



**PERÚ**

Ministerio  
de la Mujer y  
Poblaciones Vulnerables

Consejo Nacional para  
la Integración de la  
Persona con Discapacidad  
CONADIS

## **Estudios, normas e iniciativas de desarrollo de tecnologías asistivas en el Perú**

*“Autor(es): Esta es una obra colectiva.”*



**PERÚ**

Ministerio  
de la Mujer y  
Poblaciones Vulnerables

Consejo Nacional para  
la Integración de la  
Persona con Discapacidad  
CONADIS

**Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables - MIMP  
Consejo Nacional para la Integración de la Persona con  
Discapacidad-CONADIS**

**Estudios, normas e iniciativas de desarrollo de tecnologías  
asistivas en el Perú**

**MARCO ANTONIO GAMARRA LA BARRERA**

Presidente del Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad

**JOSÉ GUILLERMO PINTO OLIVARES**

Director de Investigación y Registro

**BRUNO GIUSSEPE YIKA ZAPATA**

**PAVEL FRANCOISE AGUILAR DUEÑAS**

Subdirección de Investigación

**MARIO SEBASTIÁN MENDOZA LOYOLA**

**ROSA LUZ SAAVEDRA BERAÚN**

Equipo Técnico de la Subdirección de Investigación

---

**Editado por:**

Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad - CONADIS

Av. Arequipa N° 375 Santa Beatriz, Lima 11 - Perú

comunicaciones@conadisperu.gob.pe

Web: [www.gob.pe/conadis](http://www.gob.pe/conadis)

Teléfono: (511) 630 - 5170

Hecho el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-08247

---

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente, siempre y cuando se mencione la fuente de origen: “Estudios, normas e iniciativas de desarrollo de tecnologías asistivas en el Perú”.

## PRESENTACIÓN

En esta oportunidad, el CONADIS, a través de su Dirección de Investigación y Registro, presenta la serie de Conocimiento en Discapacidad N° 4. Estudios, normas e iniciativas de desarrollo de tecnologías asistivas en el Perú.

El estudio tiene como propósito analizar la situación de las investigaciones y prototipos de tecnologías asistivas dirigidos a las personas con discapacidad, que se han producido en el Perú en los últimos diez años; es decir, entre los años 2010 y 2020. Para tal efecto, se analizaron cuarenta tesis procedentes de las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.

El informe comprende tres capítulos. El primero se titula Estudios en tecnologías asistivas en el Perú, el cual se organiza en cinco subcapítulos y toma como base la clasificación recomendada por el Centro de Rehabilitación de Chicago sobre los cinco tipos de tecnologías asistivas: la primera está relacionada con el habla y el pensamiento; la segunda, con los brazos y manos; la tercera, con la caminata y piernas; la cuarta, con la vista, y la quinta, con la fuerza y resistencia.

En el segundo capítulo titulado Normas técnicas marco para el desarrollo de tecnologías de asistencia en el Perú, se reseñan las normas técnicas peruanas (NTP) relacionadas con las tecnologías de asistencia sobre accesibilidad, señalización, requisitos para juegos inclusivos, entre otras. En el último capítulo denominado Iniciativas de desarrollo de tecnologías de asistencia en el Perú, se identifican aquellas acciones que han promovido el desarrollo tecnológico nivel del sector privado y público en los últimos años.

Finalmente, se puede señalar que los resultados del informe se constituyen en una especie de línea de base sobre el estado de la investigación en tecnología asistivas en el Perú, a nivel de las facultades de ingenierías de diversas universidades del país, cuyo desarrollo requerirá del apoyo del sector público y privado en favor de las personas con discapacidad.

## ÍNDICE

<b>PRINCIPALES ABREVIACIONES</b> .....	4
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>Capítulo 1: Estudios en tecnologías asistivas en el Perú</b> .....	8
1.1 Tecnologías relacionadas con el habla y el pensamiento. ....	8
1.2 Tecnologías asistivas relacionadas con los brazos y las manos. ....	16
1.3 Tecnologías asistivas relacionadas a la caminata y las piernas. ....	25
1.4 Tecnologías asistivas relacionadas con la vista. ....	38
1.5 Tecnologías asistivas relacionadas con la fuerza y resistencia. ....	40
<b>Capítulo 2. Normas técnicas marco para el desarrollo de tecnologías de asistencia en el Perú</b> .....	42
2.1 NTP 940.001:2011, accesibilidad al medio físico-rampas. ....	42
2.2 NTP 873.001:2018, señalización para accesibilidad universal en edificaciones. ....	42
2.3 NTP 711.003:2019, accesibilidad al medio físico-áreas de recreación .....	42
2.4 GP-ISO/IEC 71:2013 (revisada el 2018), directrices para que el desarrollo de las normas tenga en cuenta las necesidades de las personas mayores y las personas con discapacidad .....	42
2.5 NTP no presentes .....	43
<b>Capítulo 3. Iniciativas de desarrollo de tecnologías de asistencia en el Perú</b> .....	46
3.1 Makeathon en la PUCP: Tecnología, Discapacidad e Inclusión Social. ....	46
3.2 DISCAP Perú: Primera Feria Internacional de Tecnología y Servicios para la Discapacidad e Inclusión. ....	48
3.3 Concurso Premio Ejército del Perú, Estímulo a la Investigación, Desarrollo e Innovación en Ciencia y Tecnología 2020. ....	50
<b>Conclusiones</b> .....	51
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	52

## PRINCIPALES ABREVIACIONES

<b>AWS</b>	Adultos que tartamudean
<b>AWNS</b>	Adultos que no tartamudean
<b>CONADIS</b>	Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad
<b>GIRAB-PUCP</b>	Grupo de Investigación en Robótica Aplicada y Biomecánica
<b>INACAL</b>	Instituto Nacional de la Calidad
<b>NTP</b>	Normas técnicas peruanas
<b>PC</b>	Parálisis cerebral
<b>PUCP</b>	Pontificia Universidad Católica del Perú
<b>RENATI</b>	Registro Nacional de Trabajos de Investigación
<b>UNI</b>	Universidad Nacional de Ingeniería
<b>UPC</b>	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
<b>UTEC</b>	Universidad de Ingeniería y Tecnología

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo general del presente informe fue analizar la situación de las investigaciones y prototipos de tecnologías asistivas dirigidos a las personas con discapacidad, que se han producido en el Perú en los últimos diez años; es decir, entre los años 2010 y 2020.

Para tal efecto, se examinaron revistas indexadas y repositorios de tesis, particularmente, el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI), hallándose cuarenta tesis procedentes de las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica, que abordaron estos temas de investigación entre el abanico de posibilidades que sus especialidades pueden ofrecer. Las síntesis de las investigaciones revisadas son presentadas en el primero de los tres capítulos de este informe.

El primer capítulo se organiza en cinco subcapítulos y toma como base la clasificación recomendada por el Centro de Rehabilitación de Chicago sobre los cinco tipos de tecnologías asistivas: la primera está relacionada con el habla y el pensamiento; la segunda, con los brazos y manos; la tercera, con la caminata y piernas; la cuarta, con la vista, y la quinta, con la fuerza y resistencia.

Entre los principales resultados, se puede afirmar que las tecnologías asistivas de pies y sistema locomotor son las que más investigaciones han producido, con un total de veinte publicaciones. En estos casos, se identificaron diseños para la mejora de la movilidad o la rehabilitación de las extremidades inferiores como los estudios mayoritarios. Asimismo, existen ocho estudios de tecnologías relacionadas con el habla y el pensamiento; de estos, cuatro son tecnologías enfocadas en personas con parálisis cerebral, tres están vinculadas a limitaciones del habla y uno está referido a la asertividad en niños con autismo leve o Asperger.

Los estudios de tecnologías relacionadas con los brazos y las manos contabilizan once, y se logró identificar a las prótesis y tecnologías de rehabilitación de los miembros superiores como los temas más recurrentes. La tesis de tecnologías relacionadas con la vista que fueron identificadas y sistematizadas son tres: dos de estas son ayudas para el mejor desplazamiento de las personas con discapacidad visual y una incluye —además— un sistema de reconocimiento de voz para plataformas web semánticas. Los estudios de tecnologías relacionadas con la fuerza y resistencia son dos: un sistema mecatrónico de asistencia técnica para personas adultas mayores y un sistema inalámbrico de detección de caídas que permitiría alertar tempranamente ante un accidente en el hogar.

En el segundo capítulo, se reseñan las normas técnicas peruanas (NTP) relacionadas con las tecnologías de asistencia, tales como la norma 940.001:2011 sobre la accesibilidad al medio físico-rampas, la cual establece **los criterios y requisitos generales que deben cumplir las rampas fijas en el entorno urbano, a fin de facilitar la movilidad y el desplazamiento autónomo de las personas con movilidad reducida**. Por otra parte, se presentan las normas existentes sobre la señalización para la accesibilidad universal en edificaciones (NTP 873.001:2018), la accesibilidad al medio físico- áreas de recreación (NTP 711.003:2019), entre otras. Sobre esta última, se fijan los requisitos generales de los juegos inclusivos de uso infantil individual y colectivo, como las superficies de las áreas de juego, equipamientos, desplazamiento y seguridad.

En el tercer capítulo, se identifican las iniciativas que promueven el desarrollo de tecnologías de asistencia en el Perú, a nivel del sector privado y público. Se destaca el evento Makeathon en PUCP: Tecnología, Discapacidad e Inclusión Social, en cuya organización participó también el Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS). El evento se desarrolló en el año 2016 y consistió en elaborar, durante 48 horas, propuestas de tecnologías asistivas dirigidas a personas con discapacidad.

También se cita al 2 DISCAP Perú: Primera Feria Internacional de Tecnología y Servicios para la Discapacidad e Inclusión, evento desarrollado en el año 2018, que buscó promover tecnologías asistivas en rehabilitación, prevención, atención e inclusión. Además, el concurso Premio Ejército del Perú, Estímulo a la Investigación, Desarrollo e Innovación en Ciencia y Tecnología 2020, que incluyó la categoría de exoesqueletos y de desarrollo de prótesis con impresora.

Finalmente, se presentan las conclusiones, que expresan con preocupación la poca vinculación entre la academia y la industria. A pesar del importante número de tesis en tecnologías asistivas producidas desde las carreras de ingeniería en los últimos años, muchos de los diseños propuestos no llegaron a desarrollarse. Además, las normas técnicas que existen no están dirigidas a las tecnologías asistivas desarrolladas por la academia, sino que hacen referencia a la utilización de espacios para personas con discapacidad, mas no a los dispositivos médicos que se van diseñando.

Sin embargo, el panorama en los años próximos podría cambiar en la medida que las universidades públicas y privadas creen la carrera de Ingeniería Biomédica, cuyo perfil de especialización se encuentra acotado dentro del rango de productos tecnológicos médicos, lo cual puede incrementar la creación de tecnologías de asistencia para personas con discapacidad en el Perú.

## Introducción

El Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS), en el cumplimiento de sus funciones como ente rector en materia de discapacidad —de acuerdo con el literal h del artículo 64 de la Ley General de la Persona con Discapacidad, Ley 29973, que señala que es una de las funciones del CONADIS el promover, coordinar y ejecutar investigaciones sobre cuestiones relativas a la discapacidad y al desarrollo de bienes, servicios, equipos e instalaciones de diseño universal—, elaboró el presente informe, a fin de conocer el estado de la cuestión de las tecnologías asistivas diseñadas y desarrolladas en el Perú, con el objetivo de establecer cuánto se ha avanzado en esta materia e identificar las brechas que se deben acortar para beneficio de las personas con discapacidad.

Las tecnologías asistivas se apoyan en el uso de ayudas técnicas para sustituir o mitigar las desventajas con las que pueden convivir las personas con discapacidad, permitiéndoles, en lo esencial, su equiparación con las demás personas que no tienen estas dificultades. Del mismo modo, las tecnologías asistivas pueden clasificarse según su nivel tecnológico, las características de su fabricación, las características del usuario o la lógica de operación.

Estas tecnologías son una iniciativa importante en la búsqueda del ejercicio y desarrollo pleno de los planes de vida de las personas con discapacidad. Sin embargo, las diferentes innovaciones que permiten un mejor desenvolvimiento de la comunidad con discapacidad no siempre se encuentran dentro del alcance o en el radar de sus posibles beneficiarios. Es por eso que, desde el CONADIS, se inició la identificación de investigadores, centros e investigaciones de los diferentes desarrollos tecnológicos que signifiquen aportes importantes para la reducción de las brechas tecnológicas que permitan asistir de mejor manera la cotidianidad y la condición de discapacidad de estas personas, de acuerdo con el grado de esta.

El informe se encuentra dividido en tres capítulos. El primero de ellos se encuentra dedicado a los estudios desarrollados por la academia peruana en materia de tecnologías de asistencia. Las normas marco para el desarrollo de estas tecnologías son mostradas en el capítulo número dos. El capítulo tres muestra las iniciativas de desarrollo en tecnología asistivas a nivel nacional. Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se arribaron.

## **CAPÍTULO 1:**

### **ESTUDIOS EN TECNOLOGÍAS ASISTIVAS EN EL PERÚ**

En este capítulo, se presentan los estudios diseñados y desarrollados por la academia en materia de tecnologías asistivas. Los estudios mostrados se encuentran dentro de las cinco categorías de clasificación recomendadas por el Centro de Rehabilitación de Chicago: tecnologías asistivas relacionadas con el habla y el pensamiento, tecnologías asistivas relacionadas con los brazos y las manos, tecnologías asistivas relacionadas con la caminata y las piernas, tecnologías asistivas relacionadas con la vista y tecnologías asistivas relacionadas con la fuerza y resistencia.<sup>1</sup>

#### **1.1 Tecnologías relacionadas con el habla y el pensamiento**

A menudo, después de un derrame cerebral o una lesión en la cabeza, los pacientes pierden capacidades fundamentales que necesitan para volver a conectarse con sus vidas y con sus seres queridos, como, por ejemplo, ser conscientes de lo que sucede a su alrededor, comunicarse con y sin palabras, comprender lo que significan las palabras al escuchar a los demás, entender las expresiones faciales y lo que significan las emociones, encontrar las palabras correctas y decirlas, recordar suficientes matemáticas para utilizar el dinero, utilizar gestos para transmitir el significado cuando las palabras no llegan (Parr et al., 1997). Las lesiones o enfermedades cerebrales también afectan a los músculos, por ejemplo, de la lengua o los labios (Synnot et al., 2017) y a las estructuras —como la laringe o la caja de la voz— que se utilizan para respirar, hablar, articular, comer y tragar (Woodson, 2008).

A continuación, son presentados ocho estudios publicados por la academia peruana relativos a este tipo de tecnologías.

##### **A. Aplicación de apoyo para la rehabilitación de niños con parálisis cerebral**

El documento de tesis presentado, en el 2016, por Almeyda y Martell ante la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) propone una aplicación de apoyo para la rehabilitación de infantes con parálisis cerebral (PC), implementada en un centro de reeducación de la marcha, que permite cuantificar la medición de ángulos del análisis cinemático de la rodilla, mediante el uso de procesamiento de imágenes con el dispositivo Microsoft Kinect para el análisis de la marcha.

El análisis fue realizado en simultáneo entre el sistema de cámaras Vicon —actual herramienta comercial tridimensional— y un sistema bidimensional, sobre el mismo paciente, como se puede ver en la figura 1.1.

---

<sup>1</sup> <https://www.sralab.org/>

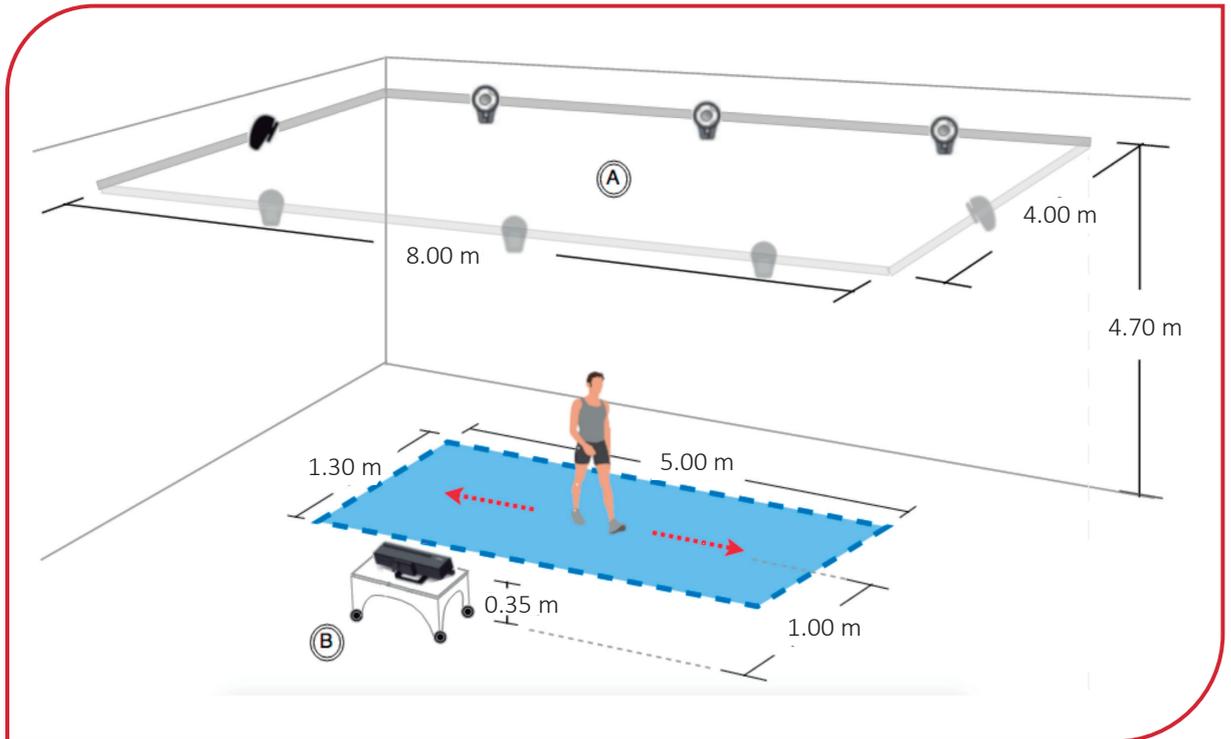


Fig. 1.1. Aplicación de apoyo para niños con PC (Almeyda y Martell, 2016, p. 153)

Los resultados fueron muy similares entre ambos, obteniendo un  $R^2$  de 0,93, valor aproximado a los obtenidos por sistema de cámaras Vicon. Posteriormente, se aplicó la herramienta en niños con PC, comprobándose que contribuye a la accesibilidad de su tratamiento. Se concluye que el Kinect es una herramienta alternativa de bajo costo para la captura de cinco ángulos de la rodilla de niños con PC, lo cual ofrece un análisis cinemático bidimensional (Almeyda y Martell, p. 174).

