

Desarrollo de un triciclo para personas con capacidad diferencial en sus miembros inferiores¹

Development of a tricycle for people with differential capacity in their lower limbs

Jhon Sebastián Villareal²
Wilson Benavides³
Álvaro Ibarra⁴
Tito Piamba⁵
Richard Morán⁶

DOI: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.30.7924>

RESUMEN

Las personas con discapacidad enfrentan enormes desafíos para realizar actividades normales y vitales. El transporte es uno de estos obstáculos que diariamente desafía a las personas con discapacidad. En países en vía de desarrollo como Colombia esta situación es peor, debido a que la infraestructura con ascensores, rampas y transporte público especial para discapacitados es baja, o inexistente.

A pesar de que este tipo de vehículos ya existen en el mercado, sus precios no son asequibles en Colombia, debido a los costos de importación. En un esfuerzo por mejorar las condiciones de esta población se propuso desarrollar un triciclo para discapacitados utilizando componentes locales y tecnología accesible para uso masivo.

Para el desarrollo de este prototipo se utilizó la metodología clásica de diseño mecánico propuesta por Shigley. En las evaluaciones preliminares el prototipo muestra un buen equilibrio en ergonomía, funcionalidad y costo.

Palabras clave: Discapacidad, triciclo, diseño mecánico, diseño asistido por computadora, mecanizado.

ABSTRACT

Handicap people face huge challenges to make normal and vital activities. Transportation is one of these hindrances that daily defies handicap people. In developing countries like Colombia this situation is worst because of the infrastructure with elevators, ramps and especial public transportation to handicap people is low or inexistent.

Even though, this kind of vehicles already exist in the market, their prices are unaffordable in places like Colombia due to import costs. In an effort to improve the conditions of this population, it was proposed to develop a handicapped tricycle using local components and affordable technology to massive use.

To develop this prototype was used the classical mechanic design methodology. In preliminary evaluations, the prototype showed a good balance in ergonomics, functionality and costs.

Keywords: Disability, tricycle, mechanical design, computer assist design, machining



Cómo citar este artículo: J. S. Villareal, W. Benavides, Á. Ibarra, T. Piamba y R. Morán. "Desarrollo de un triciclo para personas con capacidad diferencial en sus miembros inferiores", *Ingeniare*, vol. 17, no. 30, pp. 29-40, junio 2021.

1. Proyecto: Diseño y construcción de un prototipo de transporte unipersonal de mano, persona con discapacidad en las extremidades inferiores, en San Juan de Pasto, en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Grupos de Investigación INMECNAR y GRIM. Línea de investigación en diseño mecánico.

2. Ingeniero Mecánico, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecánica. Pasto, Nariño, Colombia. Contacto: jhon.villareal@aurar.edu.co

3. Ingeniero Mecánico, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecánica. Pasto, Nariño, Colombia. Contacto: wilben94@gmail.com

4. Ingeniero Mecánico, Universidad Mariana, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecatrónica. Pasto, Nariño, Colombia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6150-6142> Contacto: aibarra@umariana.edu.co

5. Magister en Industria 4.0, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecánica. Pasto, Nariño, Colombia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2396-2088> Contacto: tito.piamba@aurar.edu.co

6. Doctor en Ingeniería, Universidad Mariana, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecatrónica. Pasto, Nariño, Colombia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0403-4350> Contacto: rmoran@umariana.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Hay varias interpretaciones del concepto de discapacidad. Por una parte, el término genérico «discapacidad» abarca todas las deficiencias, las limitaciones para realizar actividades y las restricciones de participación [1]. Por otra parte, se dice que la discapacidad resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y el entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás [2].

Cual sea la definición o interpretación que se le dé, lo cierto es que la discapacidad es una condición humana que impide o dificulta el normal desarrollo de un importante número de personas. Por ejemplo, a nivel mundial se estimó en el 2010 que las personas con discapacidad ascienden al 15% del total de la población [2], esta proporción es mayor en países en desarrollo cuyo valor es del 18%.

Si bien hay diferentes tipos de discapacidad, una en particular limita la libre autonomía de las personas y es aquella relacionada con la falta de movilidad de los miembros inferiores. Gran parte de la población con esta limitación enfrenta problemas de acceso a infraestructura pública y privada como a hospitales, escuelas, universidades, empresas, entre otras [3]. Además de los retos para moverse dentro de ciudades o localidades.

