

## Estimulación de Motricidad Fina con Videojuego en Paciente con Hemiparesia Izquierda

Fabricio Tipantocta<sup>a</sup>, Flor Tipan<sup>a</sup>, Edison Coral<sup>a</sup>, Gladys Herrera<sup>a</sup>, Geovanny Pacheco<sup>a</sup>, Flavio López<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Carrera de Electrónica Industrial, <sup>b</sup>Carrera de Electricidad Industrial  
ftipantocta@tecnologicosucre.edu.ec, ftipan@tecnologicosucre.edu.ec,  
ecoral@tecnologicosucre.edu.ec, gherrera@tecnologicosucre.edu.ec,  
gpacheco@tecnologicosucre.edu.ec y flopez@tecnologicosucre.edu.ec  
Instituto Superior Tecnológico Sucre, Quito, Ecuador

### Resumen

El objetivo del proyecto es realizar un videojuego, adaptando un sistema electrónico en el brazo a un paciente con hemiparesia, y así estimular la motricidad fina en su extremidad superior izquierda aportando a su rehabilitación. Se realizó varios experimentos tomando datos de funcionamiento como son el número de puntos del jugador obtenidos en varias pruebas y realizando el análisis de movimiento en la extremidad afectada tanto en brazo como muñeca. Como resultado se observa el trabajo realizado por el brazo izquierdo que es el objetivo del proyecto. El videojuego al ser amigable por el ambiente de fantasía, incentiva el interés del paciente, haciendo que este le guste jugar con el sistema, obteniendo así un gusto por mover el brazo afectado, creando así nuevos caminos neuronales para el movimiento y estimulación de su motricidad fina.

**Palabras claves:** videojuego, biomecánica, hemiparesia, sistema de control.

### Abstract

The objective of the project is to make a video game, adapting an electronic system in the arm to a patient with hemiparesis, and thus stimulate the fine motor in its left upper extremity contributing to its rehabilitation. Several experiments were carried out taking operational data such as the number of player points obtained in several tests and performing the analysis of movement in the affected limb in both arm and wrist. As a result, we can observe the work done by the left arm that is the objective of the project. The video game being friendly for the fantasy environment, encourages the interest of the patient, making him like to play with the system, thus obtaining a taste for moving the affected arm, thus creating new neuronal pathways for movement and stimulation of their motor skills fine.

**Keywords:** video game, biomechanics, hemiparesis, control system.

### Introducción

La hemiparesia es definida como la debilidad o parálisis parcial de un lado del cuerpo y es provocado por un daño cerebral como por ejemplo un traumatismo craneocefálico (TCE) o insuficiente oxígeno al nacer y puede adquirir trastornos motores, sensoriales, conductuales e intelectuales. (Espin, 2014)(Echeverría, 2011) Para este proyecto se tomó en cuenta un niño de 6 años con hemiparesia izquierda, quien después de haber recibido un golpe en la cabeza al nacer produjo un coagulo de sangre lo cual originó dicha patología, el neurólogo de cabecera quien sigue con detenimiento el caso explica que esto ha ocasionado la imposibilidad en cuanto a la motricidad en las extremidades del lado izquierdo de forma parcial.

El proceso de rehabilitación depende del nivel de afectación en el sistema nervioso del paciente. Siempre que sea posible, los pacientes requieren una amplia variedad de servicios profesionales que demandan gran coordinación y esfuerzo con el fin de obtener los mejores resultados. (Gutierrez, Reyes, Tovar, Alzate, & Bohórquez, 2007) (Jover Torres, 2016) En el caso del paciente escogido, ha pasado por una serie de terapias para mejorar su condición física, pero en la actualidad únicamente asiste al programa de rehabilitación ocupacional donde se hace énfasis en la realización de tareas y actividades importantes en la vida diaria.

Existen diferentes técnicas en la rehabilitación ocupacional, una de ellas es el sistema "Mirror-Neuron". Esta técnica hace referencia a la estimulación del sistema nervioso en base al trabajo de aprendizaje por reflejo, el cual por medio de observación de actividades pretende que la persona afectada realice los mismos movimientos en brazos y piernas. (Yuan & Hoff, 2008)(Rizzolatti & Craighero, 2016) Tomando en cuenta este método de rehabilitación, y observando la preferencia del paciente por la tecnología digital como teléfonos celulares, tablets y televisión, se ideó la forma de que el paciente con hemiparesia, estimule el sistema motor del brazo izquierdo mediante la realización de un videojuego. (Universidad de Guadalajara, 2016) .

