DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPO DE REHABILITACIÓN TERAPÉUTICO INFANTIL

DESIGN AND MANUFACTURE OF A PROTOTYPE FOR CHILDREN THERAPEUTIC REHABILITATION

C. A. Ortíz Hermosillo[1]
R. C. Sierra Obregón[2]
F. Pérez[3]
S. Jiménez Ibarra[4]

RESUMEN

Esta investigación surge por una necesidad del Centro de Atención Múltiple (CAM), quien no cuentan con un aparato, que pueda ofrecer servicios de rehabilitación física a menores. A pesar de tener diferentes aparatos rehabilitadores, estos solamente se limitan a ofrecer un solo servicio, como: posición de reposo, posición de trabajo o se encuentran fijos, por lo que resulta imposible transportar al usuario. En la primera fase del proyecto se analizaron los diferentes rehabilitadores físicos existentes en el mercado, se consideró uno como referencia para el diseño y se procedió a realizar el ensamble de simulación en el software SolidWorks. En la segunda fase se seleccionó el proceso de fabricación, se adquirieron los materiales y herramientas necesarios para su elaboración. En la tercera fase la construcción y por último la validación. El rehabilitador cumple con especificaciones necesarias para el usuario. Cuenta con arnés de seguridad y proporcionar la mejor postura, con un diseño ergonómico para una terapia de calidad y a un bajo costo de fabricación.

ABSTRACT

This research arises from a need of the Multiple Care Center (CAM), which does not have a device that can offer physical rehabilitation services to minors. Despite having different rehabilitative devices, they are only limited to offering a single service, such as: rest position, work position or they are fixed, making it impossible to transport the user. In the first phase of the project, the different existing physical rehabilitators on the market were analyzed, one was considered as a reference for the design and the simulation assembly was carried out in the SolidWorks software. In the second phase, the manufacturing process was selected, the necessary materials and tools for its elaboration were acquired. In the third phase the construction and finally the validation. The rehabilitator meets the necessary specifications for the user. It has safety harness and provides the best posture, with an ergonomic design for quality therapy and at a low manufacturing cost.

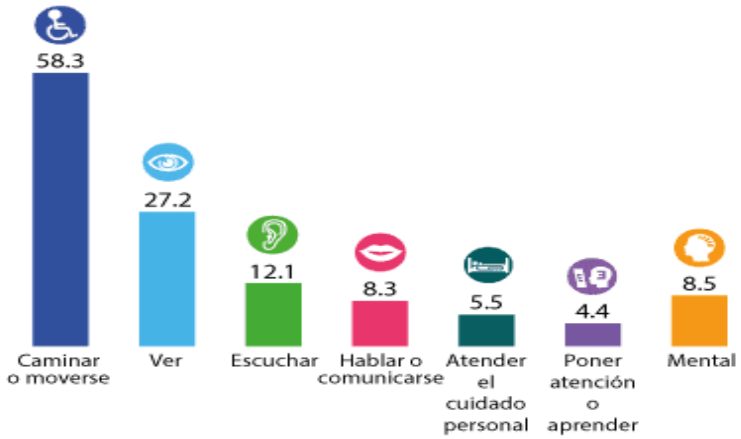
ANTECEDENTES

La discapacidad física es una limitación o falta de control de los movimientos, de funcionalidad y sensibilidad que impide realizar las actividades de la vida cotidiana de manera independiente. Generalmente esta discapacidad se manifiesta en las extremidades; sin embargo, también se puede presentar en todo el cuerpo acompañada de alteraciones sensoriales, lo que obliga al uso de aparatos especiales que permiten recuperar o emular parte de las capacidades limitantes o faltantes (OMS, 2011).

[1] Docente de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros citlalin.oh@matamoros.tecnm.mx
[2] Egresado del Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros. roberto.s.obregon95@gmail.com
[3] Docente de tiempo completo Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros. filemon.p@matamoros.tecnm.mx
[4] Docente de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros. salvador.ji@matamoros.tecnm.mx

Con base en el INEGI, en 2010 en México, las personas que tienen algún tipo de discapacidad son 5 millones 739 mil 270, lo que representa 5.1% de la población total como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. *Causas de discapacidad en México*