A este respecto los gobiernos principalmente de países desarrollados, han implementado varias políticas en materia de movilidad e infraestructura. Por ejemplo, se han implementado rampas de acceso a edificios de organizaciones públicas, baños y servicios especiales [4]. Así mismo en el transporte público existen buses y camionetas con elevadores adaptados para estas personas [2].

Desafortunadamente en países en vía de desarrollo como Colombia, la implementación de políticas públicas en materia de desarrollo de servicios e infraestructura para personas con condiciones especiales es muy bajo [5]. Por tanto, la movilidad para esta población es una tarea muy compleja, generando grandes trastornos para estas personas, ya que pierden su autonomía, al depender esencialmente de sus familiares, amigos o de personas con buena voluntad. Particularmente en el departamento de Nariño (Colombia) esta situación es más aguda, ya que el transporte público tiene una nula orientación a personas discapacitadas.

Según estadísticas del DANE [6] en el año de 2010 se reportan 27887 personas en el departamento de Nariño con dificultades para caminar, de las cuales 4748 pertenecen a la ciudad de Pasto. Por tanto, parece esencial la búsqueda de una solución de transporte alternativo para esta población.



Figura 1. Vehículo eléctrico personalizado para personas con discapacidad en sus miembros inferiores [7]

Una posible solución a este problema es el uso de vehículos de transporte adaptados (Figura 1), los cuales se acomodan a las necesidades de los usuarios. Sin embargo, los elevados costos de adaptación dificultan el acceso a ellos [8]. Otra opción es la compra de vehículos especiales como triciclos para personas discapacitadas [9], los cuales son importados y cuyo valor de importación resulta del mismo orden que el precio del vehículo (Figura 2).

En un esfuerzo por mejorar las condiciones de movilidad y la autonomía de personas con problemas en sus miembros inferiores, se propuso desarrollar un triciclo con tecnología y elementos de consecución local en la ciudad de Pasto en Colombia. Esta alternativa se presenta como una opción económica para cumplir las demandas de esta población.



Figura 2. Triciclo eléctrico para discapacitados [9]

2. MÉTODOS

La metodología usada para desarrollar este dispositivo fue adaptada de las metodologías presentadas por Shigley [10] y Norton [11], y se puede resumir en los siguientes pasos:

- Identificación de la necesidad y definición del problema
- Planteamiento de soluciones, evaluación y selección del concepto
- Diseño detallado
- Construcción
- Realización de pruebas de funcionamiento

En la primera etapa de la investigación se realizaron 36 encuestas y 6 entrevistas a una muestra de la población con problemas de movilidad de sus piernas o personas relacionadas a ellas como familiares y amigos. Para la selección de la cantidad de las encuestas, se basó en la fórmula para estimar el tamaño de una muestra finita [12]. Para obtener este valor, se utiliza los datos otorgados por el programa de discapacidad de la gobernación de Nariño, el cual indica que 1145 personas tienen algún tipo de discapacidad y se estima que el 15% (172 personas) corresponde a personas con discapacidad en miembros inferiores, siendo esta la población objetivo. El tipo de encuesta (de tipo cerrado) realizada fue descriptiva, con el propósito de definir las características necesarias del prototipo y las necesidades de los usuarios.

El tipo de entrevista realizada es de tipo abierta, el propósito es identificar las necesidades de los usuarios potenciales, los cuales, de manera informal, expresan sus inconformidades con su transporte habitual. Este proceso permitió definir las necesidades reales que luego fueron traducidas en requerimientos del diseño tal y como se ha realizado en otros estudios [13].

Las necesidades interpretadas en las encuestas y entrevistas se complementaron con requerimientos de estudios similares [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23] para conformar los criterios de evaluación de las alternativas de solución. Del análisis de los estudios de referencia se presentan algunas características globales: primero, la idea del triciclo como medio masivo de transporte, y su amplio uso en personas con discapacidad física que necesitan transportarse diariamente por largas distancias con el fin de obtener el sustento diario. Hablando de las tres categorías de triciclos: mecánicos manuales, motorizados y eléctricos, se considera que los usuarios regulares con ciertas discapacidades físicas no pueden usar los triciclos manuales por los altos esfuerzos físicos demandados, los cuales frecuentemente se traducen en sufrimiento. La escasa robustez del triciclo también es otro punto negativo para este tipo de usuarios quienes tienen que afrontar condiciones de vías en mal estado. En cuanto a triciclos motorizados, aquellos

que usan motores de combustión, resultan costosos y contaminantes por el consumo de combustible y por sus importantes emisiones de CO_2 . Los triciclos eléctricos presentan limitada autonomía y no están acordes a las distancias por recorrer. También se comparten conceptos de la necesidad que tienen los usuarios de triciclos motorizados de tener alternativas ergonómicas, seguras y saludables que presenten bajos niveles de ruido y vibración mecánica.

