

Documentación

Prototipo Físico

**Equipo HEMWICK**

**Quinto Cuatrimestre**

**Integradora II**

**Dra. Brenda Juarez Santiago**

San Juan del Río, Qro.

Abril 2, 2025



Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)



427 1 29 20 00

## 1. Introducción

### Breve descripción del prototipo

Este prototipo es un guante IoT diseñado para la rehabilitación de la mano en pacientes con problemas de movilidad.

### Propósito y objetivos del diseño

El propósito del diseño es asistir a las personas que han sufrido lesiones en la mano, facilitando la recuperación de la movilidad. Además, permite a los médicos monitorear en tiempo real el estado de la mano del paciente.

### Problema que soluciona o necesidad que cubre

Este prototipo está diseñado para ayudar tanto a los médicos como a los pacientes a visualizar el progreso en la rehabilitación de la mano. Utiliza sensores flexibles y un giroscopio para monitorizar la posición y el movimiento de la mano.

## 2. Especificaciones Técnicas

### Dimensiones físicas

[Añadir dimensiones específicas del prototipo].

### Materiales utilizados

- Filamento PLA de 0.5 mm, color negro.
- Guante de motociclista.
- Hilo de caña.
- 2 Resistencias de 10 ohms.

### Componentes electrónicos

- 4 Sensores flexibles.
- 1 Servomotor.
- 1 Acelerómetro con giroscopio.
- 1 Arduino Uno.



Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)



427 1 29 20 00

## Fuentes de alimentación

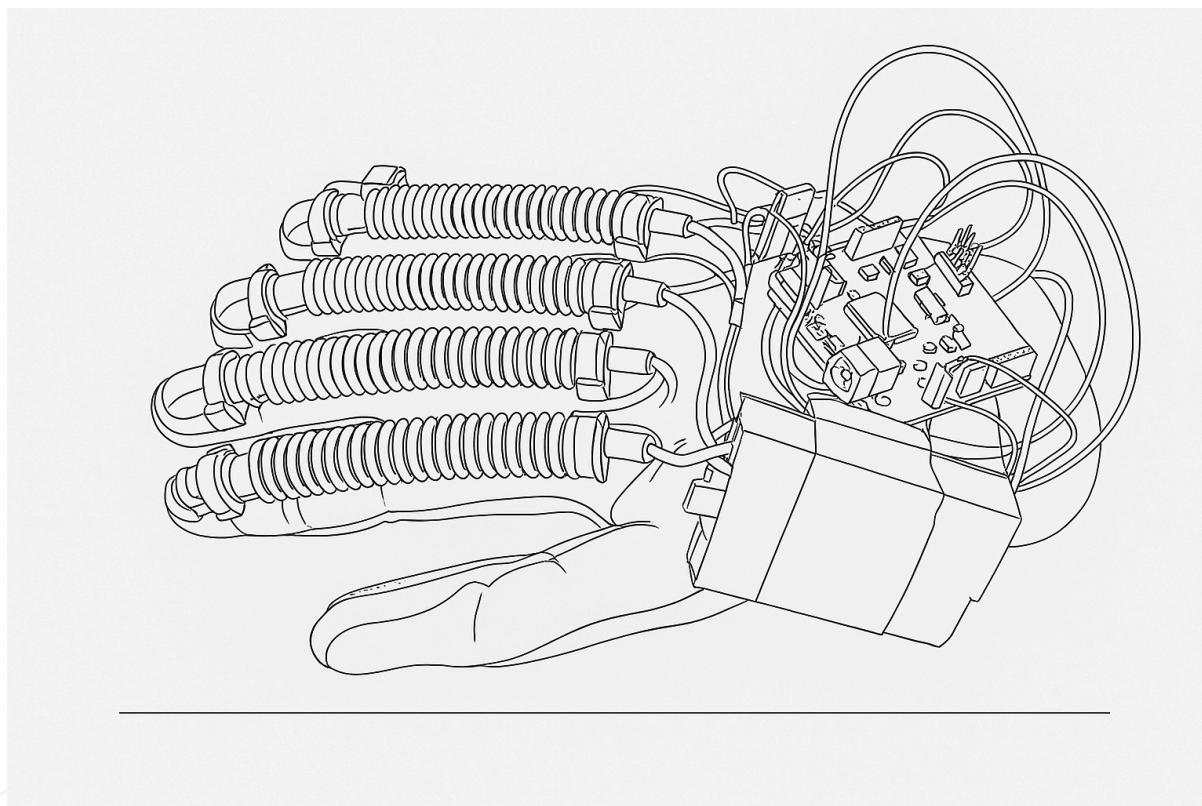
- Alimentación de 5V a través del Arduino.