#### B. Diseño e implementación de las funciones de agarre y levante en un brazo Kinova usando señales EEG y *deep learning*

La tesis para la obtención del grado de ingeniero mecatrónico presentado por Neyra en el 2020 ante la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) propone “el diseño e implementación de las funciones de ‘agarre’ y ‘levante’ en el brazo robot Kinova” (Neyra Pérez, 2020, p. 5). En su propuesta, el autor indica que las señales de activación provendrán de señales EEG y un algoritmo de traducción basado en modelos de *deep learning*. Se concluye que se logró el objetivo de diseñar e implementar las funciones de agarre y levante en el brazo Kinova MICO, mediante activación EEG para personas con parálisis cerebral (Neyra, 2020, p. 80).

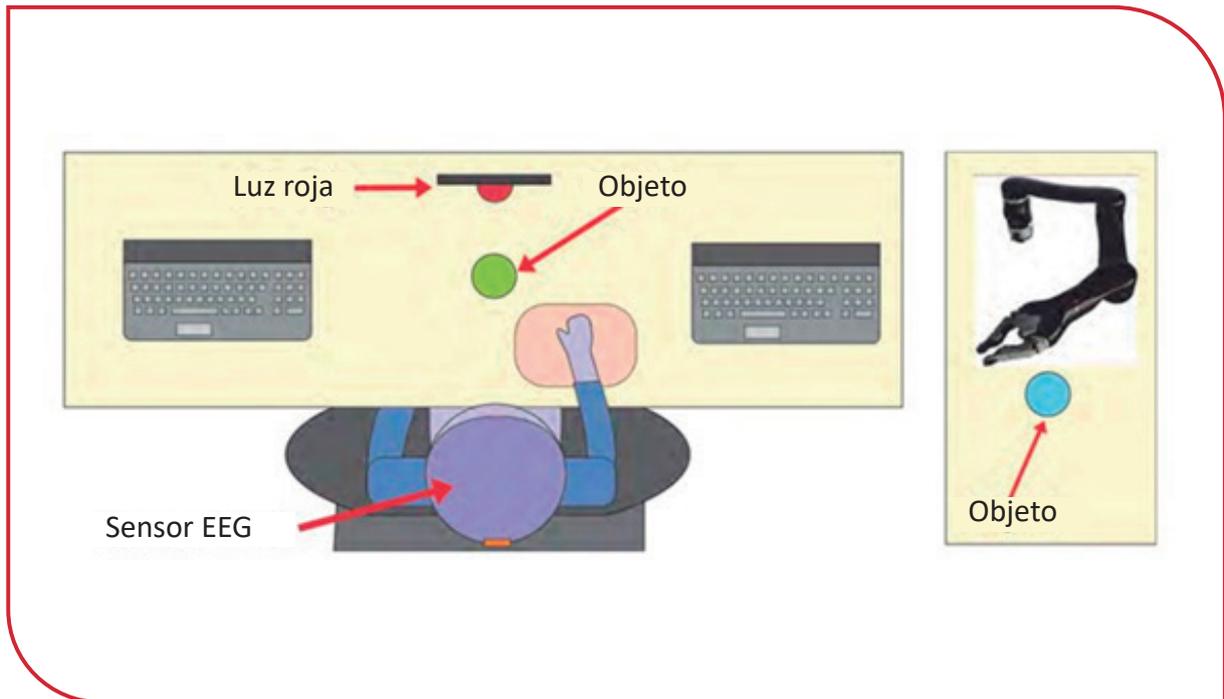


Fig. 1.2. Disposición de los elementos del experimento (Neyra, 2020, p. 70)

### C. Selección de tareas predefinidas para un robot asistencial para personas discapacitadas a través de una interfaz cerebro-computador utilizando P300

En el año 2019, Chau sustentó su tesis de postgrado ante la PUCP, en la que presentó el diseño de una interfaz cerebro-computador. De acuerdo con Chau (2019), aplicar algoritmos de procesamiento de señales cerebrales y aprendizaje de máquina permite a un usuario seleccionar diversas tareas predefinidas para un manipulador robótico asistencial, aprovechando el potencial relacionado a eventos conocidos como P300.

Así, es presentada una propuesta experimental para las realizaciones de pruebas, tanto fuera de línea como en línea del sistema, de manera que se pueda analizar y validar su eficiencia y usabilidad. El autor concluye que, dentro de los resultados de eficiencia del sistema, se obtuvieron valores promedio alrededor de 90% para los experimentos de entrenamiento y cercanos a 85% para la validación, si se considera una secuencia de tres estímulos antes de que el sistema emita una predicción durante las pruebas en línea; sin embargo, manifiesta que los usuarios reportan sugerencias de mejora en la calidad del sistema (calidad de las imágenes mostradas como estímulos, contraste con el color de fondo).

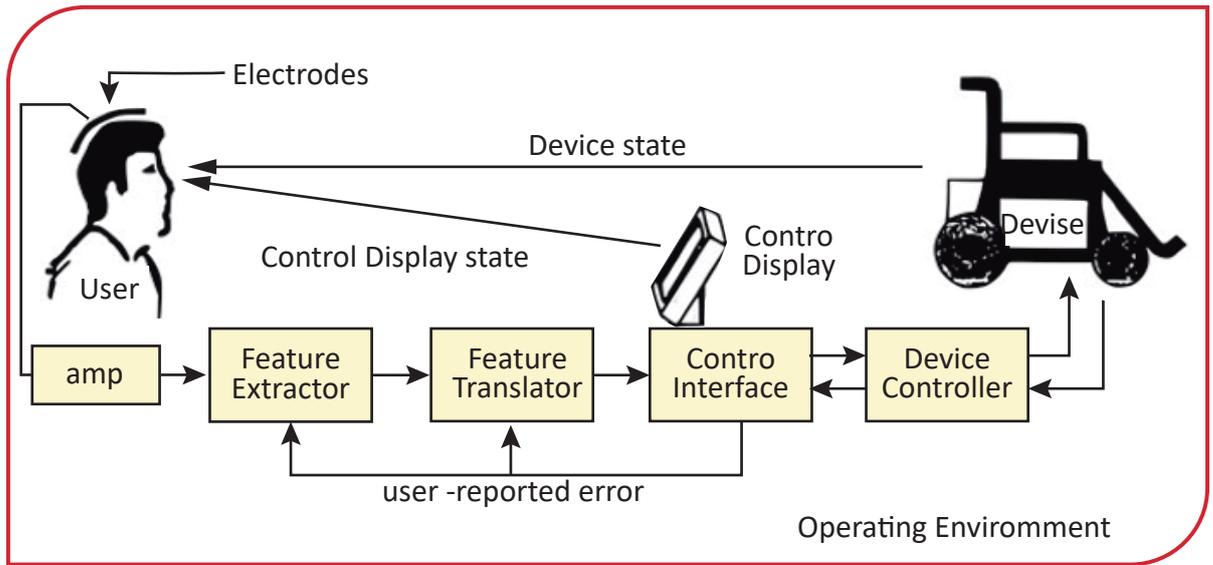


Fig. 1.3. Diagrama esquemático del sistema Chau (Chau, 2019, p. 5)

Así, es presentada una propuesta experimental para las realizaciones de pruebas, tanto fuera de línea como en línea del sistema, de manera que se pueda analizar y validar su eficiencia y usabilidad. El autor concluye que, dentro de los resultados de eficiencia del sistema, se obtuvieron valores promedio alrededor de 90% para los experimentos de entrenamiento y cercanos a 85% para la validación, si se considera una secuencia de tres estímulos antes de que el sistema emita una predicción durante las pruebas en línea; sin embargo, manifiesta que los usuarios reportan sugerencias de mejora en la calidad del sistema (calidad de las imágenes mostradas como estímulos, contraste con el color de fondo).

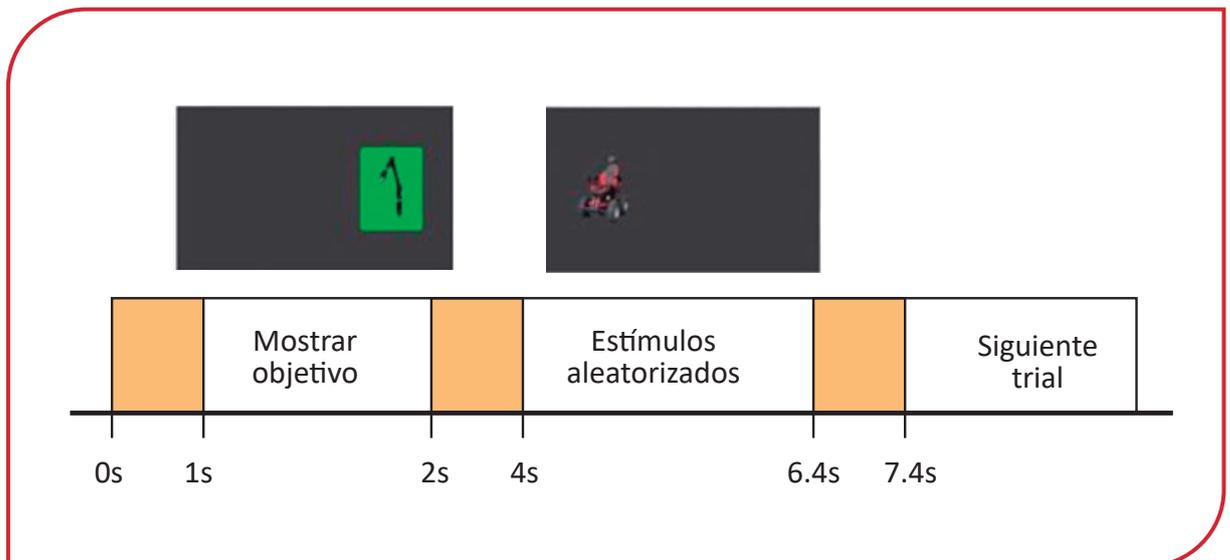


Fig. 1.4. Línea de tiempo experimental (Chau, 2019, p. 43)

#### D. Diseño e implementación de un sistema de visión para la asistencia de personas con discapacidad

En el año 2016, Angulo publicó su tesis de postgrado ante la PUCP buscando “dar valor agregado a los métodos computacionales de procesamiento de señales y a los instrumentos robóticos móviles aplicándolos a la asistencia de personas con discapacidad” (Angulo, 2016, p. iii).

El autor plantea manipular un brazo robótico mediante un sistema de visión que reconozca movimiento articulares de la cabeza y algunos gestos de la cara. Su sistema fue diseñado para personas que han perdido la movilidad en las extremidades y que solo pueden mover la cabeza y hacer algunas expresiones faciales.



Fig. 1.5. Control del brazo mediante movimientos de la cabeza (Angulo, 2016, p. 44)

Los resultados indicaron que el algoritmo de procesamiento tiene un 89,2% de precisión al comandar el brazo robótico y que el usuario puede controlar dicho brazo con un retardo de 440 milisegundos. Con estos datos, Angulo concluye que es posible usar y controlar su dispositivo robótico mediante movimientos de la cabeza y expresiones faciales, lo que sirve de apoyo a personas con discapacidad motora de manera rápida y segura (Angulo, 2016, p. iii).

#### **E. Sistema de medición de la fluidez del habla en personas con tartamudez utilizando procesamiento de voz**

En el año 2020, Porras sustentó su tesis para obtener el grado de magíster en Ingeniería Mecatrónica ante la PUCP. El tesista presentó el diseño de un sistema de medición de la fluidez del habla mediante procesamiento de voz que, aplicando diversos algoritmos, permite a un usuario practicar, retroalimentar e identificar vocales críticas en las cuales se debe prestar mayor atención al momento de hablar.

El autor concluye que los resultados obtenidos permitieron identificar el porcentaje de desfluidez vocálica, el tiempo promedio de pausas, la cantidad de vocales repetidas, la duración promedio de lectura de oraciones y la clasificación de la tartamudez según su nivel de gravedad —leve, moderada y grave— (Porras, 2020, p. 161).

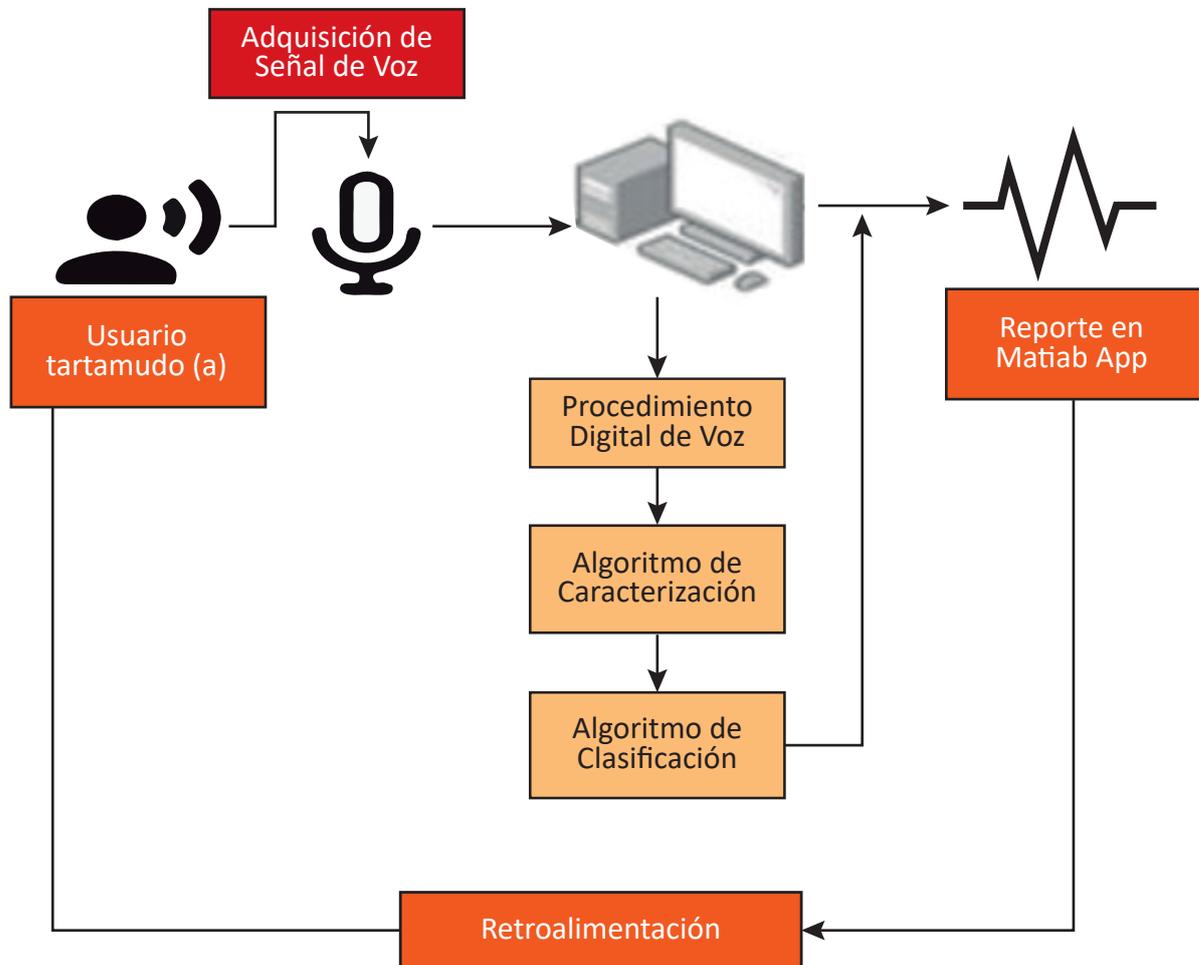


Fig. 1.6. Diagrama de bloques del sistema de procesamiento (Porras, 2020, p. 161)

#### F. Sistema mecatrónico para el estudio de la asertividad en niños de 4 a 7 años con autismo leve o Asperger

Martínez (2017) sustentó su tesis de grado en Ingeniería Mecatrónica ante la PUCP; se trata de un sistema mecatrónico dirigido a minimizar el retraimiento y maximizar las funciones socializadoras para los niños entre 4 y 7 años que hayan sido diagnosticados con un Autismo leve o Asperger. El robot imitará una serie de conductas humanas que les permitirá a los niños relacionar los comportamientos asertivos.

El autor menciona que, en el diseño del robot, se consideraron estudios sobre los intereses en los juguetes de los niños autistas de estas edades. Por otro lado, se tomaron en cuenta investigaciones sobre las cuatro emociones básicas para la elección de las emociones.



Fig. 1.7. Pruebas experimentales niño- robot NAO (Martínez, 2017)

### G. Diseño de un guante electrónico para el mapeo y reconocimiento de gestos utilizando redes neuronales

De acuerdo con el abstract mostrado por Dulanto (2017) en el repositorio digital de la PUCP, su estudio tiene como objetivo diseñar un sistema de reconocimiento de gestos manuales que traduzca gestos a necesidades básicas de la persona, con el fin de ayudar a personas de la tercera edad que padecen problemas del habla. El sistema de reconocimiento de gestos es aplicado en un guante electrónico que extrae señales de la mano.

Uno de los resultados obtenidos en la culminación del proyecto es que, ante la presencia de ruido aditivo blanco gaussiano, el sistema alcanza un índice de reconocimiento de 99,98%; además, si la relación señal a ruido en las entradas del sistema es igual a 13,67 dB, el sistema es capaz de reconocer gestos con una efectividad de 90%.