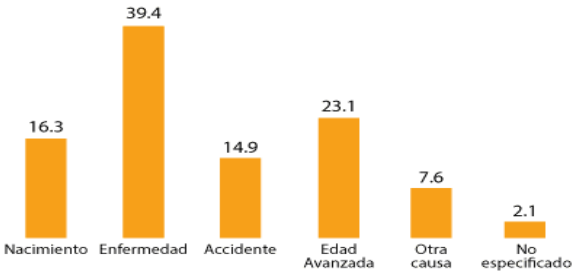
Fuente: INEGI (2010)

Todas las personas con discapacidad tienen las mismas necesidades de salud que la población en general y, en consecuencia, necesitan tener acceso a los servicios corrientes de asistencia sanitaria (OMS, 2011). La limitación de la movilidad es la de mayor frecuencia entre la población del país. Los motivos que producen discapacidad en las personas pueden ser variados, pero el INEGI los clasifica en cuatro grupos de causas principales: nacimiento, enfermedad, accidente y edad avanzada, como se muestra en la Figura 2 (Castillero, 2017).

En la ciudad de H. Matamoros, Tamaulipas existen varias instituciones que ofrecen servicios de apoyo para personas con discapacidad, una de ellas es el Centro de Atención Múltiple (CAM), en él se brinda atención escolarizada integral a niños, niñas y jóvenes con discapacidad, discapacidad múltiple o trastornos graves del desarrollo, condiciones que dificultan su ingreso en escuelas regulares (Autoridad Educativa Federal en la Ciudad de México [AEFCM], 2022).

Este proyecto surge debido a la necesidad del CAM de contar con un aparato rehabilitador que pueda ofrecer diferentes tipos de servicios de rehabilitación física en su área designada. A pesar de que el CAM cuenta con diferentes aparatos rehabilitadores, estos solamente se limitan a ofrecer un solo servicio, por ejemplo, una sola posición de reposo, una sola posición de trabajo, etc.

Figura 2. *Discapacitados en México en 2010*



Fuente: INEGI (2010)

Con la finalidad de resolver los problemas presentados, el enfoque de este trabajo consiste en realizar el diseño y construcción de un aparato rehabilitador físico que combine las características individuales ofrecidas por aparatos similares en un solo dispositivo, además de presentar una mayor movilidad en el área de servicio, permitiendo así realizar cambios de postura o lugar de trabajo sin la necesidad de interrumpir las terapias recibidas por parte del usuario.

Es conveniente definir algunos conceptos relacionados con este trabajo:
Discapacidad física**.** Se entiende por discapacidad física, la pérdida parcial o total de la capacidad innata de un individuo, ya sea por causas relacionadas con enfermedades congénitas o adquiridas, o por lesiones que determinan una merma en las capacidades de la persona, especialmente en lo referente a la anatomía y la función de un órgano, miembro o sentido. Es aquella condición bajo la cual ciertas personas presentan alguna deficiencia física, mental, intelectual o sensorial que a largo plazo afectan la forma de interactuar y participar plenamente en la sociedad.

Rehabilitador físico. Es un aparato diseñado y construido para ayudar en la recuperación de uno o varios padecimientos que limitan el desarrollo y la autonomía de la persona que los padece. El diseño del aparato es definido de acuerdo con el tipo de padecimiento y características del usuario, así como el entorno en el que estará trabajando y bajo las condiciones de operación (Ortoweb, s.f.). Un ejemplo de bipedestador para rehabilitación se observa en la Figura 3.

Figura 3. *Rehabilitador físico tomado como base para el desarrollo del presente*

Fuente: Grupo Mimas (2010)

Terapia física: la fisioterapia o terapia física (a menudo abreviada como PT) es una medicina física y especialidad de rehabilitación que remedia empeoramientos y promueve la movilidad, función, y calidad de vida a través de examen, diagnósticos, pronósticos, e intervención física, utilizando diversos métodos de tratamiento de acuerdo con el padecimiento y las características del paciente. Un ejemplo de aplicación de terapias físicas se observa en la Figura 4.

Figura 4. *Ejemplos de terapias físicas aplicadas de forma manual por terapeutas*

Electroterapia. Es la forma de ejercitar los músculos y tendones usando impulsos eléctricos. Los impulsos se generan en un dispositivo que se aplica con electrodos en la piel próxima a los músculos que se pretenden estimular. Los impulsos imitan el potencial de acción proveniente del sistema nervioso central, causando la contracción muscular y permitiendo la contracción y expansión de los músculos de acuerdo con el ritmo de los impulsos eléctricos. Termoterapia. La termoterapia es la aplicación de calor con fines terapéuticos.