El objetivo del proyecto es realizar un videojuego, adaptando un sistema electrónico en el brazo a un paciente con hemiparesia, para estimular la motricidad fina en su extremidad superior izquierdo ayudando a su rehabilitación.

## **Metodología**

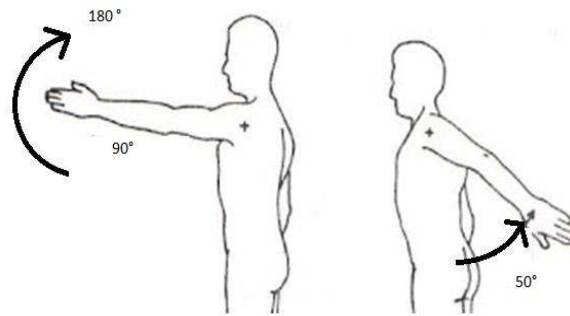
La metodología de esta investigación es aplicada y como técnica la experimentación, pues es necesario incluir sistemas electrónicos e informáticos para la realización del proyecto. En los siguientes apartados se explica cómo se realiza el proyecto.

### **A. Biomecánica del brazo**

De las características de la hemiparesia, se desarrolla una disminución del tono muscular en el hemicuerpo afectado, que para el caso de análisis es el brazo izquierdo del paciente. Otra característica en casos severos es la espasticidad que afecta a ciertas cadenas musculares como los flexores del brazo, el cual presenta un patrón típico de aducción de hombro, flexión de codo, pronación de antebrazo, flexión de muñeca y dígitos con aducción del pulgar. (Murie-Fernández et al., 2012) En este caso, el paciente tendrá problemas como dolores musculares con el tiempo por falta de movilidad del brazo.

Según (Repetto, 2007) (Diaz-hernandez, 2017), el objetivo principal de la biomecánica es evaluar la relación entre el movimiento ejecutado y el gasto de energía implicado en su realización. Para el caso del proyecto se analiza el movimiento del brazo izquierdo como se muestra en la figura 1.

Fig. 1. Flexión- extensión del brazo izquierdo



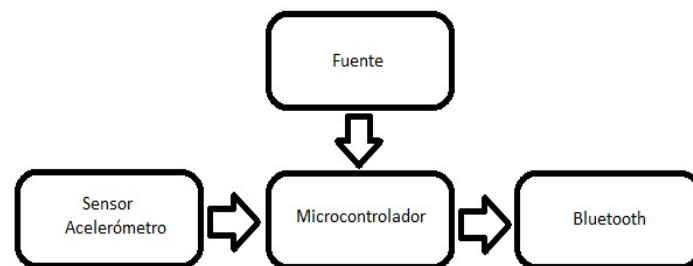
Este movimiento se conoce como flexión-extensión, el cual se encuentra en el plano sagital, en el eje transversal y la flexión llega hasta los 180° y la extensión esta entre 45 y 60°. (Diaz-herandez, 2017) Sabiendo estas características se realiza un sistema electrónico adaptado a una banda elástica, que se sujeta al brazo izquierdo para que el paciente realice el movimiento de flexión de 90° a 180°; se explica en el siguiente apartado.

## B. Sistema electrónico

### C.

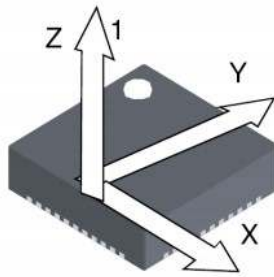
El sistema electrónico se diseñó en base al movimiento de flexión-extensión del brazo izquierdo del paciente, y se compone de cuatro partes fundamentales como son: 1) Sensor acelerómetro; 2) Microcontrolador; 3) Bluetooth y 4) Fuente de energía, esto se muestra en la figura 2.

Fig. 2. Sistema electrónico adaptado al brazo izquierdo.



El sistema se encuentra basado en el movimiento del brazo izquierdo, y un elemento sensor que permite caracterizar su orientación y aceleración en ejes de tres dimensiones, es el sensor acelerómetro, se muestra en la figura 3. (Parra, 2012)

Fig. 3. Dirección de los ejes de un acelerómetro de 3 ejes.



Gracias a la gravedad terrestre se puede usar las lecturas del acelerómetro para saber cuál es el ángulo de inclinación respecto al eje X y al eje Y (Alarcón Gacitúa, Lajo Carpio, & Quispe Ccachuco, 2013); y se puede determinar su inclinación con las siguientes fórmulas:

$$\text{AnguloY} = \text{atan} \left( \frac{x}{\sqrt{y^2+z^2}} \right) \quad (1)$$

$$\text{AnguloX} = \text{atan} \left( \frac{y}{\sqrt{x^2+z^2}} \right) \quad (2)$$

Cuando se adapta el acelerómetro al paciente, se puede conocer si al brazo izquierdo se encuentra trasladado en posición horizontal ( $90^\circ$ ) o tiene el brazo levantado ( $180^\circ$ ), esto representa el movimiento en el eje Y, y si el paciente rota su muñeca obtendrá valores entre ( $-90^\circ$  y  $90^\circ$ ), esto representa el movimiento en el eje X.

