




EQUIPOS DE ASISTENCIA PARA MOVILIDAD Y REHABILITACIÓN MOTORA: CONCEPCIÓN Y PROYECTOS

ASSISTANCE EQUIPMENT FOR MOBILITY AND MOTOR REHABILITATION: CONCEPTION AND DESIGNS

 Víctor Orlando Gamarra Rosado^{1a}
 Geraldo Cesar Rosário de Oliveira^{1b}
 Carlos Alexis Alvarado Silva^{2c}



Fecha de recepción : 16 de Octubre del 2020
Fecha de aprobación : 30 de Noviembre del 2020
DOI : <https://doi.org/>

Resumen

Este trabajo presenta y recopila los diferentes estudios y desarrollos relacionados con la concepción y diseño de equipos de asistencia y rehabilitación, con el fin de brindar a la persona discapacitada (PwD) y / o usuarios de silla de ruedas, una mayor independencia, calidad de vida e inclusión social. Entre los proyectos dimensionados se encuentra un sistema de tracción para silla de ruedas, con accesorios a adaptar, que fueron diseñados con una característica multifuncional. También hay una silla de ruedas de pie, un elevador asistido, cicloergómetros, una silla para la rehabilitación de los miembros inferiores y la obtención de órtesis óptimas para las extremidades superiores. Las herramientas computacionales se utilizan para obtener dibujos en 3D y realizar análisis estructurales de equipos, como SolidWorks® y Autodesk Fusion®. Por tanto, estudios que propongan nuevas soluciones, en el diseño y dimensionamiento de nuevos equipos en el área de la salud y que destaquen por su relevancia e impacto en beneficio de la sociedad. También pretenden orientar al futuro ingeniero a esta área, que ha demostrado ser un gran mercado con oportunidades en varios segmentos.

Palabras clave: usuarios de silla de ruedas. Equipo de asistencia, Equipo de rehabilitación. Tecnología asistencial en el curso de ingeniería, Gente con discapacidades.

Abstract

This work presents and compiles the different studies and developments related to the conception of the assistive and rehabilitation equipment project, with the aim of providing people with deficiency (PcD) and / or wheelchair users, greater independence, quality of life and social inclusion. Among the dimensioned projects there is a rhodeira cadeira tração system, as accessories to be adapted, the four foram conceived with multifunctional characteristics. Also, a stand-up wheelchair, an assistive lift, cycloergometers, a chair to rehabilitate two lower limbs, and to obtain optimal orthotics for upper extremities is presented. Computational tools are used to obtain two 3D designs and perform structural analysis of two equipment, such as SolidWorks® and Autodesk Fusion®. Therefore, studies that propose new solutions, in the design and dimensioning of new equipment in the health area and that stand out for its relevance and impact for the benefit of society. Also, I am looking to direct or future engineer for this area, where a large market has been revealed with opportunities in various segments.

Keywords: Wheelchair users. Assistive equipment, Rehabilitation equipment. Assistive technology in the engineering course. People with disabilities.

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Guaratinguetá, Brasil.

² Universidad Señor de Sipan, Pimentel – Chiclayo – Perú.

^a Doctor en Ingeniería Mecánica, victor.rosado@unesp.br

^b Magister en Ingeniería Mecánica, geraldo.arquivos@protonmail.com

^c Magister en Ingeniería Mecánica, calvarados@crece.uss.edu.pe

1. Introducción

La tecnología asistencial (AT) es considerada un área de conocimiento interdisciplinar, que engloba productos, metodologías y servicios para promover la funcionalidad, relacionada con la actividad de las personas con discapacidad (PwD), discapacidad o movilidad reducida, para dotarles de autonomía, calidad de vida. e inclusión social. Entre algunas categorías de TA, se encuentran, vehículos adaptados, adaptaciones estructurales en ambientes domésticos o públicos, como rampas, ascensores, entre otros (COOK y HUSSEY, 1995; ROSADO, 2004).

La tecnología de rehabilitación motora se utiliza para ayudar en la recuperación de movimientos disminuidos. La rehabilitación motora funcional se dirige al paciente en su totalidad. Basado en técnicas específicas, ya sean manuales o con ejercicios funcionales, tiene como objetivo promover el estímulo necesario para favorecer la búsqueda del equilibrio funcional del propio cuerpo. Se utilizan varias tecnologías a favor de la rehabilitación, como la realidad virtual y la robótica (RUIZ, 2017).

El Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) señala que la construcción civil y los accidentes viales son las principales razones del aumento de las personas con discapacidad en Brasil, e indica que aproximadamente 3,8 millones de brasileños tienen grandes dificultades de movilidad, que son usuarios de sillas de ruedas temporales o permanentes como medio de movilidad. Estas encuestas también revelan que aproximadamente el 15% de la población tiene algún tipo de discapacidad y por lo tanto la existencia de un gran mercado, con oportunidades en diferentes segmentos (UNICEF, 1980; LIANZA y DEZEN, 1995). Los principales ingredientes del éxito de quienes atienden a esta audiencia son el desarrollo de estos productos auxiliares de acuerdo con los estándares técnicos y de seguridad, junto con el conocimiento del perfil y las necesidades del cliente (ROQUE, 2003).

