

Diseño y construcción de un dispositivo mecatrónico
para terapia ocupacional para niño
Design and Construction of a Mechatronic Device
for Occupational Therapy for Children

Milton González-Hernández^a, Jorge Gudiño-Lau^b, Jaime Guedea-Salazar^c, Eduardo Hernández-Barón^d, Miguel Durán-Fonseca^e, Daniel Vélez-Díaz^f

Abstract:

In this work, a mechatronic system is designed and built to help children with some motor disability of the upper extremity (arm) focused on occupational therapies. This device is channeled to children so it is built in a simple and attractive way so that the infant always has interest in carrying out their therapies, without leaving aside that the team must fulfill the main objective of rehabilitation. A team for occupational therapies is designed due to the lack of mechanisms that help the therapist in the realization of their rehabilitation sessions and at the same time motivate the patient in this case the child to perform the therapy. The design is made in CAD software such as Solidworks and is built with soft and resistant material so as not to damage the infant. In addition, an LED game is added to the device to make it more attractive and interesting to the child. This experimental rehabilitation team was tested in a rehabilitation center for children with motor problems and the response of the infants was successful. To carry out this work, the therapists and the support of the children's moms were always enthusiastically received.

Keywords:

Rehabilitation, occupational therapy, mechatronic system and motor.

Resumen:

En este trabajo se diseña y construye un sistema mecatrónico para apoyar a niños con alguna discapacidad motriz de la extremidad superior (brazo) enfocado a las terapias ocupacionales. Este dispositivo está encauzado a niños por lo que está construido de forma sencilla y atractiva para que siempre tenga interés el infante de realizar sus terapias, sin dejar a un lado que el equipo debe de cumplir el objetivo principal de rehabilitación. Se diseña un equipo para terapias ocupacionales debido a la falta de mecanismos en el centro de rehabilitación que brinde ayuda al terapeuta en la realización de sus sesiones de rehabilitación y a la vez motive al paciente en este caso al niño a realizar la terapia. El diseño es realizado en un software CAD como es Solidworks y se construye con material suave y resistente para no dañar al infante. Además, se añade al dispositivo un juego de led para que le sea más atractivo e interesante al niño. Este equipo experimental de rehabilitación fue probado en un centro de rehabilitación de niños con problemas motrices y la respuesta de los infantes fue exitosa. Para la realización de este trabajo, en todo momento se recibió colaboración de terapeutas y del apoyo de las mamás de los niños de forma entusiasta.

Palabras Clave:

Rehabilitación, terapia ocupacional, sistema mecatrónico, motriz.

^a Alumno de la Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica. E-mail: miltongonzalez@uocol.mx

^b Autor de Correspondencia, Profesor Investigador de la Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica. E-mail: jglau@uocol.mx

^c Alumno de la Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica. E-mail: jaimeguedea@uocol.mx

^d Profesor por Asignatura de la Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica. E-mail: eduardo_hernandez1@uocol.mx

^e Profesor Investigador de la Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica. E-mail: mduran@uocol.mx

^f Profesor Investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tlahuelilpan. E-mail: daniel@uaeh.edu.mx

I. Introducción

En la actualidad en México se han desarrollado nuevos mecanismos para aplicación de terapia ocupacional, guiados por otros países con métodos más modernos, los cuales ofrecen una mejoría en cuanto realización de las actividades terapéuticas necesarias para cada discapacidad, ayudando al paciente a llevar a cabo los ejercicios de una manera más eficiente y completa; sobre todo más interesante y atractivo. Dichos dispositivos van desde simples juegos con sistemas mecánicos básicos, hasta mecanismos que combinan sistemas mecánicos con tecnologías de realidad virtual para ofrecer una aplicación más amplia.

Terapia Ocupacional es empleada como un juego para rehabilitación y esta sea más entusiasta por los pacientes, por lo cual es necesario que él terapeuta o él médico lo utilice más seguido para que las terapias sean más placenteras. Algunos dispositivos para rehabilitación de extremidad superior (mano) son descritas a continuación.

