



## **Universidad Modelo**

*Escuela de Ingeniería*

*Licenciatura en Ingeniería Biomédica*

### **Proyectos III**

**Docente:**

*Ing. Rutilio Nava Martínez*

## **DESARROLLO DE UN ROBOT ASISTENTE PARA LA TERAPIA DE REHABILITACIÓN EN NIÑOS**



### **Integrantes del equipo:**

*Castro Canchola Ana Cristina*

*Escalante Espinoza Samantha*

*Jerez Gómez Gabriela*

*Sarao Sánchez Jesús Alejandro*

*Vázquez Guillen Haydeé Alejandra*

**Fecha:**

*08/11/2024*

## **ROBOTHERAPY: Desarrollo de un robot asistente para la terapia de rehabilitación en niños.**

La motricidad es fundamental para el desarrollo integral del ser humano, ya que implica no solo la capacidad de ejecutar movimientos, sino también la coordinación, creatividad e intuición que permiten el control consciente del cuerpo. En palabras de Pacheco (2016), “El aprendizaje es experiencia, a través de los sentidos y de las sensaciones que se perciben durante los movimientos que se ejecutan, ya que a través de ello conocemos y se experimenta el mundo que nos rodea, de lo cual surge el desarrollo del pensamiento, creatividad, ideas motoras y aprendizaje mental”. Esto subraya la importancia de la motricidad desde la infancia, donde su desarrollo se convierte en un aspecto crucial para la interacción con el entorno y el aprendizaje.

Sin embargo, diversas patologías comprometen esta capacidad en gran parte de la población infantil a nivel mundial. Según González (2017), “La debilidad o pérdida de la motricidad de algunas partes del cuerpo es la consecuencia de daño neurológico o del sistema nervioso, los individuos afectados requieren de rehabilitación para recuperar su motricidad”.

Enfermedades como la parálisis cerebral infantil (PCI), los trastornos del espectro autista (TEA), la distrofia muscular de Duchenne y la parálisis obstétrica del plexo braquial (PBO) afectan la capacidad de movimiento, limitando la independencia y calidad de vida de los niños que las padecen. Aunque estas condiciones no tienen cura, investigaciones han demostrado que las terapias de rehabilitación pueden mejorar considerablemente la calidad de vida de estos pacientes, ayudándoles a recuperar en parte su capacidad motora (Stavsky et al., 2017).









Según González-León y González-Olgún (2024), las intervenciones motoras más efectivas incluyen el uso de tecnologías innovadoras como la actividad física personalizada, los videojuegos y la realidad virtual. Estas herramientas permiten que las terapias sean más atractivas y efectivas, promoviendo una mayor participación del niño en su proceso de recuperación.



Existentes distintos robots de asistencias tales como Robots tipo muñeco de apariencia infantil como NAO J González, Pulido, Fernández, (2017). con brazos y piernas se usa como terapia frente al autismo, o como estímulo psicomotor en la realización de ejercicios por imitación, ya sea porque mediante sus cámaras es capaz de imitar el movimiento del usuario, para que éste se vea reflejado en el robot, como al revés, realizando ejercicios programados para que los repita el usuario.

Teniendo en cuenta esta información, surge la idea de desarrollar una solución tecnológica que complemente las terapias de niños con discapacidades motoras. El presente proyecto propone el desarrollo de un robot asistente para la terapia de rehabilitación infantil, controlado mediante los gestos corporales del paciente. Este enfoque busca no solo mejorar la efectividad de las terapias, sino también incrementar la motivación y promover el compromiso.

