



# ENTREGABLE 11

## **Integrantes:**

Carla Ulloa Florián  
Nahir Valladares Santur  
Luciana Vega Llanos  
Carla Victoria Quispe  
Stela Villagomez Altamirano  
Almendra Yataco Diaz

## **Profesor:**

Juan Manuel Zuñiga

## **Curso:**

Fundamentos de Biodiseño

## 1. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO SOFTWARE

### Lista de funcionalidades

Función	Mecanismo
Recolección de fecha de la sesión de rehabilitación	Recepción de datos ingresados por el usuario sobre el día, mes y año de la sesión.
Recolección de datos de flexión de la mano (máximo anatómico)	Recepción de datos mediante sensor flex y el ESP32
Muestra del progreso sesión a sesión mediante una gráfica (Flexión vs tiempo)	Procesamiento de datos mediante aplicaciones de google (google sites, google sheets, etc)
Ordena la repetición del movimiento.	Al presionar un botón en la pantalla el usuario ordenará al exoesqueleto que repita la función de extender

### Diseño de la interfaz:



## 2. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO HARDWARE

### Preguntas de verificación

- **¿Cuánto peso debe tener el dispositivo?**

El guante debe ser liviano para no causar fatiga. El conjunto total (guante, muñequera y caja externa) no debe superar los 700 gramos. Se verificará pesando cada parte y realizando una prueba de confort con el usuario. El diseño cumple si el peso total no excede los 700 g y no genera molestias tras una sesión de 30 minutos.

- **¿Cuánto tiempo debe durar la batería del dispositivo?**

El guante, alimentado por baterías de 7 voltios, debe funcionar al menos durante tres sesiones de 30 minutos sin recarga, garantizando continuidad en la terapia. Se verificará mediante una prueba de descarga con el sistema activo, y se aceptará si mantiene su rendimiento por un mínimo de 90 minutos continuos.

- **¿Qué fuerza debe ejercer el guante para abrir los dedos del paciente?**

El sistema debe generar entre 10 y 20 newtons por dedo para asistir la extensión y vencer la espasticidad moderada. La fuerza se medirá con un dinamómetro o sensor de carga. El dispositivo será aceptado si alcanza al menos 10 N por dedo con movimientos suaves y controlados.

- **¿Cómo debe funcionar el botón físico de control?**

El guante posee un botón externo que inicia o detiene el movimiento. Debe ser accesible, resistente y responder con rapidez. Se probará su durabilidad con pruebas de pulsaciones y su tiempo de respuesta. Cumple el requisito si detiene el motor en menos de 0.5 segundos y mantiene un funcionamiento estable.

- **¿Qué precisión deben tener los sensores de flexión del guante?**

Los sensores que miden el ángulo de movimiento deben tener una precisión de  $\pm 5^\circ$  respecto a un goniómetro clínico. Se verificará comparando ambas lecturas, y el sistema será aceptado si el error no supera los  $\pm 5^\circ$ .

- **¿Cómo se garantiza la seguridad del usuario durante la terapia?**

El guante no debe generar calor excesivo ni movimientos bruscos. Su temperatura superficial debe mantenerse por debajo de  $45^\circ\text{C}$  y los materiales deben ser cómodos y no irritantes. Se verificará mediante pruebas térmicas y de uso, y se aprobará si no causa molestias ni lesiones.

Requerimiento de Diseño	Resultado del Test
Se deben incorporar flexómetros que registren los ángulos máximos de flexión de los dedos.	Se integraron cinco flexómetros, uno por dedo, capaces de medir el ángulo de flexión y registrar el valor máximo alcanzado durante la terapia.
El sistema debe realizar el movimiento de	El movimiento de extensión se logra

extensión de los dedos mediante un mecanismo controlado.	mediante la tracción de hilos accionados por motores DC gearbox, que tiran de cada dedo de manera sincronizada para asistir la extensión.
Se debe seleccionar un sistema de ajuste que permita fijar el dispositivo en la mano del usuario durante su uso.	En este diseño se utilizó velcro para sujetar el exoesqueleto a cada dedo, permitiendo un ajuste firme, anatómico y fácil de colocar o retirar.
El sistema debe poder ser operado fácilmente por el terapeuta o el paciente.	El dispositivo fue diseñado con una interfaz clara y controles accesibles, lo que permite que tanto el terapeuta como el usuario pueda manipularlo sin dificultad durante la terapia.
El sistema debe visualizar el progreso del paciente a lo largo de las sesiones terapéuticas.	Se incorporó una función de visualización gráfica que muestra la evolución de la flexión de los dedos en función del tiempo mediante aplicaciones de google, permitiendo comparar los resultados sesión a sesión.

### 3. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO

Tabla de verificación del prototipo

Funcionalidad	Cumplimiento	
	Sí	No
Realiza el movimiento de extensión de los dedos mediante tracción de hilos controlada por motores	X	
Se calibra previamente el ángulo máximo alcanzable por cada dedo antes de iniciar la terapia		X
Detecta el intento de extensión voluntaria del paciente y activa la asistencia automáticamente		X
Limita la fuerza aplicada por los motores para evitar sobreextensión o daño en las articulaciones	X	
Mide los ángulos de articulación en tiempo real durante la sesión		X
El sistema se enciende y	X	



apaga mediante un botón		
El guante se adapta anatómicamente a la mano del paciente sin generar puntos de presión	X	
El sistema puede ser operado fácilmente por el terapeuta o el paciente	X	
Permite obtener, procesar, transmitir y almacenar los datos de cada sesión		X

Tabla de requerimientos

**Video del funcionamiento del circuito con el código implementado:**

 WhatsApp Video 2025-11-08 at 17.14.00.mp4