El acelerómetro escogido es el MPU6050, este elemento es netamente digital y sus lecturas pueden ser adquiridas con cualquier dispositivo que tenga el protocolo de comunicación I2C (Alarcón Gacitúa et al., 2013); para el caso del proyecto se escogió el microcontrolador Arduino Nano que tiene este recurso y se puede ver en la figura 4.

Fig. 4. Tarjeta de adquisición arduino nano



El proyecto está diseñado para recibir los datos del acelerómetro y lleguen por comunicación inalámbrica a la computadora; para ello se escogió el dispositivo HC05 que es un tranciver bluetooth y se conecta al microcontrolador retransmitiendo los datos recogidos, se puede ver en la figura 5.

\*Fig. 5. Tranceiver bluetooth HC05



Conectados los dispositivos a una batería de 5 voltios, permiten enviar la información del movimiento del brazo izquierdo del paciente hacia la computadora.

### C. Videojuegos con Unity

La industria de los videojuegos ha demostrado un impresionante crecimiento en los últimos años y países por ejemplo como España, que es el cuarto país europeo con más consumo de este tipo de entretenimiento y el sexto a nivel mundial demuestran su interés. (Universidad de Guadalajara, 2016) (Cuesta, Cuesta, & Rodríguez-Osorio, 2014) Por tal motivo se escogió este tipo de plataforma ya que el entretenimiento que brinda, causa gran interés en niños y adultos. (Aymerich Franch, 2013) En el caso del proyecto, el paciente con hemiparesia.

Unity es un motor de videojuegos multiplataforma, Figura 6, permite programar diferentes entornos con lenguajes de programación como javascript, boo y el que se usa en el proyecto C#, y sobre todo permite una interfaz gráfica para 2 y 3 dimensiones. (Fuentes, 2011)

Fig. 6. Motor de videojuegos multiplataforma Unity.



Para el diseño del videojuego adaptado al paciente, y teniendo presente su edad de 6 años, se crea un ambiente de fantasía en 2 dimensiones, en el cual se incorpora un jugador el cual tiene la capacidad de correr y saltar por el escenario creado, esto se muestra en la figura 7.

Fig. 7. Juego diseñado en Unity y adaptado al paciente.



Con base a programación en C#, se puede abrir puertos de comunicación conectados a la computadora para recibir datos, los cuales llegan a través del bluetooth que tiene la PC y es enviada la información desde la banda electrónica.

El juego tiene un único nivel, en el cual el jugador (paciente) no tiene un control remoto estándar, sino que con la banda adaptada al brazo y extendido a 90° empieza a transmitir la información de posición del brazo y empieza a jugar el usuario.

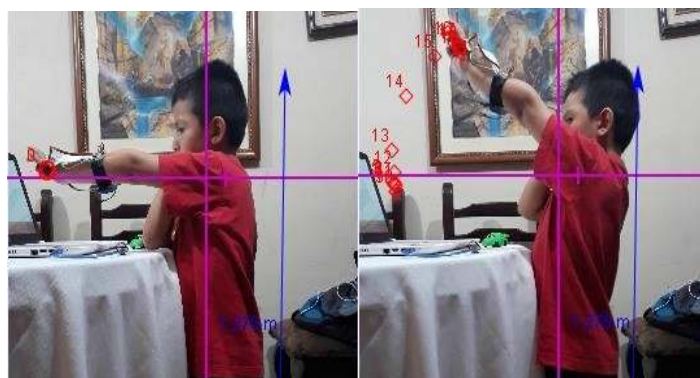
Por el movimiento del brazo, el jugador puede correr más rápido o más lento, trasladando el brazo de 90 a 180° y saltando cuando rota la muñeca desde 0 a 90°. Por consejos del neurólogo el juego debe ser controlado, para no crear síntomas secundarios que en algunos pacientes se generan como rasgos de epilepsia, máximo aconsejable 10 minutos.

### Resultados y discusión

Iniciado el juego que se encuentra instalado en la computadora previamente y receptando la información del sistema de control, empieza a correr el jugador representado por un niño pequeño que debe cruzar un ambiente en movimiento.