## Avances materiales y métodos

### Lista de materiales

Material	Descripción	Imagen
<b>Raspberry Pi 5 8Gb</b>	Es un miniordenador de mono placa que puede utilizarse para realizar diversas tareas.	
<b>Driver PCA9685</b>	Controlador que alimenta a los servomotores e interpreta/ejecuta órdenes de movimiento provenientes de forma directa o programada.	
<b>Servomotor MG996R</b>	Actuador eléctrico que permite controlar con precisión la posición angular, velocidad y movimiento de eje.	
<b>Servomotor MG995</b>	Actuador eléctrico que permite controlar con precisión la posición angular, velocidad y movimiento de eje.	
<b>Tarjeta MicroSD 64 Gb</b>	Dispositivo que almacena información extra de dispositivos portátiles de manera digital, ya sea videos, imágenes, datos, etc.	
<b>Cámara 8Mp</b>	Dispositivo que obtiene imágenes con una resolución de aproximadamente 3840 x 2160 píxeles.	
<b>Enfriador Activo</b>	Ventilador de temperatura controlada y disipador de calor de aluminio que regula la temperatura de la Raspberry PI 5.	
<b>Fuente de Alimentación</b>	Dispositivo que suministra el voltaje y la corriente que requiere cada parte del sistema que está alimentando para su correcto funcionamiento.	

<b><i>Adaptador micro HDMI a HDMI</i></b>	Adaptador que permite conectar dispositivos con salida mini HDMI a monitores o pantallas con entrada HDMI.	
<b><i>Piezas impresas en PLA</i></b>	Piezas del robot impresas en 3D con PLA.	

*Tabla 1. Lista de materiales con descripción.*

## **Metodología**

### **1. Análisis de puntos de referencia de la silueta**

Para poder interpretar los movimientos y gestos corporales del paciente, y convertirlos en comandos utilizables por nuestro robot, se utiliza un código de Python que aplica inteligencia artificial de análisis de imagen, para poder detectar puntos específicos de la silueta del paciente, y determinar cuál es su posición exacta a través de coordenadas. Una vez trazados los puntos de referencia, con apoyo de las librerías *MediaPipe* y *OpenCV*, se envían instrucciones a los motores de GinoTherapist, para que éste pueda moverse.

### **2. Sistema de control de servomotores**

GinoTherapist utiliza un sistema de control de servomotores, para poder replicar los movimientos que realiza el ser humano con sus articulaciones. Para desempeñar esta función, se utilizó Python para codificar el comportamiento de los servomotores en función de la orden recibida por el algoritmo de análisis de la postura del paciente.

### **3. Diseño de GinoTherapist**

Para el diseño de GinoTherapist, se utilizó el Software de CAD *Fusion360*. GinoTherapist, al ser un robot humanoide, cuenta con extremidades inferiores y superiores, dos brazos, dos piernas, así como un torso, y una cabeza. GinoTherapist, utilizará llantas de tipo oruga para poder desplazarse por su entorno, mientras que utiliza servomotores para poder realizar movimientos finos como levantar los brazos, inclinarse y utilizar las manos.

### **4. Comandos basados en gestos corporales**

Se implementaron estiramientos sencillos de realizar para niños con discapacidad motriz (Investigación, 2023). Se propone mejorar la movilidad de niños mediante un esquema de sesiones de terapia en la cual se integra una variedad de movimientos (Véase la tabla 1).



Terapia activa	Acción de Gino	Imagen
Al levantar los brazos frontalmente GinoT se moverá hacia adelante		
Al levantar los brazos lateralmente GinoT se moverá hacia atrás		
Al levantar los brazos hacia arriba GinoT se dirigirá hacia la derecha		
Al realizar una flexión de codos GinoT se dirigirá a la izquierda		
Al flexionar la rodilla GinoT levantará su brazo derecho		

TABLA DE COMPORTAMIENTO

Tabla 1. Sistema de comandos por medio de gestos corporales.