Estas realidades evidencian cierta similitud con las necesidades estudiadas en este trabajo, como, por ejemplo, el tipo de discapacidad en extremidades inferiores, el uso de este tipo de transporte relacionado con su sustento y el de sus familias, las condiciones adversas de las vías, la escasa robustez de las sillas de ruedas, las distancias a recorrer diariamente, principalmente. En contraste con algunos de los documentos consultados [24, 22, 14, 17], este trabajo no busca la asistencia energética total, sino la opción de asistir en diferentes niveles al esfuerzo físico del usuario, con discapacidad en extremidades inferiores, quienes, a su vez, tiene el reto de conservar su condición física en un nivel óptimo.

Considerando las especificaciones del vehículo se propusieron tres alternativas de solución al problema. Las cuales fueron evaluadas con base en los criterios definidos en las especificaciones, y se eligió la alternativa óptima que satisface los requerimientos del diseño. Para la configuración de todos los componentes de la alternativa elegida se utilizó una matriz morfológica donde se presentan todas las variaciones del diseño y las implicaciones en cuanto a funcionalidad y costo.

La siguiente fase consistió en el diseño detallado del vehículo. Para este proceso se realizaron análisis mecánicos donde se estimó la potencia del motor, y se verificaron los niveles de esfuerzos y deflexiones del marco del vehículo para satisfacer requisitos de seguridad y funcionalidad. Para estimar la potencia del motor se calculó la fuerza total de arrastre F_D [25] como:

$$F_D = C_R mg + \frac{1}{2} \rho C_D A v^2 \quad (1)$$

en la cual, C_R es el coeficiente de resistencia rodante, m es la masa del vehículo y sus ocupantes, A es el área frontal, v es la velocidad, ρ es la densidad del aire (que bajo condiciones estándar es 1.2 Kg/m^3) y g es la gravedad (que se tomó como 9.81 m/s). La potencia P necesaria para mover el vehículo se calcula como el producto de F_D y v :

$$P = F_D v \quad (2)$$

Al final de la etapa de diseño se elaboraron los planos de fabricación que se usaron para la construcción del prototipo. El proceso de construcción se realizó en el taller de máquinas de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño. Se utilizaron procesos comunes de mecanizado, doblado y soldadura para ensamblar el marco. En la fase final se evaluó el prototipo con personas con discapacidad y quienes retroalimentaron el proceso para mejorar el diseño.

3. RESULTADOS

En el planteamiento de soluciones, los usuarios potenciales mediante entrevistas y encuestas dieron a conocer las necesidades más importantes que consideran que este vehículo debe satisfacer. Las necesidades manifestadas por los encuestados y su interpretación técnica se describen en la Tabla 1:

Tabla 1. Resumen de necesidades e implementación realizada

Necesidad del cliente	Interpretación
Autonomía en el momento de traslado	Vehículo fácil de acceder y conducir por la persona con discapacidad
Asistencia mecánica y electrónica para reducir el esfuerzo físico (brazos del usuario)	El producto debe contar con un kit motriz (motor y sistemas de control)
Ergonomía y protección al usuario	El producto debe ser cómodo, seguro y de fácil uso por parte del usuario
Capacidad para realizar actividades laborales asociadas al vehículo	El producto puede ser usado como herramienta de transporte y de trabajo
Capacidad de realizar movilidad nocturna	El producto debe garantizar el cumplimiento normativo para la circulación en jornada nocturna

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la información recopilada en las encuestas y las entrevistas, además de los documentos de referencia sobre aspectos relacionados con el problema de este trabajo, se interpretaron los siguientes requerimientos que debería cumplir este diseño:

- Facilidad de ingreso
- Cumplimiento de condiciones de ergonomía
- Tracción dual, manual y motorizada
- Peso ligero
- Debe satisfacer los requisitos de seguridad vial contemplados en las normas colombianas
- Bajo impacto ambiental
- Precio asequible para la mayor parte de la población
- Apariencia agradable
- Capacidad de carga adicional como vehículo de trabajo

Para satisfacer los requerimientos de los usuarios potenciales, se propusieron 3 alternativas de solución, los cuales se muestran en los siguientes bocetos (Figura 3).



Figura 3. Alternativas de solución consideradas

Fuente: Elaboración propia.