El sistema de referencia mostrado en la figura 8, parte del hombro del paciente, y colocando el brazo en una posición de 180°, marca el punto de partida a velocidad lenta de corrida. Para aumentar la velocidad del jugador se programó en el videojuego que, al cambiar la posición del brazo, en este caso levantándolo, la inclinación del sensor cambia aumentando así su velocidad.

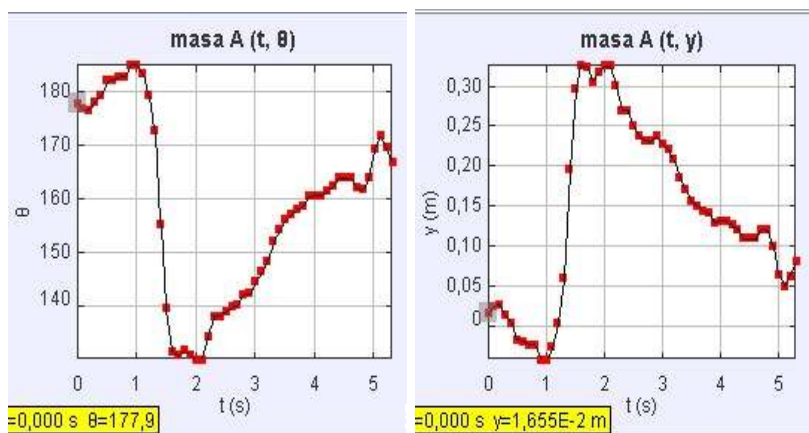
Fig. 8. Movimiento del brazo, cambiando inclinación del sensor.





El niño estimula por sí mismo la motricidad fina con el movimiento del brazo izquierdo, ya que debe colocarlo a un ángulo de inclinación que dará como resultado la velocidad en la que le guste jugar. Con el software para análisis de movimiento Tracker, permite revisar cuadro a cuadro el movimiento del brazo y se nota en la mayoría de pruebas el ángulo de desplazamiento mínimo y máximo que el paciente trabaja y se encuentra entre  $130^\circ$  y  $180^\circ$ , y generalmente se queda jugando en un ángulo entre  $160^\circ$  y  $170^\circ$  como muestra la figura 9.

Fig. 9. Gráfica de posición angular del brazo izquierdo.



Adicionalmente, se implementó en el videojuego un personaje conocido como el enemigo, que aparece cada 10 segundos, caminando frente al jugador. El objetivo del jugador es pasar por encima del enemigo, dándole un punto por cada enemigo brincado, pero si no lo hace no recibe puntuación.

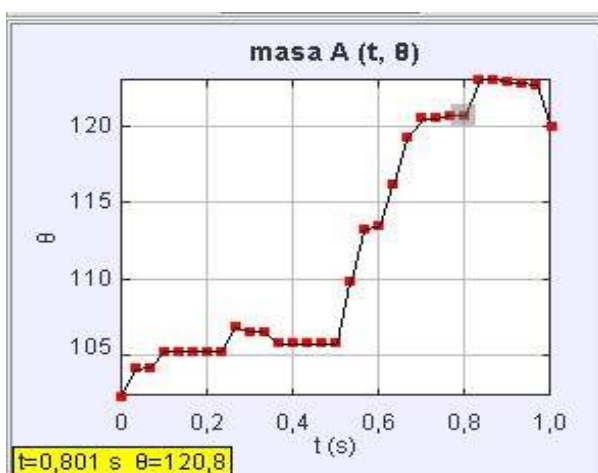
La forma de brincar del jugador fue implementada rotando la muñeca del paciente; el sensor acelerómetro capta el ángulo de inclinación al momento de rotar la mano, haciendo que este salte, esto se muestra en la figura 10.

Fig. 10. Rotación de la muñeca para salto del enemigo.



Dada la dificultad del paciente porque no puede rotar directamente la mano, él se ayuda con su otra extremidad para poder realizar el giro. Fue una desventaja para el paciente, pero se espera que con más tiempo lo haga por sí mismo. Con tracker se pudo realizar el análisis de la rotación de la mano y especificar en varios experimentos el ángulo de desplazamiento de la muñeca y lo realiza entre  $90^\circ$  y  $130^\circ$ , según el sistema de referencia escogido, esto se muestra en la figura.11

Fig. 11. Ángulo de rotación de la muñeca.



Tomando en cuenta las recomendaciones del neurólogo de no realizar pruebas demasiadas extensas, se tomó como parámetro estimar un tiempo de prueba de 5 minutos, y como máximo 5 pruebas por día, dado este parámetro y sabiendo que el enemigo sale cada 10 segundos se toma un estimado de 30 puntos si el paciente brincara todos, la tabla I muestra las pruebas en un día al azar.

