



**TÍTULO DEL PROYECTO: GESTURE THERAPY**

**NOMBRE DEL (LOS) PROPONENTE (S):**

Luis Enrique Sucar Succar y Roberto Abraham Valdivia Beutelspacher

**INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN / EMPRESA:**

Aldawa Technologies, S de RL MI

**ÁREAS:** TICs / SALUD

## **I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Millones de personas en el mundo sufren de enfermedad vascular cerebral (EVC) y un alto porcentaje ve afectada la movilidad de las extremidades superiores. Actualmente las personas que sufren un EVC tienen que acudir a un terapeuta y recibir la terapia convencional en una clínica u hospital; esto implica muchas veces largos viajes, costos de transporte y necesidad de la compañía de un familiar. Por lo tanto, la terapia convencional implica un alto costo para el paciente y su familia, y muchas veces deja la terapia no logrando toda la potencial recuperación. Otras empresas han desarrollado productos muy costosos para rehabilitación, cómo sistemas robóticos y exo-esqueletos; consideramos que lo que se requiere es una alternativa de muy bajo costo en particular para países como México, y que el paciente pueda hacer su terapia en casa sin un terapeuta presente.

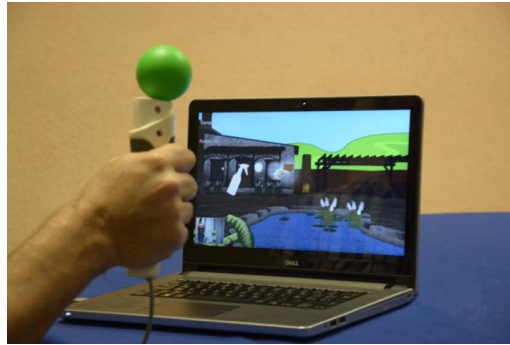
Nuestro sistema, llamado *Gesture Therapy*, basado en inteligencia artificial (IA) y gamificación, reduce el costo de la rehabilitación al evitar los traslados, espera en hospitales y disminuye los costos mismos del terapeuta. Por otro lado, es mucho más motivante comparado con la terapia tradicional lo que implica una mayor adherencia a la terapia y por consiguiente una mejor y más rápida recuperación. Esta solución también ayuda a la rehabilitación de otros padecimientos que afectan la movilidad de extremidades superiores, como la parálisis cerebral y problemas músculo-esqueléticos.

La EVC es la tercera causa de muerte en México y una de las mayores causas de discapacidad. En México existen 250,000 casos por año de EVC y millones en el mundo. Consideramos que aproximadamente el 30% de esta población podría beneficiarse de nuestro desarrollo; es decir del orden de 80,000 personas al año. Adicionalmente, también impacta a otras enfermedades como la parálisis facial que afectan el movimiento de las extremidades superiores y problemas músculo-esqueléticos. Nuestro sistema permitirá una rehabilitación más efectiva y con menor costo para un gran número de pacientes afectados con esta enfermedad y otras que limiten el movimiento de las extremidades superiores.

## **II. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

*Gesture Therapy* (GT), consiste en: (a) un sistema de software (plataforma virtual) diseñado para rehabilitación basado en juegos interactivos que simulan situaciones de la vida diaria, enfocados en lograr que el paciente realice movimientos, acciones e identifique situaciones que le permitan mejorar los movimientos de las manos y las respuestas sensoriales. Además, incluye (b) una manija especial manipulada por el paciente que detecta el movimiento del brazo y presión de la mano y (c) un sistema de administración médico para personalizar el sistema al paciente de acuerdo a su progreso y poder darle seguimiento con terapias

específicas. En la Figura 1 se muestra una persona sosteniendo la manija y en la pantalla se observa uno de los juegos que incluye la plataforma.



**Figura 1:** Se ilustra la manija y uno de los juegos del sistema.

GT es un sistema de bajo costo basado en IA, visión computacional y gamificación. Las principales ventajas competitivas de *Gesture Therapy* son: (a) alternativa de rehabilitación que puede ser usada en casa sin la necesidad de un terapeuta presente todo el tiempo; (b) único sistema que incluye un sensor de presión para ejercicios de la mano; (c) un esquema novedoso de renta mensual que lo hace muy accesible y además permite el seguimiento remoto por el médico; (d) configuración de acuerdo al estado físico de cada paciente; (e) incluye juegos serios especialmente diseñados para rehabilitación; (f) capacidad de adaptar automáticamente el nivel de dificultad de acuerdo al estado del paciente. La comercialización del sistema a nivel del paciente es con base en un esquema de renta mensual durante el tiempo de tratamiento, lo que lo hace más accesible.

