



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

## SISTEMA BIOMECÁNICO PARA REHABILITACIÓN DE MIEMBROS INFERIORES

Velázquez Sedas Jorge de Jesús<sup>1</sup>, Villaseñor Morales Martha Adriana<sup>1</sup>, De León Guillen María Ivonne<sup>1</sup>, Sen Salinas Diana Antonieta<sup>1</sup>, Villanueva Luna Adrián Eugenio<sup>2</sup>, Ortiz Lima Carlos Manuel<sup>3</sup>, Aguilar Soto José Gabriel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;  
[sedas9434@gmail.com](mailto:sedas9434@gmail.com), [adriana.manee@outlook.com](mailto:adriana.manee@outlook.com), [ivon369@hotmail.com](mailto:ivon369@hotmail.com),  
[dianasen13@gmail.com](mailto:dianasen13@gmail.com), [jaguilar223@hotmail.com](mailto:jaguilar223@hotmail.com).

<sup>2</sup>Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Campeche, San Antonio Cárdenas, Campeche;  
[euge69869@yahoo.com](mailto:euge69869@yahoo.com)

<sup>3</sup>Laboratorio de Metrología e Instrumentación, INAOE, Tonantzintla, Cholula, Puebla,  
[carlosortiz@inaoep.mx](mailto:carlosortiz@inaoep.mx).

### RESÚMEN.

En el presente trabajo se abordó una de las principales problemáticas de la discapacidad en infantes de 9 a 14 y el porcentaje total de personas con problemas, en donde se pretende abordar con el sistema biomecánico. El equipo se construyó con materiales de fácil acceso en la región por lo que pretende ser accesible a las distintas instituciones que brindan atención a personas con discapacidad para lograr una pronta mejora y evitar el avance del daño, además de brindar un entrenamiento en la marcha a niños con síndrome de Down.

### 1. INTRODUCCIÓN.

Con el fin de restaurar los patrones de movimiento que el cuerpo pierde después de un accidente, como un resultado de la enfermedad cerebrovascular, o simplemente causado por el envejecimiento, las herramientas que pueden ayudar a la rehabilitación de algunas funciones motoras se desarrollan. La línea de investigación en la rehabilitación abarca tres aspectos: prevención, cuando no hay tiempo para fortalecer los músculos a través de la terapia, la rehabilitación en sí, donde el equipo especial está diseñado para cada persona y busca la recuperación de las funciones o disminución de la capacidad teniendo en cuenta su capacidad restante, se busca para integrar el diseño y las funciones que puede todavía utilizar un paciente en su favor de la estructura, y por último, las herramientas para la evaluación y seguimiento de los procesos de rehabilitación que permitan a los médicos especialistas definir y modificar las terapias para la eficacia del mismo equipo.

### 2. TEORÍA.

En México para el año 2010, las personas que presentan algún tipo de discapacidad son 5 millones 730 mil 270, lo que representa el 5.1% de la población total. [1]En Chiapas, para el mismo año se reportaron 1.6 millones de niños de 0 a 14 años, los cuales representan el 34.3% de la población total.

Grupo de edad	Tipo de discapacidad						
	Caminar	Ver	Hablar	Escuchar	Cuidado personal	Poner atención	Limitación mental
<b>Total</b>	<b>29.8</b>	<b>14.8</b>	<b>33.3</b>	<b>8.3</b>	<b>5.4</b>	<b>11.7</b>	<b>19.2</b>
De 0 a 4	42.5	12.3	31.7	5.0	6.0	8.8	18.9
De 5 a 9	29.4	13.4	38.5	7.8	5.5	8.9	16.8
De 10 a 14	25.1	17.0	29.8	10.1	5.0	15.0	21.3

Tabla 1.- En la presente tabla podemos observar las distintas discapacidades por Grupos de edad.



## TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

Es importante mencionar los grupos de edad y las causas de origen de la discapacidad, ya que de ello derivan las estrategias para el tratamiento y la prevención o la limitación de la discapacidad.