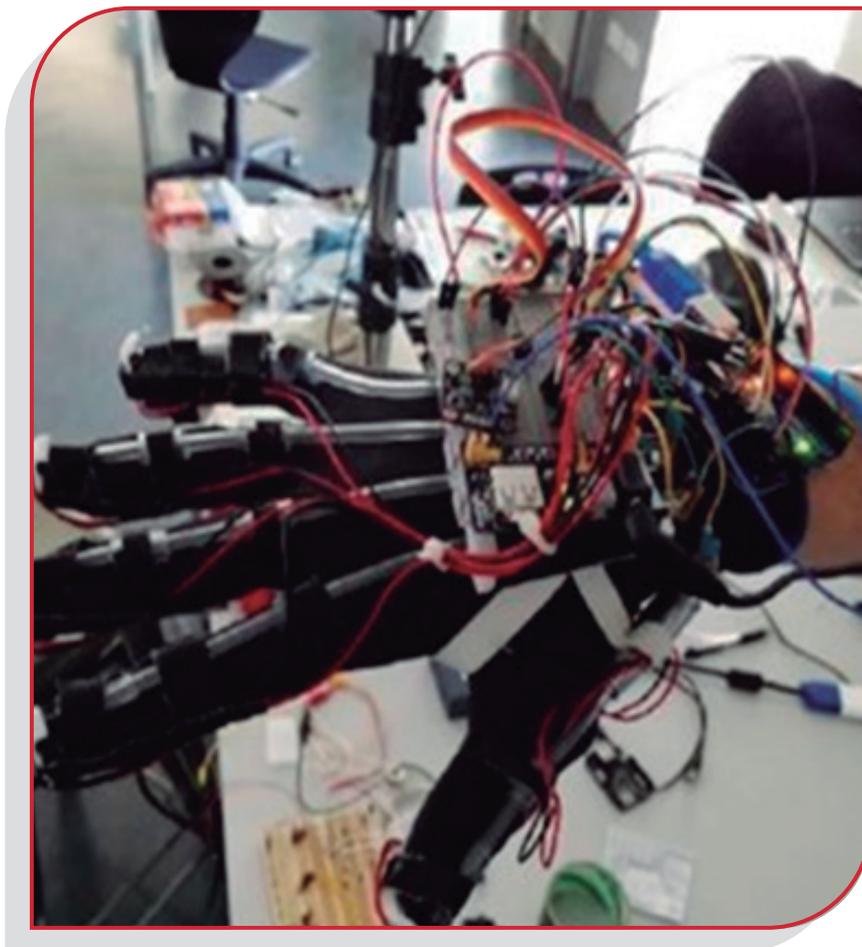


Fig. 1.8. prototipo guante Dulanto (Dulanto, 2017)

#### H. Vigilancia de los patrones respiratorios y las bioseñales durante el habla de los adultos que tartamudean

Villegas et al. publicaron, en el 2019, un estudio en el que se dedicaron a vigilar los patrones respiratorios y bioseñales durante el habla de los adultos que tartamudean (AWS, por su sigla en inglés) y adultos que no tartamudean (AWNS, por su sigla en inglés) para describir las diferencias y los patrones de los bloqueos y la fluidez del habla.

El equipo registró los patrones respiratorios y las bioseñales (pulso, saturación y respuesta galvánica) usando un sistema estandarizado. Se evaluaron las diferencias entre tres condiciones: habla fluida de AWS, bloqueos de AWS y habla fluida de AWS. Los autores encontraron un mayor número de picos y amplitudes de volumen espiratorio durante los segmentos de bloqueos en comparación con los segmentos de habla fluida (Villegas et al., 2019, pp. 1-4).

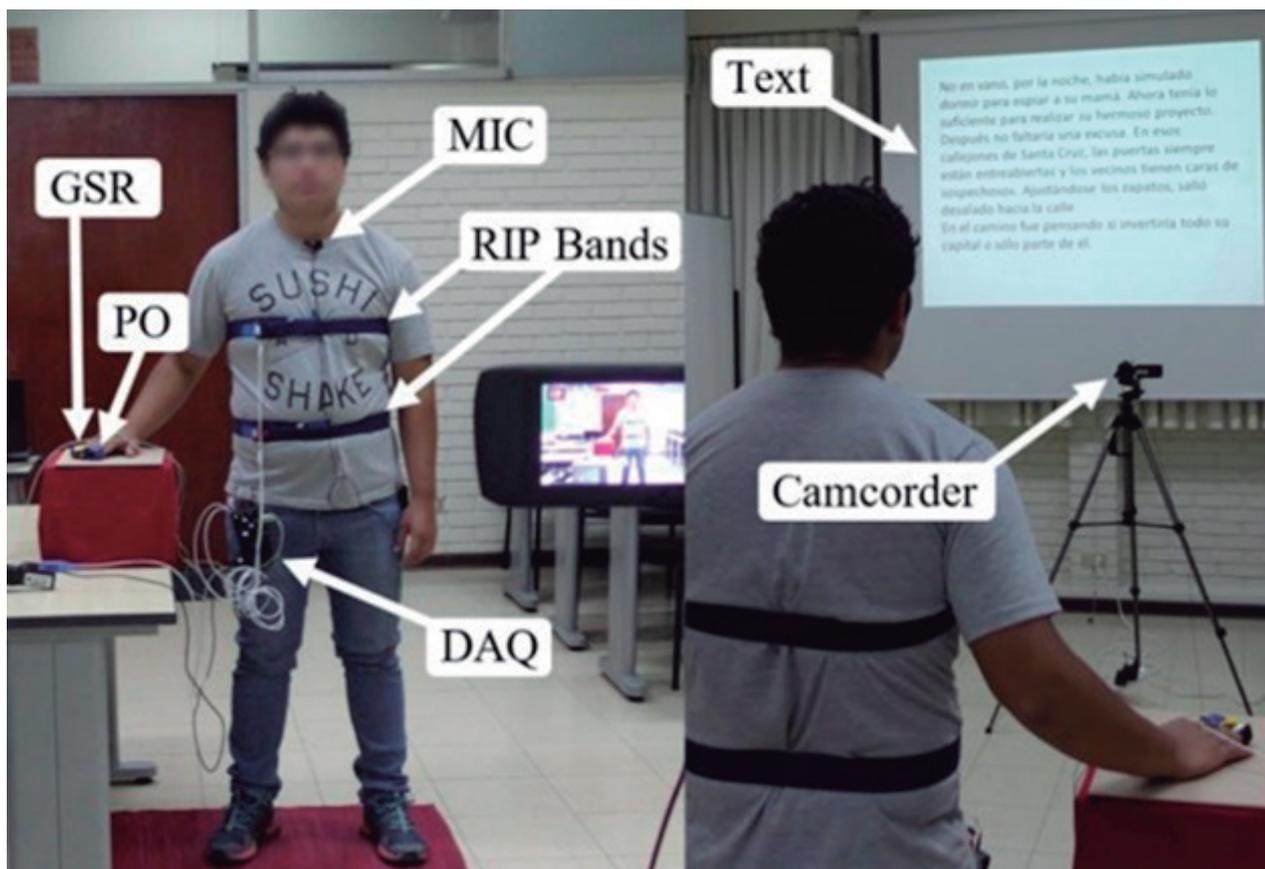


Fig. 1.9. Configuración del experimento y ubicación de los sensores (Villegas et al., 2019, p. 2)

## 1.2 Tecnologías asistivas relacionadas con los brazos y las manos

A continuación, se presentan las tecnologías publicadas a manera de artículos en revistas indexadas o tesis publicadas en los repositorios de las universidades peruanas en materia de prótesis y órtesis de miembro superior; asimismo, son mostrados los dispositivos de asistencia para rehabilitación de personas con discapacidad.

### A. Diseño, fabricación e implementación de un dispositivo robótico basado en actuadores blandos para rehabilitación de la mano

El trabajo desarrollado por Reymundo, en el 2018, para la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) comprende el diseño, fabricación e implementación de un dispositivo para rehabilitación de mano hemipléjica, basado en actuadores blandos. El dispositivo está compuesto por una férula de material plástico ABS (impresión 3D, método FFF), actuadores blandos fabricados con silicona (silicona RTV 1520), un sistema electroneumático y un juego serio que tiene como finalidad motivar al paciente durante todo el proceso.

El paciente hace uso de un sistema robótico ergonómico y confortable gracias a los actuadores blandos; asimismo, destaca que el sistema diseñado tiene potencial para ser usado con una cantidad mayor de pacientes (Reymundo, 2018, p. xvii).



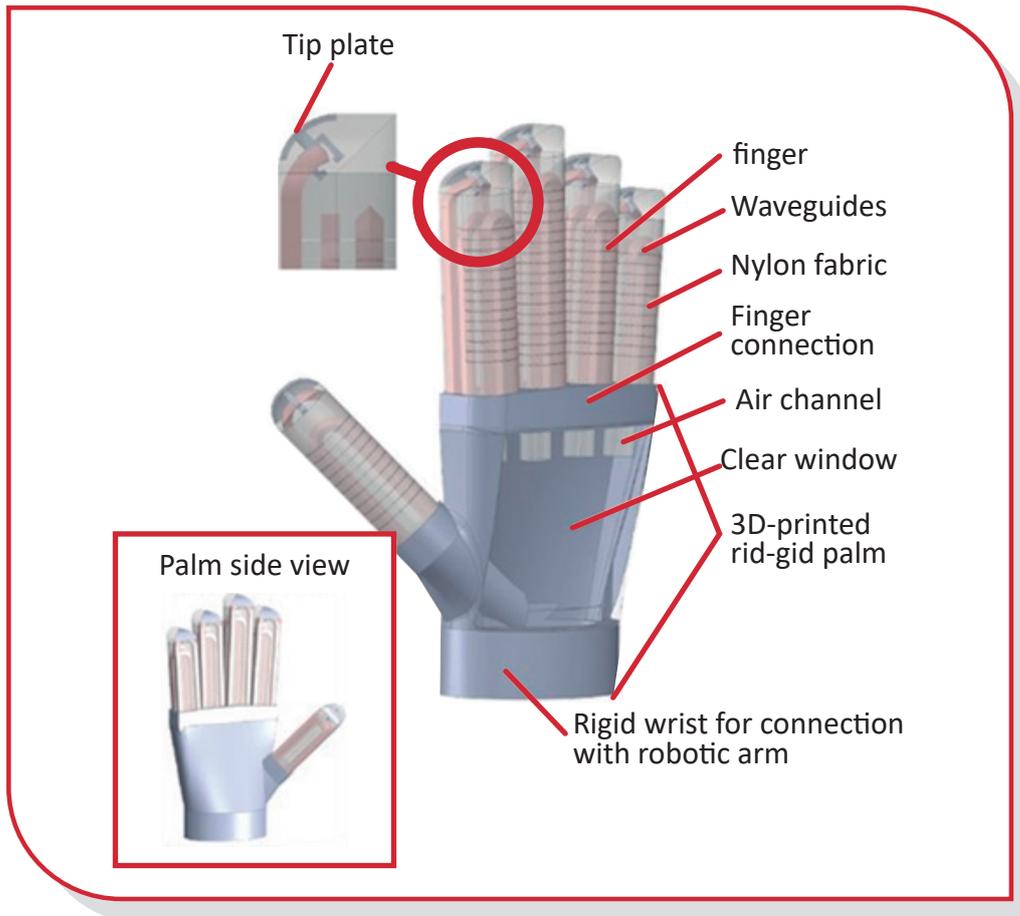


Fig. 1.11 Renderizado prótesis modelo Vargas (Vargas, 2017)

### C. Diseño de un sistema de retroalimentación háptico para una prótesis mioeléctrica transradial de miembro superior

En el año 2016, Romero y Elías publicaron un artículo sobre el “diseño de un sistema de retroalimentación háptico para una prótesis mioeléctrica transradial de miembro superior que permita al usuario obtener la sensación de fuerza y deslizamiento para así controlar con mayor destreza su prótesis de mano” (Romero y Elías, 2016, p. 1). El sistema cuenta con tres unidades mecanotáctiles para la transmisión de sensación de fuerza y una unidad vibrotáctil para transmitir la sensación de deslizamiento. El dispositivo completo es diseñado para ir colocado en el antebrazo del usuario de prótesis de mano (Romero y Elías, 2016, pp. 1-4).

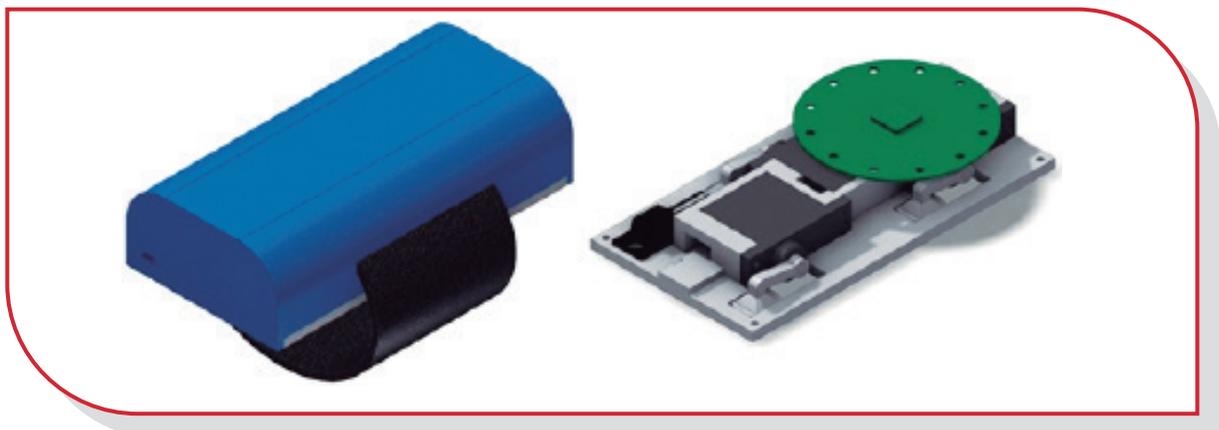


Fig. 1.12 Sistema de retroalimentación háptico

#### D. Modelamiento y simulación dinámica de un mecanismo de 4 GDL para desarrollar una prótesis para personas con desarticulación humeral

En el año 2016, la tesis de Bernal para obtener el grado de ingeniero mecatrónico ante la PUCP propone un “modelamiento y la simulación dinámica de un mecanismo de 4 grados de libertad, orientado al diseño de prótesis activas para personas con desarticulación humeral” (Bernal, 2016, p. i). El modelo diseñado facilita el análisis de la biomecánica del movimiento en el miembro superior, con el fin de obtener parámetros dinámicos para iniciar un posterior diseño de la prótesis.

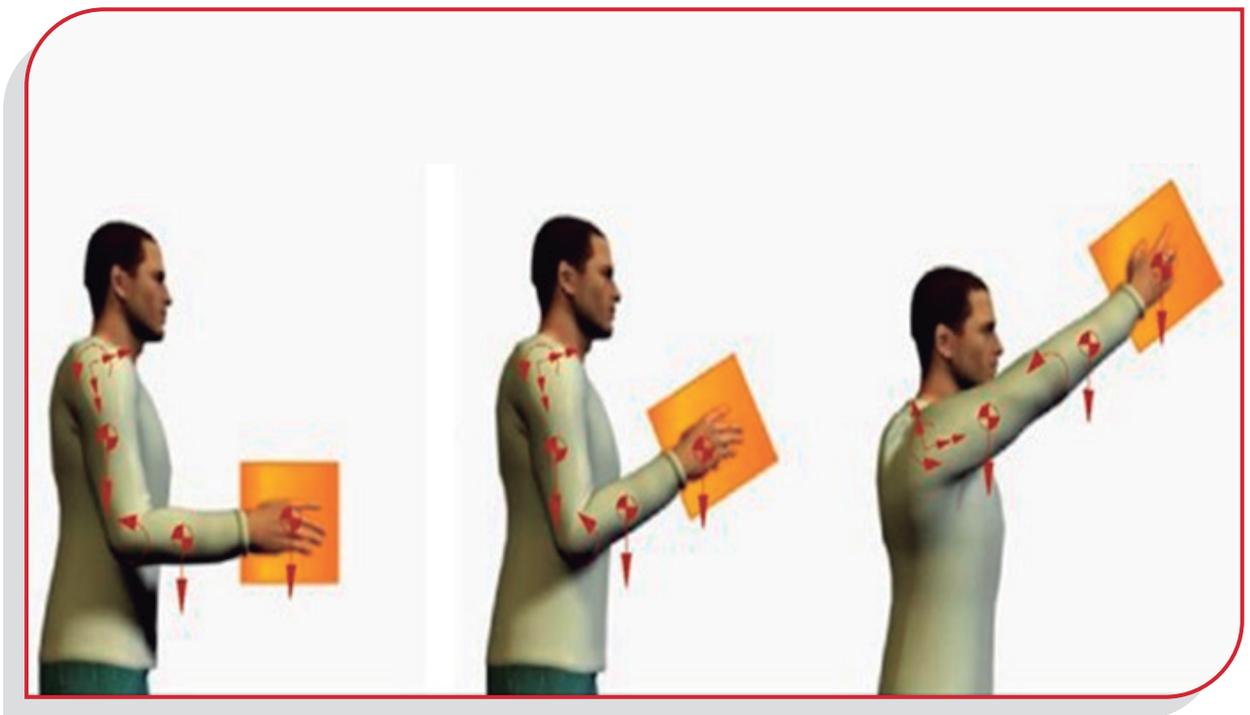


Fig. 1.13. Distribución de las cargas durante simulación de experimento (Bernal, 2016, p. 61)

El estudio concluye que los resultados presentados se contrastan con los obtenidos en la literatura para validar los datos ofrecidos, los cuales se encuentran dentro de rangos esperados.