De esta forma, este trabajo presenta algunas concepciones y desarrollos de equipos asistenciales para personas con discapacidad o con movilidad reducida y equipos para rehabilitación motora. Entre los proyectos desarrollados y dimensionados se encuentra un sistema de tracción de silla de ruedas autopropulsada, que transforma la silla de ruedas en un triciclo eléctrico. Además, existen accesorios o kits para ser adaptados y utilizados junto con el sistema automotriz, los cuales fueron diseñados con una característica de multifuncionalidad, como el acoplamiento fácil. También se menciona una silla de ruedas de pie, un elevador asistido controlado por voz, cicloergómetros, una silla para la rehabilitación de las extremidades inferiores y la obtención de órtesis óptimas para las extremidades superiores mediante una impresora 3D. Las herramientas computacionales se utilizan para obtener dibujos en 3D y realizar análisis estructurales como SolidWorks® y Autodesk Fusion®.

1. Equipo de asistencia para la movilidad

Los estudios consisten en el desarrollo de equipos de asistencia para ayudar a la movilidad de las personas con discapacidad o personas con movilidad reducida que utilizan sillas de ruedas para su movilidad. Estos estudios están plenamente insertados en las líneas temáticas y en los Lineamientos de la Ley de Americana con Discapacidad, adoptada por el Comité de Asistencia Técnica, de la Secretaría de Derechos Humanos de la Presidencia de la República. Actualmente, Brasil no cuenta con la infraestructura necesaria para garantizar la accesibilidad de las personas con discapacidad en localidades urbanas y / o rurales (Figura 1). Se sabe que se están implementando políticas públicas para solucionar estos problemas, pero son planes a largo plazo. Por ello, buscamos minimizar estos problemas de accesibilidad a partir del estudio y diseño de equipos asistenciales.

1.1. Sistema de tracción para silla de ruedas

El sistema de tracción ideal para silla de ruedas consta de un equipo de apoyo y autopropulsado. El soporte es una estructura simple, adaptable y fácil de instalar en cualquier tipo de silla de ruedas mecánica que exista en el mercado, y el equipo autopropulsado lo proporciona un actuador insertado en

el buje de la rueda delantera, que se acopla al soporte, y que junto con los componentes electrónicos y la batería, se convierten en un triciclo eléctrico (Figura 2).

El estudio ergonómico también es fundamental, como considerar los requisitos y limitaciones de los auxiliares, y así obtener diferentes soluciones y un resultado eficiente. Para ello, se utilizan las dimensiones referenciadas por la Norma ABNT NBR 9050: 2004, y para establecer las condiciones para un mayor análisis dinámico del sistema acoplado (ABNT, 2004; AHMED, 2000; TORO, 1999; BOTTURA y BARRETO, 1989; CARRIEL, 2007; HAMILL y KNUTZEN, 1999).



La propuesta inicial de este estudio fue asistir a los usuarios de sillas de ruedas que no presentaban deficiencia en las extremidades superiores, ya que el sistema de tracción debe tener la dirección y el freno mecánico, y por tanto, la necesidad de activación física por parte del usuario (ALVES, 2011). Para analizar la estabilidad estática y dinámica del sistema de tracción acoplado a la silla de ruedas, y los respectivos parámetros dimensionales, se adopta el sistema de coordenadas XYZ en el diagrama de cuerpo libre (DCL), como se muestra en la Figura 2. Durante la maniobra de curva, tres esfuerzos, siendo estos la fuerza radial que actúa sobre el CG, la fuerza de inercia debida a la aceleración y la fuerza del peso. Por la suma de momentos con relación al eje de vuelco TT igual a cero, que garantiza la estabilidad del sistema, es posible determinar la velocidad límite para que no se produzca el vuelco lateral (BECKER, 2000; BEER y JOHNSTON, 1994).

1.2. Prototipo de Sistema de Tracción

El primer prototipo consta de un motor eléctrico sin escobillas, voltaje 48V y potencia 500W, acoplado al buje de la rueda delantera. El uso de baterías de plomo de 9Ah, un acelerador potenciométrico y un panel de control del velocímetro. El soporte consta de barras de ajuste de altura y diseñado para ser instalado en todo tipo de sillas de ruedas, la estructura es articulada y cuenta con barras de bloqueo para hacerla rígida (Figura 2). La rueda delantera tiene un diámetro de 240 mm, pesa 6 kg, alcanza los 420 rpm y desarrolla 40 km / h de velocidad máxima. El sistema de tracción es desmontable y fácil de instalar, además de poder ser utilizado en diferentes tipos de terreno.

