

# SOPORT V.1.0., TECNOLOGÍA ROBÓTICA APLICADA A LA TERAPIA FÍSICA

Juan Carlos Ojeda Alarcón<sup>1</sup>, Ángel González Navarrete<sup>1</sup>, Diego de Jesús Hernández Valverde<sup>1</sup>, Dalia Patricia Ramírez Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Mazatlán, Sinaloa (MÉXICO)

## Resumen

SOPORT v.1.0., está diseñado para ayudar a que el paciente pueda realizar ejercicios pasivos de brazo para pacientes con accidente cerebro vascular o lesión en brazos, este dispositivo se presenta como una herramienta innovadora para la rehabilitación física de personas con limitaciones de movilidad en los brazos debido a accidentes cerebro-vasculares o lesiones físicas. Este soporte automatizado permite al paciente realizar ejercicios pasivos con precisión, lo que facilita la rehabilitación neuromuscular al promover la neuroplasticidad, el proceso mediante el cual el cerebro forma nuevas conexiones neuronales. El sistema está basado en tecnología Arduino, lo que permite personalizar las rutinas de terapia en términos de tiempo, flexibilidad, velocidad y repetición de los movimientos, mejorando significativamente la calidad de vida del paciente y su proceso de recuperación.

Este tipo de tecnología contribuye no solo al bienestar del paciente, sino también al trabajo de fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y familiares, quienes pueden emplear SOPORT v.1.0 como un recurso adicional para optimizar la rehabilitación en casa o en centros médicos.

Palabras clave: Arduino, automatización, rehabilitación, tecnología, terapia.

## Abstract

SOPORT v.1.0 is designed to help patients perform passive arm exercises for stroke or arm injury patients. This device is presented as an innovative tool for physical rehabilitation of people with limited mobility in their arms due to stroke or physical injury. This automated support allows the patient to perform passive exercises with precision, facilitating neuromuscular rehabilitation by promoting neuroplasticity, the process by which the brain forms new neural connections. The system is based on Arduino technology, which allows therapy routines to be customized in terms of time, flexibility, speed and repetition of movements, significantly improving the patient's quality of life and recovery process.

This type of technology contributes not only to the well-being of the patient, but also to the work of physical therapists, occupational therapists and family therapists, who can use SOPORT v.1.0 as an additional resource to optimize rehabilitation at home or in medical centers.

Keywords: Technology, arduino, rehabilitation, automation, therapy.

## 1 INTRODUCCIÓN

Con los avances tecnológicos actuales, es crucial desarrollar dispositivos que puedan asistir tanto a pacientes como a profesionales de la salud. SOPORT v.1.0 se creó bajo esta premisa, proporcionando una herramienta automatizada para realizar ejercicios pasivos de rehabilitación del brazo, esenciales para pacientes con lesiones o problemas cerebrovasculares.

SOPORT v.1.0., consiste en un proyecto que está diseñado para ser una herramienta electrónica que pueda ser un apoyo en terapias de rehabilitación para personas con problemas de movimiento o lesiones físicas en sus brazos, está integrado por un soporte para el brazo en rehabilitación el cual es usado para dar terapias usando arduino para la automatización del soporte con las rutinas que el usuario requiera.

El soporte de brazo busca ayudar a los enfermos a realizar los ejercicios que se requieren en su rehabilitación, el soporte puede ser programado conforme se requiera con movimientos flexibles de los

brazos, se puede regular el tiempo del ejercicio, grado de flexibilidad necesario, velocidad de la rutina, la automatización de las terapias permitirán al enfermo realizar de manera más segura y cómodos sus ejercicios logrando con ello una mejora de salud en menos tiempo [1].

**SOPORT v.1.0.**, está diseñado para ayudar a que el paciente pueda realizar ejercicios pasivos de brazo para pacientes con accidente cerebro vascular o lesión en brazos.

## 2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se siguió la siguiente metodología de trabajo con la finalidad de establecer una línea de acción que fuera clara y comprensible para todas las personas interesadas en el tema.

### 2.1 Objetivos

#### 2.1.1 *Objetivo General*

Crear un prototipo electrónico que pueda ayudar a las personas con problemas en sus brazos a realizar algunos ejercicios básicos para la rehabilitación de sus miembros dañados, siendo además una herramienta auxiliar para terapia física del brazo.