#### E. Diseño de un mecanismo robótico de dos grados de libertad para rehabilitación de miembro superior en usuarios con postinfarto cerebral

La tesis presentada por Virhuez, en el 2018, ante la PUCP desarrolla el “diseño de un mecanismo robótico de dos grados de libertad para rehabilitación de miembro superior en usuarios con post-infarto cerebral como solución alternativa de rehabilitación al método convencional en mejorar la recuperación del miembro superior” (Virhuez, 2018, p. 3). El mecanismo diseñado, el cual contempla realizar los movimientos de flexo/extensión con un rango de  $0^\circ$  a  $120^\circ$  y el de pronosupinación con un rango de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , se desarrolló para trabajar con órdenes de un interfaz cerebro computadora, pero puede adaptarse a otras formas de interacción debido a que recibe señales.

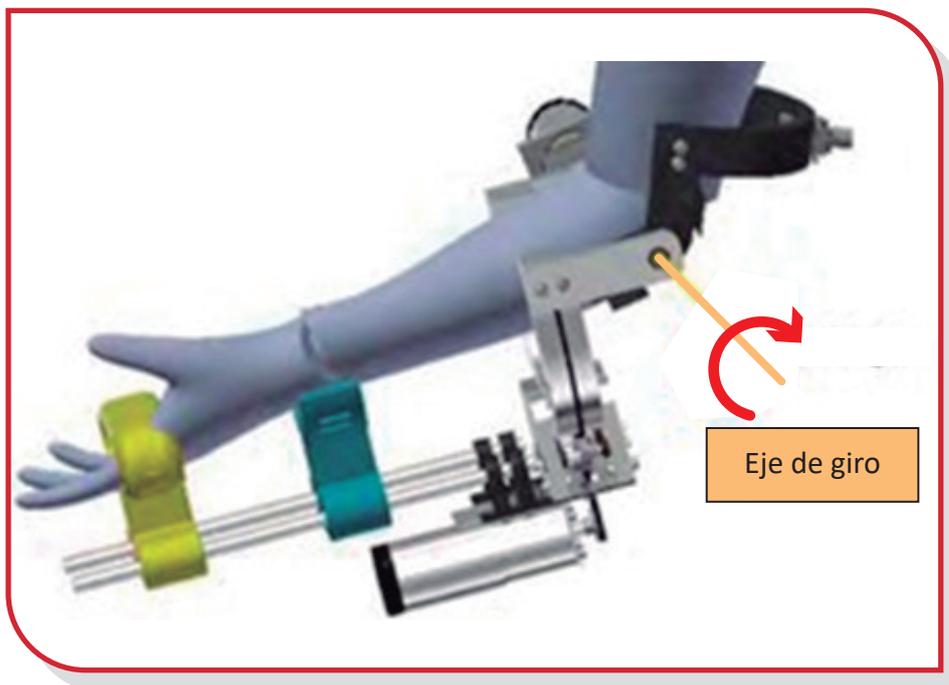


Fig. 1.14. CAD renderizado del sistema Virhuez con acople de codo (Virhuez, 2018, p. 31)

#### F. Diseño de un exoesqueleto de mano basado en músculos activos artificiales (EAP) de dos dedos para ayuda en la vida diaria

La tesis de Corman (2016) presentada ante la PUCP para obtener el grado de ingeniero electrónico es el diseño de un exoesqueleto de mano que “lleva como objetivo principal el diseño en una versión primaria de exoesqueleto de mano basado en músculo activo artificial (Flexinol) con dos dedos para la ayuda en la vida diaria” (Corman, 2016, p. 1). El investigador implementó una mano impresa en 3D y diseñó el sistema eléctrico y electrónico para el control del Flexinol con pruebas de movimientos y funciones básicas. En el prototipo, se utilizaron técnicas de ahorro de corriente como PWM para excitar al Flexinol y también MOSFETS en lugar de transistores, con lo cual se obtuvo un consumo total entre 500-700 mA (Corman, 2016, p. 3)

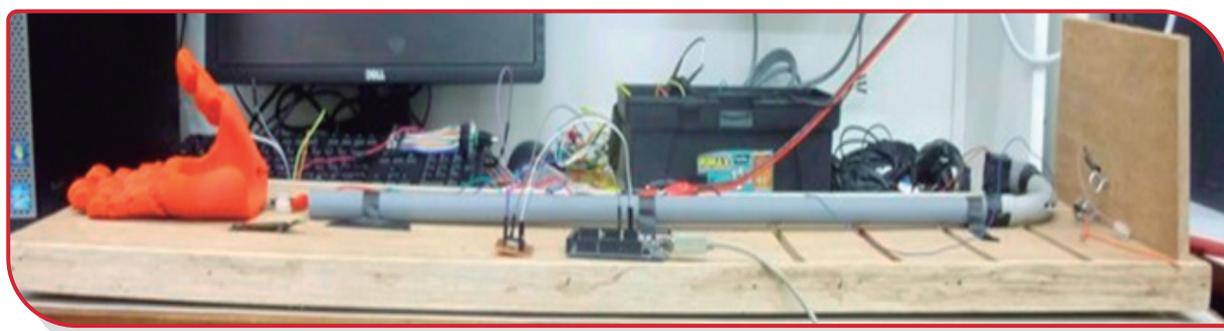


Fig. 1.15. Plataforma de ensayo desarrollada (Corman, 2016, p. 47)

### G. Malky: diseño e implementación de una prótesis parcial de mano personalizada

Bustamante presentó el diseño e implementación de una prótesis mecánica de mano personalizada al usuario, que le permita recuperar su autonomía (Bustamante, 2018, p. 3). Esta tesis plantea utilizar la impresión 3D como sistema de manufactura y el escáner 3D para obtener una copia digital del muñón del usuario sobre la cual poder diseñar la prótesis personalizada.

La tesis concluye que las soluciones diseñadas para este proyecto pueden ser aplicadas a otras variantes de amputación parcial de mano, con el objetivo de masificar el desarrollo de este tipo de prótesis en el país (Bustamante, 2018, p. 3).

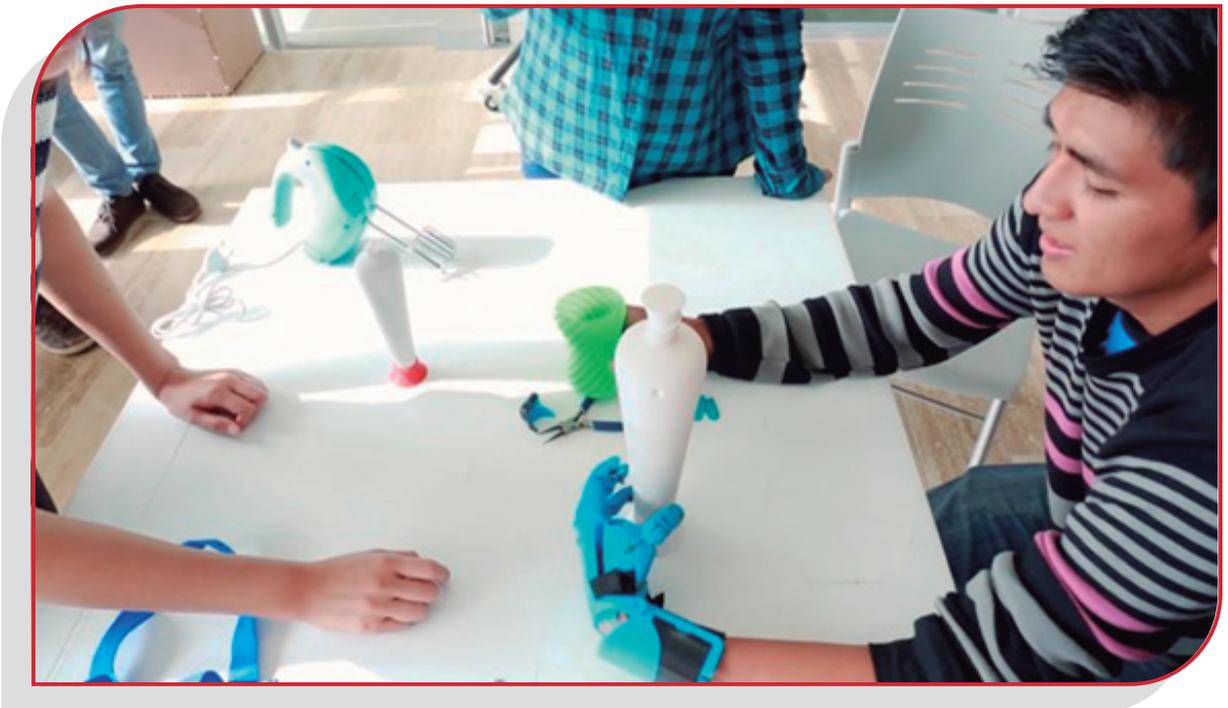


Fig. 1.16. Usuario empleando prótesis personalizada (Bustamante, 2018)

### H. Diseño de un exoesqueleto para rehabilitación de miembro superior accionado por una interfaz cerebro-máquina

Mio presentó el “diseño de un exoesqueleto para brazo con tres grados de libertad, tal que el usuario realice dos tipos de movimientos del hombro (flexión-extensión y abducción-aducción) y la flexión del brazo por la rotación de la articulación del codo” (Mio, 2015, p. 3). El exoesqueleto está orientado a la rehabilitación del miembro superior en quienes han sufrido accidente cerebrovascular. El accionamiento del mecanismo es por señales cerebrales obtenidas por una interfaz cerebro-computadora no invasiva. De este modo, cuando el usuario piensa en realizar un movimiento con el brazo (asociado a una actividad de la vida diaria), acciona los actuadores y se ejecuta un movimiento predeterminado dentro de un volumen de trabajo.

Se concluye que es posible, con el uso de una interfaz cerebro-computadora no invasiva, identificar con alta fiabilidad un único pensamiento consciente, como el de mover el brazo y accionar un mecanismo por medio de la transformación y transmisión de la señal (Mio, 2015, p. 1).

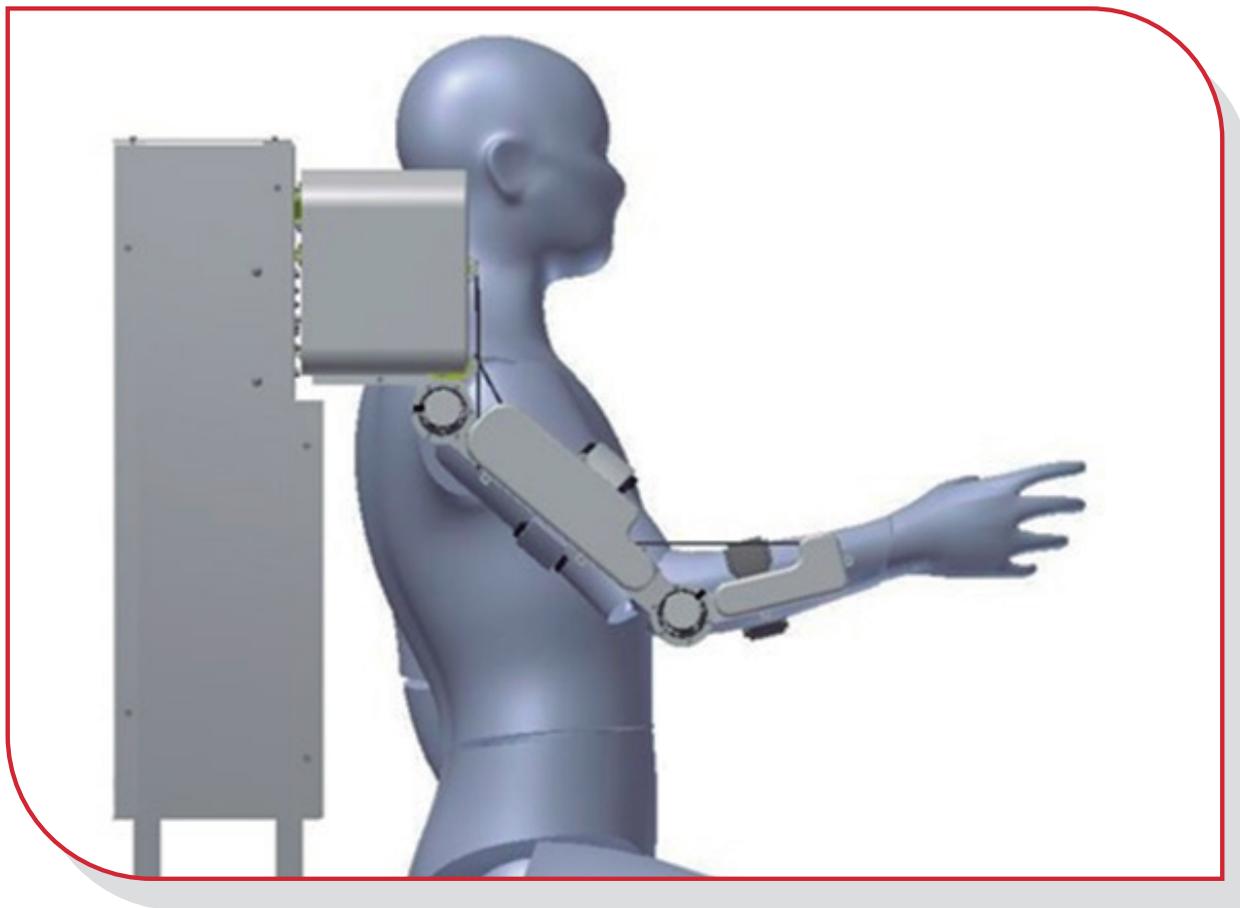


Fig. 1.17. Vista lateral del sistema mecatrónico (Mio, 2015, p. 15)

### I. Diseño de mecanismo de dedo de 2 grados de libertad para prótesis mioeléctrica transradial

La tesis presentada por Abarca para obtener el grado de magíster en Ingeniería Mecatrónica ante la PUCP ha realizado el diseño de un mecanismo de dedo de 2 grados de libertad para una prótesis mioeléctrica transradial (Abarca, 2019, p. 2). Este diseño tiene como característica que es antropomorfo, lo que reduce el impacto visual de una prótesis común, ya que las características en cuanto a tamaño y forma se asemejan a las dimensiones de una mano promedio.

El diseño es por medio de cuerdas y poleas, cuyo movimiento de los dedos se encuentran restringidos por los ángulos entre falanges en cada articulación. Se concluye que el diseño planteado, tras la implementación del prototipo, permite la sujeción de un objeto de forma cilíndrica de aproximadamente de 500 gramos.

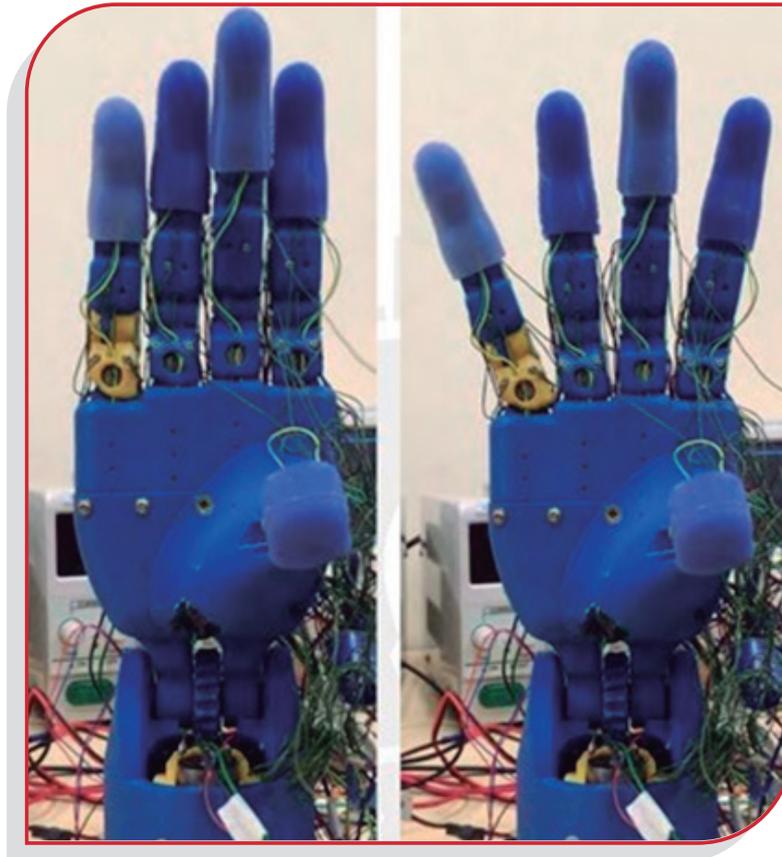


Fig. 1.18. Movimientos de aducción-abducción de la prótesis (Abarca, 2019)

#### J. Diseño de una prótesis mioeléctrica para desarticulación de muñeca

En el año 2014, Salas planteó como tema de tesis para obtener el título de ingeniero mecatrónico ante la PUCP el “diseño de una prótesis de mano mioeléctrica para desarticulación de muñeca que permita sujetar objetos mayores a 3 y a su vez regular la fuerza con que se agarran dichos objetos” (Salas, 2014, p. 2). La señal adquirida del brazo, la estimación de la fuerza de agarre y la señal de unos sensores de fuerza ubicados en los dedos del prototipo entran como datos de referencia al sistema de control que, dependiendo de los valores que estos tengan y de la lógica de control propiamente dicha, accionará tres servomotores que abrirán o cerrarán la prótesis de mano y regularán la fuerza de agarre de los objetos sujetos en caso de que la prótesis este cerrada.