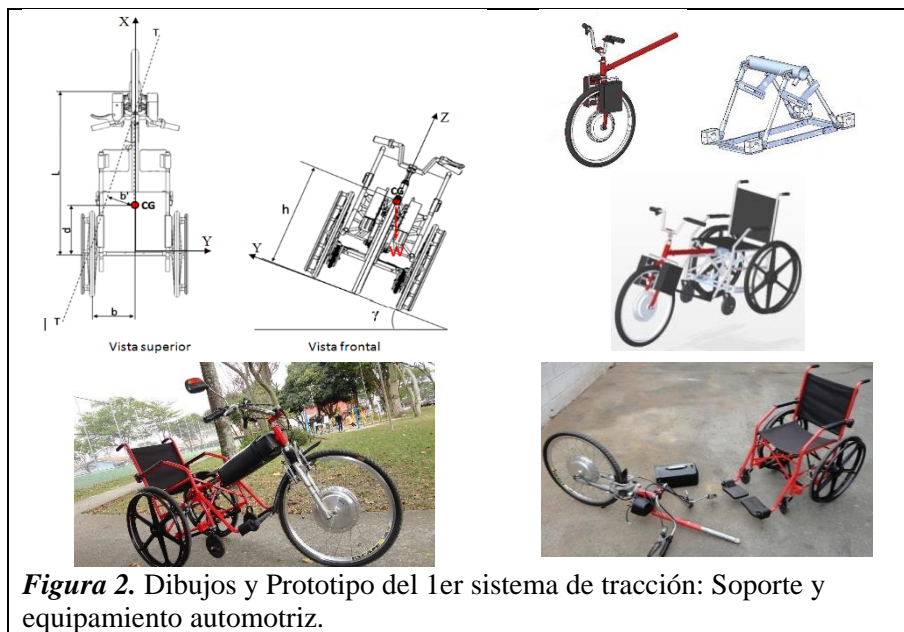
Dado que la viabilidad económica es uno de los requisitos, se considera como referencia el estándar de construcción de bicicletas en los diferentes formatos de cuadro y diámetros de tubo. Asimismo, en este prototipo se utilizan elementos como horquilla, manillar y sistema de frenos para pastillas, que pueden generar altos pares de arranque, como aceleraciones suaves en el control de velocidad. Otras características del sistema: usuario con un peso de hasta 90 kg, velocidad máxima de 30 km / h y autonomía de 4 h.

1.3. Prototipo de se Sistema de tracción actualizado

En una fase posterior, se realizaron mejoras en la parte estructural y en el aspecto ergonómico del sistema, para un mejor desempeño del actuador, y mayor practicidad en el manejo y transporte. En este prototipo se realizan cambios en la estructura para reducir peso, se desarrolla un nuevo soporte universal,

y se instalan bisagras y dispositivos de enganche rápido, lo que facilita el manejo, además de posibilitar el transporte en vehículos. La batería de plomo también se reemplaza por una batería de litio (Figura 3).

El sistema de tracción actual tiene una mejor estabilidad dinámica y se debe al uso de la nueva llanta delantera de 20". Otro factor es el cambio en la conexión entre el auricular y el tubo principal del equipo, que ahora está inclinado 30°. Con el nuevo acoplamiento, el equipo también se puede instalar en todos los modelos de silla de ruedas en formato estructural rígido o plegable. Con características para asistir a personas con paraplejía, amputación de miembros inferiores, parálisis cerebral y movilidad reducida. Puede ser utilizado por niños, jóvenes, adultos y ancianos. El equipo ha sido probado y aprobado en diferentes tipos de terreno y diferentes ubicaciones. El sistema de tracción se puede utilizar a diario, en el tiempo libre, en prácticas de deportes extremos y también, en servicios de paquetería con el uso de nuevos kits de accesorios en desarrollo y que se presentan a continuación.



1.4. Accesorios para el sistema de tracción de la silla de ruedas

Trabajar en el tema de la accesibilidad y la inclusión social va más allá del desarrollo de productos dirigidos a las personas con discapacidad. La inclusión se hace por el factor universal, en este sentido se busca la transformación de conceptos sociales, y el objetivo es modificar la forma en que la sociedad ve a la persona en silla de ruedas. Así, surge la idea de los accesorios, entre ellos, el kit Carona, y el kit Me, respectivamente, que proponen la multifuncionalidad.

