

Departamento
de Diseño:



TRABAJO DE GRADO

Juan David Villegas Osorio

Ingeniería en Diseño Industrial
Departamento de Diseño
Medellín 2024



D-TRAC
Dispositivo de tracción libre
de emisiones acoplable a
silla de ruedas

Juan David Villegas Osorio

Asesora:
Eliana Zapata Ruiz

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Artes y humanidades
Departamento de Diseño
Medellín 2024

AGRADECIMIENTOS

Hoy, al culminar este importante capítulo en mi vida, quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de mi proceso de formación y en la realización de este proyecto. Sin su apoyo, motivación y colaboración, este logro no habría sido posible.

En primer lugar, a mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante. Ellos siempre han estado ahí, brindándome fuerza en los momentos de duda y celebrando conmigo cada pequeño paso hacia adelante. Su confianza en mí ha sido la base de mi esfuerzo y perseverancia.

A mis amigos, que han sido una fuente invaluable de ánimo, paciencia y distracción cuando más lo necesitaba. Gracias por entender mis ausencias, por su apoyo en los momentos de tensión y por ser mi refugio en los días difíciles. Cada uno de ustedes ha aportado algo único a mi vida y mi desarrollo personal.

A mis profesores y tutores, quienes con su dedicación y compromiso me han orientado y motivado en este camino académico. Gracias por compartir su conocimiento, por sus consejos, por las horas de trabajo conjunto y por su paciencia. Han sido guías fundamentales en mi crecimiento profesional.

A mis compañeros de estudio, con quienes compartí innumerables horas de trabajo, desafíos y aprendizajes. Gracias por el compañerismo, el intercambio de ideas y por ayudarnos mutuamente a superar obstáculos. Cada uno de ustedes ha hecho de este proceso algo más enriquecedor y memorable.

Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo, y cada uno de ustedes ha sido parte de él. ¡Gracias de todo corazón por acompañarme en este viaje!

Juan David Villegas Osorio



ESTUDIANTE

Cédula 1020485529

Correo Juanvillegas232628@correo.itm.edu.co

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal mejorar la calidad de vida de las personas con movilidad reducida, especialmente aquellas que dependen del uso de sillas de ruedas en la ciudad de Medellín. A través del desarrollo de dispositivos de tracción acoplables, libres de emisiones y de fácil montaje. Se busca proporcionar una solución accesible y eficaz para mejorar su autonomía y facilidad de desplazamiento. El diseño y fabricación de estos dispositivos se realizó utilizando procesos sostenibles, materiales compuestos y tecnologías emergentes, con el fin de ofrecer un producto innovador que beneficie tanto al medio ambiente como a las personas que más lo necesitan.

Este dispositivo está especialmente orientado a personas de bajos recursos, ya que el costo elevado de las sillas de ruedas motorizadas con tracción es una barrera significativa para el acceso de estos usuarios a las tecnologías que facilitan su movilidad. Además, la dificultad y el desgaste físico que implica el desplazamiento manual en una ciudad con infraestructura urbana poco accesible para personas con movilidad reducida es un problema que se busca aliviar. Por lo tanto, al ofrecer una solución económica y eficiente, este proyecto pretende contribuir a la inclusión social y la autonomía de estas personas.

En este contexto, el objetivo específico del proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de un dispositivo de tracción desmontable, que sea compatible con sillas de ruedas estándar. Este dispositivo deberá ser de fácil montaje y uso, sin comprometer la seguridad y comodidad de los usuarios. Para lograrlo, se investiga la viabilidad de distintas opciones tecnológicas que cumplan con los requerimientos técnicos fundamentales para un dispositivo de tracción eficiente, pero a la vez accesible económicamente. Además, se pone un énfasis particular en la creación de las carcasas y componentes plásticos, tomando en cuenta no solo la resistencia y durabilidad, sino también el confort y la adaptabilidad a las características específicas de los usuarios, como su peso, estatura y necesidades particulares.

Palabras Claves: Dispositivo de tracción, Movilidad reducida, Dispositivos asequibles, Facilidad de desplazamiento



ABSTRACT

The main objective of this project is to improve the quality of life for people with reduced mobility, especially those who rely on the use of wheelchairs in the city of Medellín. This is achieved through the development of attachable, emission-free traction devices that are easy to assemble. The goal is to provide an accessible and effective solution to improve their autonomy and ease of movement. The design and manufacturing of these devices are carried out using sustainable processes, composite materials, and emerging technologies, with the aim of offering an innovative product that benefits both the environment and the people who need it most.

This device is particularly aimed at people with limited financial resources, as the high cost of motorized wheelchairs with traction is a significant barrier to accessing the technologies that facilitate mobility for these users. Furthermore, the physical difficulty and exhaustion involved in manual movement in a city with urban infrastructure that is not accessible to people with reduced mobility is a problem that this project seeks to address. Therefore, by offering an affordable and efficient solution, this project aims to contribute to the social inclusion and autonomy of these individuals.

In this context, the specific objective of the project is focused on the design and development of a detachable traction device that is compatible with standard wheelchairs. This device should be easy to assemble and use, without compromising the safety and comfort of users. To achieve this, the feasibility of various technological options that meet the essential technical requirements for an efficient traction device, while being economically accessible, is being investigated. Additionally, special attention is given to the creation of casings and plastic components, considering not only strength and durability but also comfort and adaptability to the specific characteristics of the users, such as their weight, height, and particular needs.

Keywords: Traction device, Reduced mobility, Affordable devices, Ease of movement.



CONTENIDO

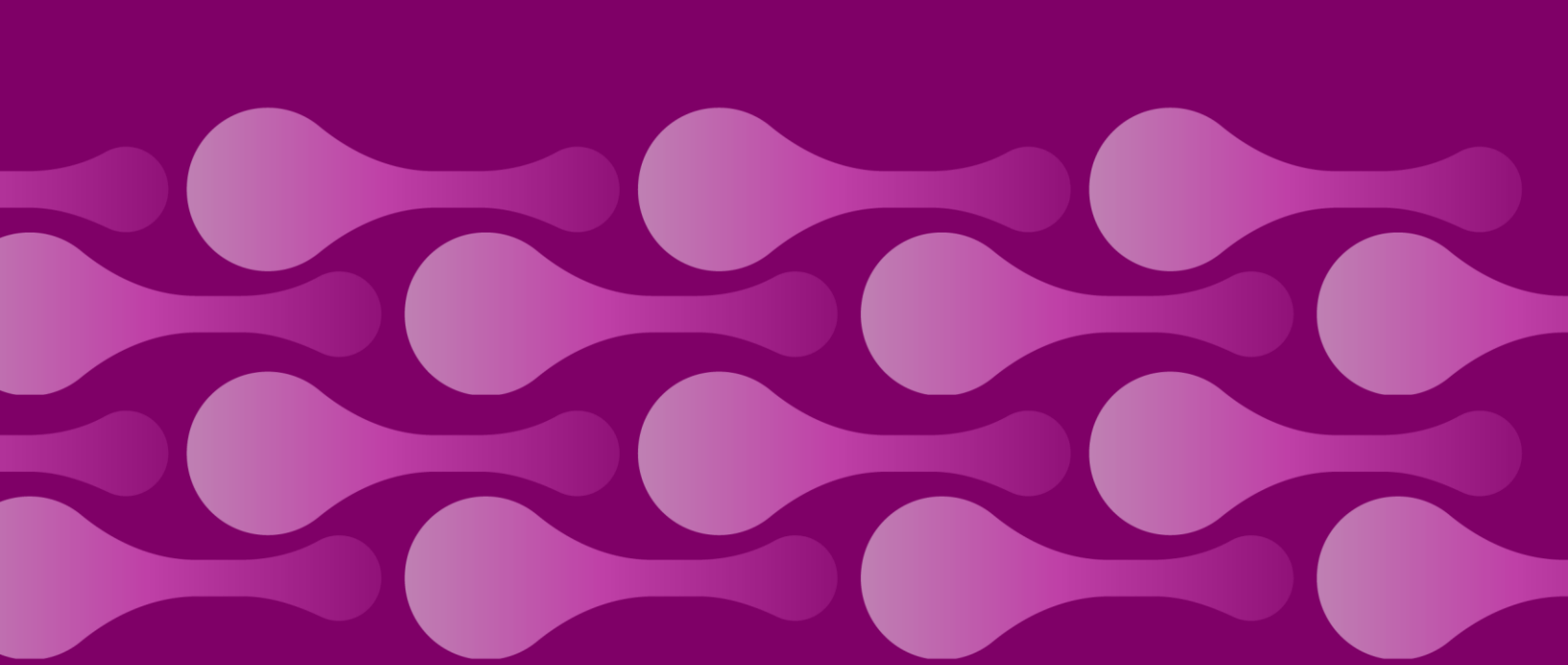
Capítulo 1. Fundamentación	
<u>Descripción de la situación problemática</u>	
<u>Objetivos</u>	
<u>Objetivo General</u>	
<u>Objetivos Específicos</u>	
<u>Justificación</u>	
<u>Conceptos clave</u>	
<u>Antecedentes</u>	
<u>Estado de la técnica</u>	
<u>Requerimientos para la propuesta de diseño</u>	
Capítulo 2. Ejecución	
<u>Ideación</u>	
<u>Propuestas de diseño</u>	
<u>Evaluación de las propuestas</u>	
<u>Diseño de Detalle</u>	
<u>Modelación 3D y/o Representación digital de la propuesta</u> .	
<u>Planimetría</u>	
<u>Carta de procesos</u>	
<u>Prototipo</u>	
<u>Validación del prototipo</u>	
<u>Ficha técnica</u>	
<u>Presupuesto: Proyección de los costos del producto</u>	
<u>mínimo viable</u>	
Capítulo 3. Divulgación	
Capítulo 4. Conclusiones y Recomendaciones	
Referencias	



Lista de Figuras y/o Tablas

Dispositivo de tracción 400w.....	23
Matt v6.....	24
Dispositivo de tracción smart drive.....	25
Motor auxiliar e-motion m25.....	26
Dispositivo motorchair.....	27
Sistema propulsión smooov one.....	28
Dispositivo acoplable twist.....	29
Análisis producto.....	30
Mapa de empatía público objetivo.....	33
Moodboard ideas diseño.....	33
Brainstorming ideas diseño.....	34
Propuesta dispositivo motores brushless anclaje estructura superior.....	34
Propuesta dispositivo servomotor nema 34 anclaje a estructura ruedas.....	35
Propuesta dispositivo servomotor nema 23 directo a ruedas con corona y sinfín.....	35
Propuesta dispositivo motor brushless con anclaje estructura frontal.....	36
Plano general de ensamble d-trac.....	39
Representaciones gráficas del dispositivo de tracción.....	40
Representación gráfica ficha técnica producto.....	41
Comparación de costos mercado.....	43
Infografía de presentación producto final.....	46
Infografía fabricación y montaje prototipo.....	47





FUNDAMENTACIÓN

01


CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN

Descripción de la situación problemática

En la actualidad, la ciudad de Medellín se presenta como un entorno en constante evolución, con infraestructuras cada vez más sofisticadas y dinámicas. Sin embargo, a pesar de estos avances, las personas con movilidad reducida enfrentan desafíos significativos para desplazarse con autonomía y seguridad. Estos desafíos no solo limitan su capacidad de participar plenamente en la vida urbana, sino que también perpetúan una serie de barreras sociales y económicas que afectan su calidad de vida.

El entorno urbano, que incluye calles, aceras, y sistemas de transporte, a menudo no está diseñado con la accesibilidad universal en mente. Las aceras irregulares, las rampas inadecuadas, los bordillos elevados y la falta de señalización adecuada son algunos de los obstáculos físicos que impiden un desplazamiento fluido y seguro para quienes tienen dificultades de movilidad. Estas barreras no solo dificultan el acceso a servicios y actividades cotidianas, sino que también aumentan el riesgo de accidentes y caídas, lo que puede tener consecuencias graves para la salud y el bienestar de las personas afectadas. Además de los desafíos físicos, las personas con movilidad reducida a menudo enfrentan una falta de opciones de transporte accesibles y confiables. Los sistemas de transporte público pueden no estar equipados adecuadamente para acomodar sillas de ruedas o dispositivos de asistencia, y las opciones privadas como los taxis adaptados pueden ser limitadas y costosas. Esta situación crea una dependencia excesiva en familiares, amigos o servicios especiales, lo que puede generar una sensación de aislamiento y dependencia.