La mesa de Kanavel es una mesa para terapia ocupacional para recuperar los movimientos de las extremidades superiores que incluye una serie de mecanismos para realizar distintos ejercicios para la mano, la muñeca y el antebrazo, como se observa en la Figura 1. Trabajar con esfuerzos y es regulada según las necesidades del paciente, está compuesto por tablero con tensores y juegos de pelotas (Coulter, *et al.*, 1946, Lima, *et al.*, 2006, Physiobasic, 2019, TensMexico, 2019).



Figura 1. Mesa de Kanavel

En la Figura 2 se muestra dispositivo Amadeo® de Tyromotion, diseñado para la terapia física de la mano, imita el movimiento de la mano y puede estar sometido a fuerza regulada por el paciente y el terapeuta. Los ejercicios pueden ser de flexión y extensión de cada uno de los dedos (Connelly *et al.*, 2010, Gonzalo, 2014).



Figura 2. Dispositivo Amadeo®

El dispositivo Diego® de Tyromotion es mostrados en la Figura 3, como se observa es un sistema de rehabilitación que ésta diseñado para pacientes con lesiones de los brazos, con él se pueden hacer terapias y visualizar el avance de los ejercicios, lo que permite a los paciente recuperar sus movimientos naturales al cabo de varias sesiones de trabajo terapéutico (Brackenridge *et al.*, 2016, Jakob *et al.*, 2018)



Figura 3. sistema Diego® de Tyromotion

Otro dispositivo para rehabilitación de manos es el Hand Mentor® como se muestra en la Figura 4, es un dispositivo de mecanoterapia que se coloca sobre la mano para realizar los ejercicios de flexión y extensión de la mano. El dispositivo está compuesto por una interfaz gráfica, un monitor, un software con ambiente interactivo para motivar al paciente a que realice las terapias de su mano (Sarakoglou *et al.*, 2007, Pilwon *et al.*, 2012).



Figura 4. Hand Mentor®

Gloreha Glove® es un dispositivo de rehabilitación de extremidad superior (mano), algunos lo consideran como exoesqueleto de mano, es portátil y más accesible para los pacientes por el costo, por lo que se vuelve más atractivo ya que el paciente puede realizar sus terapias en casa diariamente, como se observa en la Figura 5. El dispositivo está compuesto por un guante con empalmes de los dedos y sujetador en la muñeca y un software en 3D, que permite al paciente siempre estar en contacto con un ambiente virtual (Borboni *et al.*, 2016, Bissolotti *et al.*, 2016, Popov *et al.*, 2017).



Figura 5. Gloreha Glove

El dispositivo para rehabilitación Hand Tutor®, es un dispositivo para realizar ejercicios de rehabilitación para mejorar su capacidad funcional de la mano y dedos, este dispositivo está enfocado a niños. En la Figura 6 se muestra el dispositivo, el cual está compuesto por un guante ergonómico portátil, tiene sensores de movimiento y un software especializado en 3D, con la realización de las terapias adecuadas y diarias, permite recuperar la

capacidad del movimiento de la mano y dedos (Carmeli *et al.*, 2009, Li *et al.*, 2009, Peleg *et al.*, 2010).



Figura 6. Hand Tutor®

Las terapias ocupacionales también están enfocadas a video juegos basados en la visión y control a través del movimiento humano, mediante dispositivos capaces de medir la aceleración y la posición angular del paciente.

La consola Nintendo Wii® es utilizada como un equipo de rehabilitación que utiliza la dinámica de los juegos. En la Figura 7 se observa la consola de Nintendo. Algunas investigaciones se han utilizado en el tratamiento de la rehabilitación de extremidad superior e inferior, ya que estimula a los pacientes a realizar ejercicios terapéuticos motivados los entornos virtuales y la competencia. Se tienen trabajos de investigación que han alcanzado resultados en terapia de rehabilitación (Clark *et al.*, 2010, Young, *et al.*, 2011)



Figura 7. Nintendo Wii®

Otro videojuegos para la rehabilitación es el dispositivo Kinect® de Microsoft® como se observa en la Figura 8, los pacientes pueden ejercitar diferentes partes del cuerpo sin utilizar algún otro dispositivo encima y al mismo tiempo permite al terapeuta hacer un seguimiento de los progresos de cada usuario por medio visual (Chang, *et all.*, 2012, Lange, *et all.*, 2012).