Tabla 1

*Pruebas de funcionamiento*

Variable	Obs	Promedio	Std. Dev.	ConteoPuntos
P1	30	.3666667	.4901325	11
P2	30	.4	.4982729	12
P3	30	.5333333	.5074163	16
P4	30	.6666667	.4794633	20
P5	30	.6333333	.4901325	19

Como resultado en esta serie de experimentos, se muestra que entre la prueba 4 y la prueba 5 adquiere mayor experiencia, obteniendo un mayor puntaje. Se observa el trabajo realizado por el brazo izquierdo que es el objetivo del proyecto, estimulando así su motricidad.

**Conclusiones**

El videojuego al ser amigable por el ambiente de fantasía, incentiva el interés del paciente, haciendo que este le guste jugar con el sistema, obteniendo así un agrado por mover el brazo afectado, creando así nuevos caminos neuronales para el movimiento y estimulación de su motricidad fina.

Al finalizar las pruebas el brazo del niño terminaba cansado y se observó que la batería del sistema hacía contra peso en el miembro. Como conclusión final es que se puede mejorar el sistema electrónico colocando la batería no exactamente en el brazo sino en otra parte del cuerpo.



## Referencias

- Alarcón Gacitúa, G. A., Lajo Carpio, D. A. F., & Quispe Ccachuco, M. (2013). Diseño de un Controlador PID con Interfaz Gráfica de Control para un Sistema de Equilibrio Bi-hélice. *11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 1–10. Retrieved from <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/StudentPapers/SP009.pdf>
- Aymerich Franch, L. (2013). La realidad virtual como herramienta de estudio de fenómenos psicológicos y sociales. *Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas*.
- Cuesta, D. B., Cuesta, B. G., & Rodríguez-Osorio, J. J. (2014). Videojuego 3D en Unity destinado al aprendizaje del Alfabeto dactilológico, 1–162. Retrieved from [http://eprints.ucm.es/26491/1/ProjectNewDetroit\\_Tecnología e Implementación\\_Memoria\\_UCM.pdf](http://eprints.ucm.es/26491/1/ProjectNewDetroit_Tecnología_e_Implementación_Memoria_UCM.pdf)
- Díaz-hernandez, O. (2017). Un análisis cinemático del brazo humano para biomecánica, (September 2014).
- Echeverría, M. (2011). Hemiparesia izquierda secuela de un traumatismo craneoencefálico infantil. *Repo.Uta.Edu.Ec*, (1), 130. <https://doi.org/10.15517/ap.v29i119.18693>
- Espin, S. (2014). Hemiparesia izquierda a consecuencia de accidente de tránsito en adolescentes de 16 años. *Repo.Uta.Edu.Ec*, 115. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010789>.
- Fuentes, J. (2011). “ Diseño E Implementación De Un Videojuego Multiplayer Online , Utilizando El Motor Unity 3d”, 20–30.
- Gutierrez, D. J., Reyes, D. C. A., Tovar, D. M., Alzate, D. N., & Bohórquez, D. F. (2007). Rehabilitación En Trauma Craneoencefálico. *Convenio ISS- ASCOFAME*. <https://doi.org/10.1177/0149206315573998>
- Jover Torres, M. (2016). Rehabilitación del miembro superior mediante Terapia de movimiento inducido por restricción del lado sano en paciente neurológico., 30. Retrieved from [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2988/1/JOVER TORRES, MIRIAM.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2988/1/JOVER_TORRES,_MIRIAM.pdf)
- Murie-Fernández, M., Carmona Iragui, M., Gnanakumar, V., Meyer, M., Foley, N., & Teasell, R. (2012). Hombro doloroso hemipléjico en pacientes con ictus: Causas y manejo. *Neurología*, 27(4), 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2011.02.010>
- Parra, S. (2012). Diseño e implementación de un sistema de control para robots bípedos (Vol. 6, pp. 1–11). Chile.
- Repetto, A. (2007). Bases biomecánicas para el análisis del movimiento humano. *Revista ITSS SUcre*, 201–210.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2016). The Mirror-Neuron System. *Family Medicine*, 48(9), 731. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Universidad de Guadalajara, C. L. (2016). El videojuego como herramienta educativa. *Apertura*, 8(1), 136–151. Retrieved from <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/825/539>
- Yuan, T. F., & Hoff, R. (2008). Mirror neuron system based therapy for emotional disorders. *Medical Hypotheses*, 71(5), 722–726. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2008.07.004>