Para la atención integral de la discapacidad en la población infantil en Chiapas, se cuentan con instituciones públicas y privadas que brindan rehabilitación y terapia física, si tomamos en cuenta que de acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en 2010 más de la mitad de la población menor de 15 años (56.3%) se encuentra en situación de pobreza multidimensional, entendida como la situación de una persona cuando no tiene garantizado el ejercicio de al menos uno de sus derechos para el desarrollo social, y los ingresos percibidos por los miembros del hogar donde reside son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades. La mayoría (75.9%) presenta una situación de pobreza moderada en tanto que 24.1% presenta una pobreza multidimensional extrema [2]. Su condición de vulnerabilidad por la discapacidad y la pobreza, representa el principal problema de la población infantil en Chiapas con discapacidad para acceder a la tecnología y lograr su pronta rehabilitación, aunado a que en Chiapas se cuenta con el CRIT y el DIF para atender a la mayor cantidad de población con discapacidad, limitando el acceso a la tecnología para la rehabilitación integral a la capacidad de atención de dichas instituciones.

En México la secretaria de salud reconoce a la discapacidad como un problema emergente de salud pública, que en los años recientes se ha incrementado como resultado de la interacción de diversos factores sociales, políticos y poblacionales.

Se ha observado que la detección oportuna e instrumentación de acciones de rehabilitación resulta sumamente importantes ya que limitan los efectos de la discapacidad, mejoran la calidad de vida y posibilitan la inclusión social de las personas con discapacidad.

La atención médica integra a las personas con discapacidad y debe llevar a cabo con calidad, seguridad y sin ningún tipo de discriminación a través de equipos inter y multidisciplinarios, en los establecimientos para la atención médica de los sectores: público, social y privado.

Con el objeto de evitar la estructuración de secuelas que afecten o limiten las posibilidades de recuperación y desarrollo de las capacidades que persisten en las personas con discapacidad es necesario que la atención médica integral se inicie lo más pronto posible.

Al iniciar la rehabilitación lo antes posible después del diagnóstico o cuando se identifican signos de alarma o riesgos de daños neurológicos debe de estar dirigida principalmente a:

- a) Evitar la estructuración del daño neurológico.
- b) Mejorar el desarrollo sicomotor.
- c) Evitar las contracturas, deformidades y escaras.
- d) Prevenir el deterioro o debilidad de los músculos como resultado de la falta de uso.[3]

La marcha puede definirse como una sucesión de pasos, entendiéndose por pasos aquellas acciones y movimientos que se producen entre el choque de talón de un pie y el choque de talón del pie colateral. La marcha requiere un proceso de desarrollo y automatización. Cuando existen patologías como trastornos neurológicos del aparato locomotor o afectación del desarrollo psicomotor, si se llega a adquirir la marcha será en etapas más tardías o con características patológicas. Entre los dos y tres años de edad ya se observan signos de maduración de la marcha como aumento de la velocidad y duración de apoyo monopodal, empiezan a observarse rotaciones opuestas de la cintura escapular y pélvica, ha mejorado el equilibrio y han aumentado los ángulos de flexión de la rodilla y dorsiflexión del tobillo. Sutherland considera que entre los 6-7 años las características electromiográficas, cinéticas y cinemáticas se asemejan a las de un adulto.

El equipo esta basado en los sistemas Lokomat, Giger y Altas.



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO



Figura 1.- Exoexqueleto ATLAS.

### 3. COSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Con el fin de lograr una caja de alimentación, se consiguieron dos fuentes conmutadas de doce volts a cinco amperes, dos reguladores de voltaje de siete punto dos volts a cuatro punto cinco amperes y un regulador de voltaje de seis punto dos volts a tres amperes, los cuales formarían parte para la caja de alimentación.

Contando con todos los materiales antes mencionado se procedió a realizar la conexión eléctrica para probar el correcto funcionamiento de las fuentes de alimentación y de los reguladores (figura 2) donde se observa el funcionamiento de los dos servomotores.