Este sistema depende de las tecnologías de información y electrónica, en particular: sensores de presión y micro-controladores, software para desarrollo de juegos y para procesamiento de imágenes, sistemas de base de datos y técnicas de inteligencia artificial.

*Desarrolladores de la tecnología e Instituciones a las que pertenecen:*

Líder de investigación y desarrollo:	Dr. Luis Enrique Sucar Succar (doctor en computación, Aldawa Technologies e INAOE)
Líder de proyecto:	Dr. Roberto A. Valdivia Beutelspacher (doctor en tecnología, Aldawa Technologies)
Líder de pruebas clínicas y análisis estadístico:	Dr. Felipe Orihuela Espina (doctor en ingeniería biomédica, INAOE)
Equipo de investigación y desarrollo:	Estudiantes de maestría y doctorado de INAOE, bajo la dirección de los Drs. L. Enrique Sucar y Felipe Orihuela
Desarrolladores de software:	Estudiantes de posgrado del INAOE y de licenciatura de otras instituciones, asistentes de investigación
Asesor médico y coordinador de pruebas clínicas en INNN:	Dr. Jorge Hernández Franco (Médico especialista en rehabilitación, Inst. Nac. de Neurología y Neurocirugía)
Coordinador de pruebas clínicas en la BUAP:	Dr. Luis Carvajal (Médico especialista en rehabilitación, Hospital Univ., Benemérita Univ. Autónoma de Puebla)

El equipo combina conocimiento y experiencia en investigación en computación, desarrollo de tecnología, ingeniería y medicina; constituyendo un equipo multidisciplinario que ha permitido el desarrollo de un producto novedoso y único.

### III. VENTAJAS COMPETITIVAS DE LA TECNOLOGÍA

Análisis de los dos competidores principales:

**VirtualRehab.** Desarrollado por *VirtualWare*, creada en el año 2004 en España. En México llegó en 2013. *VirtualRehab* es una solución utilizando Kinect conectado a una PC que ofrece soluciones personalizadas de realidad virtual para terapias de pacientes con: Daño cerebral adquirido (Accidente Cerebrovascular (ictus), y otros padecimientos. El costo de VirtualRehab varía entre 5,900 y 4,140 euros de acuerdo al número de unidades. Algunas de las ventajas competitivas de Gesture Therapy (GT) vs. VirtualRehab son:

- (a) La versión para hospital de GT se estima a un precio de venta de \$90,000 MXP (aprox. 4,000 euros) ya incluyendo equipo de cómputo y monitor. VirtualRehab no incluye el equipo de cómputo que implicaría un costo adicional.
- (b) GT ofrece la opción de uso en casa a un costo muy bajo para el paciente (aproximadamente \$2500 MXP por la manija y \$200 MXP mensuales por el uso). Esta opción no la ofrece VirtualRehab.
- (c) GT incluye una manija con sensor de presión para los ejercicios de la mano,

**Nintendo Wii.** Una versión de tecnología de realidad virtual es ofrecida en el sistema Wii. Las personas se señalan como un avatar que refleja su tamaño y estatura y juegan una variedad de deportes. Aunque se han hecho algunos estudios utilizando Nintendo Wii para rehabilitación, la mayor parte de los juegos del Wii son muy difíciles para los pacientes de EVC ya que no están diseñados para rehabilitación, además de que no permite la configuración y seguimiento del médico.

Con respecto a la terapia convencional, el sistema GT presenta las siguientes ventajas:

- a) En pruebas clínicas controladas se han obtenido resultados similares con respecto a la terapia convencional en cuanto a la recuperación del movimiento de extremidades superiores (Fugl-Meyer e índice de motricidad), aunque se ha demostrado una mayor adherencia y motivación a la terapia basada en GT.
- b) Permite recibir la terapia desde cualquier lugar y en cualquier momento de forma remota, por lo que tiene un potencial de mayor penetración y alcance, ya que el paciente puede recibir terapia más frecuentemente y evitando se traslade a un centro de rehabilitación, aumentando la posibilidad de recuperación.