Existen diversas formas de aplicar este calor y, en general, lo que se busca es un efecto sedante, relajante. Para que se considere como termoterapia, es necesario que la temperatura del elemento aplicado sea superior a la que fisiológicamente tiene el organismo. En cuanto al máximo de temperatura, depende de la sensibilidad térmica del paciente.

Problema de estudio

El Centro de Atención Múltiple (CAM) es una institución de educación especial en H. Matamoros Tamaulipas, la cual no cuenta con el equipo necesario para la atención de niños que prestan alguna discapacidad motora.

Objetivo

Diseñar y construir de prototipo de rehabilitación terapéutico infantil a bajo costo para el beneficio del CAM, y así fortalecer los vínculos entre la escuela y la sociedad, mediante el desarrollo de proyectos de residentes.

Pregunta de investigación
¿El desarrollo de proyectos de residencia favorece el desarrollo de competencia en los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica?

Justificación del estudio
Es importante mencionar que de antes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica desarrollaron el diseño y fabricación del prototipo de rehabilitación terapéutica para niños con discapacidad que atiende el Centro de Atención Múltiple (CAM), ya que no cuenta con un equipo eficiente de acuerdo con las necesidades de una paciente en particular.

Contexto de la investigación
El Instituto Tecnológico de Matamoros (ITM) pertenece al Tecnológico Nacional de México (TecNM), es una de las 254 instituciones de educación superior pública del sistema. Como requisito en todos los programas de estudio ofertados, es que el estudiante desarrolle un proyecto de residencia donde demuestre la aplicación de las competencias adquiridas en su formación académica del Plan de estudios. En su trabajo de vinculación y fue siendo la relación con la sociedad, estudiantes de la carrera de ingeniería mecatrónica participaron en el diseño y construcción de un prototipo de rehabilitación infantil donado al campo para su utilización en terapias con niños con discapacidad.

Limitaciones de la investigación
Una de las limitaciones puede ser, no contar con el equipo necesario para la construcción del prototipado, así como el dinero necesario para la materia prima para su construcción.

METODOLOGÍA

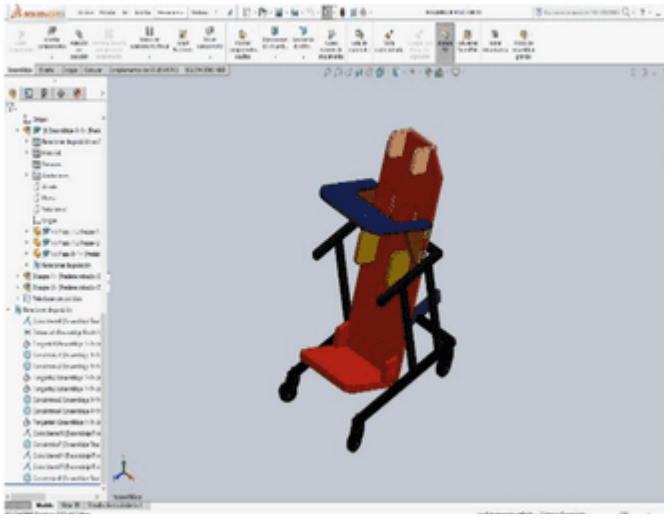
La metodología utilizada en esta investigación se llevó a cabo en cuatro pasos:

a) Diseño del prototipo
b) Material y herramienta utilizada
c) Fabricación del prototipo
d) Validación del prototipo

Los cuales se describen a continuación:

Diseño del prototipo
En base a la información obtenida y seleccionada adecuadamente se procedió a realizar el diseño del rehabilitador con características y funciones múltiples. Para la creación de este aparato rehabilitador se usó el software de diseño SolidWorks, el cual es una aplicación amigable, pero tiene un potente entorno grafico para diseñar, modelar y simular los componentes y condiciones de trabajo del prototipo (Gómez, 2012). El modelo desarrollado en esta plataforma se muestra en la Figura 5.

Figura 5. *Prototipo diseñado y simulado mediante el software*



Material y herramienta utilizada

Para la construcción de la estructura del rehabilitador, fue necesario adquirir el siguiente material y utilizar la herramienta mencionada a continuación:

Rollo de soldadura de micro alambre, electrodos para soldar E6013, disco para desbaste 4 ½" x1/4" x 7/8", disco para corte 4 ½" x 3/64" x 7/8", PTR de ¾" cedula 14, taladro de mano de ¾", esmeril angular, máquina de soldar por electrodos, máquina soldadora de micro alambre, sierra circular, pistola atomizadora, hoja de triplay chileno de 4' x 8' x ¾''.