En este contexto, los dispositivos de tracción acoplables emergen como una solución prometedora para mejorar la movilidad urbana de las personas con movilidad reducida. Estos dispositivos, que se pueden acoplar a sillas de ruedas manuales, Scooter o sillas de ruedas eléctricas, están diseñados para ofrecer asistencia adicional en el desplazamiento, facilitando el movimiento sobre superficies irregulares y elevaciones. Al proporcionar una fuente adicional de tracción, estos dispositivos no solo ayudan a superar obstáculos físicos, sino que también permiten una mayor independencia y autonomía en los desplazamientos. Sin embargo, la integración y adopción de estos dispositivos enfrentan sus propios desafíos. La accesibilidad económica, la falta de conocimiento sobre las opciones



disponibles y la necesidad de adaptar la infraestructura urbana para maximizar su eficacia son cuestiones que deben ser abordadas. Además, es fundamental garantizar que los dispositivos de tracción acoplables se diseñen de manera que sean fáciles de usar, seguros y eficaces en una variedad de entornos urbanos.

Por lo tanto, el presente trabajo se propone analizar los desafíos que enfrentan las personas con movilidad reducida en el entorno urbano, y examinar cómo los dispositivos de tracción acoplables pueden ofrecer soluciones viables para mejorar su capacidad de desplazamiento. A través de esta investigación, se busca no solo identificar las barreras existentes, sino también explorar cómo la tecnología y la innovación pueden contribuir a construir ciudades más inclusivas y accesibles para todos.

Objetivo General

Diseñar un dispositivo de tracción desmontable y libre de emisiones para usuarios en condición de movilidad reducida que usen silla de ruedas en la ciudad de Medellín.


Objetivos Específicos

- a. Caracterizar los dispositivos de tracción con un enfoque en la seguridad, la comodidad y los costos.
- b. Proponer ideas del dispositivo que funcione con fuentes de energía renovables, como baterías recargables, solares o de larga duración y que sea de fácil montaje.
- c. Fabricar un prototipo de acercamiento al dispositivo de tracción libre de emisiones para validar tracción y fuerza

Justificación

Las personas con movilidad reducida enfrentan diariamente desafíos significativos para desplazarse de manera independiente y segura en entornos diversos. Aunque las sillas de ruedas proporcionan movilidad básica, la accesibilidad y la comodidad pueden mejorar considerablemente con dispositivos adicionales.

Este trabajo surge como una posible solución a la situación crítica en cuanto a la disponibilidad y el acceso de dispositivos tecnológicos para las personas de bajos recursos




que usan sillas de ruedas en la ciudad de Medellín. El Ministerio de Salud y Protección Social establece en el Artículo 130 de la Resolución 5521 del 27 de diciembre, las ayudas técnicas en el plan obligatorio de salud que no financia la UPC (Unidad de Pago por Capitación) La cual es un sistema utilizado para la financiación de la salud a través de los planes de salud obligatorios, como el Plan Obligatorio de Salud (POS). La UPC es un valor que el Estado asigna a las EPS (Empresas Promotoras de Salud) para cubrir los costos de atención médica de los afiliados. En el punto 6 de dicha Resolución están “medias elásticas de soporte, corsés o fajas, sillas de ruedas, plantillas y zapatos ortopédicos, vendajes acrílicos, lentes de contacto, lentes para anteojos con materiales diferentes a vidrio o plástico, filtros o colores y películas especiales”. Por lo cual, es complicado teniendo en cuenta los altos costos de los dispositivos y el entorno socio económico de los usuarios, el cual limita el acceso a las tecnologías para la debida integración a la sociedad y la vida laboral.

La mejora del acceso y la movilidad de las personas con discapacidad no solo promueve la inclusión social, sino que también contribuye a su bienestar general y calidad de vida. La implementación de dispositivos acoplables puede facilitar un desplazamiento más eficiente y autónomo, reduciendo las barreras físicas y sociales que enfrentan las personas con movilidad reducida.

Se centrará el estudio en usuarios con Hemiplejía, Monoplejía y Paraplejía, ya que estas condiciones presentan desafíos específicos relacionados con la movilidad y la independencia en el uso de sillas de ruedas. La hemiplejía implica la parálisis de un lado del cuerpo, lo que limita la capacidad para propulsarse eficazmente de manera manual en una silla de ruedas. En este caso, un dispositivo de tracción acoplable podría proporcionar un apoyo esencial para mejorar el desplazamiento, reduciendo el esfuerzo físico y la fatiga.

Por otro lado, los usuarios con monoplejía, que tienen parálisis en una sola extremidad, también enfrentan dificultades similares, ya que la movilidad de una sola mano o pierna dificulta la propulsión de una silla de ruedas convencional. Un dispositivo de tracción diseñado específicamente para compensar esta limitación les permitiría mantener mayor autonomía, realizando movimientos más suaves y con menos esfuerzo.




Finalmente, los individuos con paraplejia, que experimentan parálisis en las dos piernas, requieren una solución que les facilite el desplazamiento sin tener que depender completamente de la ayuda externa. El dispositivo de tracción acoplable ofrecería una mejora significativa en su capacidad de desplazarse de manera independiente, ya que eliminaría la necesidad de propulsarse manualmente, permitiendo que los usuarios mantengan un mayor control sobre su movilidad.

Según lo publicado en la página oficial de la Alcaldía de Medellín a través de la línea Medellín Me Cuida, del Plan de Desarrollo 2020-2023, y la Política Pública para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, “se ratifica el propósito de consolidar una ciudad más inclusiva, sostenible y equitativa. Pero esta no es una construcción que debemos ni podamos hacer solos, sino con la participación de las organizaciones, las comunidades y los beneficiarios”, afirmó el subsecretario de Grupos Poblacionales, Juan Daniel Pulgarín. A pesar de los esfuerzos por parte del gobierno, fundaciones y entidades sin ánimo de lucro para brindar acompañamiento y asegurar el cumplimiento de la ley que cobija a las personas con discapacidad, no sé ha podido llegar a la meta trazada por diferentes factores antes mencionados.

La investigación se centrará en ayudar a personas con movilidad reducida (uso de sillas de ruedas) de Medellín a conseguir dispositivos tecnológicos de calidad con un precio asequible que faciliten su desplazamiento en la ciudad, esto es relevante considerando que actualmente las personas con esa condición dependen casi siempre de alguien para realizar desplazamientos largos y a veces no cuentan con nadie, por lo que se vuelve un problema latente y más en usuarios de bajos recursos.

Beneficios para los Usuarios: Los dispositivos acoplables pueden incluir mejoras como sistemas de asistencia para subir escaleras, ruedas todoterreno, plataformas elevadoras, entre otros, que facilitan la navegación en terrenos irregulares o la superación de obstáculos.

Impacto en la Accesibilidad Urbana: Mejorar la movilidad de las personas con discapacidad puede tener un impacto positivo en el diseño urbano y la planificación de infraestructuras, haciendo que las ciudades sean más inclusivas y accesibles para todos los ciudadanos



Este proyecto apunta a la disminución de los precios de los dispositivos utilizando polímeros reciclados para su fabricación, por lo cual se generan variables como:

- *Métodos de reciclaje industrialmente y reutilización de los polímeros
- *Materiales reutilizados
- *Adaptación de los dispositivos a la silla de ruedas
- *Tipos de acoples y diferentes métodos de generar movimiento libre de emisiones
- *Fácil mantenimiento o repuestos

Desarrollo y Evaluación de Dispositivos: El objetivo principal de este estudio es desarrollar y evaluar dispositivos acoplables que mejoren la movilidad y la autonomía de las personas con movilidad reducida.

Propuestas de Mejora: Se pretende proponer recomendaciones prácticas para la implementación efectiva de estos dispositivos en diferentes entornos, considerando aspectos técnicos, económicos y sociales.


Luego de investigar y analizar las variables y las fuentes indexadas, se encuentran alternativas y tecnologías emergentes que podrían facilitar el proceso de diseño y fabricación de los dispositivos asistidos además de brindar mejoras y personalizaciones a gusto del usuario:

- *Trituradora-extrusora PET (madera plástica reforzada)
- *Impresión 3D (repuestos y prototipos)
- *Escáner 3D (estructuras y posturas)
- *Investigación aplicada tecnológica (Estrategia)
- *Piezas desmontables (mecánicas)

Conceptos clave

Accesibilidad y Movilidad

La facilidad con la que las personas con discapacidad pueden moverse y acceder a diferentes lugares y servicios. Medellín, como muchas ciudades modernas, está en proceso de mejorar su accesibilidad para personas con movilidad reducida. Los dispositivos de tracción libre de emisiones pueden facilitar el desplazamiento por la ciudad, especialmente en áreas con pendientes y en calles congestionadas.



Derechos de las personas con discapacidad

Se refiere a los derechos fundamentales que deben garantizarse a todas las personas con discapacidades, incluyendo el derecho a la accesibilidad, la igualdad de oportunidades y la participación plena en la sociedad. Estos derechos están protegidos por tratados internacionales como la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) de las Naciones Unidas, que promueve un enfoque basado en los derechos humanos para la discapacidad.

Políticas de inclusión

Estrategias y programas implementados por gobiernos, organizaciones y empresas para promover la participación plena de las personas con discapacidad en todas las áreas de la vida. Estas políticas pueden incluir iniciativas para fomentar la inclusión en el empleo, la educación y la vida comunitaria, y están diseñadas para eliminar barreras sociales y estructurales que impiden la plena integración.

Tecnologías asistidas


Se refiere a dispositivos y herramientas diseñados para ayudar a las personas con discapacidades a realizar actividades diarias y mejorar su calidad de vida. Esto incluye desde sillas de ruedas motorizadas y dispositivos de control por voz hasta software de accesibilidad para computadoras. La tecnología asistida permite a las personas con discapacidades alcanzar una mayor independencia y participar plenamente en la sociedad.

Dispositivos de Tracción eléctricos

Dispositivos que proporcionan potencia adicional para el movimiento de sillas de ruedas. Estos dispositivos son unidades motorizadas que se acoplan a las sillas de ruedas para ayudar en el movimiento, permitiendo a los usuarios moverse de manera más eficiente sin depender de la fuerza manual. A continuación, se relacionan algunos elementos necesarios para su desarrollo.

Tecnologías de Energía Limpia

Tecnologías que utilizan fuentes de energía que tienen un menor impacto ambiental en comparación con los combustibles fósiles. Se caracterizan por la capacidad de mantener y mejorar la calidad del medio ambiente y la vida humana a largo plazo mediante la reducción del impacto ambiental y el uso eficiente de recursos.



Sistema de ejes paralelos

Los ejes paralelos son un concepto fundamental en la ingeniería y el diseño de maquinaria y mecanismos. Se refiere a dos o más ejes que están alineados de tal manera que permanecen equidistantes entre sí a lo largo de toda su longitud y nunca se cruzan. En sistemas de transmisión, como en engranajes, poleas y correas, los ejes paralelos transmiten la potencia de un componente a otro mientras mantienen la alineación.

Motor de corriente continua (CC)

Es un tipo de motor eléctrico que convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante la interacción de campos magnéticos generados por corriente continua. Estos motores son comunes en una variedad de aplicaciones debido a su simplicidad y facilidad de control. Para aplicaciones avanzadas, puede ser necesario utilizar controladores de motor que permiten la regulación precisa de velocidad, dirección y par motor. Estos controladores pueden incluir características como frenos regenerativos, control de velocidad por PWM (Modulación de Ancho de Pulso) y protección contra sobre corriente.

Trinquete seguridad

Un trinquete anti-giro es un componente mecánico diseñado para prevenir el movimiento en una dirección específica mientras permite el movimiento en la dirección opuesta. Este tipo de mecanismo es ampliamente utilizado en aplicaciones donde es crucial mantener una posición fija en un sentido y permitir el movimiento libre en el sentido contrario.

Ruedas antipinchazos

Ruedas diseñadas para prevenir pinchazos, a menudo hechas de materiales especiales como espuma o goma sólida en lugar de neumáticos tradicionales inflables. Esto aumenta la durabilidad y reduce el mantenimiento.

Estructura modular y control por joystick

Diseño que permite personalizar y ajustar los componentes de la silla de ruedas de manera intercambiable, facilitando la adaptación a diferentes necesidades y preferencias del usuario para controlar la dirección y velocidad, proporcionando mayor autonomía y facilidad de uso.