## Protocolos de comunicación

La comunicación entre el Arduino y la laptop se realiza a través de comandos Python. El Arduino está conectado a la laptop mediante un cable USB, y Python se utiliza para enviar y recibir los datos generados por el prototipo. Los datos también se transmiten a una base de datos, desde donde se visualizan tanto en la aplicación móvil como en la página web, permitiendo el seguimiento en tiempo real del progreso de la rehabilitación.

## 3. Diseño y Construcción

### Bocetos y diagramas



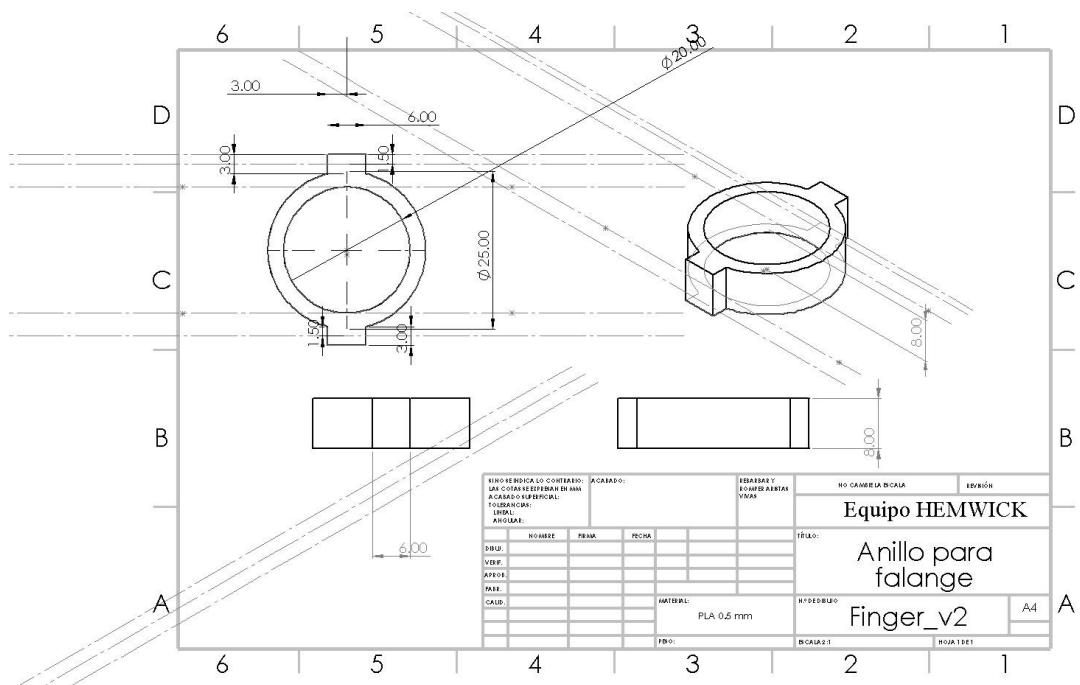
Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)