La alternativa a es un triciclo inclinado formado a partir de una silla de ruedas con una extensión del chasis para ubicar una rueda delantera que sirve de dirección y para ejercer tracción manualmente. Esta alternativa es económica, pero no ofrece autonomía para el ingreso, no es muy cómoda, es difícil añadirle un motor y una batería, tiene poco espacio adicional disponible (lo que impide que se utilice como vehículo de trabajo) y no ofrece características de seguridad para el pasajero. La alternativa b, es una mejor propuesta, ya que la silla respeta la altura mínima de los pies del pasajero respecto al piso, condición necesaria para la comodidad del usuario y el cumplimiento de las normas de ergonomía [26], sin embargo, el diseño de la silla fija hace que sea difícil acceder a ella, además respecto a la alternativa a esta permite alojar un motor y una batería, así como disponer de espacio adicional para un vehículo de trabajo. La alternativa c cumple cabalmente todos los requerimientos del diseño, la presencia de la silla giratoria permite acceder fácilmente al vehículo, por otra parte, el diseño del chasis es más ligero, haciéndolo un vehículo más eficiente y con mayor estética. En la Tabla 2 se presenta un resumen de la

evaluación de las tres alternativas, donde se asignó una calificación en el cumplimiento de cada criterio evaluado. Un puntaje de 5 implica que la alternativa cumple a cabalidad con el criterio de evaluación. Un puntaje de 3 implica que la alternativa cumple medianamente el criterio y un puntaje de 1 implica que esa opción no cumple o cumple pobremente con el criterio asignado. Así se eligió la alternativa c, porque es la alternativa con el puntaje mayor, lo que implica que se adapta mejor a los requerimientos del diseño.

Tabla 2. Evaluación de las alternativas de diseño propuestas

Criterio de evaluación	Puntajes de alternativas de diseño		
	a	b	c
Facilidad de ingreso	1	3	5
Cumplimiento condiciones de ergonomía	1	3	5
Posibilidades de tracción dual, manual y motorizada	1	5	5
Peso ligero	5	3	3
Cumplimiento de requerimientos de seguridad vial	1	3	5
Bajo impacto ambiental	5	3	3
Costo	5	3	1
Apariencia agradable	5	5	5
Espacio de carga adicional	1	3	5
Total	25	31	37

Fuente: Elaboración propia.

Una vez elegida la alternativa del diseño, los componentes que definen completamente el diseño se eligieron con base en una matriz morfológica presentada en la Figura 4, la cual permitió considerar varias configuraciones de componentes y sistemas para el triciclo. Se eligieron componentes fáciles de adquirir localmente y que cumplieran las demandas mecánicas y eléctricas para el desarrollo del prototipo. En este caso se optó por una combinación que garantiza calidad, estética y de presupuesto asequible a la mayoría de la población discapacitada. En la Figura 4 esta selección de componentes se representa por la línea roja. Con esta opción se calcularon los componentes y se construyó el prototipo. En esta misma figura se presentan dos opciones adicionales, el seguimiento de la línea verde es una opción más económica, que involucra la utilización de un motor de combustión interna de baja potencia, mientras que la línea amarilla es una opción más sofisticada y por ende más costosa.

Con base en la ecuación (1) y (2) se estimó la potencia del motor la cual resultó de 923 W. Los valores considerados para m , C_R , C_D , A y v fueron 130 Kg, 0.015 [25], 0.3 [25], 1 m² y 55 km/h, respectivamente, que son valores representativos de esta aplicación.

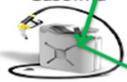
Componente/Sistema	Opciones de selección		
Forma de los perfiles del bastidor	Acero ASTM A-36, circular 	Acero ASTM A-36, ovalado 	
Tipo de silla	Metalico tapizado 	Madera 	Plástico 
Tipo de ruedas	Motocicleta 	Bicicleta 	
Tamaño del rin	Rin 20" 	Rin 24" 	Rin 26" 
Motor de apoyo	Motor eléctrico 	Motor de combustión 	
Potencia del motor	250W	500W	1000W
Ubicación del motor	Llanta trasera 	Llanta delantera 	
Fuente de energía de alimentación del motor y componentes elect.	Gasolina 	Batería de litio 	Batería de plomo 
Transmisión manual	Por banda dentada 	Por cadena 	Por piñones 
Sistema de mando	Integrado 	Palanca 	Grip shift 
Tipo de luces	Halógenas 	LED 	Convencional 
Tipo de suspensión	Muelle 	Hidráulico 	Mixto 
Tipo de frenos	Disco mecánico 	Horadadura 	Disco hidráulico 

Figura 4. Matriz morfológica que muestra las diversas alternativas en los componentes y sistemas que integran el concepto de diseño elegido (la línea de color rojo muestra los componentes elegidos para la construcción)

Fuente: Elaboración propia.

