

# Diseño y Simulación de un Brazo Robótico para la rehabilitación física de miembro superior

Rubén D. Panduro, *IEEE Member*, Juan A. Obregon, Manuel A. Zegarra

Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica

Universidad Ricardo Palma

**Resumen**— La tecnología está cambiando la forma en que nosotros, los seres humanos, nos relacionamos con el mundo a nuestro alrededor. Esto es especialmente cierto en el campo de la medicina, donde un número cada vez mayor de dispositivos y técnicas están siendo desarrollados para mejorar el cuidado de la salud y el bienestar de los pacientes. Un ejemplo de esto es el brazo robótico para tratamiento de rehabilitación física, que está revolucionando la forma en que se realiza este tipo de terapia.

El uso de la robótica en la rehabilitación es un enfoque prometedor para restaurar la movilidad de los pacientes con extremidades paralizadas. Al controlar con precisión el movimiento del brazo robótico, los médicos pueden realizar exactamente los ejercicios de rehabilitación más adecuados para el paciente en cuestión. En combinación con otras medidas fisioterapéuticas, la robótica puede ser una valiosa ayuda para restablecer el movimiento normal. Esto se debe a que puede ofrecer una gran cantidad de beneficios para los pacientes. Por ejemplo, puede ayudar a los pacientes a recuperar el movimiento en las extremidades inferiores. También puede ayudar a mejorar la fuerza y la resistencia en los músculos. Después de una lesión o enfermedad, la rehabilitación física es crucial para recuperar la movilidad y el funcionamiento de las extremidades. A veces, esto puede significar el uso de un brazo robótico para ayudar a los pacientes a volver a realizar tareas cotidianas. Los brazos robóticos para la rehabilitación física están diseñados para imitar el movimiento natural del brazo humano. Esto les permite a los pacientes realizar una variedad de movimientos, como agarrar objetos o levantar pesas. **El uso de brazos robóticos en la rehabilitación de extremidades dañadas es una técnica relativamente nueva, pero ya se ha demostrado que es muy efectiva. Los pacientes que han utilizado este tipo de dispositivo han mejorado significativamente su capacidad para realizar actividades cotidianas, lo que demuestra que el brazo robótico puede ser una gran ayuda para la medicina.**

**Palabras Clave**— *rehabilitación física, brazo robótico*

**Abstract**— Technology is changing the way we human beings relate to the world around us. This is especially true in the field of medicine, where an increasing number of devices and techniques are being developed to improve the health care and well-being of patients. An example of this is the robotic arm for physical rehabilitation treatment, which is revolutionizing the way in which this type of therapy is performed. The use of robotics in rehabilitation is a promising approach to restore mobility in patients with paralyzed limbs. By precisely controlling the movement of the robotic arm, clinicians can perform exactly the most appropriate rehabilitation exercises for the patient in question. In combination with other physiotherapy measures, robotics can be a valuable aid in restoring normal movement. This is because it can offer a large number of benefits for patients. For example, it can help patients regain movement in the lower extremities. It can also help improve strength and endurance in muscles.

After an injury or illness, physical rehabilitation is crucial to regain mobility and function of the extremities. Sometimes this can mean using a robotic arm to help patients get back to doing everyday tasks. Robotic arms for physical rehabilitation are designed to mimic the natural movement of the human arm. This allows patients to perform a variety of movements, such as grasping objects or lifting weights. The use of robotic arms in the rehabilitation of damaged limbs is a relatively new technique, but it has already been shown to be highly effective. Patients who have used this type of device have significantly improved their ability to perform daily activities, which shows that the robotic arm can be a great help for medicine.

**Keywords**— *physical rehabilitation, robotic arm*

## I. INTRODUCTION

Las manos robóticas orientadas a la rehabilitación física suelen ser muy eficiente al momento de cumplir con su propósito. Las dimensiones específicas al momento del diseño son fundamentales para que el rendimiento de este llegue a niveles óptimos.

El desarrollo del sistema electrónico este proyecto, consiste en un módulo Nrf24l01 para la comunicación entre el Arduino nano donde se ha descargado la programación correspondiente y se encuentran conectados los sensores Flex, encargados de determinar la resistencia que se produce al momento de flexionar los dedos de la mano, y el receptor donde se encuentra conectados los servomotores que permitirán el movimiento de los dedos, el tiempo de funcionamiento de los servomotores es controlado por la resistencia generada en los sensores Flex. En otras palabras, podemos decir que la resistencia generada en los sensores Flex determinará el ángulo de giro que permitirá el movimiento de los dedos de la mano robótica.



Figura 1: Proyecto ensamblado (Guante y brazo robótico)

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La mano robótica está compuesta por cinco servomotores los cuales transmiten el movimiento a través de hilos de nailon a cada uno de los dedos, haciendo la función de tendones y músculos de la mano humana real. La mano robótica desarrollada de caracteriza por tener movimiento en un solo plano en YZ.