#### 2.1.2 *Objetivos Específicos*

- Desarrollar un prototipo para la rehabilitación de los brazos.
- Ayudar a las personas con problemas de movimiento en sus brazos.
- Crear una herramienta que pueda ser de utilidad para las personas con discapacidad motriz para llevar a cabo sus terapias.
- Crear una herramienta para médicos, terapeutas y cualquier persona que ocupe dar o tomar terapia mediante ejercicios de sus brazos con problemas de movilidad.

El uso de tecnologías avanzadas en la medicina es una realidad en constante evolución. SOPORT v.1.0 se enmarca en esta tendencia, utilizando robótica y automatización para mejorar la rehabilitación física. Tecnologías como la robótica y el análisis de movimiento están revolucionando la rehabilitación, proporcionando herramientas más eficaces y personalizadas.

El dispositivo SOPORT v.1.0 es una herramienta electrónica integrada por tecnología de punta, a continuación se menciona como está conformado y como funciona.

### 2.2 Componentes principales

- Soporte para el Brazo: Este consiste en una estructura de madera que se sujeta al brazo del paciente, permitiendo realizar movimientos controlados y seguros.
- Placa Arduino: Es un microcontrolador cuya función radica en automatizar el soporte del brazo, programando las rutinas de ejercicios necesarias para cada paciente.
- Sensores y Actuadores: Son los encargados de accionar la estructura mediante las ordenes de arduino, los sensores son los que monitorean el movimiento y los actuadores son los que ejecutan los movimientos programados.

### 2.3 Funcionamiento

**Programación de Ejercicios:** El dispositivo se programa a través de arduino con diferentes rutinas de ejercicios pasivos, que son esenciales para la rehabilitación de pacientes con parálisis de brazo o lesiones.

**Automatización:** Utilizando el Arduino, los sensores y los actuadores el dispositivo controla los movimientos del brazo, ajustando parámetros como el tiempo de ejercicio, el grado de flexibilidad y la velocidad de la rutina.

**Ejercicio Pasivo:** El dispositivo ayuda al paciente a realizar movimientos pasivos, es decir, movimientos en los que el paciente no necesita hacer esfuerzo activo, entre las rutinas más importantes en las que es útil Soport están la de flexión y extensión de codo pero sin olvidar que dichas rutinas las determina el médico del paciente. Estos movimientos ayudan a estimular el cerebro y activar la neuroplasticidad, lo que es crucial para la recuperación de la movilidad, estos ejercicios son determinados por los médicos y terapeutas del paciente.

**Seguridad y Comodidad:** La automatización permite que los ejercicios se realicen de manera segura y cómoda, reduciendo el riesgo de lesiones adicionales y mejorando la eficacia de la terapia, gracias al diseño de Soport es posible que el paciente lo adquiera y así poder tomar las terapias en casa.

## 2.4 Beneficios

**Rehabilitación Eficaz:** Ayuda a los pacientes a realizar los ejercicios necesarios para que su recuperación se realice de manera más eficiente.

**Independencia:** Reduce la necesidad de asistencia constante de terapeutas o familiares, incluso como ya se menciona por la portabilidad de Soport puede usarse en cualquier lugar sin problema, esto da la posibilidad de usarlo en casa y así poder tomar la rehabilitación de forma más frecuente.

**Personalización:** Los ejercicios pueden ser ajustados según las necesidades específicas del paciente, mejorando la personalización del tratamiento, esta es una de las principales ventajas que ofrece Soport.

## 2.5 Enfermedades en las que se puede usar como apoyo para terapias

**Accidente Cerebrovascular:** En esta ayuda a pacientes que han sufrido un accidente cerebro-vascular a recuperar la movilidad del brazo afectado.

**Lesiones Físicas:** Es útil para personas con lesiones en los brazos que requieren rehabilitación constante.

**Terapia Física:** Aquí sirve como una herramienta auxiliar para terapeutas y médicos en la administración de terapias de rehabilitación.

## 2.6 Sensores utilizados

El dispositivo **SOPORT v.1.0** utiliza varios tipos de sensores para asegurar que los ejercicios de rehabilitación se realicen de manera precisa y segura, a continuación se describe el uso que se le da:

### 2.6.1 Tipos de sensores

#### **Sensores de Movimiento (Acelerómetros y Giroscopios):**

- **Función:** Miden la aceleración y la orientación del brazo en movimiento.
- **Aplicación:** Ayudan a monitorear y ajustar los movimientos del brazo, asegurando que se realicen dentro de los rangos establecidos y con la velocidad adecuada.