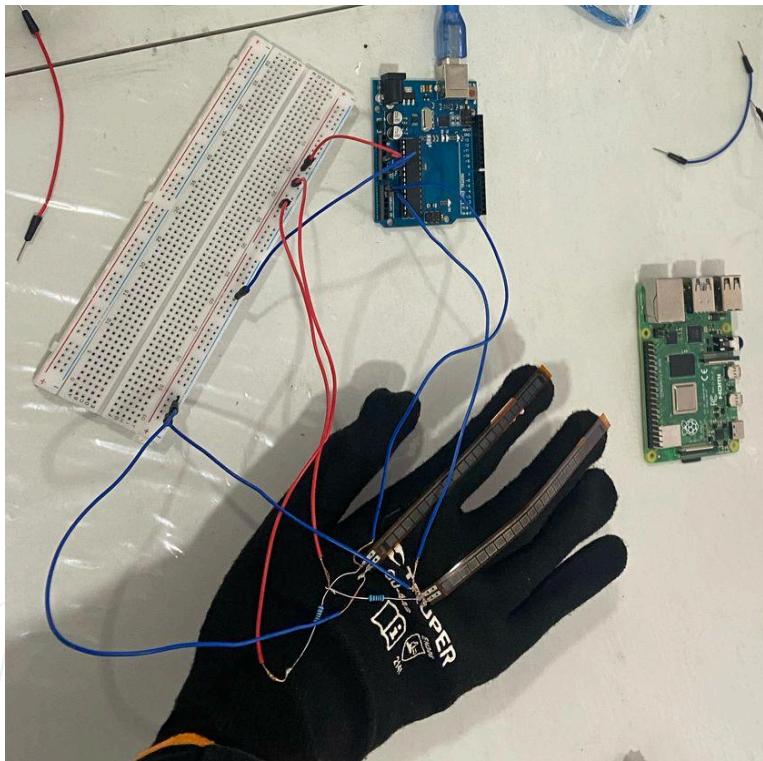


427 1 29 20 00



## Pasos del ensamblaje

1. Colocar los sensores flexibles en el guante.



2. Solderar los cables de conexión de los sensores flexibles.



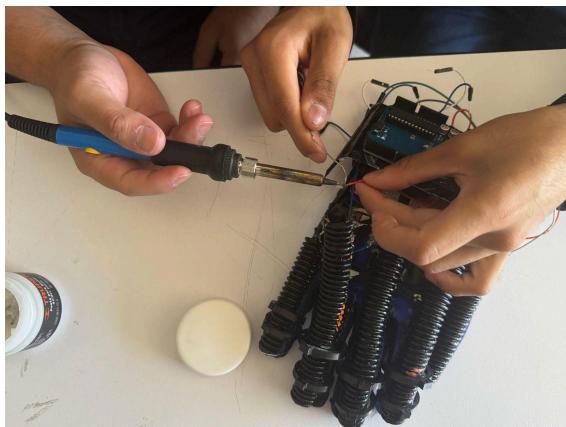
Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



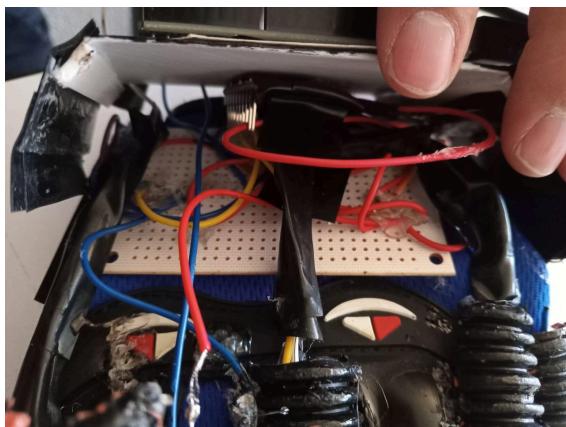
[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)



427 1 29 20 00



3. Solderar los cables a una placa PCB.



4. Colocar tubos protectores sobre los sensores flexibles.



5. Imprimir los anillos para las falanges.



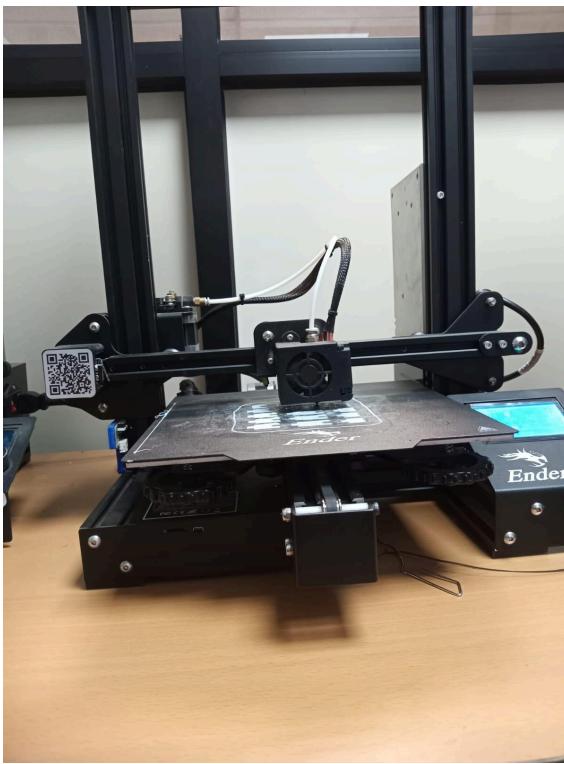
Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)



427 1 29 20 00



6. Instalar los anillos impresos en 3D en cada dedo.



7. Solderar los cables para conectar el giroscopio.
8. Asegurar el giroscopio a una tapa protectora que cubra los cables del circuito.
9. Integrar el servomotor en el prototipo.
10. Colocar los hilos de caña conectando los anillos de los dedos con el servomotor.