- **Kit Carona**

El kit Carona aparece como un accesorio para ser utilizado con el sistema de tracción, con el fin de permitir que el usuario de la silla de ruedas lleve un acompañante. El concepto universal de este

equipo está hecho por la posibilidad de utilizarlo en dos modos, el primero de ellos en conjunto con el sistema de tracción y la silla de ruedas. Y en el segundo modo, el kit Carona se acopla directamente al sistema de tracción de tal forma que puede ser utilizado por cualquier tipo de persona, con o sin discapacidad (Figura 4.a). Este concepto universal aborda la multifuncionalidad a favor de la inclusión social y la igualdad entre las personas, no es necesario que un producto asistencial esté específicamente dirigido a usuarios de silla de ruedas, pensar en el desarrollo de productos en este formato facilita la inclusión social y la accesibilidad.

- **Kit Me Leva**

El kit Me Leva consta de un remolque trasero independiente, que se puede utilizar junto con el sistema de transmisión. El equipo está sujeto a la silla de ruedas y permite que el usuario de la silla de ruedas lleve un acompañante (Figura 4.b).

El kit Me Leva presenta algunas opciones de uso diferenciado, como, el uso donde el acompañante se desplaza a pie apoyado en un manillar; el uso de un asiento para el uso del acompañante, manteniendo el apoyo de las manos sobre los hombros del usuario de la silla de ruedas; y el uso de un manillar de apoyo para el acompañante en conjunto con el asiento trasero, para aumentar la comodidad y seguridad durante el transporte. El kit se puede transformar en un modelo similar a un scooter.

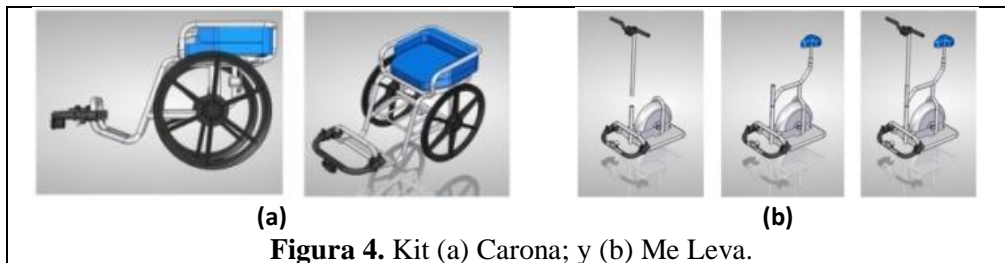


Figura 4. Kit (a) Carona; y (b) Me Leva.

1.5. Silla de ruedas de pie

El propósito de implementar este mecanismo en una silla de ruedas es obtener la posición ortostática o bípeda del usuario (posición erguida y erguida). Entre los beneficios de la silla de pie están, evitar la osteoporosis y las úlceras; mejorar el funcionamiento de los órganos; acceso a objetos altos y cajeros automáticos; y la mejora de la vida social.

Entre los parámetros requeridos en este tipo de silla están: bajo costo; ligereza; diseño moderno; digno de confianza; bajo costo de mantenimiento; y ángulo máximo de 80°. El material seleccionado es Aleación de aluminio 6061 T6 (ligero en comparación con el acero); y con buena resistencia a la corrosión. Se presenta el mecanismo de paralelogramo resultante de este estudio y las ilustraciones de la simulación de la silla de ruedas de pie (Figura 5).

1.6. Elevación asistida

Este estudio consiste en dimensionar un ascensor asistido para uso personal, siguiendo los estándares de accesibilidad de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas ABNT NBR ISO 9386-1 y ABNT NBR 9050, con un costo asequible en el mercado para personas en silla de ruedas. El elevador propuesto debe ser operado por un motor eléctrico con un sistema de husillo y castaño, alcanzar una altura máxima de cuatro metros (4 m) y ser utilizado por el usuario de la silla de ruedas y un acompañante. Se realiza un breve análisis estructural con herramientas computacionales de elementos finitos (EF) cerca de la base de la cabina y los esfuerzos activos (Figura 6).

Los elevadores de husillo se utilizan principalmente en aplicaciones residenciales, con recorridos más cortos y bajas velocidades. El principio de funcionamiento viene dado por el actuador que hace

girar el husillo y que mueve la tuerca transformando el movimiento de rotación en desplazamiento lineal de la plataforma del ascensor bajo los carriles guía.

Un ascensor alimentado por este tipo de sistema tiene un número menor de componentes para el control de velocidad (OLIVEIRA, 2017). El sistema tiene bajos costos de mantenimiento y tiene una gran cantidad de accesorios disponibles en el mercado de repuestos. Debido al bloqueo automático generado por la fricción del sistema tuerca-husillo característico de los perfiles cuadrados y trapezoidales, el elevador no presenta desplazamientos ni retrocesos sin la acción del actuador (NORTON, 2013).