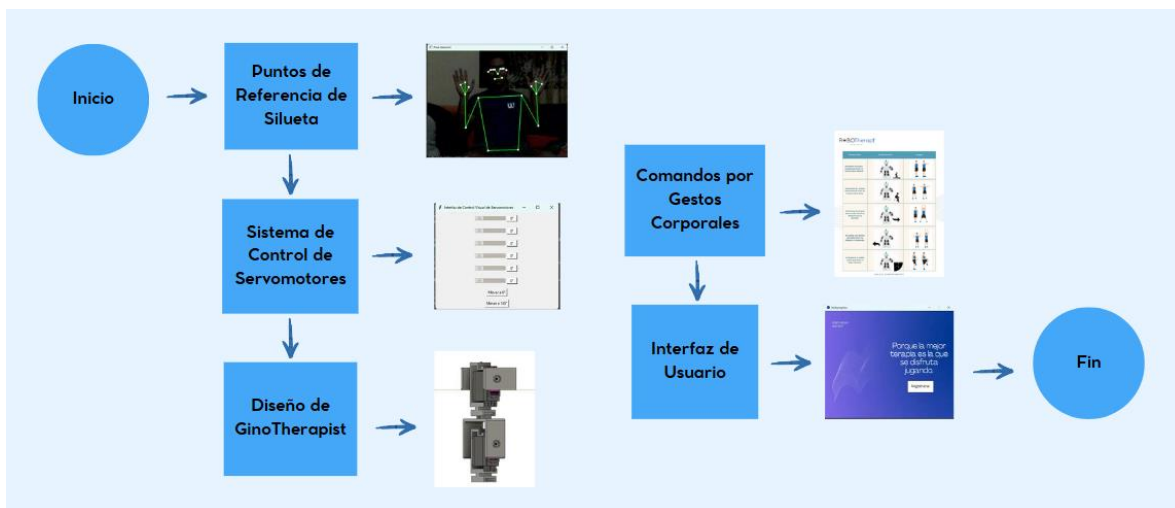
5. Interfaz de Usuario

Se desarrolló una interfaz gráfica en Processing, utilizando el lenguaje de programación Java. Para crear esta interfaz, primero se definieron las variables, que se declaran en la parte superior del código y permiten manejar la interfaz, controlar las pantallas y almacenar la información del usuario. También se utilizan variables para controlar la escritura, la posición

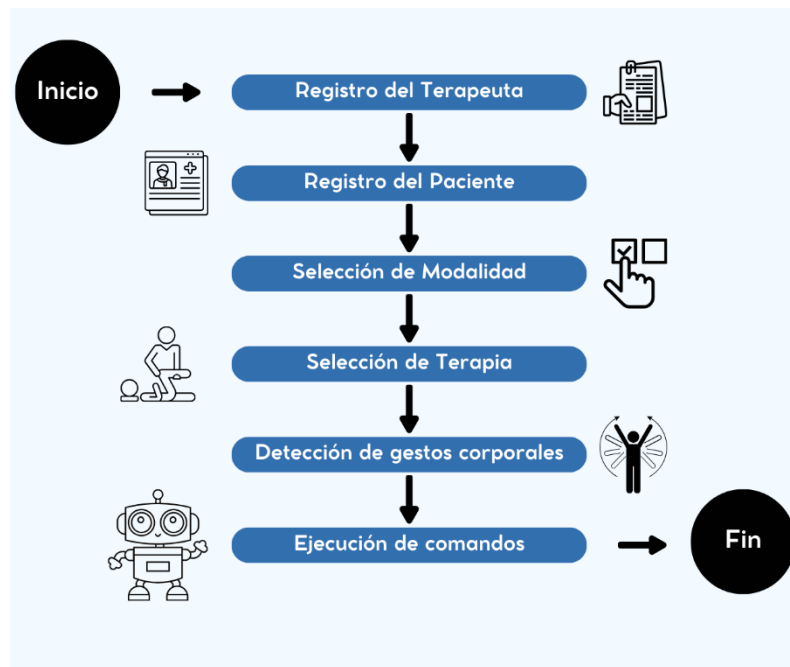
del cursor en cada campo de texto y el cursor intermitente. En la función "setup", se establece el tamaño de la ventana, se configura el estilo del texto y se carga la imagen de bienvenida, entre otros elementos de configuración inicial. Al ejecutar el código, lo primero que aparece es la pantalla de bienvenida, la cual incluye una imagen de fondo y un botón que dice "Registrarse", el cual lleva a la pantalla de registro. En esta pantalla, el usuario tiene dos opciones: puede introducir su nombre de usuario, contraseña y correo electrónico en los campos correspondientes o, si ya está registrado, puede seleccionar el botón "Iniciar sesión" en la parte inferior, que lo dirige a la pantalla de inicio de sesión.

