vec{a}_i \\ \vec{a}_j \\ \dots \end{pmatrix} = N a^e \quad (1)$$

Para realizar el análisis se deben tomar en cuenta

ciertos parámetros tales como: el dominio, las condiciones de funcionamiento y las incógnitas [17]. Dichas características permiten obtener los mejores resultados con el menor grado de error. Se realiza a través de matrices de rigidez las cuales serán definidas por los grados de libertad que posee el sistema, de esta forma se definirá su tamaño.

Métodos Dirichlet-Dirichlet

- Se aplica el Método Dirichlet-Dirichlet a través de los cálculos de las matrices.
- Tomar en cuenta que los cálculos respectivos son muy numerosos y difíciles de resolver de forma manual, por eso se han creado diferentes tipos de software con el fin de calcular estas operaciones con ecuaciones diferenciales que nos permiten obtener los valores.
- Otro método factible es el que se basa en la ley de Hooke, como nos muestra la ecuación (2) [18].

$$[F] = [k][u] \quad (2)$$

Donde:

F= fuerzas y momentos que actúan.

k= matriz de rigidez.

u= desplazamiento o giros.

- El chasis de un vehículo que se encuentra sometido a superficies oscilantes de una carretera o en su defecto fuerzas generadas en curvas crean cargas superiores en la estructura del chasis [19]. De esta forma es necesario calcular una correcta rigidez torsional la cual se calcula como resultado de la relación entre el torque y la deflexión angular, ecuación (3).

$$T = \frac{M}{\varphi} \quad (3)$$

Dónde:

T= Torsión (Rigidez torsional).

M= Momento.

φ = Deflexión angular.

Estos análisis se deben hacer desde diferentes puntos de referencia para poder obtener la información con mayor precisión.

3.2. Simulación y resultados

3.2.1. Simulación de componentes por elementos Finitos

La simulación determinará los puntos donde presenta mayor deformación y esfuerzos al aplicar las fuerzas a las que estará sometido el go-kart, de esta manera observamos los puntos débiles del chasis donde se podría mejorar o quizá eliminar para disminuir pesos.

3.2.2. Fase 1 Modelado

Empezamos desde un modelado 3D del chasis en el cual por medio de un software se realizará el análisis como podemos ver en la Figura 11.

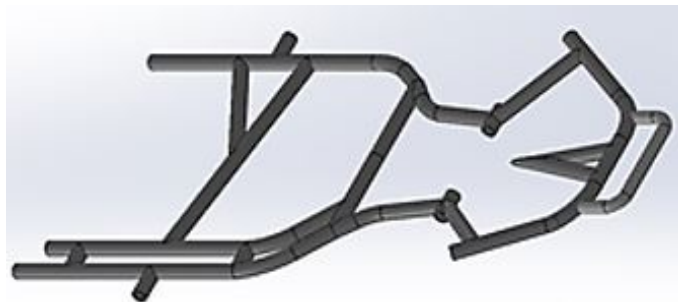


Figura 11. Modelado del Chasis. Elaboración propia

3.2.3. Fase 2 Nodos y fuerzas Aplicadas

Se provee de información a *software* sobre los nodos del chasis en donde se establece puntos de análisis estruc-

turales iniciales. En la Figura 12 se observa puntos de color morado que se generan, donde son los nodos que se establece, además de las flechas donde se especifica las fuerzas aplicadas.

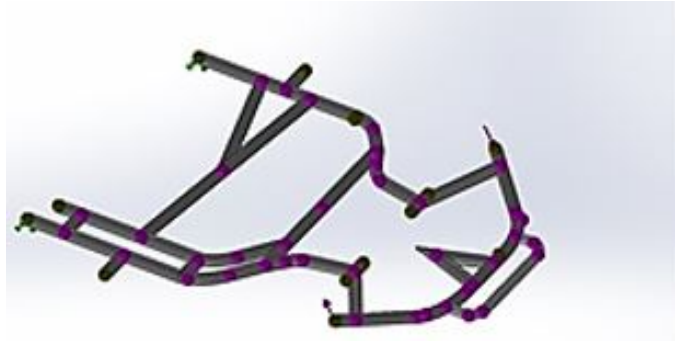


Figura 12. Nodos y fuerzas aplicadas. Elaboración propia

3.2.4. Fase 3 Análisis de Esfuerzos

Mediante el análisis de esfuerzos se aplica fuerzas a las que está sometido el chasis en sus puntos de apoyo y mediante un despliegue de gama de colores desde azul donde los esfuerzos son enormes, hasta el rojo donde se presentan los mayores esfuerzos. En la Figura

13 se observa la distribución de colores a lo largo del chasis verificando que el diseño es sólido, donde las únicas variaciones que se podría someter es eliminar algunas barras donde no se presenta esfuerzo mayor de esta manera aligeramos peso, aspecto que influirá en la velocidad del vehículo.