En la etapa del diseño detallado, se realizó un análisis estático, en el cual se consideró un peso máximo del pasajero (W_p) de 90 Kg y un peso del vehículo (W_m) de 40 Kg. En las Figuras 5a y 5b se muestran las dimensiones, las líneas de acción de fuerzas como el peso propio y el del pasajero y las reacciones que parecen en las ruedas. Las magnitudes de las reacciones A, B y C resultaron 463 N, 463 N y 349 N, respectivamente.

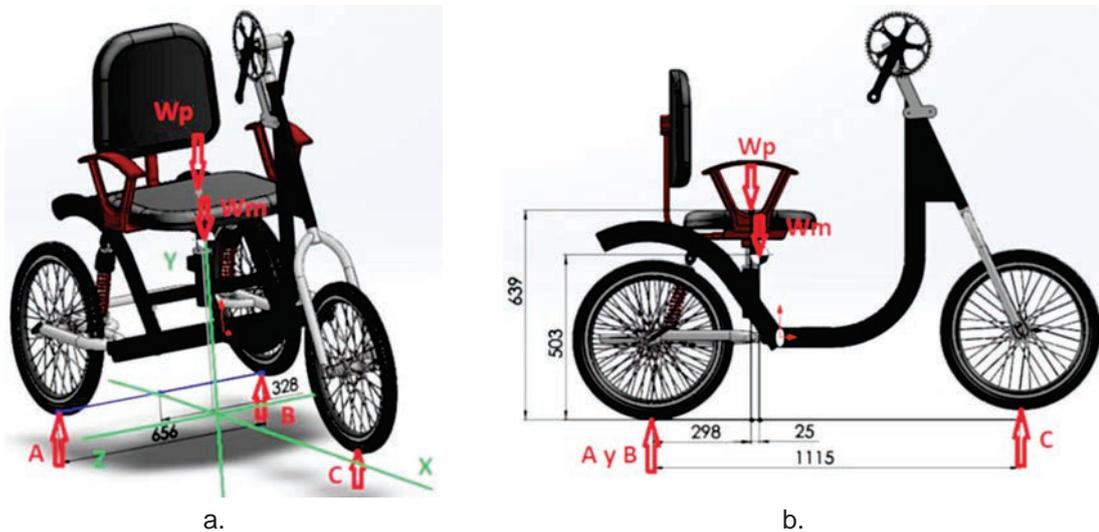


Figura 5. Análisis estático del vehículo (dimensiones en mm), a. Vista isométrica, b. Vista lateral con las líneas de acción de fuerzas y reacciones

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de esfuerzos y deflexiones (Figura 6 y 7) en los principales elementos del vehículo se resume en la Tabla 3, en el cual el factor de seguridad fue calculado suponiendo que los componentes del vehículo están fabricados con un acero de bajo carbono ASTM A-36 cuyo esfuerzo de fluencia es de 250 MPa.

Tabla 3. Resumen análisis estático lineal del marco del triciclo

Elemento	Malla (Número de elementos)	Esfuerzo de Von mises máximo (MPa)	Desplazamiento máximo (mm)	Factor de seguridad
Bastidor	40333	49.8	0.1	5
Cuerpo Basculante	20192	53.7	0.63	5
Tenedor	32447	6.6	0.0	38

Fuente: Elaboración propia.

