

**UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA -**  
**INGENIERÍA BIOMÉDICA**



**FUNDAMENTOS DE BIODISEÑO**

**Entregable 10**

**AUTORES:**

Villarreal Mamani, Rosa Isabel  
Santa Maria La Rosa Sanchez, Alejandro Sebastian  
Santivañez Portella, Gael Franz  
Torres Castañeda, Ricardo Percy  
Valdivia Pari, Valeria Ivannia  
Vásquez Cruz, Gustavo Alonso

**DOCENTES:**

Juan Manuel Zuñiga

**Grupo 15**

Lima, 9 de octubre del 2025

---

## 1) PRUEBA ELECTRÓNICA

[https://drive.google.com/file/d/1z0Id162EJzenSm1r4huBbkFZN\\_-q9GbG/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1z0Id162EJzenSm1r4huBbkFZN_-q9GbG/view?usp=sharing)

## 2) ANIMACIONES

MOVIMIENTO DEL EXOESQUELETO:

- [https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1gOeyMDv\\_QoBuvI5MiJ\\_awoH-w0PVrXnh?hl=es-419](https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1gOeyMDv_QoBuvI5MiJ_awoH-w0PVrXnh?hl=es-419)

DESPIECE DEL EXOESQUELETO:

- [https://drive.google.com/file/d/1XJ0oUglLRDbEiU6u0pOyxO6FUeAKuKT/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1XJ0oUglLRDbEiU6u0pOyxO6FUeAKuKT/view?usp=drive_link)

CONTROL REMOTO:

- <https://drive.google.com/file/d/1NrMkAXtT86VD7npUAWdjKyP6BHpcaviU/view?usp=sharing>

## 3) Contexto de uso:

- ¿Quién usará el dispositivo?
  - Paciente (Loayza): Es el principal usuario, quien utilizará el dispositivo para asistir y mejorar su movilidad en el brazo izquierdo, estabilizar su marcha y mejorar la postura al caminar.
  - Cuidador o familiar: un cuidador o familiar podría ayudar con la colocación y ajustes iniciales del dispositivo, además de supervisar su uso.
- ¿Dónde se usará?
  - En el hospital o clínica: Bajo supervisión de profesionales de la salud, para validar la utilidad en el proceso de rehabilitación y realizar ejercicios en sesiones de terapia.
  - En la casa: Una vez adaptado, Loayza podrá usar el dispositivo en su hogar para continuar con la rehabilitación y mejorar su autonomía en actividades diarias.
- ¿Cómo se usará?

El exoesqueleto asistencial Armthrex para miembro superior izquierdo opera mediante un control, compuesto por tres sensores táctiles TTP223 integrados en una pequeña unidad portátil que puede colocarse en la correa, bolsillo o cualquier zona accesible del usuario. Uno de los sensores permite alternar entre dos modos de funcionamiento: modo codo y modo mano. En el modo codo, los otros dos sensores controlan la flexión y extensión del brazo a través de dos servomotores ubicados en los laterales del brazo, los cuales transmiten el movimiento mediante hilos conectados al soporte del antebrazo. En el modo mano, esos mismos sensores controlan la apertura y cierre de la mano, accionando un sistema de cables que recorren el dorso del guante exoesquelético, permitiendo el movimiento sincronizado de los dedos. El control contará con luces LED que indicarán el modo de uso en el que se encuentra el dispositivo.

- 
- Frecuencia de uso: duración de sesión 2-3 h

## **2. Perfil del usuario:**

Evidencia basada en caso clínico presentado:

- Paciente: Loayza
- Edad: no especificada
- Profesión: Ingeniero
- Diagnóstico médico: Lesión medular incompleta a nivel C4, tipo D por impacto de bala.
- Condición física: Movilidad limitada en el brazo izquierdo y parcial en el derecho, dificultad para caminar sin apoyo externo.
- Necesidad: Desarrollo de un dispositivo de asistencia biomecánica que permita movimiento pasivo y asistido en el miembro superior izquierdo, soporte en la marcha y estabilización postural.
- Objetivos del proyecto:
  - Prevenir la atrofia muscular y mejorar la movilidad pasiva en el brazo izquierdo.
  - Mejorar la estabilidad en la marcha y permitir el uso funcional del brazo como apoyo.
  - Lograr que pueda agarrar su andador

Limitaciones del usuario:

- Visuales:
  - No se reportan limitaciones visuales.
- Motoras:
  - Pérdida total de movilidad en el brazo izquierdo debido a la lesión medular a nivel C4.
  - Movilidad parcial en el brazo derecho, lo que limita la capacidad de realizar tareas funcionales de manera autónoma.
  - Dificultad para caminar sin apoyo debido a la debilidad en las extremidades inferiores.
- Cognitivas:
  - No presenta limitaciones cognitivas, mantiene una capacidad adecuada para la comprensión y resolución de problemas.
- De comprensión:
  - No se reportan limitaciones de comprensión, lo que indica que el paciente tiene la capacidad para seguir instrucciones o guías para utilizar dispositivos de rehabilitación.
- Emocionales:
  - Impacto en la calidad de vida debido a la dependencia de otros para actividades diarias y la falta de autonomía, así como dificultades en la movilidad lo que podría generar estrés o ansiedad.