## Herramientas y técnicas empleadas

- Impresora 3D Ender 3 Pro: Utilizada para la impresión de piezas como los anillos y las carcassas para cubrir los circuitos.
- SolidWorks: Utilizado para el diseño de las piezas personalizadas.



Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)



427 1 29 20 00

- UltraCura: Utilizado para la preparación y manejo de la impresora Ender 3 Pro.
- Estaño y cautín: Utilizados para soldar los componentes electrónicos.
- IDE de Arduino: Para la programación del Arduino.
- Python: Para procesar y gestionar los datos capturados por el prototipo.

## 4. Funcionamiento

### Descripción de cómo opera el prototipo

El guante IoT monitorea el movimiento y la flexión de los dedos mediante los sensores flexibles, que capturan los ángulos de flexión de los dedos. Los datos recolectados por estos sensores se envían al Arduino, el cual procesa la información y la transmite a un dispositivo (como un smartphone o computadora) para su visualización en tiempo real.

El servomotor está integrado al sistema para proporcionar retroalimentación física, permitiendo la flexión activa de los dedos del guante. Este servomotor recibe comandos del Arduino, que ajusta la posición de los dedos según los datos del paciente, facilitando ejercicios de rehabilitación.

El giroscopio, por otro lado, mide la orientación y movimiento general de la mano. Estos datos complementan la información de los sensores flexibles, permitiendo una evaluación más precisa de la movilidad de la mano y mejorando el seguimiento del progreso en la rehabilitación.

### Diagrama de flujo del proceso

[Incluir un diagrama de flujo que detalle cómo se procesan los datos de los sensores y cómo se muestran los resultados].

### Interacción con otros dispositivos

El prototipo manda los datos capturados al Arduino, el cual, mediante un comando Python, los envía a una base de datos, permitiendo la visualización de la información en una página web y en la aplicación móvil. Esto permite a los usuarios dar seguimiento a los datos en tiempo real.

## 5. Pruebas y Resultados

### Formato de Pruebas

Elemento	Tipo de Prueba	Encargado de la Prueba
Servomotor	Prueba de Funcionalidad - Unidad	[Nombre del encargado]



Sensores Flexibles	Prueba de Precisión - Unidad	[Nombre del encargado]
Giroscopio	Prueba de Sensibilidad - Unidad	[Nombre del encargado]
Integración del Prototipo Completo	Prueba de Integración - Integración	[Nombre del encargado]
Conectividad con Base de Datos	Prueba de Comunicación - Rendimiento	[Nombre del encargado]
Rendimiento del Sistema	Prueba de Carga - Rendimiento	[Nombre del encargado]
Estrés del Sistema	Prueba de Sobrecarga - Estrés	[Nombre del encargado]

## Tablas de pruebas

ID de caso de prueba	PP-001	Módulo evaluado	Servomotor
Tipo de prueba	Unidad	Fecha de Prueba	3/13/2025
Responsable de la prueba	Edgar Ortega Cabrera	Herramientas utilizadas	Arduino, código de prueba, fuente de alimentación
Información de la prueba			
Descripción	Verificar el correcto funcionamiento del servomotor en la respuesta a los comandos enviados	Datos de entrada	Señales de control desde Arduino
Criterios de Éxito	Movimiento preciso y sin retrasos del servomotor	Estado (Aprobado/Recchazado)	Aprobado
Procedimiento	1. Enviar señales de control al servomotor desde el Arduino. 2. Observar el movimiento del servomotor en respuesta a diferentes comandos. 3. Medir la precisión y velocidad del servomotor.		
Resultado Esperado	Respuesta inmediata del servomotor sin interrupciones	Resultado obtenido	La funcionalidad de polea por inercia invertida funciona