#### **Sensores de Fuerza:**

- **Función:** Detectan la cantidad de fuerza aplicada por el brazo del paciente.
- **Aplicación:** Permiten ajustar la resistencia y asegurar que el paciente no esté ejerciendo demasiada fuerza, lo que podría causar lesiones.

#### **Sensores de Posición (Encoders):**

- **Función:** Miden la posición angular del brazo.
- **Aplicación:** Garantizan que el brazo se mueva a las posiciones correctas durante los ejercicios, proporcionando datos precisos sobre el rango de movimiento.

#### **Sensores de Presión:**

- **Función:** Miden la presión ejercida sobre el soporte del brazo.

- **Aplicación:** Aseguran que el soporte esté ajustado de manera cómoda y segura, evitando puntos de presión que puedan causar incomodidad o daño.

Estos sensores reciben las instrucciones a través del sistema controlado por Arduino, el cual que procesa los datos en tiempo real para ajustar los movimientos del brazo según las necesidades del paciente. La combinación de estos sensores permite que SOPORT v.1.0 ofrezca una terapia de rehabilitación personalizada, segura y efectiva.

### 2.6.2 Beneficios de los Sensores

- **Precisión:** Los sensores proporcionan datos precisos sobre los movimientos y la fuerza aplicada, lo que mejora la eficacia de la terapia.
- **Seguridad:** Monitorean continuamente las condiciones del dispositivo y del paciente, reduciendo el riesgo de lesiones.
- **Personalización:** Permiten ajustar los ejercicios según las necesidades específicas de cada paciente, optimizando los resultados de la rehabilitación.

Los sensores utilizados en SOPORT v.1.0 son fundamentales para su funcionamiento, proporcionando datos críticos que permiten realizar ajustes en tiempo real y asegurar una terapia de rehabilitación efectiva y segura.

### Estadísticas de Rehabilitación por Lesiones de Brazo en México (2023-2024).

Las lesiones de brazo son un problema significativo de salud pública en México, y la rehabilitación es crucial para la recuperación de los pacientes. A continuación, se presentan estadísticas y porcentajes sobre la rehabilitación de estas lesiones en el contexto mexicano para los años 2023 y 2024.

#### Estadísticas Generales

1. **Prevalencia de Lesiones:** En 2023, se estimó que aproximadamente 5.71% de la población mexicana sufrió lesiones no intencionales, de las cuales un porcentaje significativo corresponde a lesiones de brazo [7].
2. **Atención Médica:** De las lesiones reportadas, 62% requirió atención en servicios de salud, lo que indica una alta demanda de rehabilitación [7].
3. **Consecuencias Permanentes:** Se observó que 30.5% de las personas que sufrieron lesiones no intencionales presentaron consecuencias permanentes en su salud, lo que incluye limitaciones funcionales en el brazo [7].
4. **Lesiones por Caídas y Accidentes:** Las caídas representaron el 57.6% de las lesiones, seguidas por lesiones causadas por accidentes de tránsito (21.8%), muchas de las cuales afectan los brazos [8].
5. **Acceso a Rehabilitación:** A pesar de la alta necesidad, el acceso a servicios de rehabilitación sigue siendo limitado. En 2024, se espera que las políticas de salud pública se enfoquen más en mejorar la disponibilidad de estos servicios [9].

La rehabilitación de lesiones de brazo es un aspecto crítico de la atención médica en México. Las estadísticas indican que un número considerable de personas requiere estos servicios, y es fundamental que se implementen políticas para mejorar el acceso y la calidad de la rehabilitación, es aquí donde Soport V.1.0., toma importancia al ser una opción muy accesible al público general.

Para probar la efectividad de Soport v.1.0 se puso a disposición de una clínica de terapia física la cual después de un mes de utilizarlo nos dio a conocer su aceptación de uso del dispositivo ya que había sido de utilidad en las terapias impartidas en ese tiempo, también se destacó que se pudo aumentar el número de terapias impartidas por el ahorro de tiempo y personal que significó usar el prototipo.

En cuestión de los instrumentos de información que manejan no fue posible que nos lo compartieran de forma física debido a la privacidad de la información y más por ser información médica privada.