Autonomía del Usuario y del Dispositivo

Capacidad de una persona para realizar actividades de forma independiente sin asistencia externa. La duración de la batería es un factor clave. Los dispositivos deben tener suficiente autonomía para cubrir las distancias diarias típicas de los usuarios, teniendo en cuenta las necesidades de movilidad en una ciudad con terrenos variados.

Normas de accesibilidad internacionales

Estas normas establecen los requisitos para la accesibilidad en diferentes países y regiones, proporcionando una base común para el diseño y la adaptación de espacios. Ejemplos incluyen la Norma Internacional de Accesibilidad (ISO 21542) y las directrices de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD). Las normas internacionales ayudan a asegurar que las soluciones de accesibilidad sean consistentes y efectivas en diversos contextos.

Planificación urbana inclusiva


Enfoque de diseño y planificación de ciudades y comunidades que considera las necesidades de todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. La planificación urbana inclusiva aboga por la creación de entornos accesibles mediante la incorporación de características como rampas, accesos sin barreras y transporte accesible. Su objetivo es construir comunidades que no solo cumplan con las normativas de accesibilidad, sino que también promuevan la igualdad y la inclusión social.

Rampas de acceso

Son estructuras inclinadas que facilitan el acceso a edificios, vehículos y otras áreas que tienen escalones o desniveles. Las rampas pueden ser de diferentes materiales como aluminio, madera o plástico, y pueden ser fijas o portátiles. La inclinación debe cumplir con normativas específicas para garantizar un uso seguro y cómodo, y algunas rampas incluyen superficies antideslizantes para mejorar la tracción.

Participación de la sociedad civil

La implicación de organizaciones de la sociedad civil y grupos de defensa en la promoción de derechos y políticas para personas con discapacidad. Estas organizaciones juegan un papel crucial en la abogacía, la sensibilización y la influencia en la formulación de políticas. Ejemplos incluyen asociaciones de personas con discapacidad que trabajan para educar al público, influir en la legislación y proporcionar servicios de apoyo.




Sensibilización y formación

Actividades destinadas a aumentar la conciencia sobre las necesidades y derechos de las personas con discapacidades, y a formar a profesionales, empleados y el público en general sobre cómo interactuar de manera inclusiva. La sensibilización y la formación ayudan a combatir estereotipos, prejuicios y actitudes negativas, y promueven una cultura de respeto y comprensión hacia las personas con discapacidad.

Antecedentes

La movilidad es un aspecto crucial de la vida diaria para todas las personas, y para aquellas con discapacidad, se convierte en un factor determinante para alcanzar la independencia y la calidad de vida. La capacidad de moverse con facilidad y autonomía afecta no solo la participación en actividades cotidianas, sino también el acceso a oportunidades laborales, educativas y sociales. Las sillas de ruedas desempeñan un papel fundamental en este contexto, son herramientas que permiten a las personas con movilidad reducida desplazarse de manera independiente y participar plenamente en la vida social y profesional. Aquí se destacan algunos puntos clave sobre su importancia:


- 1. Independencia y Autonomía:** Las sillas de ruedas permiten a las personas con discapacidad moverse sin depender de asistencia constante. Esto fomenta un sentido de autonomía y empoderamiento, permitiendo a los usuarios tomar decisiones sobre sus rutas y actividades.
 - 2. Acceso y Participación:** Al facilitar el desplazamiento, las sillas de ruedas abren puertas a la participación en diversas actividades, desde eventos sociales hasta oportunidades laborales y educativas. Esto contribuye a una vida más activa y plena.
 - 3. Seguridad y Comodidad:** Una silla de ruedas bien ajustada puede mejorar la postura y la comodidad, reduciendo el riesgo de complicaciones de salud relacionadas con la inmovilidad, como úlceras por presión o problemas musculoesqueléticos.
 - 4. Adaptación y Personalización:** Existen diferentes tipos de sillas de ruedas, desde manuales hasta eléctricas, cada una diseñada para satisfacer necesidades específicas. Esto permite personalizar la movilidad según el tipo de discapacidad y las preferencias personales, maximizando la funcionalidad y el confort.
 - 5. Inclusión Social:** Al permitir una movilidad más fluida y accesible, las sillas de ruedas ayudan a reducir barreras físicas y sociales, promoviendo una mayor inclusión e igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad.
- 

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha destacado la creciente importancia de abordar las necesidades de las personas con movilidad reducida (PMR). Según sus datos, alrededor del 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad, y un porcentaje significativo de estos individuos enfrenta desafíos relacionados con la movilidad. Estos datos subrayan la urgencia de crear entornos inclusivos y accesibles para garantizar que todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas, puedan participar plenamente en la sociedad.

En el contexto de Medellín, la situación de las personas con movilidad reducida presenta una serie de desafíos específicos. La ciudad ha realizado esfuerzos significativos para mejorar la accesibilidad y la inclusión, como la implementación del sistema de Metrocable y la adaptación de espacios públicos. Sin embargo, la realidad sigue siendo compleja y, a menudo, deficiente en términos de infraestructura y políticas inclusivas. Las barreras arquitectónicas, la falta de transporte accesible y la insuficiencia de instalaciones adaptadas son problemas persistentes que afectan negativamente a la calidad de vida de estas personas.

Particularmente, los usuarios de sillas de ruedas en Medellín enfrentan dificultades considerables. A pesar de los avances en algunos aspectos de la infraestructura, como rampas y ascensores, muchas áreas de la ciudad siguen siendo inaccesibles. Las aceras en mal estado, las pendientes pronunciadas y la falta de espacios adaptados en edificios públicos y privados son barreras que limitan la movilidad y la independencia de las personas que utilizan sillas de ruedas. Estos desafíos no solo afectan la capacidad de las personas para moverse libremente, sino que también tienen un impacto en su dignidad y autonomía. Además, la falta de un transporte público completamente accesible agrava la situación. Aunque existen algunas iniciativas para mejorar la accesibilidad en el sistema de transporte, la realidad es que muchas personas con sillas de ruedas encuentran dificultades para usar los autobuses y otros medios de transporte debido a la falta de adaptaciones adecuadas. Esto limita su capacidad para participar en actividades sociales, educativas y laborales, exacerbando la desigualdad y la exclusión social.

Para mejorar la situación, es fundamental que Medellín adopte un enfoque integral y proactivo en la planificación urbana y el desarrollo de políticas. Es necesario que se realicen inversiones en infraestructura accesible, se promueva la formación y sensibilización sobre




la discapacidad y se fortalezcan las normativas que garantizan la accesibilidad universal. La implementación efectiva de estas medidas no solo beneficiará a los usuarios de sillas de ruedas, sino que contribuirá a construir una ciudad más inclusiva y equitativa para todos.

En conclusión, la situación de las personas con movilidad reducida en Medellín, especialmente los usuarios de sillas de ruedas, revela una serie de desafíos que requieren atención y acción urgente. Los datos de la OMS destacan la magnitud del problema a nivel global, y el panorama local muestra que aún queda mucho por hacer para garantizar que todos los ciudadanos puedan disfrutar de una vida plena y sin barreras. Solo a través de un compromiso firme y acciones concretas se podrá lograr una verdadera inclusión y mejorar la calidad de vida de las personas con movilidad reducida en la ciudad. Es un imperativo moral y práctico que Medellín se convierta en un ejemplo de accesibilidad y equidad, donde cada ciudadano pueda moverse libremente y participar en todas las facetas de la vida urbana sin restricciones.

La inclusión real requiere un esfuerzo conjunto entre el gobierno, la comunidad y el sector privado para asegurar que cada medida y cada decisión tomada tenga en cuenta las necesidades de todas las personas. Solo así se podrá construir una ciudad verdaderamente accesible y justa para todos.

A continuación, se detallan algunos de los principales problemas actuales:

1. **Infraestructura Inadecuada:** Aunque se han realizado avances en accesibilidad, muchas áreas urbanas y rurales aún carecen de infraestructuras adecuadas, como rampas y ascensores accesibles. Las aceras en mal estado, las escaleras sin alternativas y los edificios sin accesos adecuados pueden limitar significativamente la movilidad.
 2. **Transporte Público:** La accesibilidad en el transporte público sigue siendo un problema importante. Aunque algunos sistemas de transporte han mejorado, muchos vehículos aún no están equipados para acomodar sillas de ruedas, y la falta de accesibilidad puede hacer que el uso del transporte público sea complicado o inviable.
 3. **Espacios Públicos y Privados:** Las barreras arquitectónicas en espacios públicos y privados, como restaurantes, tiendas y oficinas, pueden limitar el acceso y la movilidad. Los espacios mal diseñados o no adaptados representan un obstáculo constante para la participación en la vida comunitaria.
- 

4. Autonomía en Espacios Naturales: Las áreas al aire libre, como parques y senderos, a menudo no están adaptadas para sillas de ruedas, lo que limita la capacidad de disfrutar de entornos naturales.

5. Consumo de Recursos y Residuos: Las sillas de ruedas, especialmente las eléctricas, pueden tener un impacto ambiental significativo debido a los materiales utilizados en su fabricación y la energía necesaria para su funcionamiento. La producción de baterías y componentes puede contribuir a la generación de residuos y contaminación.

6. Durabilidad y Mantenimiento: La durabilidad de las sillas de ruedas y la necesidad de mantenimiento regular pueden implicar un uso intensivo de recursos y generar desechos. Los usuarios a menudo enfrentan desafíos para obtener repuestos y servicios de reparación, lo que puede afectar la vida útil del equipo.

7. Costos y Accesibilidad Económica: Las sillas de ruedas de alta calidad, especialmente las eléctricas, pueden ser costosas, lo que plantea problemas de accesibilidad económica. La falta de subsidios adecuados o la cobertura insuficiente por parte de los sistemas de salud puede limitar el acceso a equipos de movilidad modernos y sostenibles.


8. Innovación y Desarrollo Sostenible: La industria de las sillas de ruedas enfrenta el desafío de innovar en tecnologías más sostenibles, como el uso de materiales reciclables y la reducción del impacto ambiental de la producción. Encontrar un equilibrio entre la funcionalidad, el costo y la sostenibilidad sigue siendo un desafío importante.

Para abordar estos desafíos, es fundamental fomentar la colaboración entre los diseñadores de sillas de ruedas, los urbanistas, los responsables de políticas y los usuarios para crear soluciones integrales. Esto incluye mejorar la accesibilidad en la infraestructura y el transporte, promover la investigación en tecnologías más sostenibles y garantizar que los equipos sean asequibles y fáciles de mantener. La participación de la comunidad y el compromiso con la innovación serán clave para superar estos obstáculos y mejorar la calidad de vida de las personas que dependen de sillas de ruedas.

El impacto y la expansión del plástico en la sociedad moderna

El polímero (plástico) es un material que desde su invención ha tenido un crecimiento desmedido (600%). Es muy económico y las propiedades mecánicas, químicas y físicas han permitido al plástico ser uno de los materiales más utilizados en productos.

Los llamados plásticos son prácticos. Esto les ha permitido incorporarse a la sociedad de consumo, ya que son parte de casi todo: envuelven todos los productos desde regalos hasta alimentos. El material polimérico ha reemplazado a cualquier otro material: la madera para sillas y mesas, o mesadas, a veces con apariencia de mármol, el aislante es plástico, el



teflón reviste las sartenes, el nylon cubre las piernas de las mujeres, el acetato en los pantalones, el “cuero ecológico” no es más que plástico, etc.” (Elías, 2015) se podría decir que cualquier objeto de la vida cotidiana tiene altísimas posibilidades de ser de plástico. Aunque muchos de los artículos nombrados están pensados y fabricados para tener una vida útil larga, existen aquellos que se fabrican para desecharse y, gracias a esto, la contaminación por plásticos es desmedida, como ejemplo serían las envolturas de alimentos y los envases plásticos.

Entre los grandes problemas ligados al consumismo está la producción masiva de residuos y su llegada a los sistemas naturales. Un claro ejemplo es la contaminación de los mares y océanos por basuras, que se ha convertido en un problema de magnitud planetaria en poco más de medio siglo. (UNEP, 2009) hablando de cifras se estima una entrada anual al mar de 6,4 millones de toneladas de basura, unos 200 kilos cada segundo, donde el plástico es el principal componente y su procedencia deriva, en un 80%, de actividades terrestres (UNEP, 2009).

El objetivo 12 del desarrollo sostenible plantea como oportunidad la economía circular que puede mejorar la eficiencia y la vida útil de los materiales al promover la durabilidad de los bienes y su capacidad de ser reparados, sometidos a nuevos procesos de manufactura, reutilizados y reciclados. Por lo que investigación apunta por este lado y se reutilizaran plásticos desechados en la ciudad de Medellín. de esta manera poder ayudar a reducir la contaminación que llega a los mares, darles una vida útil a estos desechos y ayudar a personas que de verdad lo necesitan.