Figura 8. Kinect® de Microsoft®

Como se puede observar la mayoría de los dispositivos mecanoterapias son de rehabilitación de extremidad superior (mano) para niños, muy complejos y caros. Por lo que se diseña un dispositivo mecatrónico más barato y muy interesante para niños.

II. Diseño y construcción

En la Ciudad de Manzanillo, se tiene una institución de atención múltiple que tiene un servicio desde maternal hasta primaria en cuestión académica. En esta institución, su prioridad principal ha sido el apoyar a los niños con capacidades diferentes, apoyándolos en su aprendizaje y facilidad motora con distintos tipos de terapias.

Actualmente la institución continúa con el compromiso de apoyar a las funciones de movilidad múltiple, facilitando así su aprendizaje y creando una manera de autonomía de convivencia social y productiva para mejorar su estilo de vida. Es ahí se gesta el interés de encontrar la forma de ayudar a las necesidades de los estudiantes con capacidades diferentes, en este caso la discapacidad motriz dirigida a las manos de los infantes con estas características y por esta razón se diseña y construye un dispositivo mecatrónico para terapias motrices.

Se observaron los diferentes equipos que se tienen actualmente y se logró escoger uno en el cual es posible adaptar un mecanismo que favorezca y se pueda aprovechar de la mejor manera el niño, creando un

mecanismo funcional y eficiente, que se adapte a las características de las terapias ocupacional.

Debido a que en la actualidad en el Centro de Rehabilitación de Manzanillo no tienen un plan de apoyo de equipos para tratamientos terapéuticos para diferentes discapacidades, se optó por crear un mecanismo para el mejoramiento de las rehabilitaciones motrices de los niños.

Para el logro de este dispositivo se requiere un diseño, un modelo y una nueva forma de realizar terapias, para que los niños puedan rehabilitarse de una manera más atractiva y dinámica.

Con el desarrollo de un equipo capaz de ayudar a la rehabilitación para niños de 1 a 3 años, se pretende lograr que el dispositivo pueda proporcionar un mayor control en cuanto al desarrollo y el progreso de la rehabilitación de cada niño por separado.

Este mecanismo proporciona un apoyo en la rehabilitación en las extremidades superiores del cuerpo. Debido a que este equipo va enfocado a niños y debe tener un mayor interés, ya que es más llamativo sin dejar a un lado que el equipo debe de cumplir los aspectos de rehabilitación.

Por lo anterior se diseña un sistema mecatrónico para rehabilitación de niños con discapacidad motriz de la parte superior (mano y brazo), este mecanismo es adaptado a una cama experimental que existe físicamente en un Centro de Rehabilitación en Manzanillo, Colima. En la Figura 9 se muestra la cama experimental con las medidas en centímetros, el diseño se realiza en CAD.

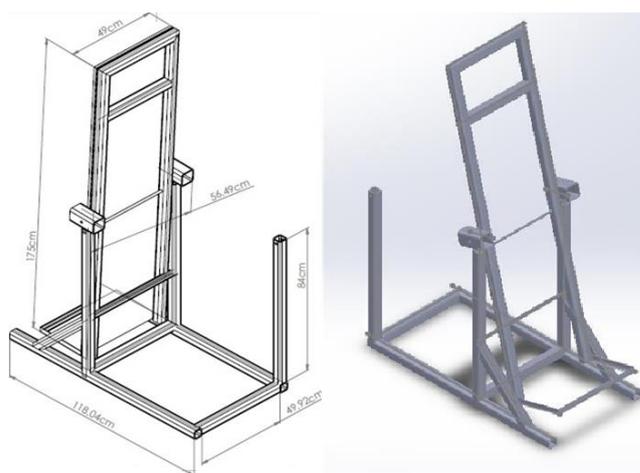


Figura 9. Cama experimental

El diseño en CAD de la mesa de trabajo donde es montado el dispositivo mecatrónico es mostrado en la Figura 10 y dispositivo mecatrónico se muestra en la Figura 11, el cual consiste de una mesa que es adaptado

a la cama experimental, encima de la mesa se encuentra montado el dispositivo, la construcción se realiza con un material suave, robusto y sobre todo seguro para no dañar al infante.