La pantalla de inicio de sesión muestra los campos de usuario y contraseña, para que los usuarios registrados puedan acceder sin necesidad de pasar nuevamente por el proceso de registro.

## 6. Diagrama de bloques de la metodología



## 7. Diagrama de bloques del funcionamiento de GinoTherapist



## Resultados

Para declarar los avances obtenidos hasta el momento en el desarrollo de GinoTherapist, se realizó la siguiente división por puntos clave:

### A. Sistema de Control de Servomotores:

Se desarrolló una interfaz de usuario programada en Python, para controlar los servomotores que serán utilizados en las articulaciones del robot. El sistema está diseñado para ser ejecutado en una tarjeta de desarrollo *Raspberry Pi 5*, que facilitará el manejo de los componentes del robot asistente, para eficientar la terapia de rehabilitación.

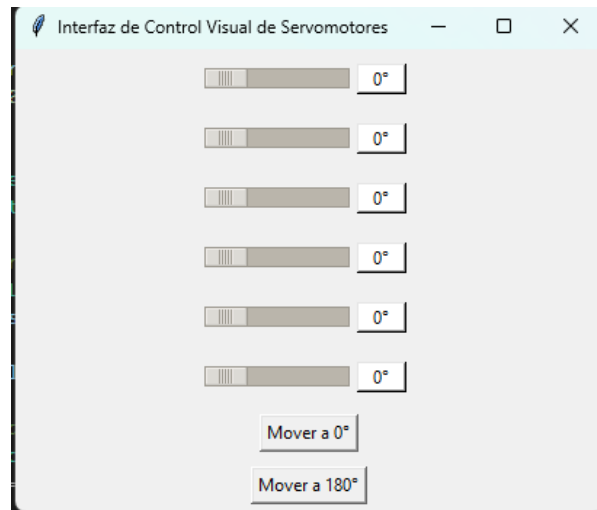


Fig. 1. Interfaz de Usuario para el control de servomotores.

### B. Interfaz de Registro para Terapeutas:

Utilizando el software llamado *Processing*, se desarrolló una interfaz de usuario (UI) que permite que el terapeuta responsable de la terapia pueda registrarse en una base de datos. La interfaz ofrece un sistema de acceso a las funciones que desempeñará el robot asistente, ajustando la terapia según las necesidades de cada paciente.

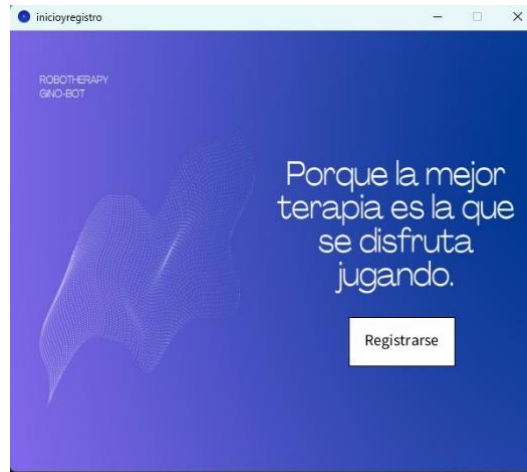


Fig. 2. Interfaz de Usuario para el registro del terapeuta.

### C. Detección de Postura mediante Inteligencia Artificial:

Para poder detectar los puntos de referencia en la postura del paciente se codificó un programa en Python que aplica librerías como *MediaPipe* y *OpenCV*, que aplican algoritmos de inteligencia artificial para analizar imágenes. El sistema logra identificar 33 puntos específicos de referencia en el cuerpo, desplegando las coordenadas en el eje “x” y “y”, que sirven como base para generar comandos que el robot asistente ejecutará, promoviendo la interacción dinámica y personalizada.