A continuación, se nombran documentos utilizados como base para obtener información valiosa con respecto al proyecto y poder generar dispositivos eficientes y funcionales:


1. Movilidad de los usuarios de sillas de ruedas propuesta de marco de evaluación del rendimiento (Francöois Routhier, 2002)
2. Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación (Celiz, 2014)
3. Método y aparato para motorizar vehículos manuales (United States Patente nº 5,186,269, 1993)



4. Silla de ruedas de bajo presupuesto capacitada para subir tramos escalonados (Aguilar, 2012)
5. La silla de ruedas inteligente: ¿es una herramienta de entrenamiento de movilidad adecuada para niños con discapacidades físicas? (Sarah McGarry, 2011)
6. Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica con sistema de ascenso y elevación (Celi, 2014)
7. Desarrollo de un dispositivo de asistencia eléctrica para una silla de ruedas manual mediante reductor cicloidal (Dae-Jin Jang, 2023)
8. Desarrollo de un prototipo Handbike electromecánico acoplable para silla de ruedas convencionales (Calderón, 2021)
9. Desarrollo de un sistema mecatrónico para controlar una silla de ruedas motorizada mediante diversos dispositivos por enlace inalámbrico (Jiménez, 2017)
10. Diseño de una silla de ruedas con tracción bilateral para la mejora de la salud de los usuarios (Pi, 2023)

Los documentos anteriormente nombrados son relevantes para la investigación porque brindan datos e investigaciones académicas necesaria para poder cumplir o avanzar en los objetivos del trabajo. Los archivos son extraídos de diferentes bases de datos (Dialnet, Google académico, scopus, scielo) enfocados al tema de la investigación (generación de dispositivos de tracción libre de emisiones de bajo costo fabricados con materiales reutilizados como polímeros y tuberías metálicas). Dichas fuentes aportan conocimiento profesional y concreto sobre el tema de interés, dando diferentes enfoques para la misma problemática de esta manera poder desarrollar datos técnicos de las piezas y poder diseñar objetivamente asegurando buenos resultados finales.

Inicialmente se habla de una metodología basada en el usuario para poder estudiar las necesidades independientemente con cada usuario. Luego se estudia las necesidades de un público objetivo (usuarios en la ciudad de Medellín) con el fin de analizar el problema desde otro punto de vista ya que la mayoría de los usuarios están en constante movimiento y sus trabajos diarios son de alta exigencia debido a su discapacidad. Luego se abarca la evolución y tendencia de los dispositivos de tracción para buscar antecedentes y poder tener en cuenta aspectos importantes. Finalmente se enfoca en la fabricación de dispositivos con materiales reciclados desde diferentes planteamientos (sistematización, impresión 3D y bajo coste final). En la siguiente cita se habla de una maquina extrusora



para poder reciclar el polímero y posteriormente convertirlo en la materia prima de los componentes del dispositivo.

Los temas principales de las fuentes son: costos dispositivos tracción, materiales de fabricación idóneos, formas de los dispositivos, dispositivos con materiales reciclados, formas de reutilizar plásticos para la impresión 3D y plásticos reforzados

Estado de la técnica

A continuación, se presentan productos actuales y se investigan diferentes patentes sobre el producto a fabricar ver documento (**Ver anexo 1. Registro de búsqueda/patentes relevantes**). La búsqueda se inicia con los conceptos “dispositivos de tracción” and “libre de emisiones” and “silla de ruedas” y aunque arrojan muchos resultados, se seleccionan los más relevantes para el diseño dispositivo planteado y así tener referencias y evitar las copias. Se busca en la base de datos de la OMPI y Patentes de Google.

Dispositivo de tracción de silla de ruedas de 400 W

La bicicleta de mano eléctrica transforma la silla de ruedas acoplable en una máquina de alto rendimiento que puede aumentar tu movilidad. Consiste en una batería de iones de litio de 36V 15AH, este ciclo de mano para silla de ruedas puede funcionar durante 35 KM. La velocidad máxima es de 18.6 mi/h.

Ilustración 1.

Dispositivo de tracción 400W



Nota: imagen tomada de (<https://es.aliexpress.com/item/1005003832592564.html?src=google>)

Fácil de instalar y desmontar: Los usuarios de sillas de ruedas pueden instalar fácilmente este ciclo de manos por sí mismos. El remolque hace que el enlace de la silla de ruedas manual y una eléctrica se realice.

Seguro y estable: Diseño de brazo mejorado, reduce las piezas móviles, frenado más estable. Freno electrónico y radios de freno de disco, horquilla delantera es horquilla, comodidad de conducción mejorada y seguridad.

MATT v6

Ilustración 2. MATT V6



Nota: imagen tomada de (<https://www.matt.com.co/productos/productos-matt/matt-v6/>)

El dispositivo MATT es un innovador sistema de movilidad eléctrico diseñado para acoplarse a la mayoría de las sillas de ruedas manuales, proporcionando una solución práctica y eficiente para mejorar la autonomía y calidad de vida de las personas con movilidad reducida. El diseño moderno, junto con su facilidad de uso, permite a los usuarios disfrutar de una mayor movilidad y acceder a lugares que antes les resultaban difíciles o inaccesibles.

Fácil acoplamiento: Compatible con la mayoría de las sillas de ruedas manuales, el dispositivo MATT cuenta con un enganche rápido y seguro, permitiendo una transición sencilla entre la movilidad manual y eléctrica.

Motor potente: Equipado con un motor eléctrico de alto rendimiento, el dispositivo MATT proporciona una velocidad máxima de hasta 20 km/h y una autonomía de hasta 30 km con una sola carga de batería.

Batería de larga duración: La batería de iones de litio incluida en el dispositivo ofrece una amplia autonomía y se recarga fácilmente mediante el cargador suministrado.

Control intuitivo: El manubrio ajustable cuenta con un acelerador y frenos de moto hidráulicos, permitiendo a los usuarios controlar la velocidad y detenerse de manera segura.

Durabilidad y resistencia: Construido con materiales de alta calidad, el dispositivo MATT está diseñado para resistir el uso diario y las condiciones ambientales moderadas. Además, la llanta de moto de larga durabilidad garantiza un rendimiento óptimo en diversos terrenos.

Smart drive

Ilustración 3. Dispositivo de tracción Smart drive



Nota: imagen tomada de (<https://www.sdmi.com.co/products/smart-drive>)

El Smart Drive es uno de estos dispositivos que por su diseño facilita la movilidad de manera segura. Su diseño compacto y ergonómico, favorece la adaptación a usuarios en sillas de ruedas activas, su maniobrabilidad permite que se tenga un empuje y una tracción.

Por sus características, resulta de fácil manejo, permite economizar energía en las propulsiones. Permite su uso tanto en interiores como en exteriores. Es un equipo que se puede transportar de forma fácil y adquiere una velocidad hasta de 6 kilómetros por hora.

Es altamente útil para personas mayores, que por su condición física requieren el menor gasto energético, para personas activas ya que facilita y economiza los desplazamientos en largas distancias. Además, favorece la independencia en los recorridos al no necesitar ayuda de un tercero para propulsión.



E-motion M25

Ilustración 4. Motor auxiliar E-Motion M25.



Nota: imagen tomada de (<https://www.invacare.es/es/sillas-electronicas-scooters-y-alber/alber/alber-e-motion-duodrive>)

El **E-motion M25** es un sistema de propulsión eléctrica diseñado para sillas de ruedas manuales, que ofrece un impulso adicional a quienes requieren asistencia para desplazarse con mayor facilidad y menor esfuerzo. Este dispositivo se acopla de manera sencilla a las ruedas traseras de la silla, transformándola en una opción motorizada que facilita el movimiento en diversas superficies, incluidas pendientes y terrenos irregulares. El **E-motion M25** está equipado con un motor eléctrico eficiente que se activa automáticamente con el movimiento de las ruedas, permitiendo al usuario mantener el control total sobre su desplazamiento. Con un diseño ergonómico y compacto, el **E-motion M25** mejora la autonomía y reduce la fatiga, ofreciendo una solución práctica y accesible para personas con movilidad reducida que buscan mayor independencia en su vida cotidiana.

Sistema De Acompañante Eléctrico Motorchair

Ilustración 5. Dispositivo Motorchair.



Nota: imagen tomada de (<https://www.ortopediamimas.com/movilidad/motores-para-sillas-de-ruedas-manuales/2438-sistema-de-acompanante-electrico-motorchair.html>)

El **Sistema de Acompañante Eléctrico Motorchair** es una solución diseñada para mejorar la movilidad y autonomía de las personas que utilizan sillas de ruedas. Este sistema se adapta a sillas de ruedas manuales, proporcionando asistencia motorizada para facilitar el desplazamiento sin esfuerzo físico adicional. Equipado con un motor eléctrico, el dispositivo permite que el usuario se desplace con mayor facilidad, incluso en superficies irregulares o pendientes, sin la necesidad de propulsarse manualmente. El **Motorchair** está diseñado para ser fácil de instalar y usar, ofreciendo mayor independencia y reduciendo la fatiga asociada con el uso prolongado de la silla de ruedas. Ideal para quienes necesitan apoyo adicional en su movilidad diaria, este sistema ofrece una opción práctica y accesible para quienes buscan mejorar su calidad de vida y autonomía.



Ayuda A La Propulsión SMOOV One

Ilustración 6. Sistema propulsión Smoov One.



Nota: imagen tomada de (<https://www.amazon.com/-/es/Alber-Kit-asistencia-el%C3%A9ctrica-SMOOV/dp/B0BGT2THW8?th=1>)

SMOOV One es un dispositivo de ayuda a la propulsión diseñado para integrarse de manera sencilla y eficiente a las sillas de ruedas manuales, proporcionando una mejora significativa en la movilidad de las personas con dificultades de desplazamiento. Este dispositivo compacto y ligero se acopla fácilmente a la silla de ruedas, permitiendo a los usuarios moverse con mayor comodidad y sin necesidad de esfuerzo físico adicional. SMOOV One utiliza tecnología de tracción eléctrica, lo que facilita el desplazamiento sobre superficies planas o con ligera inclinación, aumentando la autonomía de las personas con movilidad reducida y reduciendo la dependencia de terceros. Con un diseño intuitivo y fácil de usar, SMOOV One ofrece una solución práctica para aquellos que buscan mayor independencia y agilidad en sus desplazamientos diarios.



Twist Movilidad Activa Para Silla De Ruedas

Ilustración 7. Dispositivo acoplable Twist.