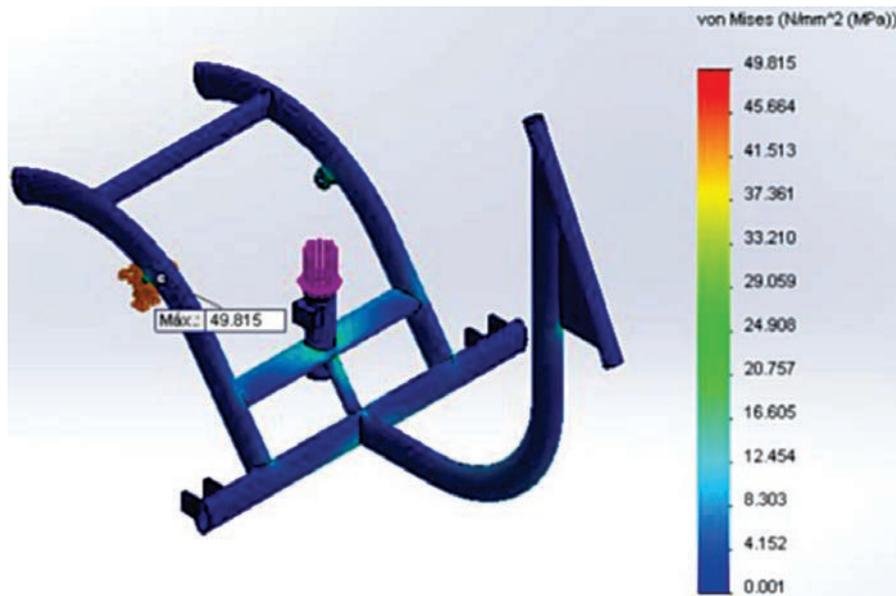


Figura 6. Análisis de esfuerzos en el bastidor del triciclo.

Fuente: Elaboración propia.

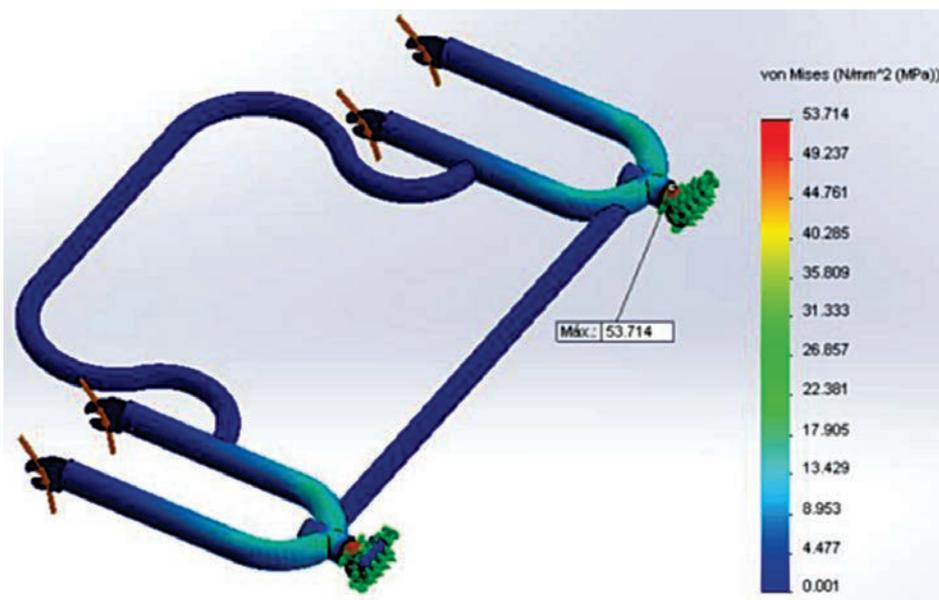


Figura 7. Análisis de esfuerzos en el cuerpo basculante del triciclo.

Fuente: Elaboración propia.

Los requisitos para la selección del kit motriz (Figura 8), se basaron en la potencia requerida (1000 W) y el sistema de alimentación o kit de baterías capaz de suplir la potencia eléctrica y mecánica para suplir las demandas eléctricas del motor y equipos auxiliares.



Figura 8. Kit motriz seleccionado [27]

Fuente: Elaboración propia.

El kit seleccionado tiene las siguientes características:

- Fabricante: connecting buyers with chinese suppliers,
- Modelo: ENC481000, potencia: 1000w,
- Velocidad: 45km/h,
- Batería: litio, 48v 6ah,
- Carga máxima: 120kgs y tiempo de carga: 6-8 horas.

3.1 Construcción

Los elementos del chasis fueron construidos con procesos de maquinado tradicionales como corte y soldadura. En la Figura 9 y 10 se presenta algunos de los procesos llevados a cabo. En la Figura 11 se presenta el prototipo terminado.



Figura 9. Preparación de los tubos antes del doblado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Aplicación de pintura al chasis.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Prototipo terminado.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Pruebas de funcionamiento

El prototipo fue modificado en tres ocasiones con base en ensayos realizados con usuarios potenciales. En la primera prueba se detectó que debido a la altura del asiento y a la existencia de dos basculantes independientes, uno por cada rueda, el vehículo mostraba inestabilidad al conducirse por diferentes terrenos, por lo tanto, se bajó la altura del asiento una distancia de aproximadamente 4 cm y se construyó un solo basculante al que se fijaron las dos ruedas, también se amplió en 10 cm el ancho del bastidor. Con estas modificaciones se logró bajar el centro de gravedad y mejorar la estabilidad del vehículo. La segunda prueba fue realizada por tres personas con discapacidad de los miembros inferiores, quienes condujeron el vehículo por un tiempo aproximado de 2.3 horas cada uno, en esta prueba los usuarios manifestaron incomodidad en el descansapiés, dificultades para bloquear el asiento y problemas de descarrilamiento de la cadena bajo conducción manual. Por lo tanto, se añadieron 10 cm de ancho al descansapiés, se mejoró el seguro del asiento y el mecanismo de tracción manual. En la última prueba realizada por otras tres personas con discapacidad, usaron el vehículo durante aproximadamente 1.5 horas cada uno y se concluyó que este prototipo es un medio de transporte confiable, fácil de conducir y cómodo al usarlo manualmente o con la tracción eléctrica. En la Figura 12 se muestra un usuario realizando pruebas al vehículo.