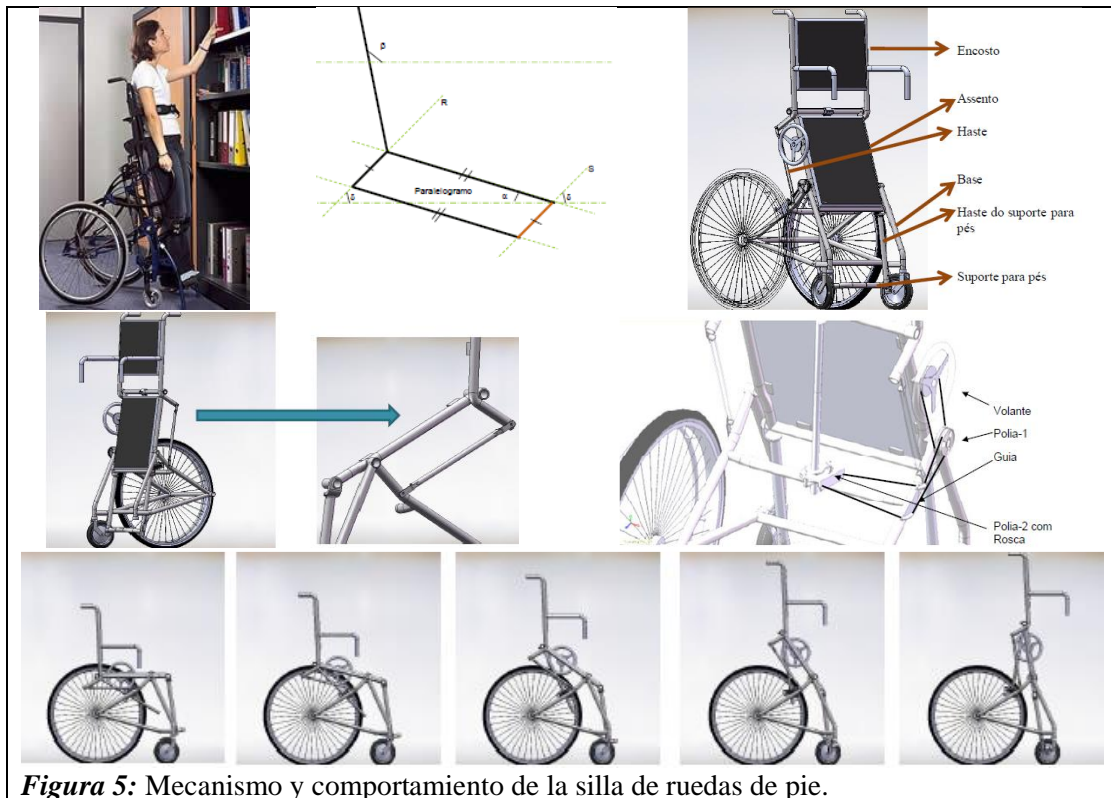


Figura 5: Mecanismo y comportamiento de la silla de ruedas de pie.

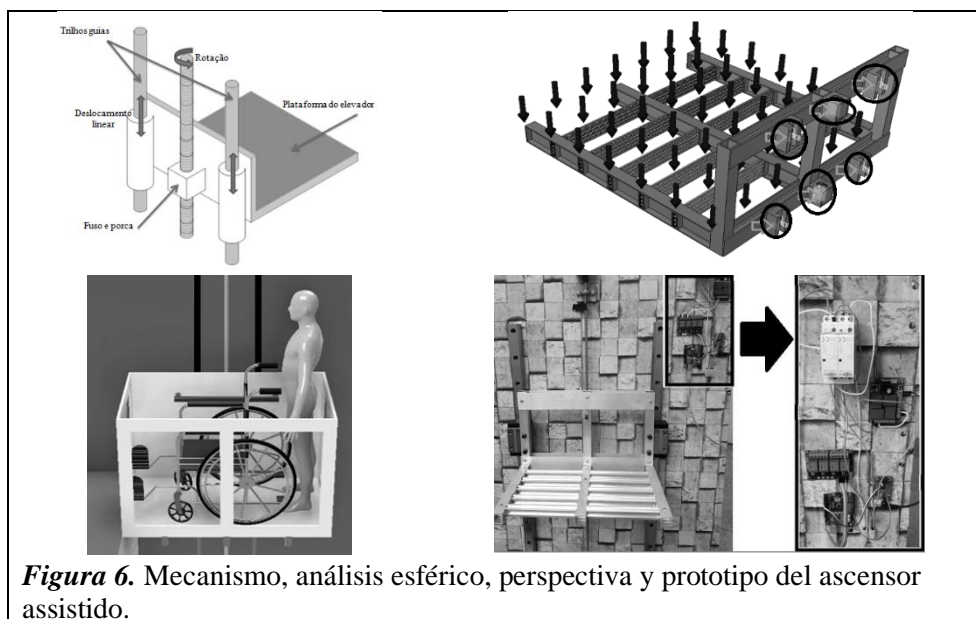


Figura 6. Mecanismo, análisis esférico, perspectiva y prototipo del ascensor asistido.