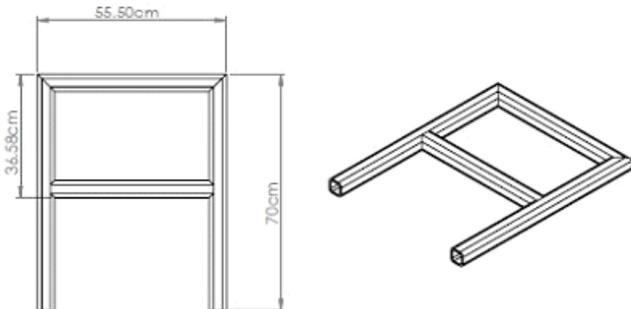


Figura 10. Mesa de trabajo



Figura 12. Dinamo

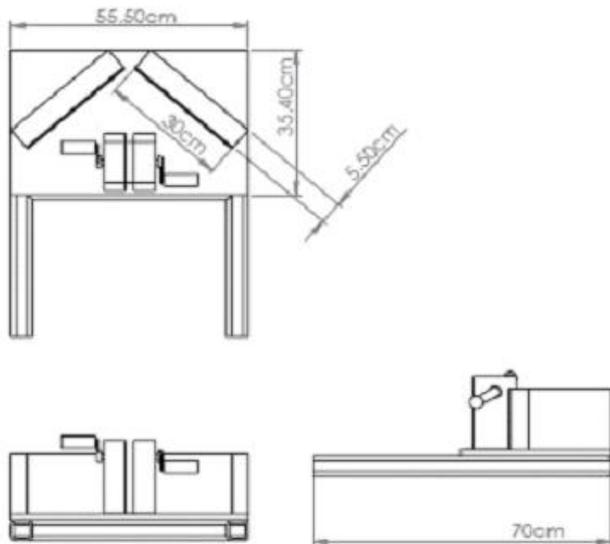


Figura 11. Dispositivo mecatrónico

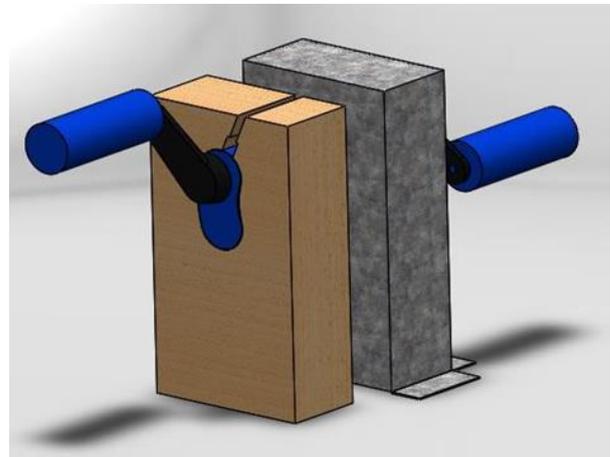


Figura 13. Dinamo adaptado a la mesa

El dinamo utilizado es mostrado en la Figura 10, y es adaptado a la mesa de trabajo como se observa en la Figura 12.

Para la creación del mecanismo se emplea un dinamo utilizado para la generación de energía eléctrica, el cual está conectado a un transformador elevador de 3V a 12 V, además está conectado a un circuito de luces leds (diodos emisores de luz), que son encendidos conforme el paciente ejerce movimiento de su mano sobre el mecanismo. El circuito electrónico del dispositivo es mostrado en la Figura 14.

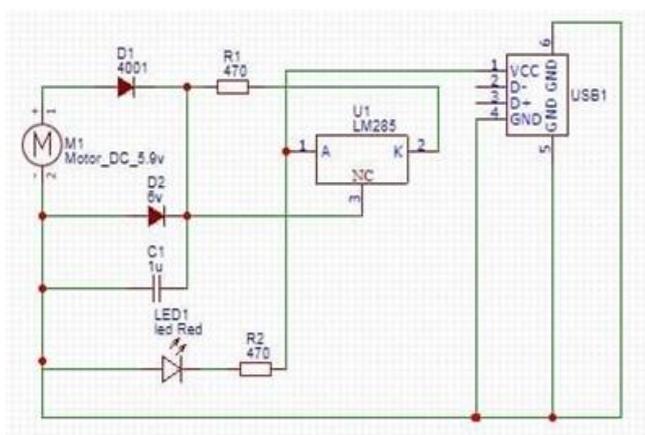


Figura 14. Circuito electrónico

Este equipo permite ayudar al terapeuta a motivar a sus pacientes en la realización de sus ejercicios y favorece a la restauración de sus movimientos, ayuda a conseguir la mayor independencia y reinserción posible del paciente a su vida cotidiana.