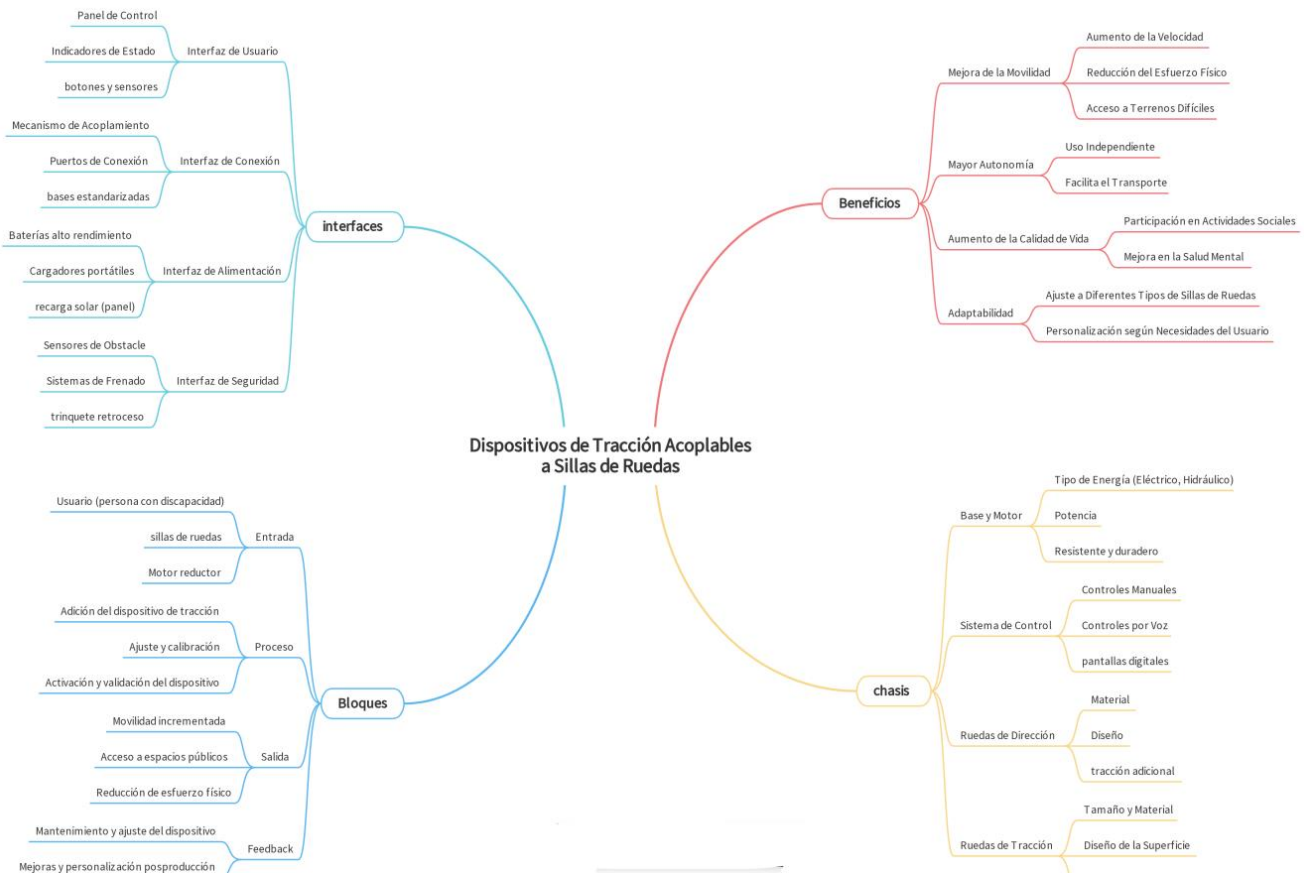
Nota: imagen tomada de (<https://www.rehagirona.com/products/outlet-rehapro-twist/>)

es un dispositivo innovador diseñado para mejorar la autonomía y el desplazamiento de personas con movilidad reducida. Este sistema de tracción acoplable, adaptable a sillas de ruedas estándar, permite a los usuarios moverse con mayor facilidad y menor esfuerzo, transformando una silla de ruedas manual en una opción más dinámica. Gracias a su diseño modular y fácil de instalar, el dispositivo no solo incrementa la eficiencia del desplazamiento, sino que también ofrece una solución accesible, permitiendo a los usuarios mantener su independencia y mejorar su calidad de vida. Al estar libre de emisiones, Twist se alinea con prácticas sostenibles, contribuyendo a un entorno más limpio mientras facilita la movilidad de quienes lo necesitan.

Para finalizar con los referentes, se realiza un esquema donde se analiza el producto desde diferentes enfoques para comprender su funcionamiento y aclarar temas técnicos que serán de vital importancia en la fase de ideación (**Ver anexo 2. Diagrama análisis de producto**), inicialmente se realiza el análisis funcional del producto para luego proceder a analizarlo desde diferentes enfoques que pueden ser de utilidad a la hora de diseñar.



Ilustración 8. Análisis producto



Requerimientos para la propuesta de diseño

El diseño y la fabricación de dispositivos de tracción acoplables a sillas de ruedas requiere considerar una variedad de factores técnicos y ergonómicos para garantizar que sean seguros, efectivos y cómodos. A continuación, se presenta un panorama general de los posibles requerimientos de diseño para estos dispositivos:

- **Compatibilidad y Adaptabilidad:** Compatibilidad con Diferentes Modelos de Sillas de Ruedas. Sistema de Montaje Seguro
- **Seguridad y Estabilidad:** Estabilidad en Movimiento, frenos y controles de velocidad, sensores de Seguridad
- **Ergonomía y Confort:** Comodidad del Usuario, fácil manejo
- **Desempeño y Eficiencia:** Potencia y autonomía, eficiencia energética
- **Mantenimiento y Durabilidad:** materiales resistentes, facilidad de mantenimiento
- **Accesibilidad y Costo:** Costo asequible





- **Regulación y Cumplimiento Normativo:** Cumplimiento de normas de seguridad

Luego se realiza un análisis más detallado de los requerimientos necesarios para el diseño y la fabricación del dispositivo de tracción, (**Ver Anexo 3. Requerimientos de diseño**).



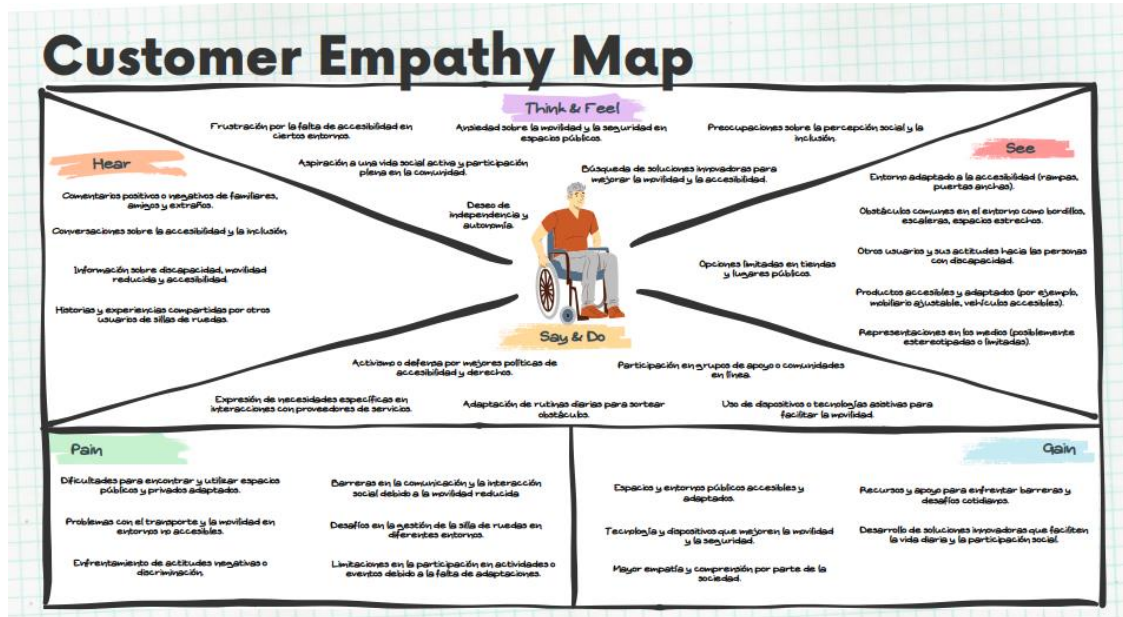
EJECUCIÓN

02

CAPÍTULO 2. EJECUCIÓN

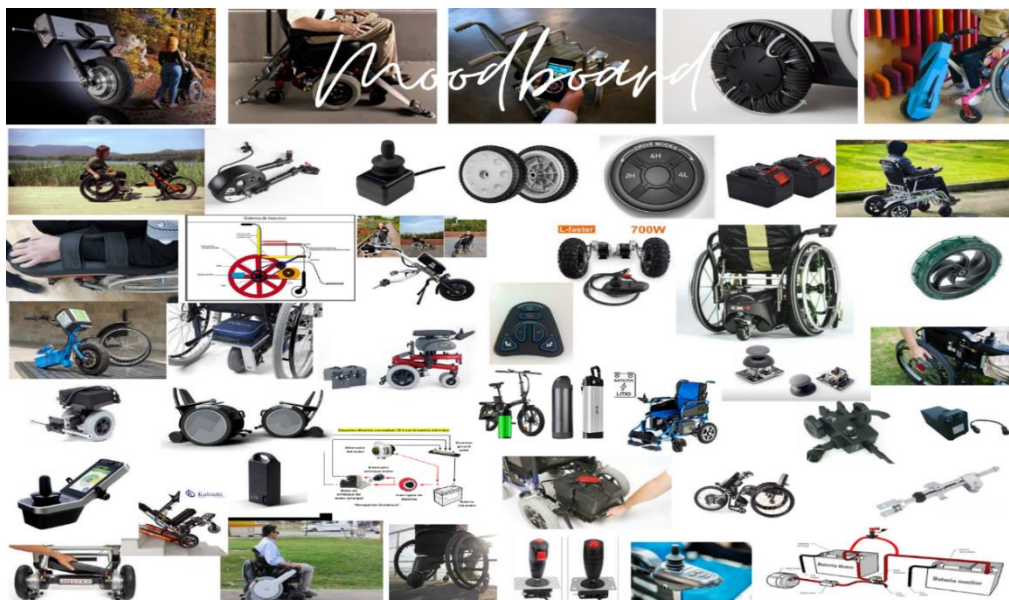
El proceso de ideación se realiza mediante un Moodboard (tablero de inspiración) de acercamiento a los componentes comerciales necesarios para fabricar el dispositivo y un Brainstorming (lluvia de ideas), donde se plasmarán las ideas desde diferentes enfoques teniendo en cuenta los referentes encontrados en las patentes del anexo 1, los dispositivos del estado de la técnica y la información del Moodboard.

Ilustración 9. Mapa de empatía público objetivo



Nota: mapa de empatía para entender las diferentes necesidades y limitaciones de los usuarios que utilizan sillas de ruedas ver documento (anexo 0. Mapa de empatía usuario), se analizan cada uno de las respuestas y los resultados son favorables en cuanto a la necesidad de una mejor movilidad en el entorno urbano, así como la educación y la concientización de las demás personas

Ilustración 10. Moodboard ideas diseño



Nota: elaboración propia, se buscan imágenes de dispositivos similares existentes, baterías de alto rendimiento y fácil acople, dispositivos de mando (joysticks o pulsadores), ruedas de tracción y motores reductores. Luego de recopilar se procede a seleccionar los referentes más destacados y se genera el moodboard de acercamiento el cual es de gran beneficio para generar un brainstorming más completo y detallado

Ilustración 11. Brainstorming ideas diseño

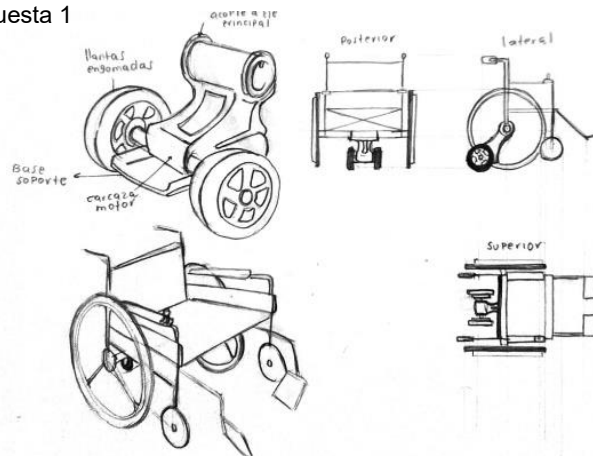


Nota: elaboración propia de ideas relacionadas a los dispositivos desde diferentes enfoques con el fin de obtener resultados más eficientes sobre la fabricación y otros aspectos importantes que se deben abarcar como adaptación de la infraestructura local, se plantean temas muy tecnológicos e innovadores a los que se pueden llegar con los dispositivos y el apoyo de entidades gubernamentales

Propuestas de diseño

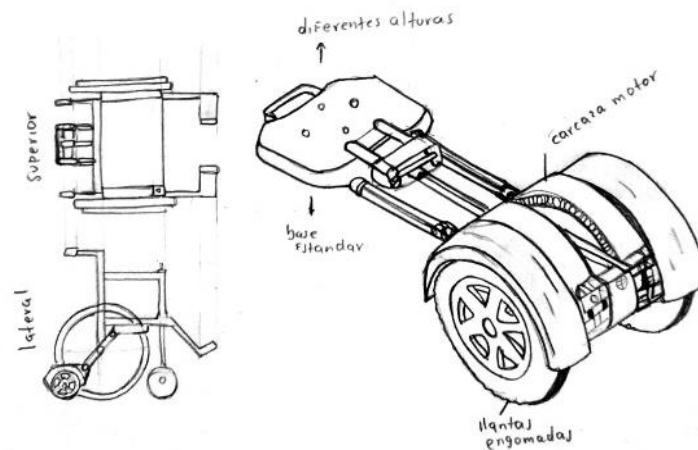
Luego de finalizar las actividades para la generación de ideas, se procede a bocetar las propuestas de diseño iniciales garantizando la utilización de los conceptos, referentes y demás ideas.