Actualmente, se ha implementado un prototipo de este ascensor asistido a escala y se han realizado estudios relacionados con el control remoto y el control por voz, para el uso de personas con limitaciones de movilidad, especialmente en los miembros superiores. Para ello se utiliza la plataforma Arduino Uno R3 junto con el módulo de reconocimiento de voz VR3 para la activación de dispositivos electrónicos y electromecánicos, y la ayuda de software libre para pruebas estructurales del ascensor y validación de la propuesta (Figura 6).

2. Equipo de rehabilitación de motores

Se sabe que la Tecnología de Rehabilitación se refiere a cualquier artículo, equipo o producto, adquirido comercialmente o desarrollado a mano, producido en serie, modificado o hecho a medida, utilizado para incrementar, mantener, mejorar o recuperar las habilidades de personas con limitaciones funcionales, ya sea físico o sensorial, por ejemplo, para ayudar en la recuperación de movimientos disminuidos.

Entre las diversas tecnologías utilizadas a favor de la rehabilitación motora, se encuentra la realidad virtual y la robótica, por ejemplo, la Nintendo Wii® introducida en rehabilitación y que se utiliza en los trastornos musculoesqueléticos de miembros superiores e inferiores. Sin embargo, lo que ha destacado en rehabilitación es el uso de la robótica, principalmente en la rehabilitación de la marcha de lesionados medulares y post ictus, además de otras deformidades, como traumatismo craneoencefálico, esclerosis múltiple y parálisis cerebral. (RUIZ, 2017).

A continuación, se presenta el equipamiento desarrollado en esta área, incluyendo cicloergómetros y equipamiento de rehabilitación de miembros inferiores, como sigue.

Los cicloergómetros son dispositivos estacionarios que permiten rotaciones cíclicas y se pueden usar para realizar ejercicios pasivos, activos y resistidos con pacientes. El ejercicio activo significa que el paciente tiene que utilizar su propia fuerza muscular para realizar el movimiento (sin la ayuda del actuador), mientras que en el ejercicio pasivo el movimiento lo realiza un actuador. En la Figura 7 se muestran algunos ejemplos.



Figura 7. Ilustraciones de cicloergómetros para miembros superiores e inferiores.

Entre los objetivos de este equipo están: activar la circulación, mantener las amplitudes articulares, mantener el control de la hipertensión, estimular el metabolismo, prevenir la formación de escaras, y mejorar la función renal, favoreciendo el funcionamiento del intestino. Ideal para personas en convalecencia y que utilizan silla de ruedas. Indicado en esclerosis múltiple, hemiplejía, lesiones musculares, atrofas musculares, patologías reumáticas, circulatorias, neurológicas y ortopédicas.

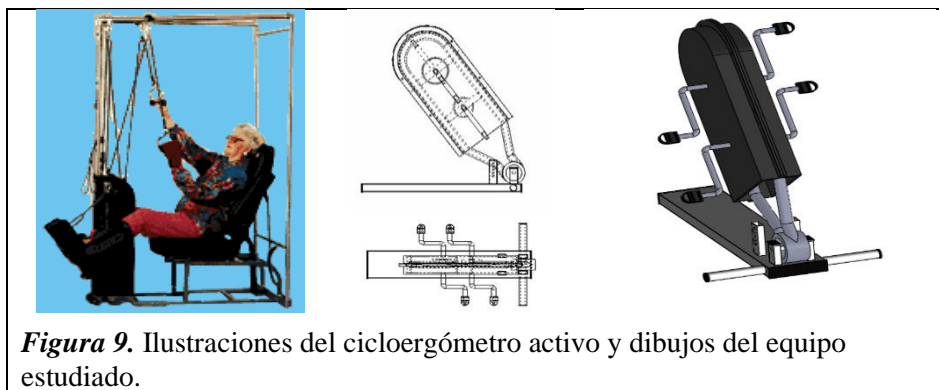
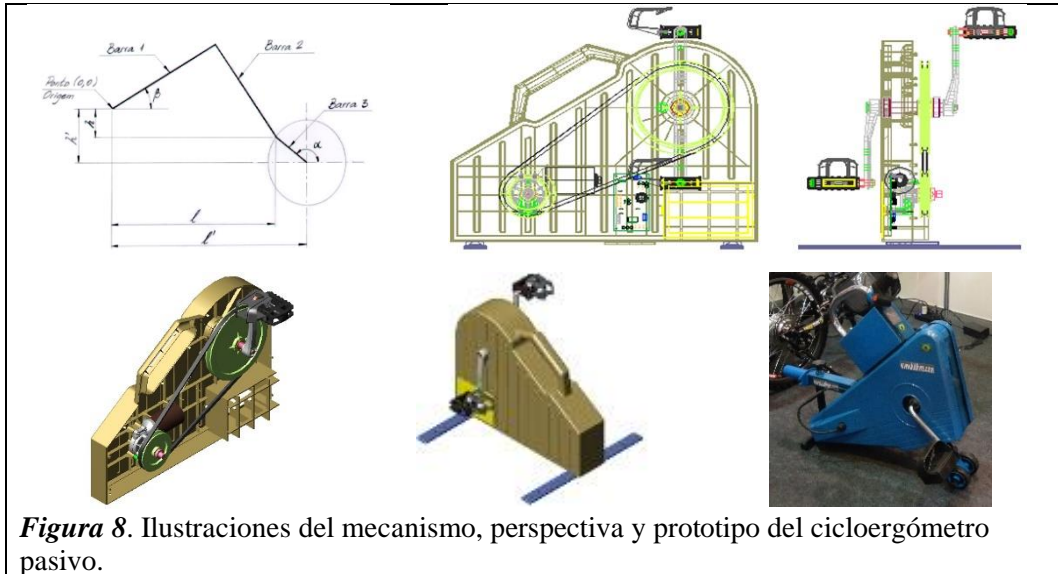
2.1. Ergómetro de ciclo pasivo