Fabricación del prototipo

Una vez adquiridos los materiales y en base al diseño e información de los aparatos existentes en el CAM se procedió a construir el rehabilitador utilizando las siguientes operaciones (Amstead et al., 2013):

- Corte de piezas
- Del tubo PTR se cortan 10 piezas:
- Dos piezas de 76 cm de longitud.
- Dos piezas de 46 cm de longitud.
- Dos piezas de 50 cm de longitud.
- Cuatro piezas de 49 cm de longitud con un corte a 95° de inclinación.

Unión de partes mediante soldadura eléctrica. Una vez realizados los cortes de PTR, se realizó la etapa de soldadura a fin de unir las piezas que conformaron esta parte del rehabilitador. Se utilizaron ambas máquinas de soldadura, la de electrodo y la de micro-alambre. Para formar el marco inferior del rehabilitador se unieron las dos piezas de PTR de 76 cm a una de 50 cm de longitud y soldamos las uniones de las tres partes. Para el marco superior se realizó la misma actividad que el marco inferior, utilizando las dos piezas de PTR de 46 cm y la restante de 50 cm.

Para hacer la unión entre ambos marcos, utilizamos 4 piezas de 49 cm con los cortes de 95°. Colocamos ambos marcos separados a la distancia de los tramos con ángulo y los soldamos. Utilizamos 2 bisagras para puerta de madera, que fueron el soporte para el cuerpo de madera del rehabilitador.

Taladrado de la estructura: Se realizaron los diferentes orificios necesarios para el ensamble no permanente de las partes del rehabilitador. Utilizando el taladrado manual con brocas de alta velocidad para metal (HSS).

Lijado y pintura de la estructura: Una vez realizados los procesos anteriores fue necesario proteger el metal contra la corrosión y agregarle un acabado de color.

Para el proceso de lijado se utilizó las diferentes lijas para metal de grano 220, 400 y 600. Posteriormente se pintó de color negro brilloso. Recubriendo la estructura con tres capas, y se le dio un acabado final con laca transparente.

Corte de piezas de madera: Se cortó una pieza de triplay chileno con medidas de 40 x 110 x 3 cm. realizando cortes de ángulo de 45° en ambos extremos, y se realizaron los orificios centrales en las posiciones mencionadas en la etapa de diseño del rehabilitador.
Para el resto de las piezas de madera realizamos un proceso similar de acuerdo con el diseño.
Ensamble: Para poder unir el cuerpo de madera al marco metálico utilizaremos las bisagras soldadas, centraremos el cuerpo de madera en el marco y después realizaremos la unión atornillándolo con pijas para madera de 1”, mismas que se utilizaron en los otros soportes.

Se unió el cuerpo de madera principal que soportará el peso del usuario y que le dará la inclinación al rehabilitador. Un preensamblado del rehabilitador se puede observar en la Figura 6.

Figura 6. *Preensamble del rehabilitador físico*

Tapizado de piezas de madera: Para un acabado ergonómico y detallado, recurrimos al tapizado del cuerpo del rehabilitador utilizando tela algodón y nylon transpirable y esponja para evitar la fatiga del usuario debido al calor y permitir la transpiración (Callister y Rethwisch, 2013).

Validación del prototipo

Después del diseño y construcción del prototipo, se validó con el CAM, de acuerdo con las necesidades que ellos requerían para el proceso de rehabilitación y así ver su funcionalidad.

RESULTADOS

Con la ayuda del software de diseño se pudo modelar hasta el más pequeño elemento que contiene el rehabilitador, con características reales, inclusive permitió, encontrar el material textil y darle color al rehabilitador con las características solicitadas:

- Puede realizar todos los movimientos planteados y dispone de movilidad gracias a las ruedas, evitando así tener que retirar al usuario para poder transportarlo a otro lugar.
- Además de esto, el rehabilitador cuenta con arneses de seguridad para evitar accidentes y proporcionar la mejor postura posible al usuario.
- El rehabilitador también cuenta con forro y relleno textil transpirable, lo que le facilitara al usuario utilizarlo por un mayor periodo de tiempo sin acumular calor.

Aparatos similares en el mercado tienen un costo que oscilan entre $15,000 a $100,000. El prototipo en cuestión se realizó con un costo aproximado de $4,000. En la Figura 7, se muestra el dispositivo terminado y usado por una niña del CAM.