Ilustración 12. Propuesta 1



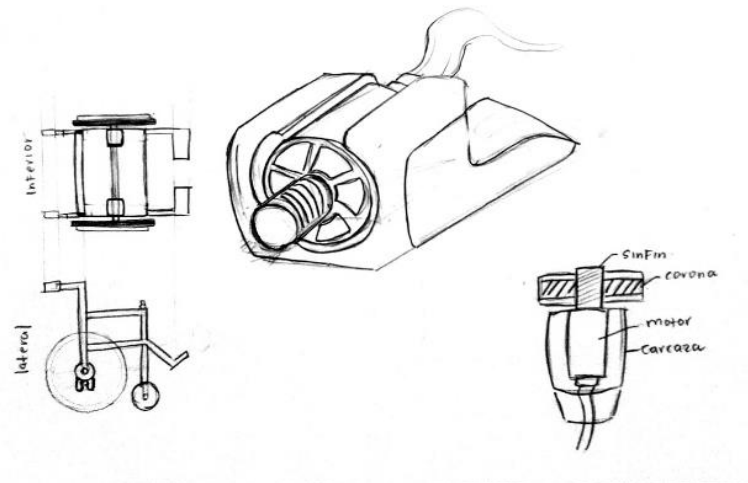
Nota: Propuesta del dispositivo de tracción con mecanismo directo a las ruedas (motores brushless) donde cada una de las ruedas tiene su motor integrado para mayor resistencia, duración y tracción, además para garantizar el giro de la silla. Se plantea con batería de litio en la parte posterior, ruedas engomadas y anclaje a la estructura principal de la silla. El anclaje se diseña escualizable en altura para poder regular y garantizar un acople rígido que cumpla con su función a la hora de desplazar el usuario.

Ilustración 13. Propuesta dispositivo servomotor nema 34 anclaje a estructura ruedas



Nota: Propuesta del dispositivo con mecanismo compuesto interno en la carcasa (piñones diferenciales) el cual se transmite el movimiento del motor mediante piñones cónicos que conectan con las ruedas para garantizar la fuerza necesaria y el giro de la silla de ruedas. Se plantea con batería de litio interna en la carcasa, llantas engomadas para mejor tracción y acople a la estructura posterior de las ruedas, todos los componentes van sobre una base de soporte que se puede estandarizar para los diferentes modelos de sillas estándar.

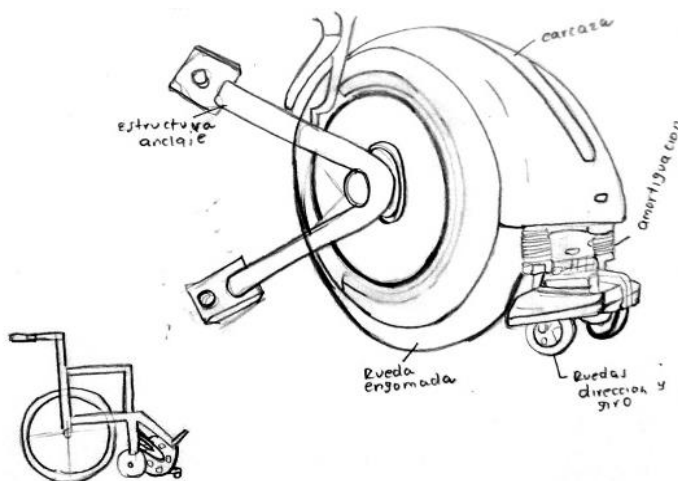
Ilustración 14. Propuesta dispositivo servomotor nema 23 directo a ruedas con corona y sinfín



Nota: Propuesta del dispositivo con mecanismo simple, pero teniendo que modificar brevemente la silla de ruedas de manera que se le pueda acoplar un piñón corona el cual va posicionado en las ruedas para transmitir el torque mediante un tornillo sin fin directamente a un servomotor para garantizar mejor tracción, cada rueda tendría su torque por lo cual el giro se puede hacer sin mucho esfuerzo



Ilustración 15. Propuesta dispositivo motor brushless con anclaje estructura frontal



Nota: Propuesta del dispositivo similar a las primeras con la diferencia que el anclaje es frontal por lo cual las ruedas son más robustas y generan mayor torque y antideslizamientos, tiene motores brushless de alto poder y anclajes rígidos a la estructura de la silla de manera que el usuario pueda tener más acceso al dispositivo y pueda cambiar las baterías, además cuenta con ruedas de dirección para más maniobrabilidad.

Evaluación de las propuestas

A continuación, se genera una matriz de evaluación sencilla en la cual se seleccionan los ítems más importantes de los requerimientos de diseño para luego calificar de 0 (mal) a 5(excelente) cada una de las propuestas y así poder enfocarse en la más completa

Criterio	Sistema fijo con anclaje a estructura posterior	Sistema fijo con anclaje a estructura asiento	Sistema fijo con anclaje a estructura frontal	Sistema fijo con anclaje directo a las ruedas
Desempeño	5	4	4	5
Ciclo De Vida	4	4	4	4
Manipulación	4	4	4	4
Mecanismos	5	5	4	4
Resistencia	5	4	4	4
Carcasa	4	4	4	5
Materias Primas	5	4	4	4



Resultado	32	29	28	30
-----------	----	----	----	----

Teniendo en cuenta que el dispositivo a fabricar es mecánico y de alto riesgo, todas las propuestas se enfocaron en el funcionamiento técnico, por lo cual se escogen las 2 propuestas con mayor puntaje y se combinan para llegar a la propuesta final. Antes de diseñar la propuesta final se realizan asesorías con 2 expertos (motores y electromecánico) para poder tener en cuenta dichas recomendaciones sobre los componentes comerciales más idóneos y la manera de programar el dispositivo de tracción final (**Ver Anexo 7. Asesorías ingenieros**).

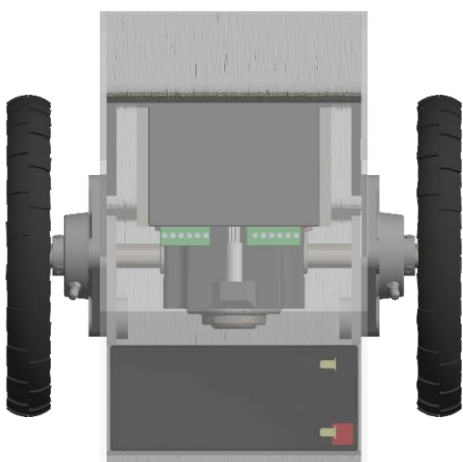
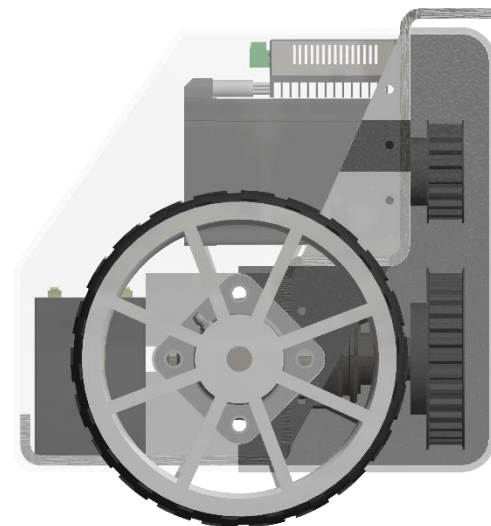


Diseño de Detalle



Modelación 3D Dispositivo de tracción libre de emisiones acoplable a sillas de ruedas.

Se utiliza un servomotor de alto poder, el cual transmite su movimiento mediante poleas dentadas al eje de la caja diferencial, la cual a su vez se transmite a engranajes cónicos que conectan con las ruedas los cuales van a garantizar la tracción necesaria para todo tipo de terrenos (recto o inclinado). Las llantas son especiales para tracción para evitar desgaste y garantizar el empuje necesario, y en cuanto al sistema eléctrico se conecta todo en una placa madre Arduino para poder programar y garantizar el funcionamiento (motor, baterías, joystick y encendido).



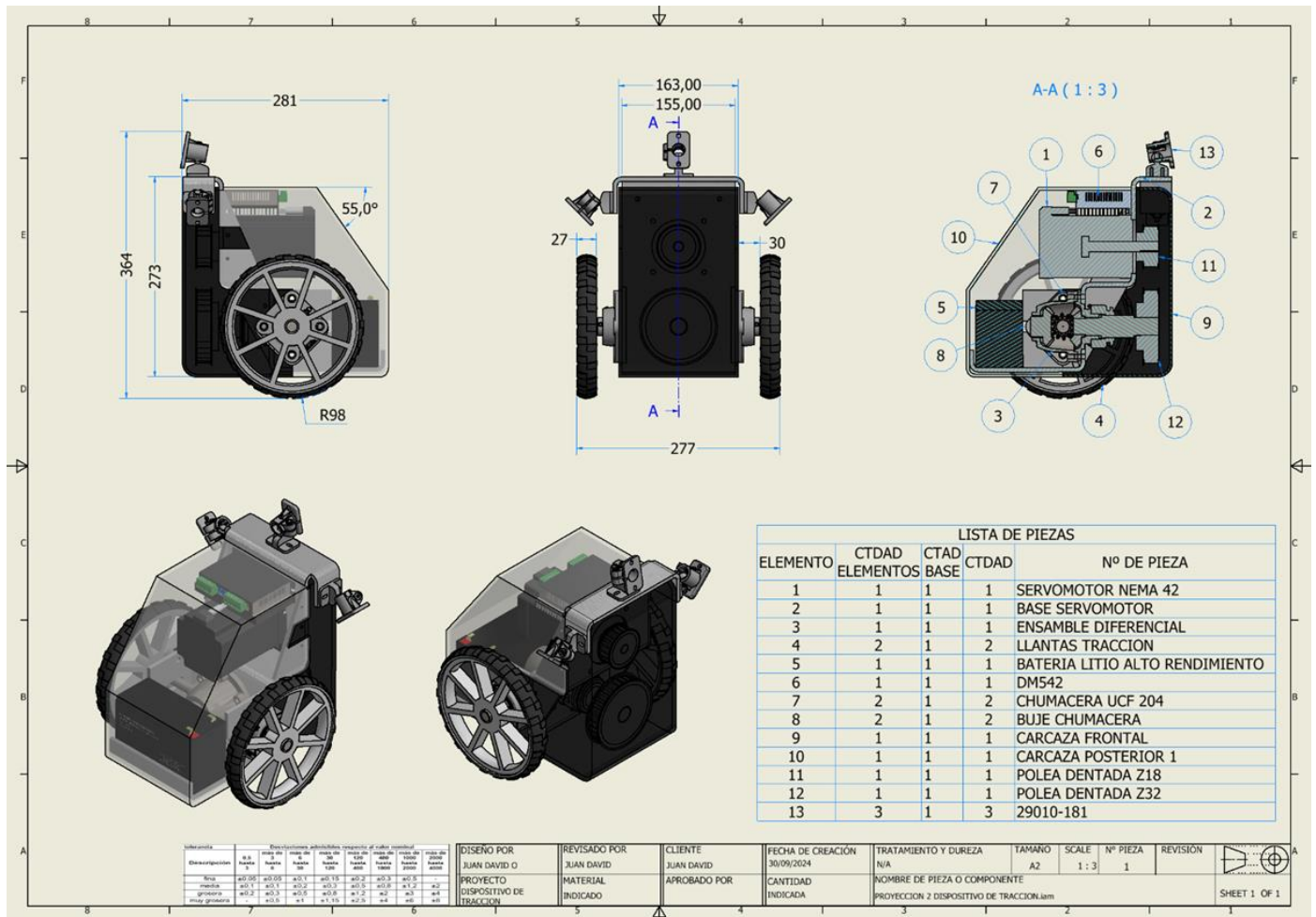
D-TRAC



Planimetría

Se presenta el plano de ensamble general, el cual contiene isométricos para que se visualicen mejor cada uno de sus componentes, se acotan las medidas generales y se enumeran cada uno de sus componentes en una tabla. (Ver Anexo 8 – Planos dispositivo de tracción)