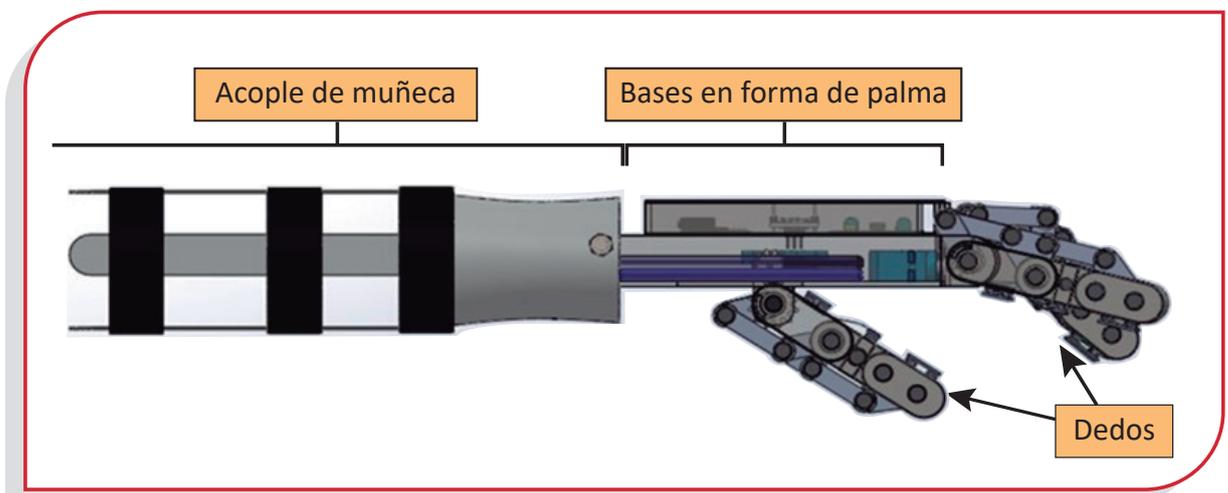


Fig. 1.19. Vista derecha de la prótesis de mano (Salas, 2014, p. 19)

### K. Diseño de un estimulador eléctrico funcional para rehabilitación física en miembros distales superiores con disfunción motriz

En el año 2011, Zavala planteó como tema de tesis para obtener el título de ingeniero electrónico ante la PUCP el “diseño de un estimulador eléctrico no invasivo, económico, portátil y de fácil manejo para lograr la restauración de las funciones motoras de los miembros dístales superiores, mediante un patrón de señales de estimulación eléctrica funcional” (Zapata, 2011, p. i). Como generador de señales, se propone un instrumento virtual con una interfaz de usuario para monitorear y controlar las señales generadas. Asimismo, el autor concluye que, mediante las pruebas realizadas, la estimulación lograda es bien tolerada por el cuerpo humano (Zavala, 2011, p. i).

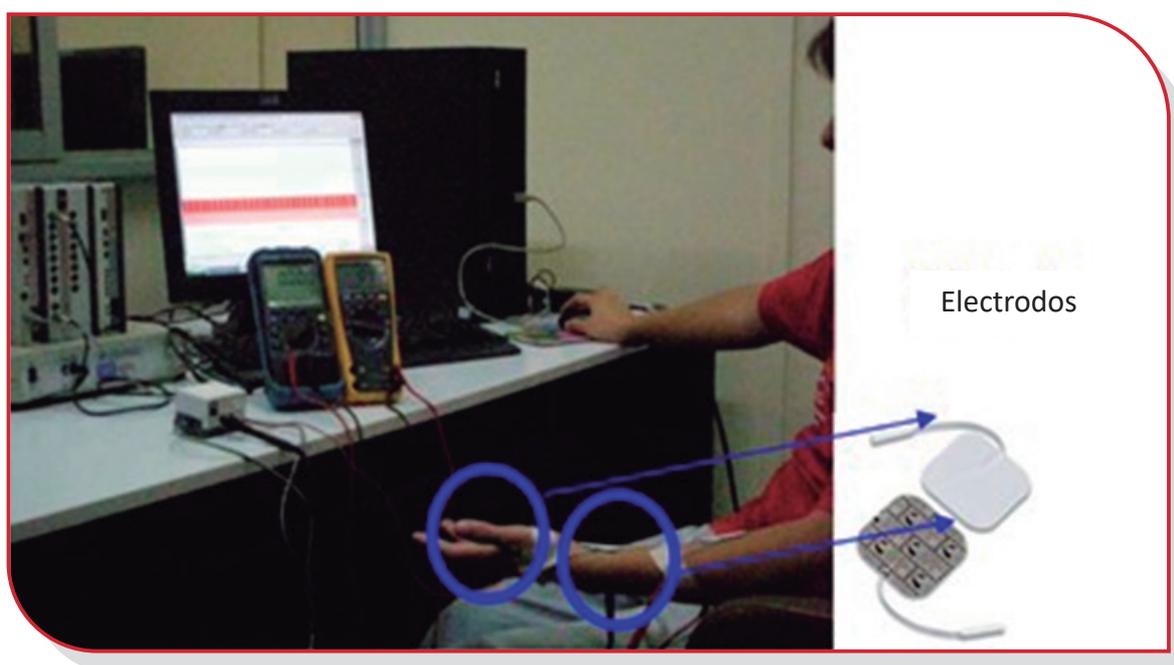


Fig. 1.20. Prueba de los parámetros experimentales (Zapata, 2011, p. 56)

### L. Diseño de una ducha automatizada para personas con discapacidad en las extremidades superiores

En el año 2012, Dejo sustentó su tesis para obtener el grado en Ingeniería Electrónica sobre el “diseño de una ducha automatizada que busca brindar una solución para las personas con discapacidad en las extremidades superiores, las cuales tienen dificultad para realizar su aseo personal de manera independiente, al no poder manipular las perillas con las que cuentan las duchas convencionales” (Dejo, 2012, p. 3).

Dicho sistema permitirá obtener la temperatura deseada, guardar dicha configuración y poder acceder a ella fácilmente, con la mínima manipulación del equipo al pulsar botones. El sistema diseñado es capaz de simplificar el proceso de aseo de una persona con discapacidad en las extremidades superiores y a la vez permite a cualquier tipo de usuario tener mayor comodidad durante dicho proceso con una interfaz clara y de fácil uso.

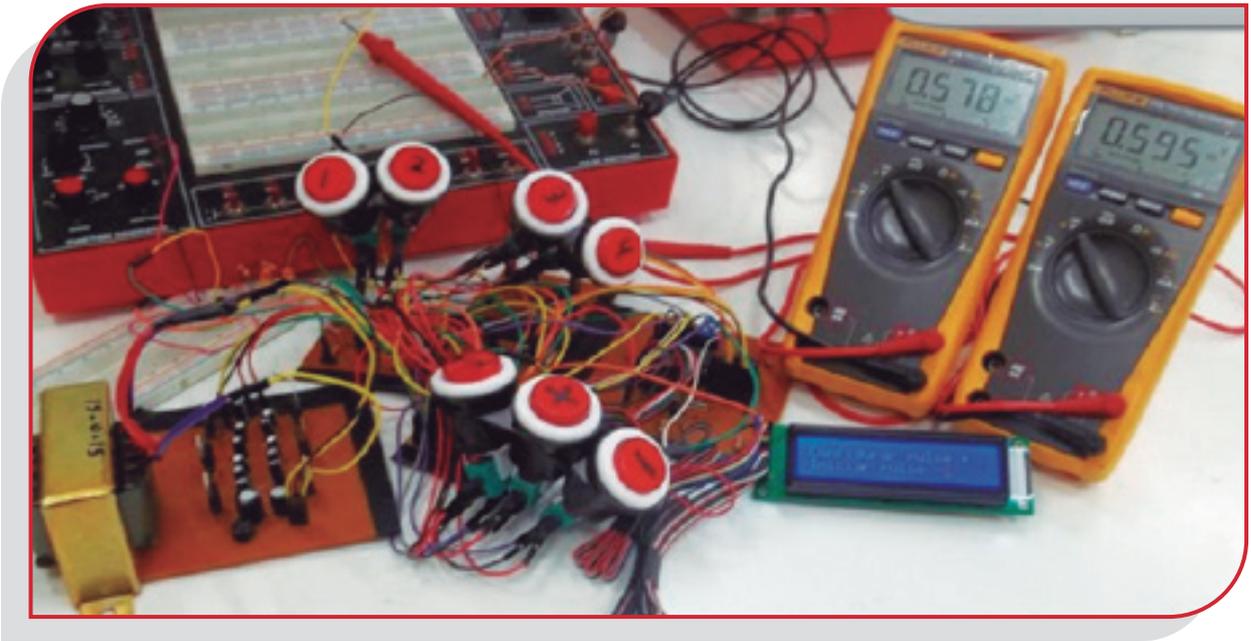


Fig. 1.21. Integración de las etapas (Dejo, 2012, p. 37)

### 1.3 Tecnologías asistivas relacionadas a la caminata y las piernas

A continuación, se presentan las tecnologías publicadas a manera de artículos en revistas indexadas o tesis publicadas en los repositorios de las universidades peruanas en materia de prótesis y órtesis de miembro inferior; asimismo, son mostrados los dispositivos de asistencia para rehabilitación de personas con discapacidad.

#### A. Diseño y fabricación de un dispositivo robótico para rehabilitación de extremidades inferiores en recién nacidos con mielomeningocele

En el año 2020, M. Mendoza presentó su tesis para obtener el grado de ingeniero mecatrónico ante la UTEC; dicha investigación “aborda el diseño y fabricación de un dispositivo robótico capaz de rehabilitar las extremidades inferiores en recién nacidos con mielomeningocele” (M. Mendoza, 2020, p. 4). Según el tesista, las personas afectadas por mielomeningocele padecen de una variedad de complicaciones posteriores a su nacimiento, entre las cuales destaca la pérdida de la función motora en las extremidades inferiores, lo que dificulta drásticamente su desarrollo e inserción en el mercado laboral.

El prototipo está orientado a bebés menores a seis meses de edad que padezcan de mielomeningocele en la región sacro-lumbar. El documento se encuentra protegido por la UTEC y solo revela el resumen, por lo que no se cuenta con apoyo visual para este dispositivo.

#### B. Evaluación de los criterios de diseño mecánico para un exoesqueleto de miembros inferiores en pacientes post ACV del Perú

Otra tesis sustentada por Pareja, en 2020, para obtener el título de ingeniero mecatrónico ante la UTEC tiene como objetivo el “diseño y análisis estructural de un exoesqueleto de miembros inferiores que asista en la rehabilitación física tras un derrame cerebral en pacientes peruanos” (Pareja, 2020, p. 11). El investigador utilizó datos antropométricos de una muestra de

trabajadores peruanos de minas en altura y empleó materiales ligeros como la fibra de carbono y el aluminio. Posteriormente, utilizó el software biomecánico OpenSim a fin de obtener la cinemática y dinámica del paciente en tres instantes críticos de la marcha humana (Pareja, 2020, p. 11).

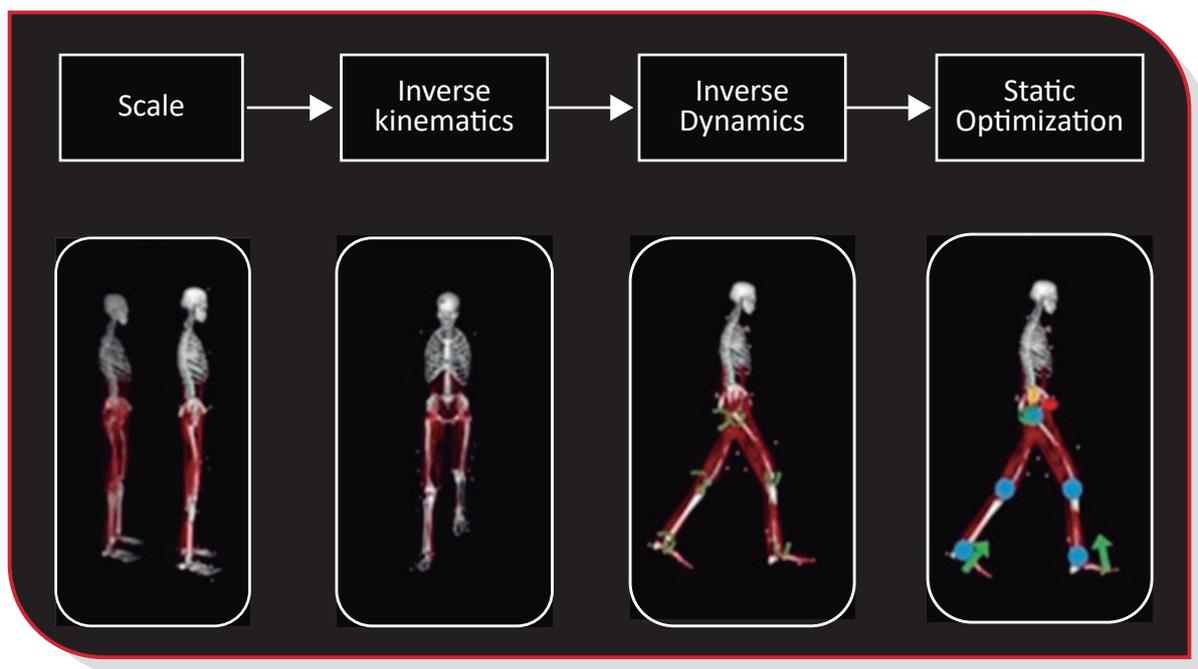


Fig. 1.22. Representación renderizada del exoesqueleto propuesto (Pareja, 2020, p. 54)

### C. Diseño de un algoritmo de control de la marcha de un exoesqueleto de extremidades inferiores para una persona de 1,80 m y 100 kg

La tesis sustentada por Miranda para obtener el título de ingeniero mecatrónico ante la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en 2018, plantea el “modelamiento y control de un exoesqueleto para extremidades inferiores orientado a la asistencia de la marcha para personas con discapacidad” (Miranda, 2018).

El sistema robótico planteado consiste en un sistema de seis grados de libertad; el análisis dinámico y cinemático fue dividido en dos, de acuerdo con el número de extremidades en contacto con el suelo. El sistema se linealizó por el método de retroalimentación de parámetros y se escogió el controlador tipo LQR con seguimiento de trayectoria. La simulación del sistema se realizó en Matlab utilizando la extensión Simulink, y las referencias para el controlador fueron obtenidas mediante análisis de video de caminata (Miranda, 2018, sección de Resumen, párrafo 3). El autor ha colocado embargo sobre las imágenes de su tesis en el repositorio académico de la UNI, por lo que solo se dispone del resumen del estudio.

### D. Diseño mecánico de una prótesis activa transfemoral

En el año 2017, Medina sustentó su tesis para obtener el título de magíster en Ingeniería Mecatrónica ante la PUCP con el diseño de una prótesis activa transfemoral. Este diseño fue concebido para que la prótesis pueda realizar rutinas de marcha en estado activo; asimismo, para rutinas como bipedestación y sedestación, la prótesis se comporta de forma pasiva. La prótesis diseñada se compone de cuatro partes —denominadas segmentos— y tres articulaciones, de las cuales dos de ellas son activas.

El autor concluye que el diseño mecánico es óptimo y que este se logra por medio del empleo de actuadores y mecanismos que funcionan como músculos, utilizando cuatro segmentos unidos en serie que funcionan como fémur, tibia, pie y falanges que permiten tener las tres articulaciones de una pierna sana (Medina, 2017, p. i).

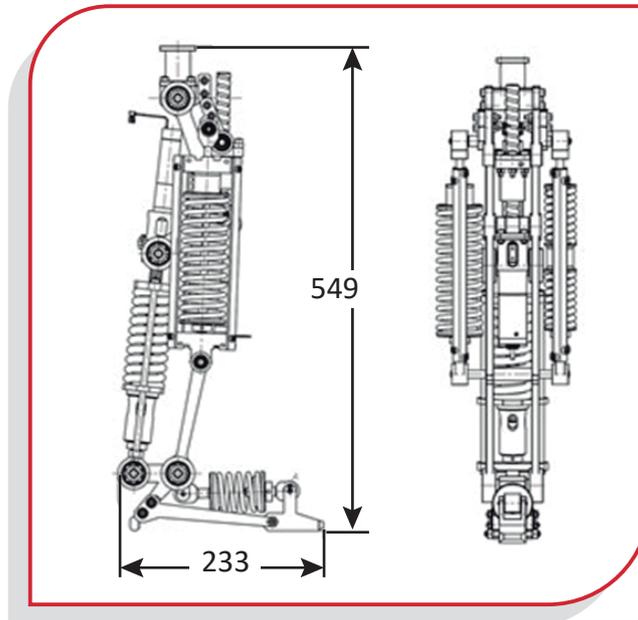


Fig. 1.23. Diseño final de la prótesis activa transfemoral (Medina, 2017, p. 96)

#### E. Rediseño del sistema mecánico del exoesqueleto PUCP para rehabilitación de miembros inferiores

En 2018, Dávila sustentó su tesis para obtener el grado de ingeniero mecánico ante la PUCP con el diseño de mejoras para el sistema mecánico del exoesqueleto PUCP para rehabilitación de miembros inferiores. El diseño toma en cuenta, como punto de partida, las necesidades de los pacientes que requieren de terapias para la rehabilitación de la marcha, así como las exigencias mecánicas que se deben cumplir para el funcionamiento del exoesqueleto (Dávila, 2018, sección de Resumen, párrafo 2).

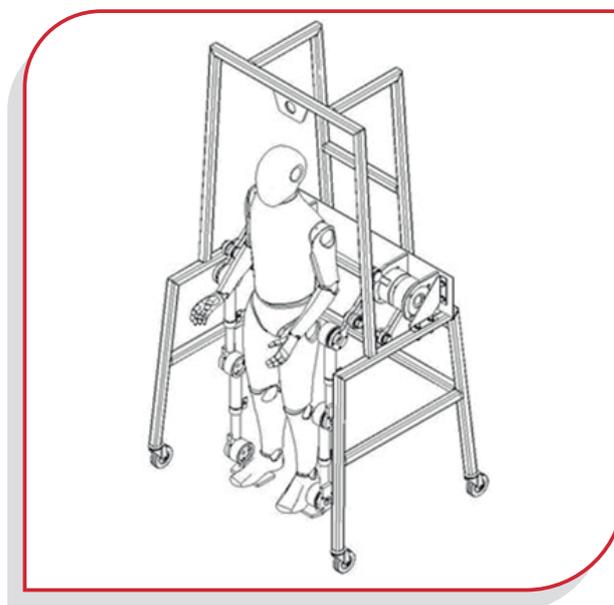


Fig. 1.24. Esquema total del exoesqueleto (Dávila, 2018, p. 24)

#### F. Investigación sobre el diseño de un mecanismo para el movimiento de las caderas en el plano frontal de un exoesqueleto de miembro inferior para la marcha humana

En el año 2020, J. Mendoza planteó el diseño preliminar de un mecanismo para el movimiento de las caderas en el plano frontal del exoesqueleto PUCP durante el ciclo de la marcha humana sobre el sitio (J. Mendoza, 2020, p. ii). Dicha investigación destaca haber obtenido el diseño mecánico preliminar de un mecanismo para el movimiento de las caderas en el plano frontal del exoesqueleto PUCP durante el ciclo de la marcha humana sobre el sitio. En conclusión, el trabajo contribuye al desarrollo de nuevas tecnologías para los dispositivos de rehabilitación (J. Mendoza, 2020, p. ii).