Figura 15. Cama experimental

III. Resultados experimentales

Para verificar el funcionamiento del equipo mecatrónico se realiza pruebas experimentales en un Centro de Rehabilitación con un menor que tiene problemas motrices en la mano. Con la ayuda de los terapeutas y de la mamá se desarrolla las pruebas experimentales, para no lastimar al infante.

El dispositivo mecatrónico consiste en hacer funcionar el dinamo con las manos del niño, para motivar al niño se colocan un juego de leds que son encendidos con forme el paciente vaya girando las manivelas del dinamo.

En la Figura 15 se muestra al niño que es colocado cuidadosamente en la cama experimental con la ayuda del terapeuta y la mamá. El infante es colocado en la cama experimental y sujetado con unas cintas especiales para su protección durante la terapia ocupacional. Como se observa la cama experimental es muy rústica y robusta, se ajusta a la altura del niño mediante un escalón.

La cama experimental tiene una estructura donde se ensambla la mesa de trabajo, en esta mesa se diseña el mecanismo que se observa en la Figura 16. Con ayuda de la terapeuta se le dan las instrucciones para que niño pueda operación del sistema mecatrónico.



Figura 16. Dispositivo mecatrónico

En las Figuras 17 y 18 se muestra al niño realizando pruebas experimentales con el dispositivo de rehabilitación, siempre con ayuda del terapeuta y la mamá.



Figura 17. Ejercicio del niño con el dispositivo mecatrónico



Figura 18. Ejercicio del niño con el dispositivo mecatrónico

Conclusiones

Se cumple el objetivo diseñar un dispositivo mecatrónico para rehabilitación de extremidad superior para niños con problemas motrices, esto permite realizar terapias ocupacionales.

El diseño de este sistema mecánico permite que el paciente pueda realizar movimientos que le ayuden en la recuperación de la lesión o discapacidad presentada de forma recreativa.

Este tipo dispositivo permite realizar ejercicios mecánicos para que el paciente logre por sí mismo la habilidad de estirar y retraer sus extremidades superiores, ayudando a mejorar la movilidad y fuerza de la mano.

El dispositivo de rehabilitación va enfocado a infantes de 1 a 3 años por lo tanto el dispositivo es diseñado con las características y dimensiones adecuadas.

El dispositivo tiene un ambiente creativo, cómodo, vistoso y motiva a los niños a realizar las terapias y en conjunto con un terapeuta ayuda a recuperar la movilidad de su extremidad superior.

Se diseño y construyo un dispositivo para terapia ocupacional con base en los ejercicios terapéuticos, la goniometría de la mano y la aplicación de técnicas lúdicas, así como lo observado en el estado del arte de los equipos existentes.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente gracias al apoyo del Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa PFCE 2019 de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Colima.

Referencias

- Bissolotti, L., Villafañe, J., Gaffurini, P., Orizio, C., Valdes, K., Negrini, S. (2016). Changes in skeletal muscle perfusion and spasticity in patients with poststroke hemiparesis treated by robotic assistance (Gloreha) of the hand. *Journal of Physical Therapy Science*. ISSN : 2187-5626.
- Borboni, A., Mor, M. and Faglia, R. (2016). Gloreha—Hand Robotic Rehabilitation: Design, Mechanical Model, and Experiments. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*. Vol. 138, Issue 11.