### A. Diseño de Piezas en SolidWorks

Para la realización de este proyecto, se inició con el diseño de cada una de las piezas, con el software SolidWorks. Luego de tener las piezas se pasó a realizar un ensamblado previo, con el objetivo de verificar si las piezas se adecuaban correctamente entre ellas.

### B. Elaboración de Piezas en Impresión 3D

Para realizar la simulación de la creación de piezas en impresión 3D, utilizamos el software Ultimaker Cura 4.8.0, en el cual primero copiamos el archivo en stl y luego ponemos las propiedades que deseamos para que se realice la impresión. Finalmente, en el mismo software se puede ver la simulación de la pieza seleccionada.

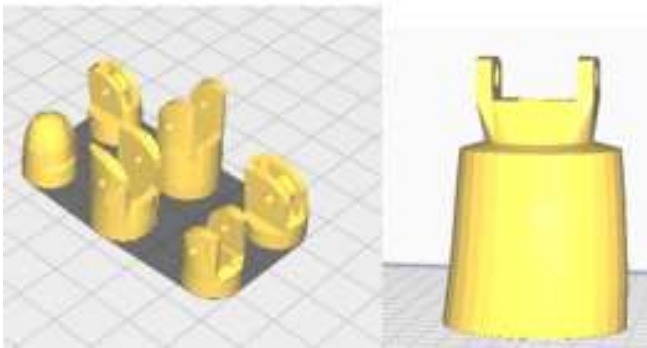


Figura 2: Diseño de los dedos y muñeca en Ultimaker Cura

### C. Sistema Mecánico

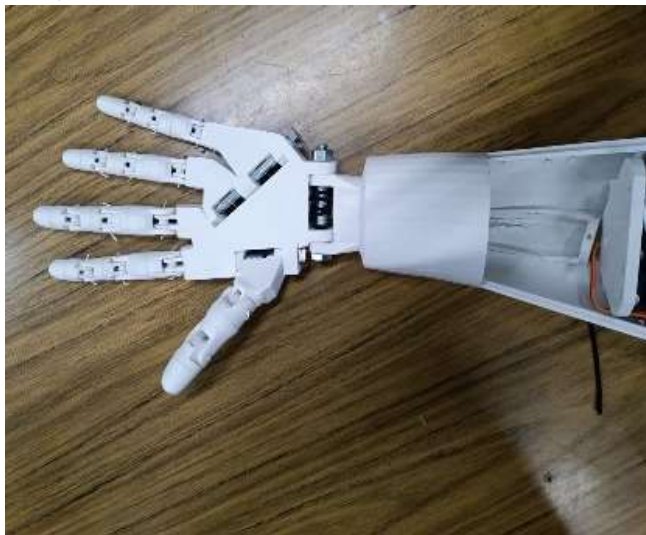


Figura 4: Ensamble de las piezas 3D

### D. Sistema Electrónico

El sistema electrónico del Transmisor está compuesto por los sensores Flex conectados en los pines analógicos del Arduino Nano con su respectiva resistencia y para la parte de protocolo de conexión de Arduino Nano con el módulo de radiofrecuencia son en los pines digitales. Asimismo, las conexiones VCC y GND del módulo nRF24L01 son utilizados con el pin de 3.3V del Arduino.

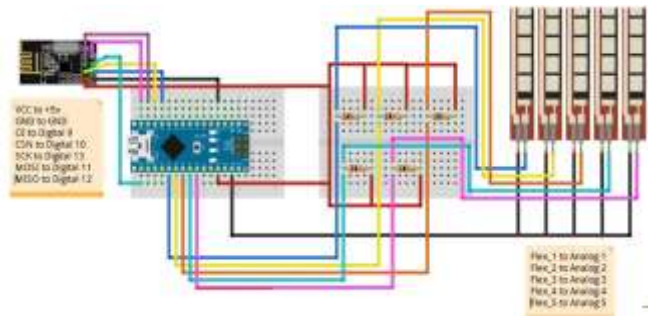


Figura 5: Sistema Electrónico del Transmisor

El sistema electrónico del Receptor está compuesto por los servos conectados en los pines analógicos del Arduino Nano con su respectiva conexión de corriente a batería externa y para la parte de protocolo de conexión de Arduino Nano con el módulo de radiofrecuencia son en los pines digitales. Asimismo, las conexiones VCC y GND del módulo nRF24L01 son utilizados con el pin de 3.3V del Arduino.