			correctamente para la flexión de los dedos
Observaciones			
El cargo de un hilo muy grueso fuerza al motor a más potencia y estabilidad			
ID de caso de prueba	PP-002	Módulo evaluado	Sensores flexibles
Tipo de prueba	Unidad	Fecha de Prueba	3/15/2025
Responsable de la prueba	Edgar Ortega Cabrera	Herramientas utilizadas	Arduino, código de lectura
Información de la prueba			
Descripción	Evaluar la precisión de los sensores flexibles en la detección de la flexión de los dedos	Datos de entrada	Flexión de los dedos del guante en diferentes ángulos
Criterios de Éxito	Precisión del $\pm 5\%$ respecto a la medición manual	Estado (Aprobado/Rechazado)	Aprobado
Procedimiento	1. Flexionar los dedos del guante en diferentes ángulos. 2. Comparar los valores generados por los sensores con mediciones manuales.		
Resultado Esperado	Los valores de los sensores deben corresponder con las mediciones manuales con un margen de error de $\pm 5\%$ .	Resultado obtenido	Los ángulos de los sensores flexibles se calculan mediante el voltaje obtenido por ellos.
Observaciones			
Los sensores flexibles requieren resistencias diferentes dependiendo de su tamaño.			
ID de caso de prueba	PP-003	Módulo evaluado	Giroscopio
Tipo de prueba	Unidad	Fecha de	3/19/2025



		Prueba	
Responsable de la prueba	Edgar Ortega Cabrera	Herramientas utilizadas	Arduino, código de giroscopio

Información de la prueba			
Descripción	Verificar la precisión del giroscopio en la detección de movimientos y orientación de la mano	Datos de entrada	Movimiento de la mano en distintas direcciones
Criterios de Éxito	Los datos del giroscopio deben reflejar correctamente la orientación de la mano	Estado (Aprobado/Rechazado)	Rechazado
Procedimiento	1. Mover la mano en distintas direcciones. 2. Comparar los datos registrados con movimientos predefinidos.		
Resultado Esperado	El giroscopio debe registrar con precisión las coordenadas X, Y, Z según el movimiento realizado.	Resultado obtenido	Se muestran las coordenadas X, Y, Z en el envío de datos correctamente.
Observaciones			
Se mostraron de forma óptima todos los datos solicitados.			

ID de caso de prueba	PP-004	Módulo evaluado	Prototipo Final
Tipo de prueba	Integración	Fecha de Prueba	4/1/2025
Responsable de la prueba	Edgar Ortega Cabrera	Herramientas utilizadas	Arduino, código de integración

Información de la prueba			
--------------------------	--	--	--



Descripción	Evaluar el funcionamiento conjunto del guante, sensores flexibles, giroscopio y servomotor.	Datos de entrada	Movimientos de flexión de los dedos y cambios de orientación de la mano.
Criterios de Éxito	Respuesta sincronizada entre sensores y actuadores sin retrasos perceptibles.	Estado (Aprobado/Rechazado)	Rechazado
Procedimiento	1. Realizar movimientos de flexión de los dedos y cambios de orientación de la mano. 2. Observar la respuesta del servomotor a los comandos del sistema. 3. Verificar que los datos se transmitan correctamente a la base de datos y se visualicen en la aplicación.		
Resultado Esperado	1. Los sensores flexibles deben registrar los movimientos de los dedos con precisión. 2. El servomotor debe responder correctamente a las señales enviadas. 3. La información debe visualizarse en tiempo real en la aplicación y registrarse en la base de datos.	Resultado obtenido	1. Los sensores flexibles capturan los movimientos de los dedos sin retraso. 2. El servomotor responde adecuadamente a las órdenes del sistema. 3. Los datos se registran correctamente en la base de datos y se reflejan en la aplicación web y móvil.
Observaciones			
Es propenso a destruirse por el consumo energético			
ID de caso de prueba	PP-005	Módulo evaluado	Conectividad con la base de datos
Tipo de prueba	Rendimiento	Fecha de	4/1/2025



		Prueba	
Responsable de la prueba	Edgar Ortega Cabera	Herramientas utilizadas	Arduino, código de comunicación, Firebase, software de monitoreo de base de datos, BackEnd

Información de la prueba			
Descripción	Verificar que los datos se registren correctamente en la base de datos sin fallos.	Datos de entrada	Datos enviados por el prototipo (lecturas de sensores y servomotor).
Criterios de Éxito	1. Los datos deben registrarse correctamente en la base de datos sin pérdida de información. 2. La transmisión debe ser estable y sin interrupciones.	Estado (Aprobado/Rechazado)	Aprobado
Procedimiento	1. Enviar datos desde el prototipo al servidor de base de datos. 2. Verificar la correcta recepción y almacenamiento de los datos en Firebase. 3. Evaluar la latencia en la transmisión de datos.		
Resultado Esperado	Los datos se registran correctamente en la base de datos sin pérdidas ni retrasos significativos.	Resultado obtenido	Los datos fueron registrados de manera correcta a la base de datos.
Observaciones			
En caso de no haber internet puede haber un gran retraso en el envío de los datos a la base de datos.			