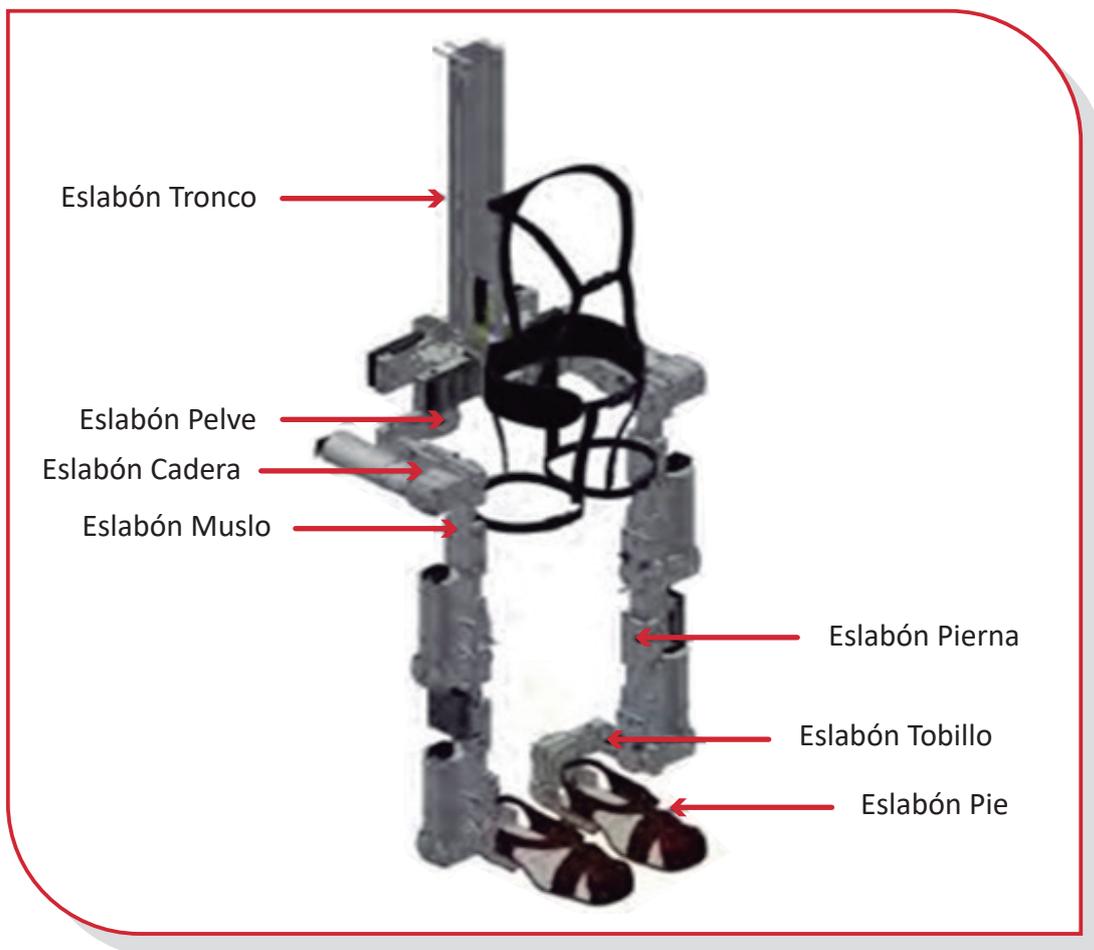


Fig. 1.25. Subsistema tipo exoesqueleto (Mendoza, 2020, p. 18)

#### G. Diseño preliminar de un dispositivo que complemente al simulador de marcha de la PUCP para reproducir los movimientos del miembro inferior del ser humano

El trabajo desarrollado por Flores, en 2015, presenta el diseño preliminar de un “dispositivo que complemente al simulador de marcha de la PUCP para reproducir los movimientos de los miembros inferiores del ser humano para personas con problemas en la marcha” (Flores, 2015, p. i). El resultado del trabajo es el diseño de un exoesqueleto de 2 GDL para los miembros inferiores, el cual se acopla a la plataforma del simulador de marcha desarrollado en la PUCP. Asimismo, ayuda en la rehabilitación física de personas entre los 6 a 12 años con dificultades en la marcha, para lo cual puede variar de altura entre los 55 a 75 cm según sea las características físicas de la persona a rehabilitar (Flores, 2015, p. i).

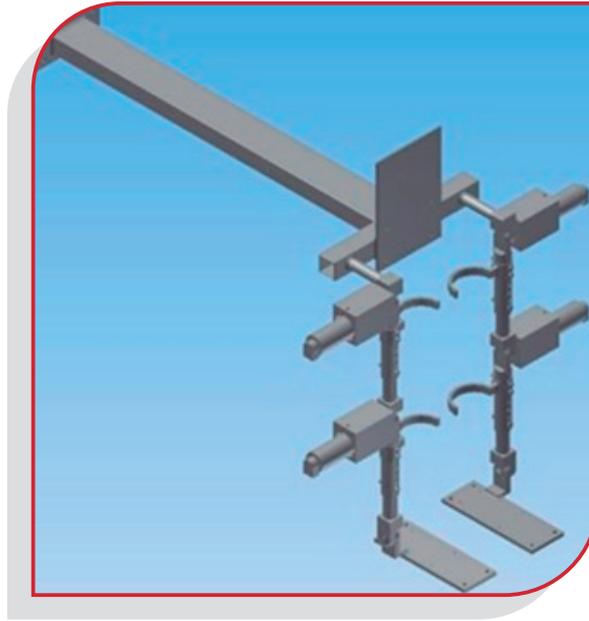


Fig. 1.26. Diseño mecánico del dispositivo (Flores, 2015, p. 59)

#### H. Integración de un sistema robótico asistencial controlado mediante una interfaz cerebro computador para personas con discapacidad motora

En el año 2019, Pirca presenta un estudio en el que desarrolla la “implementación de un sistema robótico que devuelve la autonomía parcial a una persona con discapacidad motora para permitir a las personas realizar algunas labores cotidianas” (Pirca, 2019, p. 1). El sistema robótico está compuesto de las siguientes partes principales: brazo robótico, casco con electrodos pasivos, pantalla de interacción y cámaras HD. Se realizaron pruebas con personas sin discapacidad, teniendo resultados satisfactorios después de las sesiones de entrenamiento y de experiencia con el sistema robótico (Pirca, 2019, p. 1).

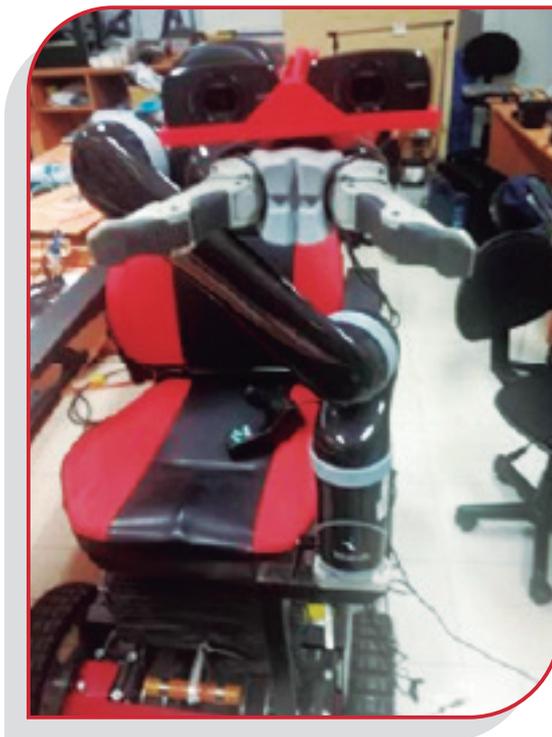


Fig. 1.27. Ensamble silla, brazo robótico y cámaras (Pirca, 2019, p. 43)

### I. Diseño conceptual de un simulador biomecánico de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad

En el año 2019, Velásquez presentó un estudio cuyo objetivo fue “desarrollar el diseño conceptual de un simulador biomecánico de Va’a en el tipo de canoa V1 dirigido a personas con discapacidad motora inferior clasificados en la categoría VL3” (Velásquez, 2019, p. 1). El estudio concluye que el diseño propuesto es innovador, versátil y que permite un entrenamiento accesible: el atleta no necesita retirar, ensamblar ni trasladar la canoa. Asimismo, se halla que el simulador permitiría recaudar información de la técnica de remado para un posterior estudio cualitativo y cuantitativo, lo cual complementa una preparación deportiva óptima (Velásquez, 2019, p. 1).

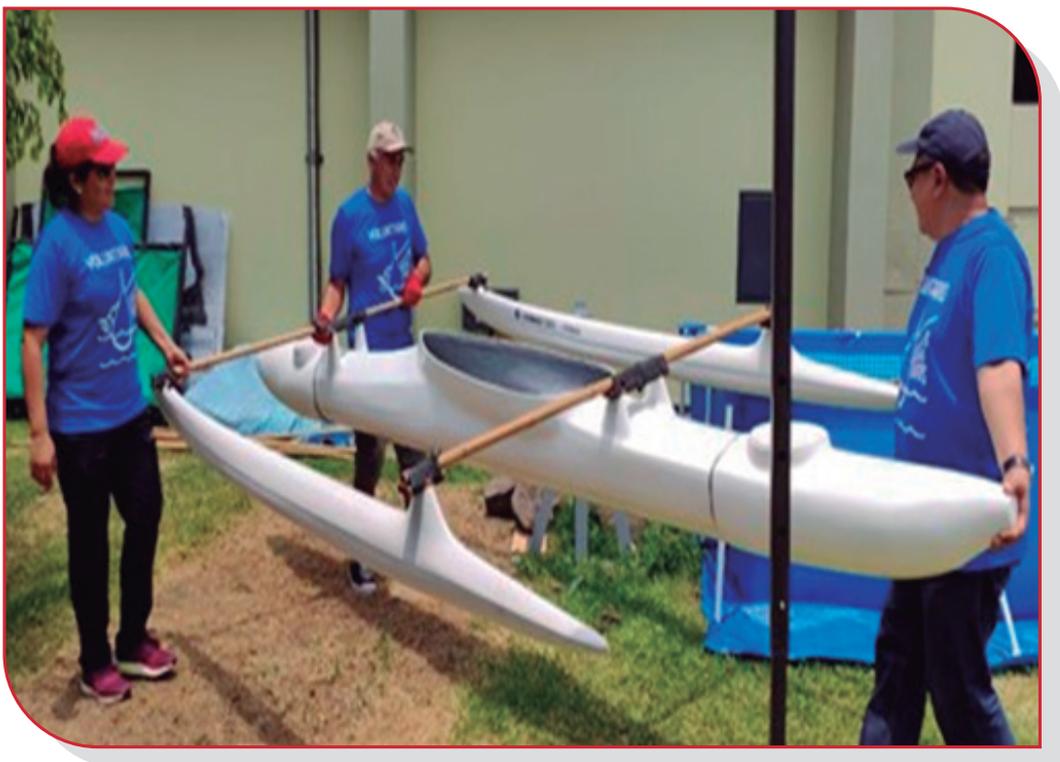


Fig. 1.28. Pruebas del simulador biomecánico (Velásquez, 2019)

### J. Sistema de control de la cinemática de una plataforma Stewart-Gough para la rehabilitación de la movilidad del tobillo

En el año 2013, Paredes propone un estudio sobre el “diseño e implementación de un sistema de control de la cinemática para plataforma Stewart-Gough” (Paredes, 2013, p. 2). El estudio se realizó con el objetivo de lograr posicionar de manera exacta y precisa la plataforma en una posición y orientación dada y así recrear la trayectoria recorrida por el conjunto tobillo-pie durante la marcha.

Fue necesario hallar un modelo aproximado de los actuadores de la plataforma. Con los modelos hallados, se simuló el comportamiento de los actuadores y, al comparar los resultados de estas simulaciones con los datos reales, se obtuvieron errores menores al 1%. (Paredes, 2013, p. 2).

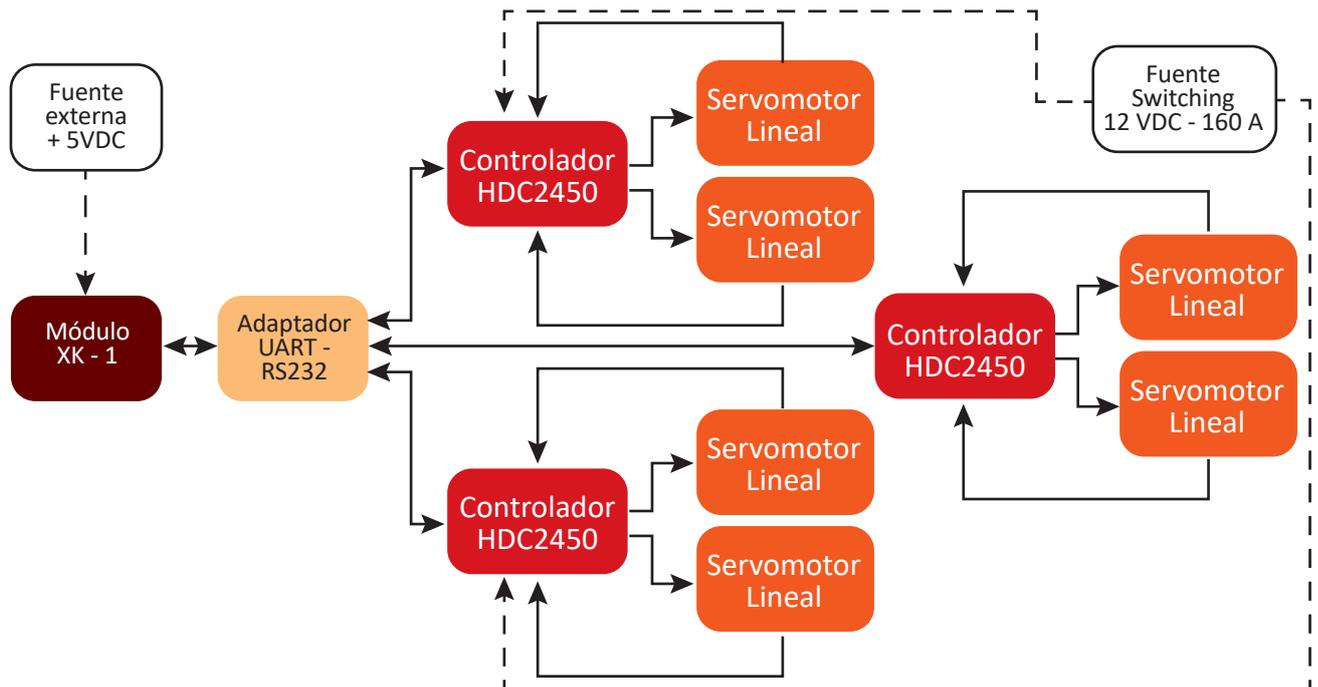


Fig. 1.29. Diagrama de bloques del sistema de control (Paredes, 2013, p. 26)

#### K. Desarrollo de un sistema portátil de estimulación eléctrica funcional (FES) para pacientes con síndrome de pie caído

En el año 2019, Calderón sustentó su tema de tesis para obtener el título de ingeniero electrónico ante PUCP; así, planteó el “diseño, desarrollo e implementación de un prototipo económico y portátil de sistema de estimulación eléctrica funcional para personas con síndrome de pie caído” (Calderón, 2019, p. i). Para el desarrollo del prototipo, se distribuyó su funcionamiento en dos unidades, una encargada del monitoreo y la otra de electro-estimulación. Cada una comprendía distintas etapas, cuyo diseño está basado en una solución adecuada y acorde a los objetivos planteados. Finalmente, se presentó el prototipo en una carcasa pequeña y liviana, asegurando su portabilidad.

Se concluye que se logra determinar los parámetros eléctricos, como amplitudes, forma y duración de impulsos del prototipo de FES para síndrome de pie caído, sobre la base de estudios previos de electro-estimulación funcional y sistemas FES comerciales (Calderón, 2019, p. i).



Fig. 1.30. Izq.: Sensor en planta. Der.: Sistema en tobillo (Calderón, 2019, pp. 56 y 68)

## L. Diseño del sistema mecánico de un rehabilitador de marcha para niños con problemas de locomoción

Macavilca presentó, en 2016, un estudio acerca del “diseño del sistema mecánico de un rehabilitador de marcha orientado a la recuperación de la locomoción de niños entre cuatro a doce años de edad, quienes ostentan una mayor capacidad de recuperación motriz al estar en una etapa de desarrollo físico y mental” (Macavilca, 2016, p. i). El estudio contempló el diseño mecánico de un mecanismo paralelo tipo hexápodo de notación 6RSS (de seis grados de libertad y de articulaciones R-rotacional, S-esférica y S-esférica), como se aprecia en la Figura 1.29. Este equipo fue diseñado para ser utilizado por un niño de un peso máximo de 42 kg y de una estatura máxima de 1,50 m (Macavilca, 2016, p. i).