- Brackenridge, J., Lynley, V., Sheila, L., Costi, J., Hobbs, D. (2016). A Review of Rehabilitation Devices to Promote Upper Limb Function Following Stroke. *Neuroscience and Biomedical Engineering*, Vol. 4, Num. 1, pp. 25-42(18). Bentham Science Publishers
- Carmeli, E., Vatine, J., Peleg, S., Bartur, G., Elbo, E. (2009). Upper limb rehabilitation using augmented feedback: Impairment focused augmented feedback with HandTutor. *Virtual Rehabilitation International Conference*. DOI: 10.1109/ICVR.2009.5174258.
- Chang, Ch., Lange, B., Zhang, M., Koenig, S., Requejo, P., Somboon, N. (2012). Towards pervasive physical rehabilitation using Microsoft Kinect. *6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops*.
- Clark, L., Bryanta, A., Pua, Y., McCrory, P., Bennell, K., Hunt, M. (2010). Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*. *ELSEVIER*. Vol. 31, Issue 3, Pp 307-310
- Connelly, L., Jia, Y., Toro, M., Stoykov, M., Kenyon, R., Kamper, D. (2010). A Pneumatic Glove and Immersive Virtual Reality Environment for Hand Rehabilitative Training After Stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Volume: 18 , Issue: 5. Pag. 551-559.
- Coulter, J., Carter, H. (1946). How to Bring Benefits of Physical Medicine to Your Own Small Town. *Physical Therapy*, Vol. 26, Issue 2, March 1946, Pag. 75–77.
- Gonzalo Dominguez M. (2014). Evaluabilidad de los programas del robot amadeo en la rehabilitación de la mano del hemipléjico. *TOG (A Coruña)*. Vol. 11. Num. 20. ISSN 1885-527X.
- Jakob, I., Kollreider, A. Germanotta, M., Benetti, F., Cruciani, A., Padua, L., Aprile, I. (2018). Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. *Innovations Influencing Physical Medicine and Rehabilitation*. Vol. 10, Issue 9, Supplement 2, Pages S189-S197. *PM&R*. *ELSEVIER*.
- Lange, B.; Koenig, S.; McConnell, E.; Chang, Ch.; Juang, R.; Suma, E. (2012) Interactive game-based rehabilitation using the Microsoft Kinect. *IEEE Virtual Reality Workshops (VRW)*. DOI: 10.1109/VR.2012.6180935.
- Li, Z., Li, J., Guan, Y., Yi, K. (2009). Practice of Actual Project Driven Teaching Model on Software Engineering Major. *International Conference on Information Engineering and Computer Science*. ISBN: 978-1-4244-4994-1.
- Lima, A., Ribeiro, I., Coimbra, L., Dos Santos, M., De Andrade, E. (2006). Mecanoterapia e fortalecimento muscular: um embasamento seguro para um tratamento eficaz. *Revista Saude.Com*. Vol. 2. Issue 2. Pp. 143-152.
- Peleg, S., Bartur, G., Elbo, E., Vatine, J. (2010). HandTutor enhanced hand rehabilitation after stroke — a pilot study. *Physiotherapy Research International*. <https://doi.org/10.1002/pri.485>
- Phisiobasic. (2019) Mesa de Kanavel. [Online]. <https://phisiobasic.com/producto/mesa-de-manos/> [Fecha de consulta: Abril, 2019].
- Pilwon, H., Gwang, M., Soo-jin, L., Kyehan, R., Jung, K. (2012). Current hand exoskeleton technologies for rehabilitation and assistive engineering. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. Vol. 13, Issue 5, pp 807–824.
- Popov, D., Gaponov, I., Jee-Hwan, R. (2017). Portable Exoskeleton Glove With Soft Structure for Hand Assistance in Activities of Daily Living. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. Vol. 22, Issue: 2. Pp. 865- 875. DOI: 10.1109/ TMECH. 2016.2641932.
- Sarakoglou, I., Kousidou, S., Tsagarakis, N., and Caldwell, D. (2007). Exoskeleton-Based Exercisers for the Disabilities of the Upper Arm and Hand. *Book Rehabilitation Robotics*. ISBN 978-3-902613-04-2, pp.648. Itech Education and Publishing, Vienna, Austria.
- TensMexico. (2019) Mesa de Kanavel. [Online]. http://www.tensmexico.com/downloads/11.MECANOTERA_PIA.pdf [Fecha de consulta: Abril, 2019].
- Young, W., Ferguson, S., Brault, S., Craiga, C. (2011). Assessing and training standing balance in older adults: A novel approach using the ‘Nintendo Wii’ Balance Board. *Gait & Posture*. *ELSEVIER*. Vol. 33, Issue 2, Pp 303-305