Pero se nos compartieron dos de los formularios que aplican a la llegada de los pacientes en la clínica:

#### Instrumento de Recolección de Información cuantitativa:

**Cuestionario sobre fractura de brazo:**

1. Datos Demográficos:
  - Nombre del paciente: \_\_\_\_\_
  - Edad: \_\_\_\_\_
  - Sexo:  Masculino  Femenino
2. Historial Médico:
  - ¿Ha tenido fracturas previas?  Sí  No
  - ¿Sufre de alguna enfermedad ósea (ej. osteoporosis)?  Sí  No
3. Actividad Física:
  - ¿Practica deportes regularmente?  Sí  No
  - Si es así, ¿cuáles? \_\_\_\_\_
4. Factores de Riesgo:
  - ¿Fuma?  Sí  No
  - ¿Consume alcohol?  Sí  No
  - ¿Toma algún medicamento que afecte la salud ósea?  Sí  No
5. Síntomas Previos:
  - ¿Experimentó dolor en el brazo antes de la fractura?  Sí  No
  - Si es así, ¿por cuánto tiempo? \_\_\_\_\_
6. Impacto en la Vida Diaria:
  - ¿Cómo ha afectado la fractura su capacidad para realizar actividades diarias? (Escala del 1 al 5, donde 1 es “sin impacto” y 5 es “impacto severo”)
  - ¿Ha requerido ayuda para actividades cotidianas?  Sí  No
7. Seguimiento Médico:
  - ¿Ha asistido a sesiones de rehabilitación?  Sí  No
  - ¿Cuántas sesiones ha tenido? \_\_\_\_\_
8. Tipo de Fractura que presenta:
  - Húmero
  - Radio
  - Otro: \_\_\_\_\_
9. Causa de la Fractura:
  - Accidente
  - Deporte
  - Caída
  - Otro: \_\_\_\_\_
10. Tratamiento Propuesto:
  - Quirúrgico
  - Conservador
  - Otro: \_\_\_\_\_
11. Tiempo Esperado de Recuperación:
  - \_\_\_\_\_ semanas.

La aplicación de este cuestionario a la llegada a ala clínica puede proporcionar una visión más completa del contexto de las fracturas de brazo y ayudar a identificar patrones o factores de riesgo asociados.

### 3 RESULTADOS

El desarrollo de SOPORT v.1.0 ha demostrado que la automatización de los ejercicios de rehabilitación puede ser una herramienta eficaz para mejorar la movilidad en pacientes con disfunciones motoras. Este prototipo ofrece un enfoque práctico y accesible para complementar las terapias tradicionales, optimizando la recuperación de los pacientes.

SOPORT v 1.0., cumplió con todos los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto, el crear este proyecto desde cero nos llevo a aprender nuevas cosas en diferentes áreas como electrónica, robótica, terapia física que nos ayudara poder desarrollar este proyecto y que se cumplieran claramente las metas planteadas.

El resultado comentado por los médicos y terapeutas que probaron el dispositivo es muy satisfactorio ya que fue una herramienta de apoyo para la rehabilitación de las personas, se tuvo un significativo ahorro de tiempo, se pudo incrementar el número de terapias y sesiones que se tuvieron, se notaron avances significativos en la recuperación del paciente, estos son parte de los puntos que se consideraron para dar como veredicto un resultado exitoso para el dispositivo diseñado.

El impacto a nivel social en diversas áreas que el proyecto **SOPORT v.1.0** puede generar se pueden enumerar los siguientes puntos:

- **Mejora de la Calidad de Vida:** Facilita la rehabilitación eficiente de pacientes con problemas de movilidad en los brazos, mejorando su calidad de vida y autonomía [2].
- **Apoyo a Profesionales de la Salud:** Actúa como una herramienta auxiliar para médicos y terapeutas, reduciendo su carga de trabajo y permitiendo una atención más personalizada [3].
- **Inclusión Social:** Promueve la independencia de personas con discapacidades motoras, facilitando su integración en la sociedad y mejorando su autoestima [4].
- **Innovación y Desarrollo Tecnológico:** Fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la salud, promoviendo la colaboración interdisciplinaria [5].
- **Impacto Económico:** Contribuye a la reducción de costos en el sistema de salud y genera nuevas oportunidades de empleo en sectores tecnológicos y de salud [6].
- **Conciencia y Educación:** Aumenta la conciencia sobre la importancia de la fisioterapia y la rehabilitación, educando a la sociedad sobre las necesidades de las personas con discapacidades motoras.