ID de caso de prueba	PP-006	Módulo evaluado	Prototipo Final
Tipo de prueba	Rendimiento	Fecha de Prueba	4/1/2025
Responsable de la prueba	Mario Alberto Ojeda Hernandez	Herramientas utilizadas	Arduino, código de prueba de carga, software de monitoreo en tiempo real

Información de la prueba			
Descripción	Evaluar la capacidad del prototipo para manejar múltiples lecturas de sensores y el movimiento del servomotor.	Datos de entrada	Movimientos de flexión de los dedos y el movimiento de los dedos por el servomotor.
Criterios de Éxito	El sistema debe procesar y responder a múltiples lecturas sin retrasos perceptibles. La precisión de los datos debe mantenerse dentro de los límites esperados.	Estado (Aprobado/Rechazado)	Aprobado
Procedimiento	Simular múltiples movimientos de flexión de los dedos. Medir el tiempo de respuesta del sistema ante un gran volumen de datos. Verificar la estabilidad de la comunicación con la base de datos.		
Resultado Esperado	El sistema debe funcionar sin retrasos perceptibles y con un rendimiento adecuado bajo cargas múltiples.	Resultado obtenido	El sistema funcionó de manera correcta sin fallos y a pesar de los diferentes pruebas mostró lo esperado.



Observaciones			
El guante es un poco pequeño con respecto a manos más grandes de lo esperado, bajo un gran uso el servomotor llega a desprender la rueda de la polea.			
ID de caso de prueba	PP-007	Módulo evaluado	Prototipo Final
Tipo de prueba	Estrés	Fecha de Prueba	4/2/2025
Responsable de la prueba	Edgar Ortega Cabrera Mario Alberto Ojeda Hernández	Herramientas utilizadas	Simulador de condiciones extremas, código de prueba de estrés
Información de la prueba			
Descripción	Evaluar la robustez del sistema al exponerlo a condiciones extremas de funcionamiento, como temperaturas altas o movimiento rápido.	Datos de entrada	Movimientos repetitivos de alta velocidad y exposición a calor controlado.
Criterios de Éxito	1. El sistema debe mantenerse funcional sin errores bajo condiciones extremas. 2. No debe haber fallos en la transmisión de datos ni en la respuesta de los actuadores.	Estado (Aprobado/Rechazado)	Aprobado
Procedimiento	1. Realizar movimientos rápidos y frecuentes del guante. 2. Exponer el prototipo a temperaturas elevadas dentro de condiciones seguras. 3. Evaluar si el sistema presenta fallos en los sensores, la comunicación o los actuadores.		



Resultado Esperado	El sistema debe seguir funcionando sin interrupciones ni errores en la transmisión de datos o respuesta de los actuadores.	Resultado obtenido	El sistema respondió correctamente en situaciones de alta velocidad de movimiento. Se observó un leve retraso en la respuesta del servomotor en temperaturas superiores a 40°C.
Observaciones			
Se recomienda mejorar la refrigeración del sistema y optimizar la calibración del servomotor para evitar retrasos en condiciones de alta temperatura.			

## Problemas encontrados y soluciones aplicadas

Problema	Solución
Los cables se desoldaban fácilmente.	Se reforzó la soldadura de los cables a la PCB.
Las resistencias conectadas a los sensores flexibles no eran las adecuadas.	Se cambiaron por resistencias con valores correctos para mejorar la precisión.
La conexión del prototipo con la base de datos no registraba datos.	Se revisó y corrigió el código de comunicación entre Arduino y la base de datos.

## 6. Mejoras y Siguientes Pasos

- Usar materiales más flexibles y cómodos para el guante.
- Integrar mayor conectividad (como Bluetooth) para facilitar la comunicación sin cables.
- Desarrollar una interfaz de usuario más intuitiva para médicos y pacientes.



Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa  
San Juan del Río, Qro., C.P. 76800



[www.utsjr.edu.mx](http://www.utsjr.edu.mx)



427 1 29 20 00