Al concluir las pruebas pertinentes y verificar su funcionamiento se procedió a juntar dichos componentes en la cual se le ensamblaría los switches de encendido y apagado, la terminal de conexión a la red eléctrica, para poder concluir con el trabajo se utilizo una caja plástica debido a que las cajas existentes en el mercado no eran tan grandes, en donde se le hicieron perforación para asegurar todos los componentes.

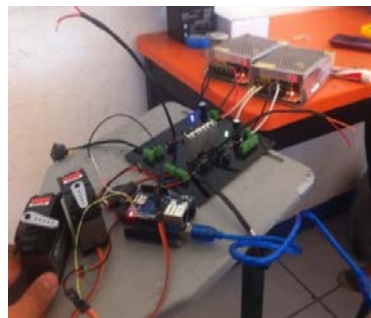


Figura 2.- Pureba de funcionamiento de los motores.

Con el fin de lograr el objetivo se consiguieron dos rodilleras ortopédicas (Figura 3) las cuales nos servirían para la realización de las órtesis debido a que se acoplan a la perfección a los miembros inferiores, además de contar con bloqueo de trabajo y de seguridad por ángulos, facilitándonos la seguridad de nuestro paciente.



### TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO



Figura 3.- Rodillera ortopédica.

Teniendo las rodilleras se procedió a colocar un tramo tubular el cual se le realizaron perforaciones para que pudieran pasar nuestros remaches, teniendo hechas las perforaciones se colocaron dos piezas tubulares para poder asegurar nuestros motores, una vez asegurada las piezas tubulares y el motor se fabricó una pieza la cual permite conectar la flecha del servomotor a nuestra rodillera.

Concluida las órtesis se pulió la estructura de acero la cual se fabricó siguiendo el ejemplo de los marcos de caminadoras, después de pulir la estructura se pintó de color negro para evitar la corrosión y obtener un resultado más presentable.

Como último paso se fabricó un arnés el cual cargaría el peso de nuestro paciente, el cual se fabricó con tela de nylon debido a su alta resistividad y durabilidad.



Figura 4.- Prototipo Final.

#### 4. CONCLUSIONES.

En las pruebas realizadas a nuestro paciente muestra se pudo comprobar el funcionamiento del equipo en cuanto a que realiza el movimiento sin ninguna problemática de construcción o de programación, además de comprobar la eficiencia de las fuentes de alimentación y de todos los circuitos, sin embargo se presentaron una diversidad de problemáticas, como por ejemplo en la cuestión estética se llegó a la conclusión que la caja se debe de hacer un poco más pequeña y de un material distinto el cual lo haga más profesional al igual que se deben de fabricar una tapa la cual cubra los motores para evitar el daño de estos, otro de los problemas que se deben de mejorar es el arnés el cual se deben de forrar las placas metálicas que se encuentran en los muslos para evitar que se rasgue la ropa.



### TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

Entre otras cosas se propone la implementación de algún sistema de alarma el cual nos indique las rodilleras se encuentran con seguro o sin el para evitar que nuestros servomotores se lleguen a forzar un con ellos a quemarlos.

Dentro de los trabajos que se deben de realizar a futuro es un trabajo experimental en donde se sometan a prueba a un cierto grupo de discapacitados, para comprobar el funcionamiento correcto del equipo en el ámbito médico.

#### **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Estadística de población en México.  
[cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P](http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P)
2. Estadísticas de población en Chiapas.  
[www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2013/ni%C3%B1o7.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2013/ni%C3%B1o7.pdf)
3. NOM-015-SSA3-2012.  
[dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5268226&fecha=14/09/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5268226&fecha=14/09/2012)
4. Entrenamiento robótico como medio de rehabilitación para la marcha.  
[www.medigraphic.com/pdfs/evidencia/eo-2012/eo122b.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/evidencia/eo-2012/eo122b.pdf)