Se ha desarrollado y utilizado un cicloergómetro pasivo con control de velocidad en clínicas, hospitales y domicilios, con el objetivo de brindar terapia intensiva, facilitando la rehabilitación de los miembros inferiores (Figura 8). Está destinado a implementar un sensor de espasmo y una alarma.

Las especificaciones son: Dimensiones 600 x 469,5 x 550 [mm]; Radios de rotación: 100, 135 y 170 [mm]; Par máximo: 28 [Nm]; Correa: Tipo V - n° A46; Relación de transmisión: 1: 2; Polea del motor: f100 [mm]; Polea conducida: f200 [mm].

2.2. Ergómetro de ciclo activo

Además, se presenta un cicloergómetro activo con el fin de brindar terapia y facilitar la rehabilitación tanto de los miembros superiores como inferiores. Se muestra un equipo similar al estudiado y los dibujos de los equipos estudiados realizados con la ayuda del software SolidWorks (Figura 9).



El equipo consta de dos poleas conectadas a través de un cinturón, que mueve los pedales en un movimiento circular. Los pies del paciente se sujetan a los pedales mediante correas de velcro. Su función es el control y movimiento de las extremidades afectadas, y la necesidad de un seguimiento especializado, en caso de calambres o espasmos musculares, que puedan agravar la lesión. El modelo tiene como objetivo la facilidad de uso, la facilidad de transporte y el bajo coste final, con un regulador de ángulo de trabajo, pudiendo adaptarlo a pacientes de distintas alturas y pesos.

2.3. Silla para rehabilitación de miembros inferiores

Este estudio describe el mecanismo de un equipo de rehabilitación para personas con discapacidad que realiza funciones y movimientos para la fisioterapia de miembros inferiores. Para ello, el equipo es capaz de ejecutar dos movimientos, uno de flexión y otro de extensión, que ayudan a ejercitar las piernas

del paciente, según técnicas de rehabilitación (Figura 10). Por tanto, se facilitan los movimientos de flexión de la rodilla, generando una adecuada rehabilitación para una mejor recuperación del paciente. El dimensionamiento mecánico utiliza la Normativa NC ISO 13485: 2005, utilizada por los fabricantes de equipos auxiliares con fines de evaluación y certificación por parte de las autoridades sanitarias. Asimismo, se presentan las dimensiones y se realizan análisis estructurales de los componentes mecánicos de este equipo.

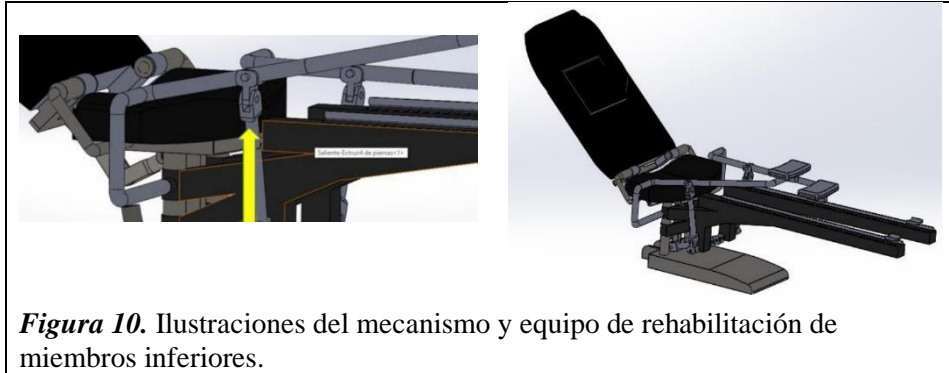


Figura 10. Ilustraciones del mecanismo y equipo de rehabilitación de miembros inferiores.