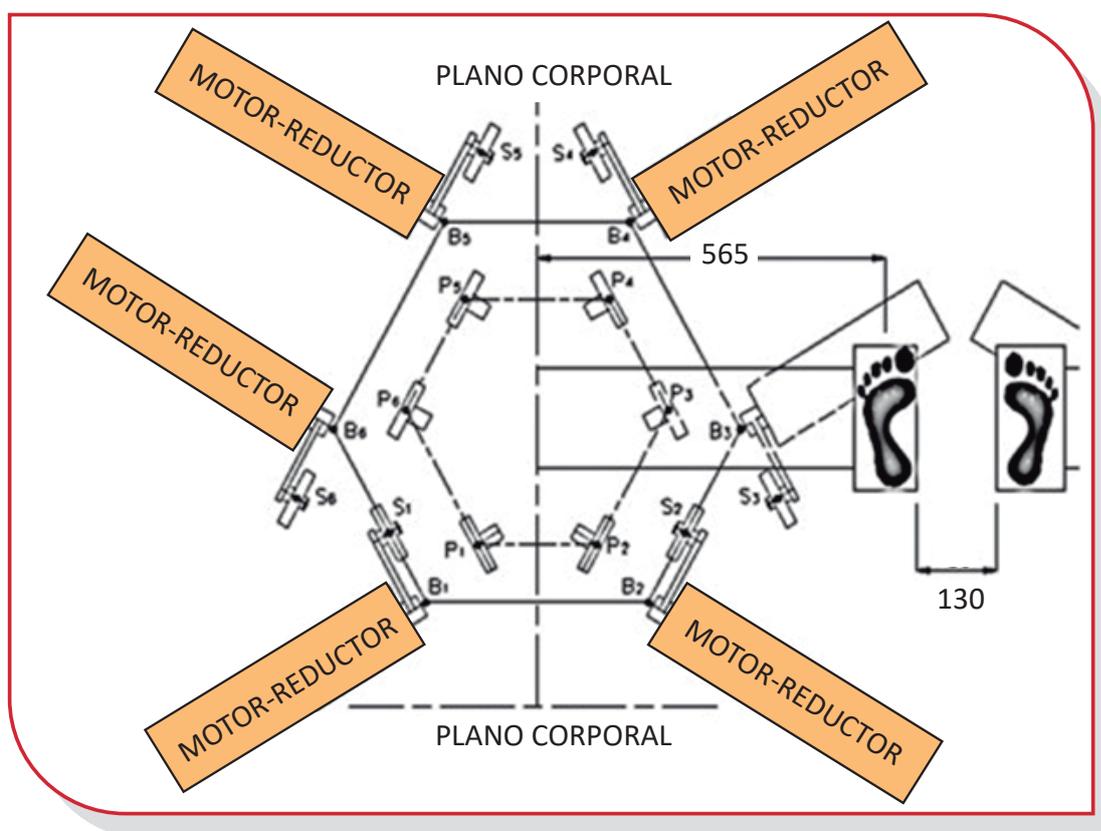


Fig. 1.31. Vista superior rehabilitador de marcha (Macavilca, 2016, p. 37)

## M. Diseño mecánico de un equipo para la rehabilitación de la movilidad del tobillo empleando un mecanismo paralelo

En el año 2016, Cerna planteó el diseño mecánico de un equipo para la rehabilitación de la movilidad del tobillo.

De acuerdo con el autor, el equipo cumple ello:

Empleando un mecanismo paralelo del tipo 2-UPU (R), el cual cuenta con dos grados de libertad para realizar los movimientos de flexión dorsal-plantar e inversión-eversión, y una restricción pasiva que garantiza un punto de rotación fijo [...] El rehabilitador de tobillo propuesto es accionado por dos servomotores eléctricos lineales que permiten realizar trabajos pasivos y activos en flexión dorsal-plantar e inversión-eversión (Cerna, 2016, p. i)

Como resultado de este trabajo, se obtienen los planos de ensamble y fabricación del equipo para la rehabilitación de la movilidad del tobillo.

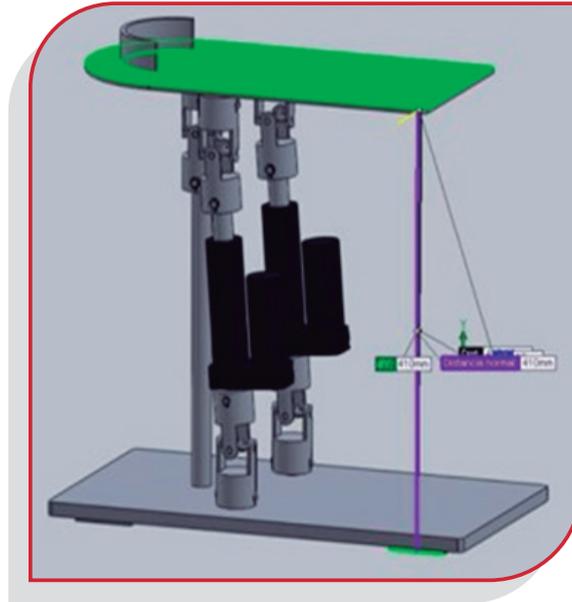


Fig. 1.32. Rehabilitador de tobillo propuesto (Cerna, 2016, p. 59)

#### N. Diseño e implementación de una plantilla para la medición de presión plantar para la prevención de ulceraciones en la patología de pie diabético

La tesis presentada por Cucho y Alarcón (2012) para la obtención del título de Ingenieras Electrónicas plantea el diseño e implementación de un prototipo para la medición de presión plantar a fin de “disponer de un dispositivo para el diagnóstico que sea capaz de registrar valores cuantificables en puntos estratégicos de la huella plantar y que contribuya a la interpretación médica” (Cucho y Alarcón, 2012, sección de Resumen, párrafo 1).

Según las autoras, “este dispositivo está conformado por 16 sensores ubicados en la región plantar (calcáneo, metatarsos y dedos gordos) adosados a una plantilla de lona. La implementación del prototipo comprende la selección del sensor adecuado para la aplicación” (Cucho y Alarcón, 2012, sección de Resumen, párrafos 2 y 3).

La tesis concluye que “con los resultados durante la marcha se comprueba la repetitividad del prototipo. Se obtiene así un coeficiente de variación porcentual en el rango de 2 a 14, similar al de equipos comerciales” (Cucho y Alarcón, 2012, sección de Resumen, párrafo 5).



Fig. 1.33. Sensores adheridos a la plantilla (Cucho y Alarcón, 2012, p. 37)

## O. Diseño de una silla de ruedas autónoma para el desplazamiento en escalera en edificaciones

En el año 2020, Vargas<sup>2</sup> planteó el diseño de una silla de ruedas autónoma, que permita a las personas con discapacidad subir y bajar escaleras. De acuerdo con el autor, el diseño planteado busca que las personas con discapacidad puedan subir y bajar las escaleras, considerando que algunas edificaciones no cuentan con ascensor. El diseño toma en cuenta las dimensiones del paso y contrapaso de las escaleras establecidas en la norma de construcción.

Vargas concluye que la potencia requerida para desplazarse por las escaleras es de 0,5 HP, la que se abastece de un acumulador de energía que le permite una autonomía de 24,7 km, lo que equivale a 19,8 horas.

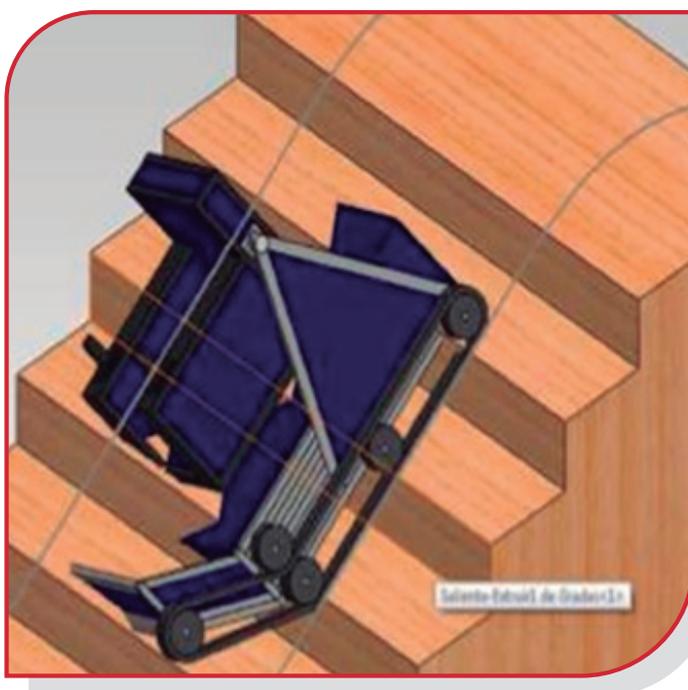


Fig. 1.34. Diseño del sistema Vargas [Vargas, 2020]

## P. Configuración de una silla de ruedas ergonómica inteligente para cuadripléjicos

La tesis presentada por Bastidas (2019) para optar el título de ingeniero mecánico se enfocó en la “configuración de la parte mecánica de una silla de ruedas ergonómica para pacientes cuadripléjicos, usando el método de investigación sistemático-inductivo” (p. iv).

Según Bastidas:

Se configuró un modelamiento mecánico de la silla de ruedas ergonómica, que incluye el dimensionamiento y ubicación de los servomotores, controladores y actuadores del mecanismo [...] Con este modelo de diseño, se obtuvo las dimensiones, el modelamiento del armazón y selección de componentes de la silla de ruedas. Se concluyó con el modelamiento y ensamblado en SolidWorks de los componentes de la Silla de ruedas ergonómica inteligente (2019, p. iv).

<sup>2</sup> <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44469>



Fig. 1.35. CAD renderizado de la silla de ruedas para personas con cuadriplejía (Bastidas, 2019, p. 79)

#### Q. Implementación de una interfaz cerebro-máquina para el control de una silla de ruedas

En el año 2019, Alvarado presentó un estudio donde propone el desarrollo de una interfaz cerebro-computador que se encargue del procesamiento y la clasificación de las ondas cerebrales (Alvarado, 2019, sección de Resumen), para que personas con esclerosis lateral amiotrófica puedan controlarla.

De acuerdo con Alvarado (2019), la interfaz con el usuario dispone de 16 electrodos ubicados en la cabeza de la persona con discapacidad, quien imaginará el movimiento de los brazos, para que el algoritmo sea capaz de interpretar las señales que emita, con las cuales, el usuario o persona con discapacidad puede mover su silla de ruedas.

El autor concluye que los experimentos desarrollados permiten reconocer las señales electroencefalográficas. Por otro lado, el autor logró establecer la diferencia entre los datos correspondientes a la imaginación del movimiento de ambos brazos: derecho e izquierdo. Asimismo, logró extraer características esenciales de las señales, con el apoyo de una transformada rápida de Fourier.

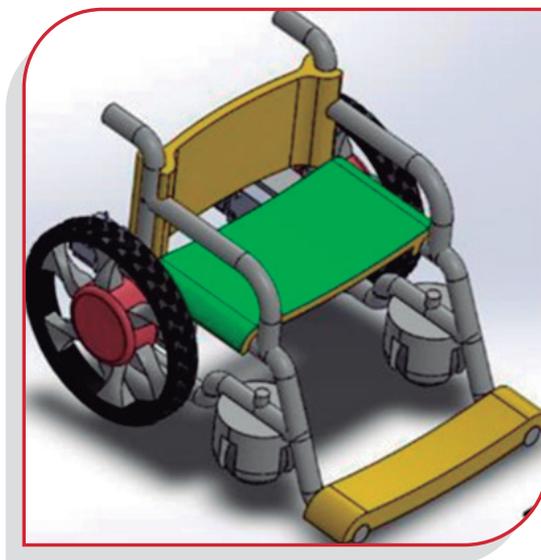


Fig. 1.36. CAD renderizado de la silla de ruedas [Alvarado, 2019]

## R. Diseño mecatrónico y simulación de una silla de ruedas multifuncional para niños entre 6 a 12 años

El trabajo desarrollado por Bravo (2017) muestra el “diseño de una silla de ruedas mecatrónica multifuncional. Este trabajo se enfoca en niños entre 6 y 12 años que presentan el desorden llamado distrofia muscular de Duchenne (DMD)” (p. i).

Bravo realizó el diseño de una silla de ruedas automática de modos múltiples y funcionales. La silla que se aprecia en la figura 1.35 puede ser controlada mediante un mando programable que permite seleccionar la función específica a ejecutar.



Fig. 1.37. CAD renderizado de la silla modelo Bravo (Bravo, 2017, p. 46)

## S. Diseño del sistema de comando de una silla de ruedas motorizada mediante movimientos cervicales

El trabajo presentado por Montero, en 2016, se trata de una silla de ruedas con brazo robot incorporado. Según el autor:

Propone una integración de un sistema mecatrónico que permita el libre traslado de un lugar a otro a personas que tengan impedimento para el uso de brazos y piernas, y sin necesidad de la ayuda de una segunda persona. [...] La solución que propone el autor está basada en un algoritmo que interpreta los movimientos cervicales y los traduce a órdenes de movimiento para una silla de ruedas motorizada (Montero, 2016, p. ii).

Se concluye que la solución propuesta es capaz de brindar “la autonomía de desplazamiento a pacientes que cuenten con una discapacidad motriz que impida que pueda desplazarse a distintos lugares sin asistencia de otra persona” (Montero, 2016, p. 55).



Fig. 1.38. Prueba en dirección de avance (Montero, 2016, p. 53)

#### T. Diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales

La tesis de Campos (2017) “tiene como objetivo el diseño de un acople mecatrónico para sillas de ruedas convencionales con el fin de automatizarlas” (p. i). El diseño presentado cuenta con un “mando adicional cuyo uso podrá ser alternado con el del joystick para tener una mayor libertad en las manos. De esta forma, el usuario podrá tener una silla de ruedas eléctrica a un costo menor lo cual es conveniente sobre todo en los sectores económicos B y C” (Campos, 2017, p. i).

Se concluye que “el diseño del acople mecatrónico propuesto es capaz de adaptarse con una gran variedad de sillas de ruedas, porque se fija en lugares que no cambian de forma entre los diferentes modelos como lo son: el tubo perpendicular al finalizar el asiento, la lona del asiento, y el reposabrazos” (Campos, 2017, p. 67).



Fig. 1.39. CAD renderizado de la silla de ruedas con el sistema mecatrónico integrado (Campos, 2017, p. 24)

## 1.4 Tecnologías asistivas relacionadas con la vista

A continuación, se presentan las tecnologías —publicadas a manera de artículos en revistas indexadas o tesis publicadas en los repositorios de las universidades peruanas— en materia de tecnología de asistencia para personas con visión reducida o completamente limitada.

### A. Propuesta de una plataforma semántica inteligente que utiliza el lenguaje natural con reconocimiento de voz para la inclusión de los discapacitados visuales en el Perú

Rosales (2017), como parte de su tema de tesis de doctorado ante la UNI, planteó el desarrollo e implementación de una plataforma web construida con herramientas de la web Semántica, a la que se le ha incluido un sistema de reconocimiento de voz basado en lenguaje natural. Según Rosales (2017), aquellas personas con problemas visuales pueden realizar consultas a través de la voz a la plataforma y el resultado puede ser obtenido de manera rápida mediante la lectura de dicha consulta.

Estos resultados obtenidos se analizan tomando en cuenta los tiempos de respuesta del sistema a la consulta y este tiempo se compara frente a otras consultas realizadas utilizando otras dos herramientas parecidas como son el asistente Cortana de Windows 10 y el Google Voice, encontrándose como aporte del trabajo realizado que el tiempo de respuesta en esta plataforma es mucho menor que ambas herramientas; finalmente, este aporte es validado con pruebas estadísticas.

El autor ha colocado un embargo sobre el documento de la tesis en el repositorio de la UNI por lo que únicamente se puede tener acceso al resumen publicable, mas no a las fotografías.

### B. Mejora de la accesibilidad de personas con discapacidad sensorial utilizando una aplicación interactiva en la televisión digital terrestre

Quezada (2015) presentó un proyecto de investigación aplicada consistente en el “diseño e implementación un dispositivo electrónico de ayuda de desplazamiento para personas con ceguera de bajo costo y de fácil manejo que permita detectar obstáculos ubicados en la parte frontal de la persona a un rango de 150 centímetros, además de detectar desniveles” (sección de Resumen, párrafo 3).

Según Quezada (2015), el diseño dispone de “cinco sensores ultrasónicos, tres para detectar los objetos que se encuentren adelante y dos para detectar los desniveles. Por otro lado, para advertir a la persona ciega de los diversos obstáculos se utilizaron motores vibradores” (sección Resumen, párrafo 3).

Además, “a partir de los resultados obtenidos se puede concluir que el dispositivo de ayuda de desplazamiento para personas con ceguera desarrollado, es capaz de detectar objetos sin necesidad de hacer contacto con estos” (Quezada, 2015, p. 53). Asimismo, el dispositivo es capaz de detectar desniveles.



Fig. 1.40. Prototipo del dispositivo electrónico implementado (Quezada, 2015)

### C. Diseño de dispositivo basado en ultrasonido para desplazamiento de personas en condición de discapacidad visual

En el año 2014, Parra presentó el "diseño de un dispositivo de ayuda para personas en condición de discapacidad visual, específicamente en lo relativo al desplazamiento, para así brindarles mayor seguridad" (sección de Resumen, párrafo 1). En su estudio, Parra señala que el dispositivo:

Permite la detección de obstáculos, el cual puede ser aplicado a apoyar a personas en condición de discapacidad visual a moverse de una manera más segura, llegando a detectar objetos hasta a una distancia de 2.50 metros e identificar una posición aproximada del objeto detectado (2014, sección de Resumen, párrafo 2).

El dispositivo electrónico fue integrado a un bastón, concluyéndose lo siguiente:

Los resultados de las pruebas preliminares realizadas sugieren que el bastón puede ser capaz de brindar información adecuada con respecto a distancias y orientaciones de objetos en ambientes controlados, pero se observaron diferentes limitaciones del desempeño como dependencia de la detectabilidad en la orientación entre el bastón y objeto y resultados erráticos en presencia de múltiples obstáculos (Parra, 2014, p. 54).