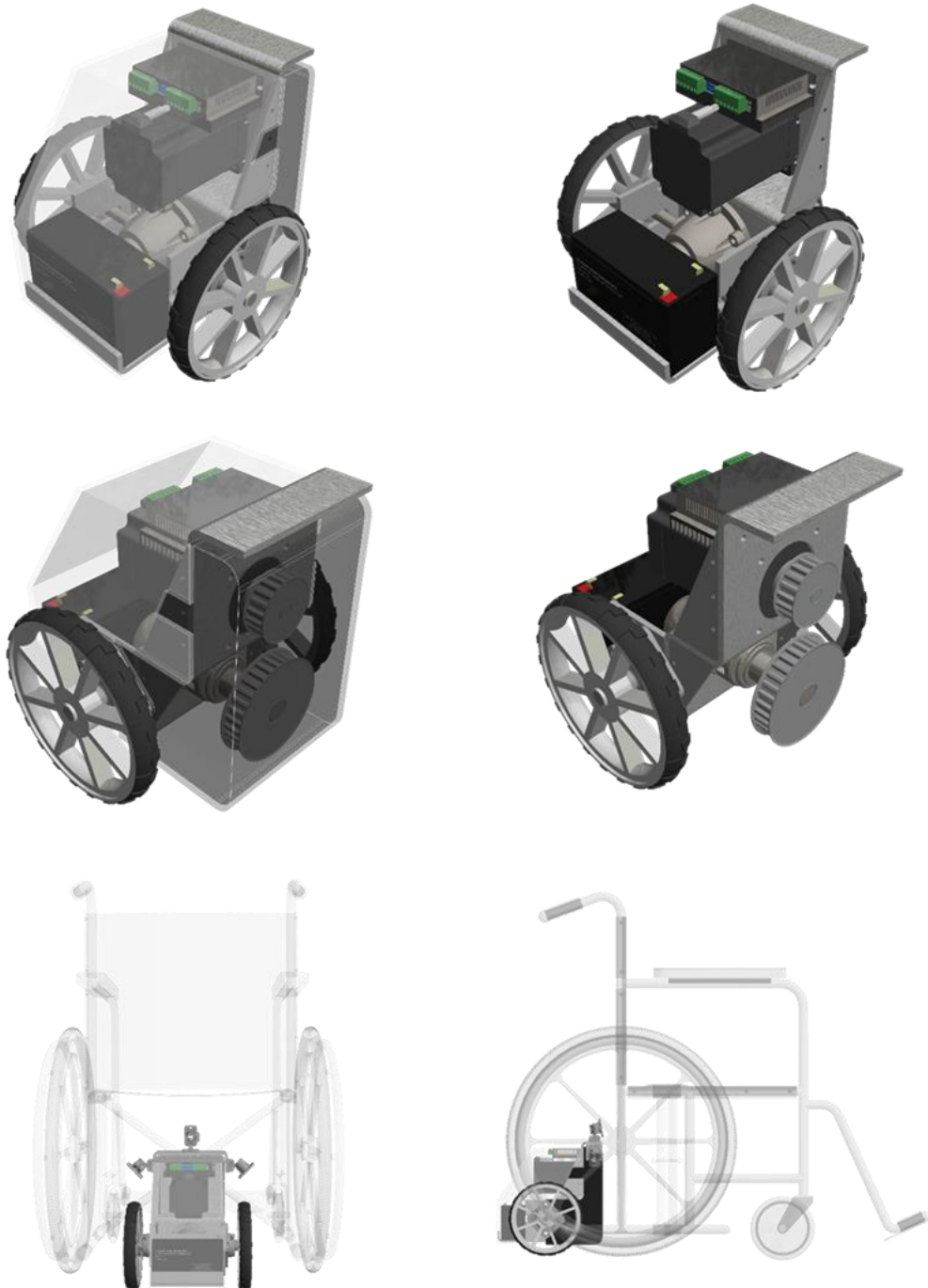
Ilustración 16. Plano general de ensamble D-TRAC





Renders

Ilustración 17. Representaciones gráficas del dispositivo de tracción



Carta de procesos

La carta de procesos industriales se utiliza para detallar con mayor detenimiento y claridad cada una de las piezas que componen el dispositivo final y así tener la planificación y el desarrollo claro a la hora de fabricar. **(Ver Anexo 9 – Carta de Procesos)**

Ficha técnica

Se construye una ficha técnica con detalles técnicos y comerciales del producto. **(Ver Anexo 10 – ficha técnica final)**

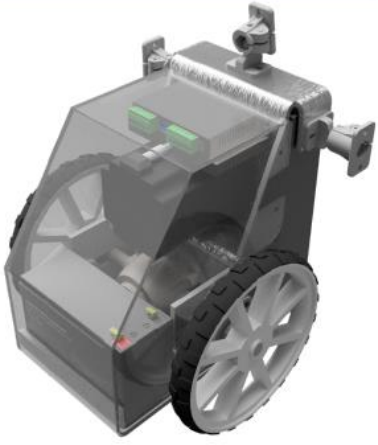
Ilustración 18. Representación gráfica ficha técnica producto

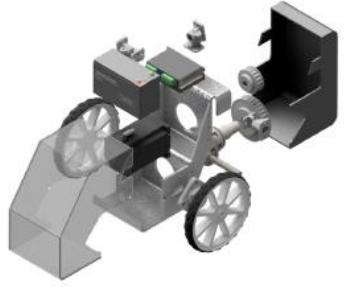
D-TRAC

Dispositivo de bajo costo adaptable a sillas de ruedas estándar, es un producto de tracción diseñado para facilitar la movilidad y la independencia de las personas con discapacidad o movilidad reducida, consiste en un mecanismo de poleas dentadas y piñones cónicos diferenciales impulsados por un motor de alto rendimiento capaz de reducir velocidad y multiplicar torques, garantizando la fuerza necesaria para desplazar con facilidad a personas que requieran su uso; ofreciendo una solución práctica y eficiente para su movilidad diaria


Características


Motor eléctrico potente y silencioso
transmisión de velocidad variable
sistema de frenado en contramarcha
baterías recargables
controlador de velocidad intuitivo y ergonómico
adaptación ajustable





Dimensiones Generales





Especificaciones

Peso : 25-30 Kg
Dimensiones: 270x280x300 mm
Capacidad de carga: 50-65 Kg
Alcance: 5 km
Tiempo de carga: 1 a 3 horas

Materiales

Acero inoxidable 304
Aisi 4140
Aisi 8620
Bronce sae 65
Plásticos resistentes
Baterías de litio





Beneficios

Mayor independencia y movilidad, reducción del esfuerzo físico, mejora la estabilidad y seguridad, acceso a áreas difícilmente accesibles, incremento de confianza y autonomía

Funciones

Movimiento en terreno llano y cuesta arriba
Subir y bajar rampas
Girar en espacios reducidos
Frenado en contramarcha
Velocidad ajustable

Colores Carcasas

Presupuesto

Se realiza una tabla de costos de fabricación aproximados con el prototipo, por lo que varios componentes varían, pero se estima un aumento de precio de 50% más para la fabricación final.

FORMATOS DE COSTOS

Costo de Producción dispositivo de tracción acoplable a silla de ruedas

Elementos de costo	Materiales directos	Mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo total
Motor yaegoo 24V-350W-2700 RPM	Comercial	Comercial	Comercial	\$220.000
<i>Base estructural</i>	Lamina de 6 mm de espesor inoxidable 304	Corte laser Dobles lamina Transporte	Soldadura Pulido	\$148.000
<i>lamina refuerzo interno</i>	Lamina de 6 mm de espesor inoxidable 304	Corte laser	Pulido	\$38.000
<i>Lamina base de motor</i>	Lamina de 6mm inoxidable 304	Corte laser	Dobles Pulido	\$24.000
<i>Eje transmisión ruedas</i>	Aisi 4140- Diámetro 22.2 mm	Corte cierra de cinta, transporte	Mecanizado torno, fresadora	\$148.000
<i>Eje transmisión tornillo sin fin</i>	Aisi 8620 Diámetro 31.75 mm	Corte cierra de cinta	Mecanizado en torno, fresadora, tratamiento térmico (cementación)	\$720.000
<i>Mango de sujeción corona</i>	Aisi 4140 Diámetro 76.2	Corte cierra de cinta	Mecanizado en torno, fresadora, mortajadora, roscado y ensamble	\$248.000
<i>Corona</i>	Bronce sae 65 Diámetro 101.8mm, interior 50 mm, espesor 30 mm	Corte cierra de cinta, transporte	Dentado por generación Z: 35 M: 2.5 D: 95 mm	\$515.000
<i>Tensores estructura</i>	Barra INA 12 mm	Corte tronzadora	Mecanizado torno	\$240.000

<i>Bujes anclaje de ruedas</i>	Aisi 4140 Diámetro 50.8 mm	Corte cierra de cinta	Mecanizado en torno y fresadora	\$160.000
<i>Ruedas 8 pulgadas</i>	Ruedas vulcanizada 8 pulgadas	Comercial	Comercial	\$160.000
<i>Horquillas de anclaje a silla</i>	Lamina inoxidable 304 espesor 9.52 mm	Corte laser	Pulido, fresado	\$240.000
<i>Soporte pie amigo anclaje a dispositivo</i>	Lamina inoxidable 304 espesor 9.52 mm	Corte laser	Soldadura, ajuste y pulido	\$180.000
<i>Convertidor de carga AC a DC</i>	Cargador de batería	Comercial	Adaptación a sistema electrónico	\$100.000
<i>Baterías AC</i>	Baterías de litio AC-24V	Comercial	Adaptación a sistema electrónico	\$120.000
<i>Joystick magnético</i>	Comercial	Comercial	Comercial	\$100.000
<i>Carcaza soporte exterior</i>	Polímero ABS,PLA,PETG	Impresión 3D	Perforación y ajuste	\$160.000
<i>Filtro de aire</i>	Espuma fieltro	Comercial	Comercial	\$24.000
<i>Chumaceras 4 anclajes diámetro int 20 mm</i>	Rodamientos	Comercial	Comercial	\$135.000
<i>Tornillería general</i>	Comercial	Comercial	Comercial	\$28.000
Total				\$3.708.000

Ilustración 19. Comparación de costos mercado

COMPARATIVO DE COSTOS



SMART DRIVE
COP.15,000.000



MATT V6
COP.17,000.000



MOTORCHAIR
COP.20,000.000



SMOOV ONE
COP.12,000.000



TWIST MOVILIDAD ACTIVA
COP. 10,000.000



D-TRAC
COP.7,000.000



Análisis Económico

1. SMART DRIVE

Precio en USD: 3,000 - 4,500 USD

Precio en COP: 12,000,000 - 18,000,000 COP

2. MATT V6

Precio en USD: 3,500 - 5,000 USD

Precio en COP: 14,000,000 - 20,000,000 COP

3. MOTORCHAIR

Precio en USD: 4,000 - 6,000 USD

Precio en COP: 16,000,000 - 24,000,000 COP

4. SMOOV ONE

Precio en USD: 2,500 - 3,500 USD

Precio en COP: 10,000,000 - 14,000,000 COP

5. TWIST MOVILIDAD ACTIVA

Precio en USD: 2,000 - 3,000 USD

Precio en COP: 8,000,000 - 12,000,000 COP

6.D-TRAC

Precio en USD: 1,500 - 2,000 USD

Precio en COP: 6,500,000 – 8,000,000 COP

Luego de analizar los precios de los dispositivos de tracción acoplables a sillas de ruedas más vendidos en el mercado notamos que el dispositivo de tracción D-TRAC cumple con el objetivo de disminuir el costo final de dicho producto para poder beneficiar a más personas usuarias de sillas de ruedas, es necesario mejorar varios aspectos del dispositivo, pero se puede lograr con el presupuesto actual para garantizar condiciones de uso optimas.



DIVULGACIÓN

03

CAPÍTULO 3. DIVULGACIÓN

Ilustración 20 . Infografía de presentación producto final



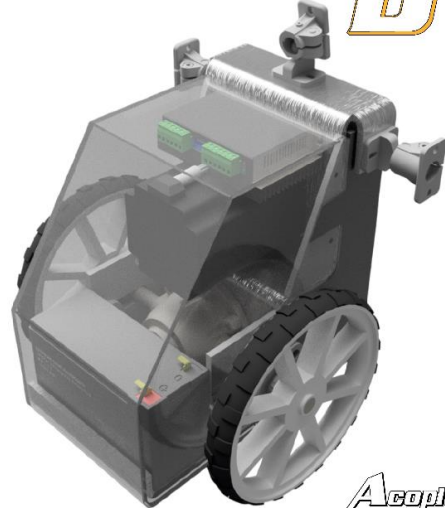
Institución
Universitaria
Recreditada en Alta Calidad
80
Años

D-TRAC

Departamento
de Diseño.