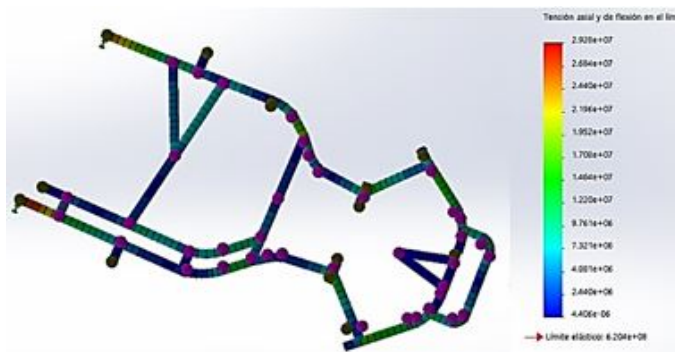


Figura 13. Nodos y fuerzas aplicadas. Elaboración propia

3.2.5. Fase 4 Análisis de Deformación

En el desarrollo del análisis de deformación al igual que en esfuerzos se basa en gama de colores representando en mm (Figura 14), donde se observa que el chasis no sufre gran deformación en la mayor parte de

la estructura y únicamente en el soporte de las llantas delanteras donde se ubica las manguetas presenta color rojo. Es decir, presenta la mayor deformación, por lo cual es un punto de análisis para mejorar la estructura, garantizando el soporte y daños futuros en competencia del chasis.

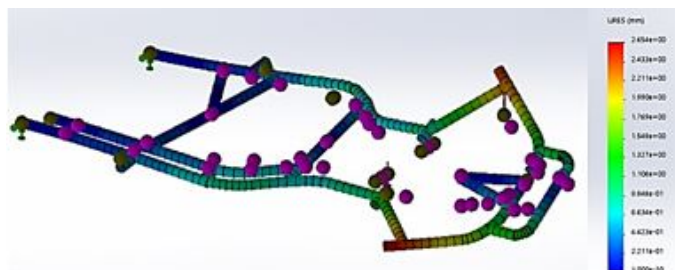


Figura 14. Flexión del Chasis. Elaboración propia

3.2.6. Resultados finales

Tabla 2. Resultados finales. Elaboración propia

Análisis	Medida
Esfuerzo Máximo	2,928 e ⁰⁷ MPa
Deformación Máxima	2,654 mm

4. Conclusiones

Uno de logros obtenidos al realizar este proyecto fue el desarrollo de técnicas de investigación que se vieron reflejadas en la obtención de información para el desarrollo de los diferentes análisis, construcción y simulaciones ejecutadas para lograr y obtener los resultados finales del Go-kart, los mismos que se desarrollaron para la optimización de sus características físicas con el fin de obtener mejores resultados a la hora de su funcionamiento.

A través de la construcción del modelo del Go-kart en el software SolidWorks se consiguió afianzar conocimientos en cuanto al modelado 3D, en el cual posteriormente se realizaron simulaciones de esfuerzos y deformaciones obteniendo buenos resultados en toda la estructura, exceptuando la parte en la cual las manguetas se unen al chasis.

Realizando el análisis de esfuerzos, se observa un valor máximo de 2,928 e⁰⁷, mientras que en la deformación obtuvimos un valor máximo de 2,654 mm. Con ello se constata que el diseño del chasis del Go-kart es

sólido, la optimización planteada se orienta a reforzar el nodo que sirve de soporte de las llantas delanteras donde se ubica la mangueta, y por otra parte en eliminar algunos componentes de la estructura tubular que no sufren mayor esfuerzo ni deformación del chasis.

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que formaron parte de este proyecto, quienes hicieron posible que este proyecto se desarrolle, ya que sin su apoyo y gestión no hubiese sido posible su ejecución, al Ing. Fabricio Espinoza, al Ing. Néstor Rivera y a las autoridades de la Unidad Educativa Técnico Salesiano quienes se encargaron de la vinculación y supervisión del proyecto. Además de manera especial a quienes estuvieron en la dirección del grupo: Felipe Berrezueta, Paúl Peralta y Anaís Molina; que fueron persistentes y realizaron una labor más allá de la de estudiantes, ya que fueron docentes y un apoyo para cada uno de nosotros. Finalmente, agradecemos a nuestras familias por el acompañamiento dentro de todo este proceso.