## **3. Análisis de Tareas:**

- Lista de Tareas:

1. Colocar la manga principal en el brazo del usuario.
2. Insertar las rótulas.
3. Ajustar los velcros de la manga para asegurar una fijación estable.
4. Unir el velcro de la manga con el sistema de sujeción de la férula de hombro.
5. Colocar la pulsera en la muñeca del usuario.
6. Ajustar el velcro de la pulsera para garantizar un ajuste cómodo y seguro.
7. Asegurar que la caja de batería y caja de componentes estén en sus respectivos compartimentos.
8. Verificar la correcta conexión entre los componentes antes de activar el sistema.
9. Encender el dispositivo, seleccionar y/o alternar el modo de asistencia mediante los sensores capacitivos del control (bolsillo).
10. Supervisar el funcionamiento del dispositivo durante su uso (cuidador).
11. Terminado el tiempo de terapia, apagar el dispositivo y retirar el exoesqueleto.

Tabla de tareas y riesgos:

<b>Lista de tareas</b>	<b>Riesgos</b>	<b>Justificación de riesgos</b>
Colocar la manga principal en el brazo del usuario	Lesión muscular o incomodidad por excesiva presión directa sobre la piel.	Si se ajusta con demasiada presión o en una posición incorrecta, puede generar tensión muscular.
Insertar las rótulas y ajustar los velcros de la manga	Atrapamiento de piel o pellizcos; limitación de circulación sanguínea; incomodidad.	La instalación inadecuada de las rótulas pueden generar presión excesiva sobre músculos, tendones o nervios, afectando la comodidad y seguridad del usuario.
Unir el velcro de la manga con el sistema de sujeción de la férula de hombro.	Desajuste del sistema de sujeción; presión desigual sobre el hombro; limitación del rango de movimiento; incomodidad o irritación por fricción del velcro.	Si el velcro no se fija correctamente, la férula puede quedar mal posicionada, generando tensión en la articulación del hombro.
Colocar la pulsera en la muñeca del usuario y ajustar el velcro al tamaño apropiado del brazo	Compresión excesiva de la muñeca; irritación de piel; interferencia en la circulación; limitación del movimiento natural de la muñeca.	Un ajuste demasiado apretado puede comprimir tendones, vasos sanguíneos o nervios, afectando la movilidad y causando molestias.

Asegurar que la caja de batería y caja de componentes estén en sus respectivos compartimentos. Además de su correcta conexión entre ellos.	Caída o desconexión de los componentes; mal funcionamiento del sistema por conexiones inestables; riesgo de cortocircuito.	Si la batería o los módulos electrónicos no están correctamente asegurados o conectados, pueden generar fallas eléctricas, pérdida de energía o movimientos bruscos del dispositivo.
Encender el dispositivo, seleccionar y/o alternar el modo de asistencia mediante los sensores capacitivos del control.	Activación accidental o mal funcionamiento del sistema de asistencia.	Una manipulación incorrecta o falla en los sensores capacitivos puede causar movimientos no deseados del exoesqueleto, comprometiendo la seguridad del usuario.
Supervisar el funcionamiento del dispositivo durante su uso (cuidador).	Riesgo de sobreesfuerzo o distracción del cuidador; posible reacción tardía ante una falla.	El cuidador debe mantener atención constante; una falta de supervisión o respuesta tardía ante un mal funcionamiento puede poner en riesgo la integridad del paciente.
Terminado el tiempo de terapia, apagar el dispositivo y retirar el exoesqueleto.	Riesgo de lesiones leves al retirar los componentes o de desconexión incorrecta	Un retiro apresurado o sin seguir el procedimiento adecuado puede generar tirones, atrapamientos o dañar los conectores eléctricos o mecánicos.

#### 4. Criterios de éxito

<b>Criterio</b>	<b>Indicador de éxito</b>	<b>Métrica objetivo</b>
<b>Eficacia</b>	El paciente logra colocarse el exoesqueleto correctamente siguiendo las instrucciones del cuidador o terapeuta.	100% de los usuarios logran completar la colocación sin errores críticos.
<b>Eficiencia</b>	Tiempo requerido para colocar, ajustar y encender el exoesqueleto.	Tiempo total de colocación < 5 minutos.
<b>Satisfacción</b>	Nivel de comodidad, facilidad de uso y percepción general del exoesqueleto.	Puntuación $\geq 4/5$ en encuesta de satisfacción o SUS > 70.