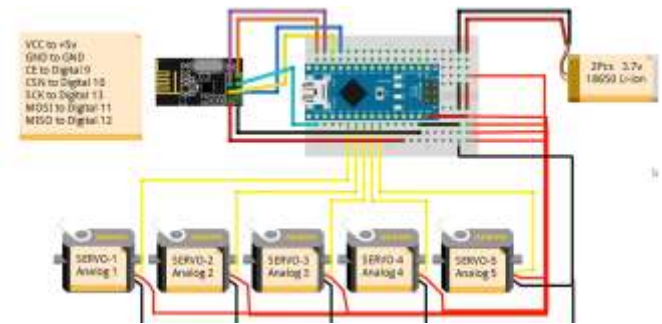


Figura 6: Sistema Electrónico del Receptor

### E. Programación

En la parte de la programación se realizó para ambos Arduino Nano ya que uno realiza la función de maestro y el otro de esclavo; usando así los módulos de radio-frecuencia.

Respecto a la parte del transmisor, se colocaron las librerías, también se declararon las variables para cada Flex utilizado para repetir el movimiento de los dedos, luego la parte de comunicación y los parámetros de variación de resistencia y grados de giro, y por último los mensajes enviados mediante radiofrecuencia.

Respecto a la parte del receptor, se colocaron las librerías, también se declararon las variables para cada servo, luego la parte de comunicación y los pines digitales de entrada, y por último realiza la lectura de los mensajes enviados por el transmisor para realizar la acción.

### F. Costos

Para la parte de costos se realizó la siguiente tabla:

Material	Costo
Impresión 3D	S/200,00
Modulo nrf24l01 (2unidades)	S/50,00
Sensor Flex 2.2	S/275,00
Resistencia 10k	S/0,50
Porta pila	S/2,20
Batería	S/3,50
Arduino Nano(2unidades)	S/76,00
Cables	S/15,00
Servomotor MG996R(5)	S/150,00
Protoboard	S/20,00
Otros	S/100,00
TOTAL (Aproximado)	S/892,20 (= S/900)

Tabla 1: Costo de los equipos, implementos e impresión.

### III. PRUEBAS Y RESULTADOS

Luego de ensamblar todos los componentes electrónicos, mecánicos y programación. En la prueba realizada podemos apreciar un pequeño inconveniente y es que el adaptador inalámbrico presentó fallas al parecer al momento de realizar las pruebas, dificultando el análisis de los resultados. Por esa razón realizamos una conexión directa en el sistema de la mano robótica. Y se puede apreciar que, en efecto, la programación y todo el conjunto responde a lo pedido. Con eso podríamos decir como resultado es un éxito nuestro sistema de brazo robótico.

Cómo dato adicional, dado que el proyecto final funciona sin módulos inalámbricos, queremos adicionar que si buscamos realizar el correcto funcionamiento espejo debemos usar el protocolo I2C en los Arduino, esto haría que el sistema sea alámbrica del brazo, este protocolo se pone en funcionamiento usando los pines SCK y SDA del Arduino.

### IV. CONCLUSIONES

La principal ventaja de nuestro dispositivo desarrollado es su bajo costo, debido a que hay muchos productos similares al nuestro, pero con un costo elevado de miles de dólares, o inclusive la renta que asciende los 100 dólares mensuales, y respecto a nuestro proyecto se concluye que es de bajo costo y va dirigido a una población de un poderío económico no alto.

Otra conclusión para destacar es su peso y su tamaño, lo cual es meramente estético, pero tiene una gran importancia a la hora de adaptarse a una prótesis, pues ayuda a que el usuario se sienta cómodo con ella.

### AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos al docente Dr. Ing. Ricardo J. Palomares Orihuela por enseñarnos la asignatura de modelamiento de robots que nos impulsó a elaborar este Proyecto y a nuestros compañeros Leonardo Monteverde, Steven Campos y Shariff Aspilcueta que también intervinieron en la parte de ensamble de la mano robótica y el presupuesto para la adquisición de las piezas.

### REFERENCIAS

- [1] Maturana, J. (2014). Xataka. Obtenido de Xataka: <http://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-hay-sobre-la-mesa-y-lo-que-puedes-esperar-de-ellas>
- [2] Burón, D. (Noviembre de 2013). Silicon. Obtenido de Silicon:
- [3] <http://www.silicon.es/impresion-tridimensional-llega-el-futuro-de-los-sistemas-de-produccion-49043>
- [4] Dorador, J. M, y Rios, P., Robótica y Prótesis inteligentes. Revista Digital Universitaria, Vol. 6, pp. 1-15, 1067-6079. [ed.] UNAM, 2004.H.S. Lee, S.L. Chang. "Development of a cad/cae/cam system for a robot manipulator". Journal of Materials Processing Technology, núm. 140, 2003, pp. 100-104.
- [5] Ramirez, J. & Rubiano, A. (2012). Modelamiento matemático de la cinemática directa e inversa de un robot manipulador de tres grados de libertad. Ingeniería solidaria, 8(15).
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>