Figura 12. Usuario realizando pruebas de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El kit motoriz eléctrico seleccionado y presentado en la Figura 8, presenta la posibilidad de seleccionar entre 5 niveles de asistencia de potencia motorizada, buscando la mejor experiencia de usuario y te-

niendo en cuenta su diversidad anatómica, presente en la variedad de edades, tallas, entre otras. Se determinó después durante las pruebas de funcionamiento con usuarios, que es muy importante para este tipo de personas, mantener niveles importantes de actividad física. El triciclo planteado presenta al usuario diversas alternativas en cuanto régimen de movilización, que le permiten adaptarse a su estado anímico y a circunstancias muy particulares de su cotidianidad, lográndose un mayor nivel de flexibilidad y adaptabilidad. Además, se constituye en un instrumento motivador al desarrollo de actividad física de la persona discapacitada, lo cual es bien recibido por el entorno familiar y de amigos.

El proyecto de diseño de este vehículo es una alternativa viable para mejorar las condiciones de movilidad de personas con discapacidad de los miembros inferiores y responde cabalmente a solucionar las necesidades primordiales planteadas por los usuarios. Primero, el prototipo cuenta con un motor eléctrico y un sistema mecánico que facilita al usuario su movilidad sin depender de otros. Segundo, el dispositivo tiene un sistema de tracción asistida eléctricamente que es amigable con el medio ambiente y reduce significativamente el esfuerzo necesario para una adecuada movilidad. Tercero, el prototipo es un medio de transporte cómodo y fácil de operar, lo cual fue verificado por los usuarios en el último ensayo realizado. Cuarto, el prototipo tiene espacio suficiente para carga adicional, sin embargo, el peso es limitado por las restricciones de potencia. Finalmente, el prototipo cuenta con un sistema de luces que garantiza la capacidad para transitar durante la noche.

Este proyecto demuestra que desde la academia se pueden generar importantes emprendimientos para mejorar las condiciones de la población y del entorno en zonas apartadas o de difícil acceso. El desarrollo de este vehículo usó ampliamente herramientas de Ingeniería Mecánica e integró a estudiantes, profesores y varios miembros de la comunidad en torno a la solución de este problema.

Por otra parte, el desarrollo de este dispositivo ayudó a mejorar las competencias de los estudiantes de pregrado asociados al desarrollo de este dispositivo. Proyectos como este crean condiciones para el desarrollo de la Ingeniería Mecánica en el departamento de Nariño en Colombia.

REFERENCIAS

- [1] H. Mónica, «El concepto de discapacidad: de la enfermedad al enfoque de derechos,» Revista CES Derecho, Vol. 6, nº 2, pp. 46-59, 2015.
- [2] OMS, «Informe mundial sobre discapacidad,» Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2011.
- [3] R. Wiman y J. Sandhu, «Integrating Appropriate Measures People with Disabilities in the Infrastructure,» GTZ, Eschborn, 2004.
- [4] Ombudsman, «Rights of Persons with Disabilities In Georgia», Ombudsman, Tbilisi, 2015.
- [5] J. Rodríguez y J. Gómez, «Análisis preliminar de accesibilidad para personas con discapacidad física-motriz a los servicios de transporte público en el área metropolitana de Bucaramanga», Puente, pp. 27-38, 2016.