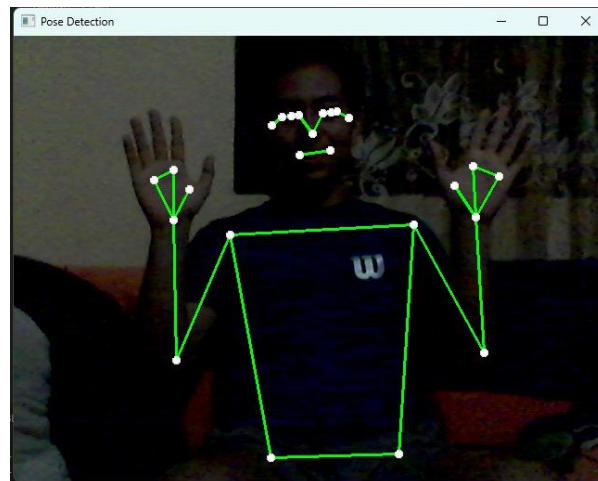


Fig. 3. Detección de postura.

#### D. Progreso en el Diseño 3D del Robot:

Se realizaron avances en el diseño 3D de *GinoTherapist*, específicamente en el modelado de sus extremidades superiores e inferiores.



Fig. 4. Brazo del robot.

#### E. Esquema de Movimiento para “GinoTherapist”:

Por último, se diseñó un esquema que define cuáles son los movimientos que el usuario debe realizar para que el robot se desplace a través de un circuito prediseñado para la terapia.











Terapia activa	Acción de Gino	Imagen
Al levantar los brazos frontalmente GinoT se moverá hacia adelante		
Al levantar los brazos lateralmente GinoT se moverá hacia atrás		
Al levantar los brazos hacia arriba GinoT se dirigirá hacia la derecha		
Al realizar una flexión de codos GinoT se dirigirá a la izquierda		
Al flexionar la rodilla GinoT levantará su brazo derecho		

TABLA DE COMPORTAMIENTO

Fig. 5. Esquema de comandos por movimiento.

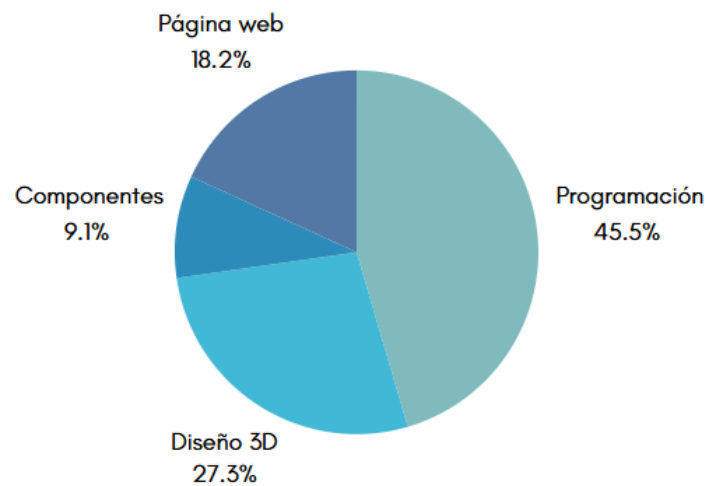


Fig. 6. Gráfica de carga de trabajo.

## REFERENCIAS

1. Arnal, M., Aldonza, S., Palacio, G., Taberner, J., Hernández, L., Baldellou, A. (2023). Artículo monográfico: enfoque fisioterapéutico de la parálisis cerebral infantil. Revista Sanitaria de Investigación. <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/articulo-monografico-enfoque-fisioterapeutico-de-la-paralisis-cerebral-infantil/>
2. González, J. (2017). A three-layer planning architecture for the autonomous control of rehabilitation therapies based on social robots, Cognitive Systems. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2016.09.003>.
3. González-León, N., González-Olguín, A., (2024). Estrategias de intervención motora sobre el control postural en niños y jóvenes con trastorno del espectro autista: una revisión sistemática. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2023.100820>
4. José Carlos González, José Carlos Pulido, Fernando Fernández, (2017). A three-layer planning architecture for the autonomous control of rehabilitation therapies based on social robots, Cognitive Systems Research, <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2016.09.003>.
5. Pacheco, R. (2016). Teoría sobre el movimiento (2.a ed.). Trillas.
6. Stavsky, M., Mor, O., Mastrolia, S., Greenbaum, S., Than, N., Erez, O. (2017). Cerebral Palsy-Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention. Doi: 10.3389/fped.2017.00021.