Lee el código QR para
conocer el documento escrito.



Poleas dentadas
fabricadas en duraluminio, relación 2 en 1

Acoples estandar tuberia
sistema ajustable y acoples estandar en acero inoxidable

Baterias de alto rendimiento
baterias recargables conectadas en serie para garantizar el voltaje

Servomotor industrial 42
servomotor industrial de alto torque minimo 50 Nm

DMV542
drive compatible con servo

Base aluminio
material liviano y resistente

Llantas traccion especiales
llantas diseñadas con rin en aluminio y caucho especial traccion

Mecanismo diferencial
sistema conico planetario para mayor fuerza y giro suave

Carcasas polimericas
carcasas exteriores en materiales impresos en 3D

Componentes comerciales
componentes como chumaceras, tornilleria, cableado y correa

Joystick en silla
ubicacion elegida por del usuario

D-TRAC

Breve descripción del Proyecto:

Dispositivo de traccion de bajo costo adaptable a sillas de ruedas estandar, es un producto diseñado para facilitar la movilidad y la independencia de las personas con movilidad reducida, consiste en un mecanismo de poleas sincronicas y transmision diferencial impulsados por un motor de alto rendimiento alimentado con baterias de litio recargables, el motor es capaz de multiplicar torque reduciendo sus RPM, ofrece una solucion practica y eficiente para su movilidad diaria. la interfaz con el usuario consiste en un pulsador (joystick) con el cual el usuario controlara la velocidad y la direccion del recorrido

Ingeniería en Diseño Industrial
Programa

Trabajo de Grado II
Curso

Eliana Zapata Ruiz
Docente

Juan David Villegas Osorio
Estudiante

Ilustración 21. Infografía fabricación y montaje prototipo

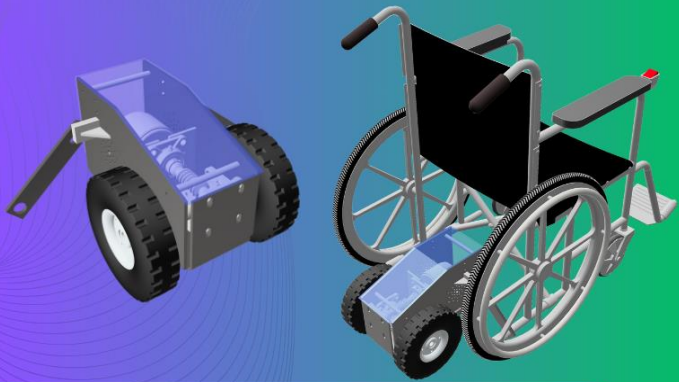
D-TRAC

DISPOSITIVO DE TRACCIÓN ACOPLABLE A SILLAS DE RUEDAS ESTÁNDAR



D-TRAC

DISPOSITIVO DE TRACCIÓN ACOPLABLE A SILLAS DE RUEDAS ESTÁNDAR




FABRICACIÓN PROTOTIPO D-TRAC



CORTE LÁSER Y DOBLEZ DE LÁMINAS
corte láser de las láminas que soportan todos los componentes y doblez de la lámina motor



SOLDADURA DE LÁMINAS CORTADAS Y PINTURA
soldadura y pulido de la base principal, se utiliza soldadura TIG y se pinta con poliuretano negro



MECANIZADO TORNILLO SINFIN Y CORONA
mecanizado en torno inicial para poder y generar el dentado según cálculos realizados en inventor




MECANIZADO EJE Y BUJES PARA LAS RUEDAS
ruedas estándar, se fabrican los acoples y el eje que soporta con sus respectivos topes



MECANIZADO DE COMPONENTES FALTANTES
mecanizado en torno y fresadora de los demás componentes mecánicos y de soporte (ejes separador, bujes, bloques fuerza)




CONEXION BATERIAS LITIO CON MOTOR Y SWITCH
Baterías de litio de alto rendimiento las cuales garantizan el funcionamiento del sistema por un lapso de tiempo. ¡sistema recargable!



IMPRESIÓN 3D DE CARCASA EXTERIOR
impresión en maquina 3d con material petg que lo ideal es que sea reutilizado de botellas plasticas



SELECCION Y COMPRA PIEZAS COMERCIALES
selección de piezas comerciales y compra de las mismas (chumaceras, tornillería, cuñas, etc)




ENSAMBLE DISPOSITIVO D-TRAC
montaje de todos los componentes mecanicos y comerciales en la base principal



ACOPLE DISPOSITIVO CON SILLA DE RUEDAS
acople en silla de ruedas estándar, se regula la longitud de los amarres y se ajusta el sistema



LUBRICACIÓN PREVENTIVA SISTEMA TRANSMISIÓN
El vástago del motor transmite al tornillo sin fin que a su vez transmite a la corona dentada. se hacen cálculos para fuerza óptima



ENCENDIDO Y USO DEL DISPOSITIVO DE TRACCION
Baterías de litio de alto rendimiento las cuales garantizan el funcionamiento del sistema por un lapso de tiempo. ¡sistema recargable!

¿QUÉ ES D-TRAC?

DISPOSITIVO DE BAJO COSTO ACOPLABLE A SILLAS DE RUEDAS ESTANDAR, ES UN PRODUCTO DE TRACCIÓN DISEÑADO PARA FACILITAR LA MOVILIDAD Y LA INDEPENDENCIA DE LAS PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA.

¿CÓMO FUNCIONA?



ENSAMBLE EN SILLA DE RUEDAS
Sistema de fácil acople y regulable a varias distancias según marca de silla ¡regular primero longitud y luego ajustar el sistema!



INTERFAZ USUARIO / DISPOSITIVO
switch de 3 posiciones (adelante, neutro, retroceso), ubicado en la parte frontal del reposabrazos para facilitar el encendido




FUNCIONAMIENTO MECÁNICO
El vástago del motor transmite al tornillo sin fin que a su vez transmite a la corona dentada. se hacen cálculos para fuerza óptima




CARGA Y DESCARGA BATERIAS LITIO
Baterías de litio de alto rendimiento las cuales garantizan el funcionamiento del sistema por un lapso de tiempo. ¡sistema recargable!

IMPACTO Y DESAFÍOS



IMPACTO POSITIVO

- Facilita al usuario el desplazamiento urbano
- Reducción de esfuerzo físico del usuario
- Mejora estabilidad y genera confianza
- Aumenta Independencia



DESAFÍOS

- Reducción del peso final del dispositivo
- Estandarización de procesos de fabricación
- Mejorar la autonomía de las baterías
- Añadir amortiguación



EL FUTURO DE D-TRAC

D-TRAC continuará evolucionando, siendo crucial abordar los desafíos sociales y técnicos para un desarrollo responsable y beneficioso para la sociedad.

El prototipo demostró que es posible implementar tecnologías limpias en dispositivos de tracción sin comprometer el rendimiento. Las pruebas realizadas confirmaron que el dispositivo opera de manera eficiente bajo condiciones diversas, manteniendo la funcionalidad y autonomía esperadas. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora.

Se recomienda continuar con la investigación y el desarrollo de tecnologías de almacenamiento energético más eficientes, así como la incorporación de nuevos materiales ligeros y resistentes para mejorar la durabilidad y el desempeño del dispositivo. También se sugiere explorar otras fuentes de energía renovable y alternativas híbridas que puedan optimizar el rendimiento del dispositivo.



Finalmente se realiza una presentación final donde se recopilan los datos más importantes y los hallazgos de la investigación con el fin de sintetizar la información y poder presentarlo a los evaluadores, en dicha presentación se enseñan las imágenes del prototipo fabricado y la fase de validación con el usuario. Ver Anexo 13 - presentación D-TRAC



CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo, se logró caracterizar adecuadamente los dispositivos de tracción, considerando los tres aspectos fundamentales: seguridad, comodidad y costos. Se identificaron y evaluaron los criterios esenciales para el diseño de un dispositivo eficiente y seguro, destacando que la integración de materiales de alta resistencia y sistemas de control de tracción son claves para garantizar la seguridad del usuario. En términos de comodidad, se concluyó que el diseño ergonómico y la amortiguación adecuada son factores determinantes para la aceptación del dispositivo. Finalmente, se propuso un análisis comparativo de los costos, encontrando que es posible mantener el dispositivo dentro de un rango económico accesible sin comprometer la calidad y seguridad.

En relación con el segundo objetivo, se desarrollaron propuestas viables para la integración de fuentes de energía renovables en el dispositivo de tracción. Se exploraron diferentes opciones de energía, como baterías recargables de alto rendimiento, siendo la combinación de baterías recargables y paneles solares la opción más prometedora para una operación eficiente y sostenible. Esta solución no solo contribuye a la reducción de emisiones, sino que también facilita un mantenimiento sencillo y un costo operativo reducido. Además, se logró demostrar la viabilidad de un diseño modular y fácil de ensamblar, lo que hace que el dispositivo sea accesible para una mayor cantidad de usuarios y fabricantes.

Se fabricó un prototipo funcional de tracción libre de emisiones que permitió validar los mecanismos y garantizar el correcto funcionamiento de los componentes clave. El prototipo demostró que es posible implementar tecnologías limpias en dispositivos de tracción sin comprometer el rendimiento. Las pruebas realizadas confirmaron que el dispositivo opera de manera eficiente bajo condiciones diversas, manteniendo la funcionalidad y autonomía esperadas. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, como la optimización del sistema de almacenamiento de energía para extender la duración de la batería y mejorar la estabilidad del dispositivo y el uso de mecanismos para condiciones extremas.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda continuar con la investigación y el desarrollo de tecnologías de almacenamiento energético más eficientes, así como la incorporación de nuevos materiales ligeros y resistentes para mejorar la durabilidad y el desempeño del dispositivo. También se sugiere explorar otras fuentes de energía renovable y alternativas híbridas que puedan optimizar el rendimiento del dispositivo. Finalmente, sería útil realizar más pruebas en condiciones reales de uso para ajustar el diseño y garantizar su efectividad en una mayor variedad de escenarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Sandoya Lara, D. G., & Christopher Michell, M. C. (2021). Diseño y construcción de un equipo triturador-extrusor de material plástico reutilizado tipo tereftalato de polietileno (PET) para la elaboración de filamentos para impresoras 3D. Quevedo- Los Ríos- Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Aguilar, J. M. (2012). Silla de ruedas de bajo presupuesto capacitada para subir tramos escalonados. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid.
- Baer, A. E., Eastman, C. M., & Henrion, M. (1979). Geometric modelling: a survey. *computer aided design*, 253-272.
- Calderón, Á. J. (2021). 1. Desarrollo de un prototipo Handbike electromecánico acoplable para silla de ruedas convencionales. Bucaramanga, Colombia: Universidad de Bucaramanga.
- Celi, J. A. (2014). Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica con sistema de ascenso y elevación. Cuenca, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.
- Celiz, J. A. (2014). DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA, CON ELEVACION. Cuenca Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.
- Dae-Jin Jang, Y. C.-P.-S. (2023). 7. Desarrollo de un dispositivo de asistencia eléctrica para una silla de ruedas manual mediante reductor cicloidal. *Applied Science MDPI*, 13-954.
- Elías, R. (2015). Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *revista investigacion INIDEP*, 23.
- Emik A. Avakian, G. A., & James V. Masi, W. M. (1993). United States Patente nº 5,186,269.
- Francçois Routhier, C. V. (2002). Mobility of wheelchair users: a proposed performance assessment framework. *Taylor & Francis health science*, 19 - 34.
- jaén, M., Esteve, P., & Banos González, I. (2019). Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo. *Eureka*, 1501-17.
- Jiménez, R. C. (2017). 1. Desarrollo de un sistema mecatrónico para controlar una silla de ruedas motorizada mediante diversos dispositivos por enlace inalámbrico. Puebla, Mexico: BUAP.
- Pi, C. P. (2023). Diseño de una silla de ruedas con tracción bilateral para la mejora de la salud de los usuarios. Catalunya, España: Universidad politecnica de Catalunya.
- Sarah McGarry, L. M. (2011). La silla de ruedas inteligente: ¿es una herramienta de entrenamiento de movilidad adecuada para niños con discapacidades físicas? *Taylor & Francis*, 372–380.
- The society of naval architects and marine. (1991). *Modelling for Ship Design and production*. Simposio de produccion de buques (pág. 18). san diego, california: Centro Nacional de Investigación y Documentación de la Construcción Naval.
- UNEP. (2009). *Marine Litter: A Global Challenge*. (N. Meith, Ed.) OCEAN CONSERVANCY.