El costo para la fabricación de la manija a escala de producción se estima en 1,500 pesos. Los otros elementos del sistema son básicamente software, donde se considera el costo de desarrollo y mantenimiento a distribuirse entre el número de sistemas que se comercialicen. Para la versión de hospital se requiere la adquisición de equipo de cómputo, pantalla y base, así como 3 manijas, el costo total se estima en \$40,000 pesos.

El sistema GT se ha desarrollado en colaboración con el Dr. Jorge Hernández del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNN), experto en rehabilitación y jefe de la unidad de rehabilitación del INNN. En diversas pruebas clínicas con pacientes, se han obtenido muy buenos resultados, similares a los de la terapia convencional, pero con mayor motivación del

paciente. En las pruebas clínicas, prácticamente todos los pacientes han mejorado la movilidad de la extremidad afectada de acuerdo a diversas escalas clínicas, después de un mes de terapia con 3 sesiones semanales de aproximadamente una hora.

El Dr. Jorge Hernández, director de la Unidad de Rehabilitación del INNN, con reconocimiento nacional e internacional, opina favorablemente respecto a la tecnología y la ha utilizado con sus pacientes. También se tiene aceptación de diversos especialistas en otras instituciones, incluyendo al Hospital Universitario de la BUAP, el Instituto Nacional de Pediatría, y el Instituto Nacional de Rehabilitación.

#### IV. NIVEL DE DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

El sistema Gesture Therapy se encuentra en el nivel 7 del modelo de maduración tecnológica TRL, ya que se ha demostrado que la tecnología funciona al haberlo sometido a una serie de pruebas clínicas con aprox. 100 pacientes de EVC y Parálisis Cerebral.

#### V. PROPIEDAD INTELECTUAL

El sistema GT está protegido con dos patentes en México, Canadá y Europa:

“SISTEMA DE SEGUIMIENTO MONOCULAR 3D PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES DE UN PACIENTE”, MX 321798 B

MANGO PORTÁTIL PARA REHABILITACIÓN DE EXTREMIDADES SUPERIORES, MX 328165 B

Se cuenta con un sitio web de la empresa: <https://aldawatech.com/>

Así como un “blog”: <http://robotic.inaoep.mx/~foe/blog/>

Se han realizado varias publicaciones científicas y tesis de postgrado relacionadas con el desarrollo. A continuación, se listan algunas de las publicaciones:

L. E. Sucar; F. Orihuela-Espina, R. Luis-Velazquez, D. Reinkensmeyer, R. Leder, J. Hernández Franco, *Gesture Therapy: An upper limb virtual reality-based motor rehabilitation platform*, *IEEE Transaction on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 22(3):634–643 (2014)

L. Enrique Sucar, Shender Ávila-Sansores, Felipe Orihuela-Espina, User Modelling for Patient Tailored Virtual Rehabilitation. *Foundations of Biomedical Knowledge Representation* (Chapter 17) Peter Lucas, Arjen Hommerson, eds., Springer-Verlag, pgs. 281-302 (2016)

Patrick Heyer, Luis R. Castrejón, Felipe Orihuela-Espina, Luis Enrique Sucar, *Automation of motor dexterity assessment 15th IEEE Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR 2017)*, Farshid Amirabdollahian, Etienne Burdet, Lorenzo Masia, eds. (2017)

Jesús Joel Rivas, Felipe Orihuela-Espina, Lorena Palafox, Nadia Bianchi-Berthouze, María del Carmen Lara, Jorge Hernández-Franco, Luis Enrique Sucar (2018) “Unobtrusive Inference of Affective States in Virtual Rehabilitation from Upper Limb Motions: A Feasibility Study”, *IEEE Transactions on Affective Computing*, Accepted (2018)

Silvia I. Franco-Pastrana; Felipe Orihuela-Espina; Patrick Heyer-Wollenberg; Javier Herrera-Vega; L. Enrique Sucar; Luis Castrejón; Mayela Saucedo; Lorena Palafox; Jorge Hernández-Franco. *Out-ward monitoring of neurorehabilitation in subacute stroke*. In 13th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, Pervasive Health (2019)