2.4. Ortesis para extremos superiores con impresora 3D

En este estudio, con el propósito de la inmovilización ortopédica, las ortesis se dimensionan y optimizan para las extremidades superiores del paciente, con la ayuda de SolidWorks®. La ortesis (o férula) tiene la función básica de inmovilizar el yeso o prevenir el movimiento del sitio lesionado o roto. Por lo general, es más liviano que el yeso, está hecho de lona de algodón y puede o no apoyarse con varillas de acero.

Entre las ventajas de este procedimiento se encuentran la obtención de un diseño óptimo, basado en la morfología del paciente, y el coste asequible. Asimismo, el material utilizado en la impresora 3D para la obtención de la órtesis, y el análisis relacionado con la deformación, resistencia y peso de esta estructura (Figura 11). Así, entre los beneficios se encuentran la recuperación de la movilidad de la mano en menos tiempo, mayor comodidad, higiene y que el paciente pueda realizar sus actividades del día a día aumentando su autonomía.



Figura 11. Ilustraciones, análisis y perspectiva de la órtesis de miembros superiores.

3. Conclusiones

En estos estudios, es posible resaltar las dificultades para encontrar un modelo universal que se adapte a los diferentes biotipos de usuarios, sin embargo, comprender las dificultades reales de los usuarios de silla de ruedas ha permitido desarrollar modelos funcionales que, a partir de pequeños cambios de diseño, se pueden utilizar de otra manera. eficientemente por el público objetivo.

En el caso del ascensor asistido, se han utilizado los módulos comandados por voz y por control remoto, que han demostrado que es posible utilizar interfaces simples y de bajo costo para equipos asistivos automatizados para PwD.

Y finalmente, resaltar la importancia del emprendimiento en el ámbito académico, con el fin de animar al equipo de investigación a transformar no solo una idea en un proyecto, sino también, el proyecto en un producto. Esta realidad poco presente en los centros académicos es fundamental para el avance tecnológico del país.

4. Referencias

- ABNT (Org). "NBR 9050: Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos". ABNT, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- AHMED, A. "Eletrônica de Potência". Pearson, 2. ed. São Paulo, 2000.
- ALVES, J. O. "Protótipo de Sistema Automotor para Cadeira de Rodas". Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.
- BECKER, M. "Aplicação de Tecnologias Assistivas e Técnicas de Controle em Cadeira de Rodas Inteligentes". Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UNICAMP, 2000.
- BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R. "Mecânica Vetorial para Engenheiros: Cinemática e Dinâmica". Makron Books, 5 ed. Rio de Janeiro, 1994.
- BOTTURA, C. P.; BARRETO, G. "Veículos Elétricos". Ed. UNICAMP, 1989.
- CARRIEL, I. R. R. "Recomendações Ergonômicas para o Projeto de Cadeira de Rodas: Considerando os Aspectos Fisiológicos e Cognitivos dos Idosos". Dissertação de Mestrado em Desenho Industrial. UNESP, Bauru, 2007.
- COOK, A. M.; HUSSEY, S. M. "Assistive Technologies: Principles and Practices". Mosby – Year Book, Inc., 1995.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. "Bases Biomecânicas do Movimento Humano" Pearson Education, São Paulo, 1999.
- LIANZA, S.; DEZEN, E. L. "Reabilitação: A Locomoção em Pacientes com Lesão Medular". Medicina de Reabilitação, Guanabara Koogan, 2 ed. Rio de Janeiro, 1995.
- NORTON, ROBERT L.. Machine Design. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1028 p. 2013.
- OLIVEIRA, G. C. R. "Dimensionamento de um elevador assistivo, com sistema de fuso, para usuários de cadeira de rodas". Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.
- ROQUE, W. "Livre de preconceitos", Oportunidades de Negócios PE&GN, Editora Globo, No. 175, São Paulo, pp. 32-33. 2003.
- ROSADO, V. O. G. Conceção e dimensionamento de equipamentos assistivos para pessoas portadoras de deficiência no ensino do curso de Engenharia Mecânica. In: Congresso brasileiro de ensino de engenharia. Brasília, 2004. Anais do COBENGE. UnB. 2004.

GAMARRA, V. O., ROSÁRIO G. C., ALVARADO, C. A. Equipos de asistencia para movilidad y rehabilitación motora: concepción y proyectos. Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. Julio - diciembre 2020. Vol. 7 / Nº 2, pp. 165-175 - ISSN: 2313-1926

RUIZ, P. L. M. Uso da robótica na reabilitação: Aplicação para a Fisioterapia, Revista UNILUS Ensino e Pesquisa. v.14, n.37, out./dez. 2017.

TORO, V. "Fundamentos de Maquinas Eléctricas". LTC Editora, 1999.

UNICEF/BRASIL. "A Deficiência Infantil: Sua Prevenção e Reabilitação". Relatório da Reabilitação Internacional à Junta Executiva da UNICEF, Brasília, 1980.