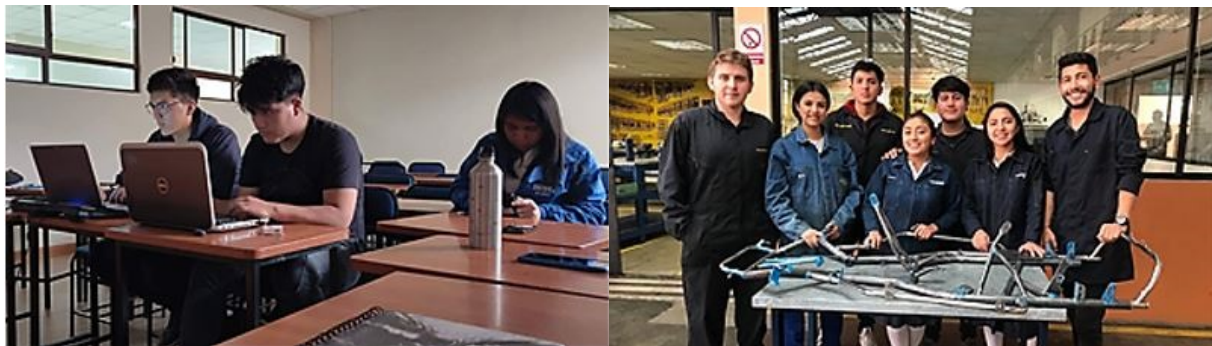


Figura 15. Equipo de trabajo

Bibliografía

- [1] T. Machado, V. Kulkarni, A. Arora, A. D'Souza, B. Esakkimuthu, D. Suvarna, F. Dongre, I. Khot, N. D'souza, P. Damkondwar and V. Giri. "Design and development of a go kart," *2015 International Conference on Technologies for Sustainable Development (ICTSD)*, Mumbai, 2015, pp. 1–5. [Online]. <http://bit.ly/30xzBgG>.
- [2] J. Johnson, K. Dinesh Kumar, S. Praneeth, R. Shankar, Yathiraj y R. Shankar, "Design, modeling and development of a go-kart vehicle," *2017 International Conference on Advances in Mechanical, Industrial, Automation and Management Systems (AMIAMS)*. Allahabad, 2017, pp. 104–109. [Online:] <http://bit.ly/2Y38IU7>
- [3] W. Contreras, P. Quezada, y L. Ortiz, "Propuesta metodológica para el diseño del chasis de un kart tipo kf4," *La Ingeniería Automotriz clave para el desarrollo sostenible de Ecuador*.
- [4] J. R. Sánchez, "Facultad de estudios superiores Cuautitlán."
- [5] L. G. Martínez, "Análisis de elementos finitos."
- [6] P. A. Quezada Poma, "Diseño y fabricación del chasis para un kart kf4 según la normativa cik/fia," B.S. thesis, 2018.
- [7] Acerostero'cl, "ceros otero. productos, planchas de acero carbono astm a 36."
- [8] F. Salazar, "Análisis de un karting de competencia y de sus componentes."
- [9] Calvo Rodríguez, A. "Diseño y análisis de un chasis para un prototipo de fórmula sae," ICAI-Universidad pontificia de comillas. [Online] <http://bit.ly/2Sh3vCW>
- [10] F. Agudo, "Diseño y análisis de chasis de kart de competencia."
- [11] S. A. Ramírez Rueda and G. D. Zaruma González, "Diseño y construcción de un prototipo kart," B.S. thesis, Quito/UIDE/2010, 2010.
- [12] J. A. Narváez Córdoba, J. C. Acevedo Aguirre, J. F. Ávila López, and Y. E. Zapata Oviedo, "Proceso de ensamblaje de un vehículo go-kart," 2016.
- [13] D. Sebastián Aguado, "Diseño y análisis de un chasis de kart de competición," Master's thesis, 2014.
- [14] K. Suárez-Alcántara, A. Rodríguez-Castellanos, y O. Solorza-Feria, "Diseño y construcción de un go-kart híbrido pila de combustible pem/batería recargable," *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 24, no. 4, pp. 183–189, 2008.
- [15] J. M. Vargas Félix, "Cálculo de estructuras utilizando elemento finito con cómputo en paralelo," *Centro de Investigación en Matemáticas A.C.*, 2010, pp. 15–17.
- [16] E. Frías Valero, "El método de los elementos finitos," in *Universidad Politécnica de Catalunya*, 2004, pp. 110–114.
- [17] J. M. Cubo Pérez, "Aplicación de análisis por elementos finitos en la ingeniería naval," en *Escuela Universitaria De Ingeniería Técnica Naval. UCA*, 2010, pp. 15–17.
- [18] R. S. Borja Robalino y P. S. Morocho Rojas, "Análisis estructural mediante el método de elementos finitos del chasis del vehículo fórmula sae eléctrico de la universidad politécnica salesiana," en *Universidad Politécnica Salesiana Unidad de Posgrados. UPS*, 2017, pp. 24–34.
- [19] W. B. Riley y A. R. George, "Design, analysis and testing of a formula sae car chassis," en *Indian, Motorsports Engineering Conference Exhibition, Indianapolis. SAE International*, 2002, pp. 15–17.