**SOPORT v.1.0** puede influir positivamente en la sociedad, mejorando la calidad de vida de los pacientes, apoyando a los profesionales de la salud, promoviendo la inclusión social, fomentando la innovación tecnológica, impactando económicamente y aumentando la conciencia y educación sobre la rehabilitación física.

Ante los beneficios que tiene el proyecto se tienen planes para expandir el uso de **SOPORT v.1.0** a otras extremidades del cuerpo, como las piernas y las manos, esta expansión permitiría que el dispositivo no solo ayude en la rehabilitación de los brazos, sino también en otras áreas que requieren terapia física, ampliando así su impacto y utilidad en el campo de la rehabilitación.

La idea en general se ha consolidado al grado que se piensa desarrollar herramientas similares que puedan ser utilizadas para realizar ejercicios de rehabilitación, lo que podría beneficiar a un mayor número de pacientes con diversas necesidades de rehabilitación, esto implicaría la adaptación y mejora de la tecnología utilizada en **SOPORT v.1.0** para asegurar su efectividad y seguridad en otras aplicaciones.

## 4 CONCLUSIONES

SOPORT v 1.0. nos llevo a conocer y aprender diferentes técnicas de desarrollo para la construcción y diseño de diversos modelos que se hicieron buscando llegar al que diera el mejor resultado.

Este tipo de proyectos involucra diversos sistemas completos de conocimiento, enriquecidos en teorías y técnicas de investigación que involucran grupos interdisciplinarios que aportan otros conocimientos, como las áreas de la mecánica, electrónica, robótica y terapia física.

En general, los avances tecnológicos pueden mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes y ayudar a los fisioterapeutas a proporcionar tratamientos más eficaces y personalizados. Es importante tener en cuenta que la investigación y el desarrollo de estas técnicas están en curso, por lo que aún se necesitan más estudios para determinar aumentar de manera singular su efectividad y seguridad.

## REFERENCIAS

- [1] M. J. Johnson and X. Feng, “Robotic Systems for Rehabilitation: A Review,” *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 57, no. 2, pp. 123-134, 2020.
- [2] Fundación Adsis, “Prevención de tecnoadicciones,” 2023. [Online]. Available: <https://www.fundacionadsis.org/es/programas/prevencion-de-tecnoadicciones>.
- [3] P. Fanlo, “La importancia de la innovación social en tecnologías para la rehabilitación del daño cerebral,” *Navarra.es*, 2024. [Online]. Available: <https://www.navarra.es/es/-/nota-prensa/la-consejera-fanlo-subraya-la-importancia-de-la-innovacion-social-en-una-jornada-sobre-tecnologias-para-la-rehabilitacion-del-dano-cerebral>.
- [4] Fundación Adecco, “Las Nuevas Tecnologías al servicio de la discapacidad,” 2024. [Online]. Available: <https://fundacionadecco.org/blog-diversidad-inclusion/las-nuevas-tecnologias-al-servicio-de-la-discapacidad/>
- [5] NICHD, “¿Cómo beneficia la tecnología de rehabilitación a las personas con discapacidad?,” 2024. [Online]. Available: <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/rehabtech/informacion/ayuda>.
- [6] NTT Data Foundation, “7 proyectos sociales tecnológicos, finalistas de eAwards España 2024,” 2024. [Online]. Available: <https://hazrevista.org/innovacion-social/2024/08/siete-proyectos-sociales-tecnologicos-finalistas-eawards-espana-2024/>
- [7] E. Marín-Mendoza et al., “Impacto de las lesiones accidentales e intencionales en México,” *Gaceta médica de México*, vol. 159, no. 6, pp. 582-590, 2023. DOI: 10.24875/gmm.23000377.
- [8] “Estadísticas de Salud en Establecimientos Particulares,” INEGI, 2021. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/salud/doc/salud\\_2021\\_notas\\_tecnicas.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/salud/doc/salud_2021_notas_tecnicas.pdf)
- [9] “La Importancia de la Recuperación Deportiva en México,” *Globemédica*, 2023. <https://globemédica.com.mx/la-importancia-de-la-recuperacion-deportiva-en-mexico-estadisticas-y-datos-medicos/>