Figura 7. *Usuario utilizando el rehabilitador físico*

Es necesario la generación y evaluación de proyectos de carácter social me mediante investigaciones sociales aplicadas, esto se logra por medio de trabajo recíproco donde se involucra la escuela con los problemas reales de carácter social (Ortíz et al., 2023)

Se extiende un agradecimiento a todas las personas que facilitaron el desarrollo de esta investigación, a los estudiantes, asesores y docentes investigadores del Tecnológico Nacional de México Campus Matamoros, así como, también al personal del Centro de Atención Múltiple de Matamoros por trabajar en proyectos de beneficio social que permita el desarrollo de los infantes, ya que, el uso del bipedestador facilita la alineación musculoesquelética correcta, previene contracturas en flexión y deformidades articulares de las extremidades inferiores, incrementa la densidad mineral ósea, previene el patrón en tijera, promueve un desarrollo musculoesquelético adecuado y previene la displasia de cadera (Villamizar, 2020).

CONCLUSIONES

Dentro de las políticas educativas, está la educación inclusiva que involucra a las personas con discapacidad física e intelectual. En la actualidad, continuamente se buscan estrategias que permitan integrar a esa parte de la población a los centros educativos de la sociedad (Ortíz et al., 2023).

En este trabajo se estableció como objetivo el diseño y construcción de una estructura móvil o aparato para realizar actividades de rehabilitación a personas con discapacidad motriz, y realizar terapias tales como: electroestimulación, bipedestación, ejercicios de equilibrio y de rigidez, con las ventajas de bajo costo comparado con las existentes en el mercado, ergonómica, además de utilizar materiales de alta calidad, con una postura cómoda para el usuario, segura y fácil de utilizarla. Se realizó indagación de datos sobre diferentes aparatos similares, materiales utilizados, características, ventajas y desventajas lográndose el objetivo. Ya terminada la estructura, este aparato de rehabilitación fue donado al CAM.

Cabe resaltar que, es el desarrollo de un proyecto hecho en la escuela para el beneficio de un problema social existente con la finalidad de fortalecer la inclusión de menores que presentan discapacidad a la sociedad, además fortalece en los estudiantes el desarrollo de competencias, que se centra en los resultados del aprendizaje en lo que el alumno es capaz de hacer al término de un proceso educativo y en los procedimientos que le permiten continuar aprendiendo de forma autónoma a lo largo de su vida (Ortíz, 2015).

BIBLIOGRAFÍA

Amstead, B., Ostwald, M. y Begeman, M. (2013). *Procesos de manufactura versión SI* (1ª Ed.). Grupo Editorial Patria

Autoridad Educativa Federal en la Ciudad de México [AEFCM] (2022). *Educación Especial*. Gobierno de México. https://www.aefcm.gob.mx/que_hacemos/especial.html

Callister, W., y Rethwisch, D. (2013). *Materials science and engineering: An introduction* (9th Ed.). John Wiley and Sons, Inc.

Castillero, O. (30 de enero de 2017). Tipos de discapacidad física (y características). *Psicología y Mente.* https://psicologiaymente.net/salud/tipos-de-discapacidad-fisica.

Gómez, S. (2012). *SolidWorks® práctico I: Pieza, ensamblaje y dibujo* (1ª Ed.). Editorial Marcombo

Grupo Mimas (2010). *Página principal de Ortopedia Mimas.* https://www.ortopediamimas.com/bipedestadores-para-adultos/4827-bipedestador-supino.html#/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2010). Población - Discapacidad en México. *Cuéntame de México.* http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad 2011*. https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241564182

Ortíz, C. (2015). Proyectos, Un aprendizaje para generar competencias. *Revista Anfei Digital*, núm. 2. https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/158

Ortíz, C., Hernández, E., Nava, J. y Velázquez, K. (2023). Construcción de silla con pedaleo semi-automático para rehabilitación en niños con parálisis cerebral. *Revista ANFEI Digital,* núm. 15. https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/925

Ortoweb Medical SL (s.f.). *Bipedestador-Parapodium*. https://www.ortoweb.com/ortopedia-infantil/rehabilitacion-y-terapia/bipedestador-parapodium

Villamizar, K. (2020). *Beneficios del uso de bipedestadores en niños con parálisis cerebral espástica como tratamiento complementario* [Trabajo de Diplomado – Universidad de Pamplona, Colombia]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/868/1/Villamizar_2019_TG.pdf