- [6] DANE, «Discapacidad,» 2 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/discapacidad>. [Último acceso: 29 Abril 2021].
- [7] Themobileyou, «Car Designed for Handicapped and Disabled Occupants», 30 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://themobileyou.wordpress.com/2015/04/30/car-designed-for-handicap-and-disabled-occupants/>. [Último acceso: 29 Abril 2021].
- [8] Observatorio de discapacidad física Español, «Movilidad de las personas con discapacidad física,» [En línea]. Available: <http://www.observatoridiscapacitat.org/es/movilidad-de-las-personas-con-discapacidad-fisica>. [Último acceso: 29 Abril 2021].
- [9] AOKWHEELS, «High Quality for Disabled Electric Tricycle TC-019 Export to Bulgaria», [En línea]. Available: <http://www.aokewheels.com/high-quality-for-disabled-electric-tricycle-tc-019-export-to-bulgaria.html>. [Último acceso: 29 Abril 2021].
- [10] Budynas, Diseño en Ingeniería Mecánica del Shigley. Octava edición, Mexico: Mc Graw Hill, 2013.
- [11] Norton, Diseño de Maquinaria. Cuarta edición, Mexico: Mc Graw Hill, 2004.
- [12] Fistera, «Determinación del tamaño muestral,» [En línea]. Available: <https://www.fistera.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>. [Último acceso: 29 Abril 2021].
- [13] J. Sanchez, A. Tolosa y I. Castiblanco, «Desarrollo de un dispositivo que deseche las heces de perro sin el uso de bolsas plásticas,» *Ingeniare - Universidad Libre - Barranquilla*, vol. 16, n° 28, pp. 91-112, 2020.
- [14] D. D, K. D y T. Nikunj, «Design adn fabrication of solar tricycle», *International journal of engineering sciences and research technology*, vol. 5, n° 6, pp. 658-665, 2016.
- [15] R. Kandasamy, S. Raut, D. Varma y G. There, «Design of Solar Tricycle for Handicapped Person», *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, vol. 5, n° 2, pp. 11-24, 2013.
- [16] S. Kumar, D. Kumar, A. Mishra, M. Jaiswal, S. Singh y S. Kumar, «Design and Fabrication of a Motorized Tricycle for Physically Challenged Persons», *International Journal of Engineering Science Invention*, vol. 3, n° 4, pp. 29-32, 2014.
- [17] D. Sonar, S. Sonar y R. Katariya, «Design of Solar Tricycle For Handicapped People», *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, n° 8, pp. 1125-1129, 2017.
- [18] A. Oyewole, B. Katsina y S. Ogu, «Design and Construction of a Motorized Tricycle for Physically Challenged Persons», *AU J.T.*, vol. 13, n° 1, pp. 61-63, 2009.
- [19] S. Mehul y U. Prajapati, «Design and Implementation of tricycle for handicapped person», *International Journal of Advance*, pp. 1-5, 2017.
- [20] P. Vishnuprakash y R. Rajesh, «Design and Concept Evaluation of Tricycle for Aged and Orthopedic Differentially Abled Persons», *International Journal of Computer Applications*, vol. 111, n° 15, pp. 18-25, 2015.
- [21] T. Karhale, N. Khadase, P. Mandawakar, V. Pise, A. Tiple, A. Telrandhe y B. Gangudde, «Redesign and modification of tricycle for physically handicapped person», *IJARIE*, vol. 4, n° 2, pp. 398-402, 2018.
- [22] T. Garande, P. Sonawane, S. Chavan y G. Barpande, «Review of Motorized Tricycle for the Disabled», *International Journal of Science and Research*, vol. 4, n° 2, pp. 316-320, 2015.

- [23] M. Violet, H. Agudelo y Y. González, «Aplicación del método de diseño para manufactura y ensamblaje a un vehículo de tracción humana de tres ruedas como alternativa de transporte en la ciudad de Montería,» *Ingeniare - Universidad Libre Barranquilla*, vol. 14, nº 24, pp. 89-97, 2018.
- [24] R. Madhura y S. Tanmayee, «Smart Hybrid Tricycle», *Vishwakarma Journal of Engineering Research*, vol. 1, nº 2, pp. 230-241, 2017.
- [25] A. Kirpatrick, «Vehicle Power Requeriments,» [En línea]. Available: <https://www.engr.colostate.edu/~allan/fluids/page8/page8.html>. [Último acceso: 1 Junio 2020].
- [26] R. Sanchez y A. Cabrera, «Recomendaciones Ergonómicas para el Diseño y Uso de la Silla del Puesto de Trabajo del Conductor de Buses de Transporte Interdepartamental de Pasajeros,» *Ingeniare - Universidad Libre- Barranquilla*, vol. 8, nº 15, pp. 71-80, 2013.
- [27] Made-in-China, «Alta velocidad a 45 km/h a 48V 1000W Kit de motor de bicicleta eléctrica con batería de litio,» [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_ncyclebike/product_High-Speed-45km-H-48V-1000W-Electric-Bike-Motor-Kit-with-Lithium-Battery_rnuniisog.html. [Último acceso: 29 Abril 2021].