---

<b>Criterio</b>	<b>Indicador de éxito</b>	<b>Métrica objetivo</b>
<b>Seguridad</b>	Número de incidentes o fallos durante el uso (mecánicos, eléctricos o físicos en las sesiones de terapia	0 lesiones o fallos que comprometan la integridad del paciente.
<b>Funcionalidad</b>	Giro completo de los servomotores a 180 grados con el fin de realizar movimientos de flexión y extensión	Reducción de errores en los servos menor a un 95%

#### 4) CORREOS DE IMPRESIÓN 3D:



### IMPRESIÓN 3D- FUNDAMENTOS DE BIODISEÑO-G3-GRUPO 15

2 mensajes

Valeria Ivannia Valdivia Pari <valeria.valdivia.p@upch.pe>  
Para: faci.laboratoriosingenieria@oficinas-upch.pe

mié, 5 de nov de 2025 a la hora 7:35 p. m.

-Nombre completo del encargado de la impresión: Valeria Ivannia Valdivia Pari

-Carrera del solicitante: Ingeniería Biomédica

-Versión del archivo: Prueba 1

-Función que cumplirá su solicitud de impresión:

1. PULSERA (2 piezas: inferior e intermedia)
  2. CONTROL (2 piezas: superior e inferior)
  3. PIEZAS EXOSQUELETO:
    - a) 3 rótulas (rótula superior, rótula intermedia, rótula inferior)
    - b) 2 soportes de brazo (2 impresiones del mismo archivo)
    - c) 2 soportes de servos (2 impresiones del mismo archivo)
    - d) 2 soportes de antebrazo (2 impresiones del mismo archivo)
- TOTAL DE PIEZAS A IMPRIMIR: **13 PIEZAS**

-Tipo de material: PLA (todas las piezas)










-Indicar la unidad de medida de los planos: mm

-Enlace de Onshape con los archivos y el ensamblaje:

<https://cad.onshape.com/documents/0b1d5438d726e127cd05e259/w/ddd671ad9b5f6d4f7845e88d/e/50bef2f37ba7ada51135d5ae?renderMode=0&uiState=690baebfa7ba835d49c2ac6d>

Adjunto tanto los archivos en formato STL como los planos en pdf.

#### 20 archivos adjuntos

-  **PULSERA-PIEZA INFERIOR.pdf**  
157 KB
-  **PULSERA-PIEZA INFERIOR (1).stl**  
474 KB
-  **PULSERA-Pieza intermedia.pdf**  
214 KB
-  **PULSERA- PIEZA INTERMEDIA.stl**  
1.1 MB
-  **CONTROL-INFERIOR.stl**  
102 KB
-  **CONTROL-SUPERIOR.stl**  
292 KB
-  **CONTROL-SUPERIOR.pdf**  
146 KB
-  **CONTROL- INFERIOR.pdf**  
112 KB
-  **Rótula superior.pdf**  
114 KB



---

## IMPRESION 3D-FUNDAMENTOS DE BIODISEÑO-G3-GRUPO 15

1 mensaje

**Valeria Ivannia Valdivia Pari** <valeria.valdivia.p@upch.pe>  
Para: faci.laboratoriosingenieria@oficinas-upch.pe

jue, 6 de nov de 2025 a la hora 5:36 p. m.

Buenas tardes,  
Envié un correo el día de ayer con mis archivos stl y planos en PDF, sigo pendiente a su respuesta. Quisiera realizar la impresión de dos piezas adicionales.

-Nombre completo del encargado de la impresión: Valeria Ivannia Valdivia Pari

-Carrera del solicitante: Ingeniería Biomédica

-Versión del archivo: Prueba 1

-Función que cumplirá su solicitud de impresión:  
1. CARRETE (2 impresiones de la misma pieza)

**TOTAL DE PIEZAS A IMPRIMIR: 2 PIEZAS**

-Tipo de material: PLA (todas las piezas)

-Indicar la unidad de medida de los planos: mm

-Enlace de Onshape con los archivos y el ensamblaje:

<https://cad.onshape.com/documents/0b1d5438d726e127cd05e259/w/ddd671ad9b5f6d4f7845e88d/e/50bef2f37ba7ada51135d5ae?renderMode=0&uiState=690baebfa7ba835d49c2ac6d>

Adjunto tanto los archivos en formato STL como los planos en pdf.

---

### 2 archivos adjuntos

 **CARRETE.pdf**  
87 KB

 **CARRETE.stl**  
89 KB