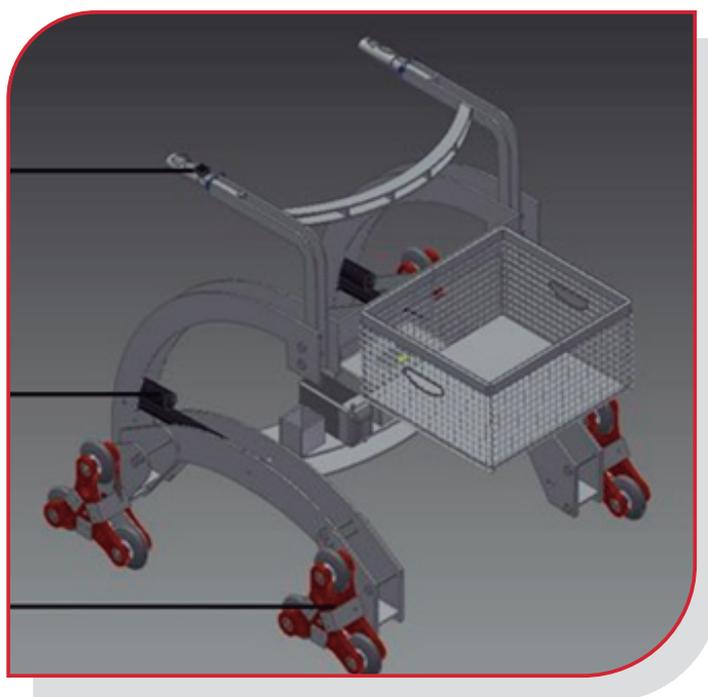


Fig. 1.41. Diseño final del bastón (Parra, 2014, p. 36)

### 1.5 Tecnologías asistivas relacionadas con la fuerza y resistencia

A continuación, se presentan las tecnologías —publicadas a manera de artículos en revistas indexadas o tesis publicadas en los repositorios de las universidades peruanas— en materia de tecnología de asistencia asociadas al reforzamiento de funciones parcialmente perdidas comúnmente en personas de la tercera edad, quienes, por el paso natural del tiempo, pierden fuerza y resistencia muscular.

#### B. Diseño de un sistema inalámbrico de detección de caídas aplicado a personas de la tercera edad basado en acelerómetro y teléfono móvil

Oporto (2015) plantea como tema de tesis para obtener el grado de magíster en Ingeniería Biomédica el diseño de un sistema inalámbrico de detección de caídas aplicado a personas de la tercera edad. “La solución propuesta reduce los efectos negativos de las caídas en ancianos mediante un sistema portátil, no invasivo y de bajo costo, usando dispositivos electrónicos comerciales disponibles en el mercado” (Oporto, 2015, sección de Resumen párrafo 2), tal como se aprecia en la figura 1.41.

Además, “este sistema, adecuadamente sujeto a la persona, detecta la caída y genera una alerta hacia un teléfono móvil. De esta manera, la persona que recibe la alerta logra enterarse del evento y puede tomar acción inmediata para lograr la pronta atención del anciano” (Oporto, 2015, sección de resumen, párrafo 2).

El autor concluye, sobre la base de los resultados obtenidos y sustentados, que se pueden detectar caídas en personas de la tercera edad mediante la técnica de detección de umbrales en los picos de aceleración ocurridos durante los impactos al llegar la persona al suelo con una confiabilidad muy alta.



Fig. 1.43. Ensayo del dispositivo con usuario (Oporto, 2015, p. 182)

## CAPÍTULO 2

### **NORMAS TÉCNICAS MARCO PARA EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA EN EL PERÚ**

En el siguiente capítulo, serán presentadas las normas técnicas peruanas (NTP) relacionadas con las tecnologías de asistencia; así como una búsqueda sobre las ausencias presentes.

#### **2.1 NTP 940.001:2011, accesibilidad al medio físico-rampas**

Esta NTP establece los criterios y requisitos generales que deben cumplir las rampas fijas en el entorno urbano, de tal manera que faciliten la movilidad y el desplazamiento autónomo de las personas con movilidad reducida [INACAL, 2011].

#### **2.2 NTP 873.001:2018, señalización para accesibilidad universal en edificaciones**

Esta NTP establece las características técnicas de señalización accesible que deben aplicarse dentro de un sistema planificado de señales físicas, audibles, táctiles y visuales, permitiendo una orientación adecuada a todas las personas con discapacidad, garantizando su libre desplazamiento autonomía en el entorno. Es aplicable en los ingresos principales, escaleras, ascensores, módulos de atención y servicios higiénicos de las edificaciones públicas y privadas de uso público, a nivel nacional (INACAL, 2018).

#### **2.3 NTP 711.003:2019, accesibilidad al medio físico-áreas de recreación**

Esta NTP tiene como objeto establecer las definiciones y los requisitos generales de los juegos inclusivos de uso infantil individual y colectivo, las superficies de las áreas de juego, los equipamientos, el desplazamiento y la seguridad, con la finalidad de que los niños, niñas y adolescentes con discapacidad física, sensorial, mental o intelectual, independientemente de su edad, participen en igualdad de condiciones que los demás y se asegure el acceso y participación de las actividades lúdicas, recreativas y de esparcimiento (INACAL, 2019).

#### **2.4 GP-ISO/IEC 71:2013 (revisada el 2018), directrices para que el desarrollo de las normas tenga en cuenta las necesidades de las personas mayores y las personas con discapacidad**

Esta guía proporciona, a los expertos en el desarrollo de las normas internacionales pertinentes, orientación sobre la forma de tener en cuenta las necesidades de las personas mayores y de las personas con discapacidad. Aunque se reconoce que algunas personas con discapacidades muy severas y complejas pueden tener unas necesidades que exceden el nivel que se aborda en esta guía, hay una gran cantidad de personas que tienen deficiencias menores que se pueden tener en cuenta fácilmente con unos cambios de perspectiva relativamente pequeños en las normas, aumentando con ello el mercado para el producto o servicio (INACAL, 2013).

## 2.5 NTP no presentes

Tras haber desarrollado la consulta en el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), estos son los términos para los cuales no se encontró ninguna norma asociada: prótesis, órtesis, exoesqueleto y tecnología asistiva. Las capturas de pantalla son mostradas en las figuras de la 2.1 a la 2.4.



Fig. 2.1. Búsqueda del término *prótesis* en sección NTP- INACAL (INACAL, 2020)



Fig. 2.2. Búsqueda del término *órtesis* en sección NTP- INACAL [INACAL, 2020b]



Fig. 2.3. Búsqueda del término *exoesqueleto* en sección NTP- INACAL [INACAL, 2020]



Fig. 2.4. Búsqueda del término *silla de ruedas* en sección NTP- INACAL [INACAL, 2020d]

The image shows a screenshot of the INACAL website. At the top left is the INACAL logo (Instituto Nacional de Calidad) and the slogan "Perú, calidad que deja huella." at the top right. The main content area is titled "Adquiera nuestras publicaciones" and includes a red banner stating "Sólo disponibles en formato electrónico (PDF)". Below this, there are navigation links: Inicio, Login, Regístrate, and Mi cuenta. A shopping cart icon shows "0 Producto(s)" for a total of "S/ 0.00", with a "Comprar" button and a "Ver resumen de compras" link. The search section, titled "RESULTADO DE BÚSQUEDA", has a dropdown menu for "Tipo de producto" set to "Publicaciones". The search input field contains the term "Andador" and a search icon. Below the input field, a note reads: "Para la búsqueda de un término específico, haga uso de comillas (' '). Por ejemplo: 'sistema de gestión'". At the bottom of the search results, it says "Usted buscó: Andador" and "NO EXISTEN PRODUCTOS QUE CONCIENAN CON LOS CRITERIOS DE SU BÚSQUEDA". On the left side of the page, there is a vertical navigation menu with a red "Tienda Virtual" button and an orange sidebar containing "Destacados", "Productos más vendidos", "Búsqueda de Productos", and "Guía del Usuario".

Fig. 2.5. Búsqueda del término *andador* en sección NTP- INACAL [INACAL , 2020e]

## CAPÍTULO 3

### INICIATIVAS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA EN EL PERÚ

En este capítulo, se presentarán las iniciativas que promueven el desarrollo de tecnologías de asistencia en el Perú. En primer lugar, serán presentados los eventos de carácter privado y, posteriormente, los de naturaleza pública.

#### 3.1 Makeathon en la PUCP: Tecnología, Discapacidad e Inclusión Social

Este evento fue llevado a cabo en el 2016 y fue organizado por el Grupo de Investigación en Robótica Aplicada y Biomecánica (GIRAB-PUCP), en colaboración con la Sala VEO y el CONADIS del Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables. Tuvo como objetivo reunir a profesionales de distintas disciplinas, como ingenieros, artistas, diseñadores, desarrolladores, psicólogos, entre otros, para solucionar un problema real en 48 horas, como se puede apreciar en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3.

La temática consistió en desarrollar tecnologías asistivas para personas con discapacidad y, así, contribuir a visibilizar la problemática de la discapacidad en el Perú, con la finalidad de aliviar la falta de atención a esta. Fueron dispuestos cuatro talleres/laboratorios para el aprendizaje/fabricación de los prototipos; son los siguientes:

- Taller de Metal (arte)
- Taller de Madera (arte)
- Laboratorio de Proyecto Electrónico (electrónica)
- Laboratorio de Proyecto Mecatrónico (mecatrónica)



Fig. 3.1. Participantes Makeathon 2016



Fig. 3.2. Desarrollo actividades interdisciplinarias Makeathon 2016



Fig. 3.3 Las actividades fueron desarrolladas durante 48 horas para conseguir el desarrollo de tecnologías asistivas

### 3.2 DISCAP Perú: Primera Feria Internacional de Tecnología y Servicios para la Discapacidad e Inclusión

DISCAP PERÚ 2018 incluyó una feria y un congreso internacional, los cuales fueron desarrollados en agosto del 2018 para promover tecnologías asistivas en el Perú en rehabilitación, prevención, atención e inclusión. Se trató de un evento que reunió investigadores y profesionales del área de la salud, ingeniería y educación interesados en el desarrollo de tecnologías para la inclusión de personas en situación de discapacidad. Fueron presentados avances en metodologías y desarrollos tecnológicos en el ámbito de la rehabilitación y prevención que permitan mejorar la calidad vida de personas con afectaciones cognitivas y motoras.

Se brindó información, exhibición y/o venta de equipos biomecánicos y de alta tecnología para personas con discapacidad. Contó con la participación de representantes de la industria, proveedores de productos y servicios, entidades del Estado, agentes cooperantes del Perú y del extranjero, asociaciones y colectivos que brindan apoyo a este sector vulnerable y en situaciones de dependencia. En las figuras 3.4, 3.5 y 3.6, se muestran fotografías del evento.



Fig. 3.4. Frontis evento DISCAP Perú en Plaza Bolívar, Congreso de la República

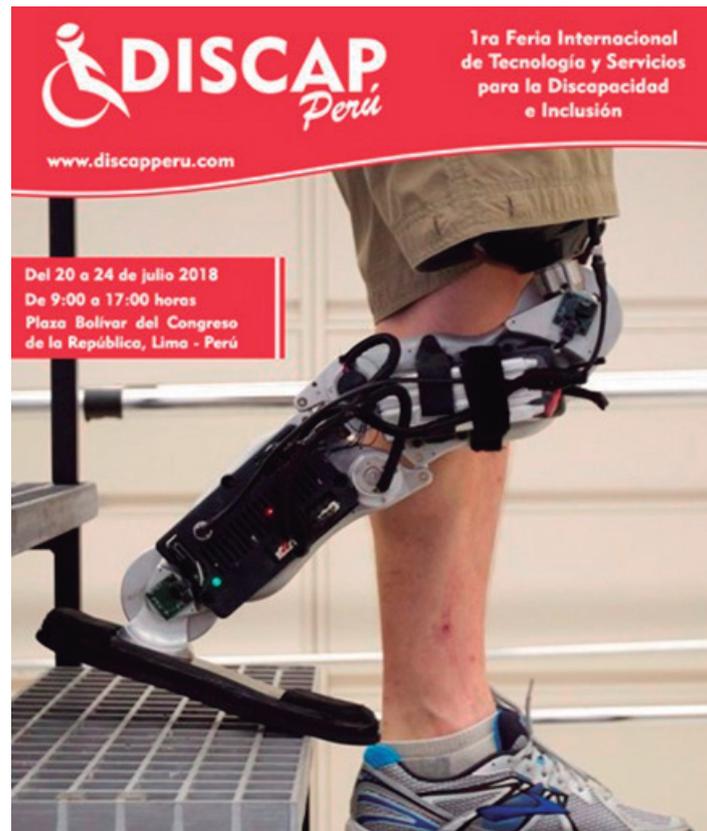


Fig. 3.5. Banner del evento DISCAP Perú



Fig 3.6. Stand Grupo GIRAB en Feria DISCAP Perú 2018

### 3.3 Concurso Premio Ejército del Perú, Estímulo a la Investigación, Desarrollo e Innovación en Ciencia y Tecnología 2020

El concurso tuvo como propósito estimular la creatividad, ingenio y espíritu inventivo para encontrar soluciones a los problemas, necesidades de material y equipo del Ejército, con especial atención al desarrollo tecnológico, con el fin de disminuir la dependencia tecnológica a través de la presentación de productos, tecnologías o inventos.

Entre las categorías a desarrollar, destacaron, en el ámbito de tecnologías asistivas la de "Desarrollo de exoesqueletos" y de "Desarrollo de prótesis con impresora 3D". En el caso de la primera, se buscó el desarrollo de un exoesqueleto para el uso del personal militar, personal obrero y estibadores de carga que, montado sobre una persona, permita levantar con los brazos una carga de 30 kg desde el piso y trasladarla hasta una mesa ubicada a 10 m, que sea ajustable a la espalda y hombros, y que esté hecho de aluminio. En el caso de la segunda categoría, se buscó el desarrollo de un prototipo de prótesis para extremidades superiores de personas con discapacidad realizadas con impresora 3D. Se analizó la teoría de mecanismos empleada para alcanzar la precisión fina de los movimientos de la prótesis al agarrar un vaso con agua y el empleo de sensores en función al costo más económico. En ambas categorías, se presentó el prototipo. En la figura 3.7, se muestra el banner del concurso.



Fig. 3.7. Banner evento Premio Ejército 2020

## Conclusiones

1. Existe una importante producción en materia de tecnologías de asistencia en las carreras de ingeniería de las universidades licenciadas del país en los últimos diez años. La mayor producción de tesis encontradas en el RENATI pertenece a la PUCP; le siguen la UTEC, la UNI, la Universidad Nacional del Centro del Perú y la Universidad de Ciencias y Humanidades.
2. Entre las investigaciones que más han sido desarrolladas, se encuentran las tecnologías de asistencia de pies y sistema locomotor, que representan el 50% (20 publicaciones) del número total de investigaciones halladas y sistematizadas (40 publicaciones). En menor medida, se encuentran las tecnologías asistivas relacionadas con la fuerza y resistencia.
3. Las tesis revisadas corresponden tanto a pregrado como postgrado de las especialidades de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Mecatrónica, que abordan estos temas de investigación entre el abanico de posibilidades que pueden ofrecer como carreras. Sin embargo, el panorama en los años próximos podría cambiar si las universidades, tanto públicas como privadas, propusieran la carrera de Ingeniería Biomédica, cuyo perfil de especialización se encuentra acotado dentro del rango de productos tecnológicos médicos, lo cual puede incrementar la creación de tecnologías de asistencia para personas con discapacidad en el Perú.
4. A pesar de estos resultados, existe una desvinculación entre la academia y la industria. En el buscador de INACAL no figuran normas técnicas para ninguna de las categorías de tecnologías asistivas desarrolladas por la academia. Las normas que existen hacen referencia a la utilización de espacios para personas con discapacidad (centros de recreación, rampas, edificios) mas no para dispositivos médicos. Este obstáculo dificulta la creación de los paquetes tecnológicos que permitan la transición de los prototipos funcionales desarrollados por los grupos de investigación de las universidades para poder convertirse en productos que puedan llegar a manos de los usuarios, con los estándares requeridos que garanticen funcionalidad y seguridad.
5. El espaciado de los años entre iniciativas de desarrollo de tecnologías de asistencia realizados en el Perú —que ha sido encontrado en la web— evidencia que existe poco interés de las instituciones públicas y privadas para la generación de eventos que promuevan la concientización y generación de nuevas tecnologías asistivas a favor de las personas con discapacidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, V. (2019). *Diseño de mecanismo de dedo de 2 grados de libertad para prótesis mioeléctrica transradial*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13210>
- Albert, J. (2020). *Diseño de una silla de ruedas autónoma para el desplazamiento en escalera en edificaciones*. (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú. Consultado en <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/44469>
- Almeyda, J. y Martell, K. (2016). *Aplicación de apoyo para la rehabilitación de niños con parálisis cerebral*. (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/10757/621213>
- Alvarado, W. (2019). *Implementación de una interfaz cerebro-máquina para el control de una silla de ruedas*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima, Perú. Consultado en <http://repositorio.uich.edu.pe/handle/uich/474>
- Angulo, A. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de visión para la asistencia de personas con discapacidad*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7005>
- Bastidas, C. (2019). *Configuración de una silla de ruedas ergonómica inteligente para cuadripléjicos*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Consultado en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5554>
- Bernal, M. (2016). *Modelación y simulación dinámica de un mecanismo de 4 GDL para desarrollar una prótesis para personas con desarticulación humeral*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7398>
- Bravo, G. (2017). *Diseño mecatrónico y simulación de una silla de ruedas multifuncional para niños entre 6 a 12 años*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8437>
- Bustamante, M. (2018). *Malky: diseño e implementación de una prótesis parcial de mano personalizada*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12164>
- Calderón, R. (2019). *Desarrollo de un sistema portátil de estimulación eléctrica funcional (FES) para pacientes con síndrome de pie caído*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14936>
- Campos, K. (2017). *Diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7953>
- Cerna, D. (2016). *Diseño mecánico de un equipo para la rehabilitación de la movilidad del tobillo empleando un mecanismo paralelo*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7063>
- Chau, J. M. (2019). *Selección de tareas predefinidas para un robot asistencial para personas*

*discapacitadas a través de una interfaz cerebro-computador utilizando P300.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14181>

**Constitución Política del Perú. [Const]. (29 de diciembre de 1993).** Consultado en <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Pol%C3%ADtica-del-Peru-1993.pdf>

**Corman, J. (2016).** *Diseño de un exoesqueleto de mano basado en músculos activos artificiales (EAP) de dos dedos para ayuda en la vida diaria.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7090>

**Cucho, N. y Alarcón, A. (2012).** *Diseño e implementación de una plantilla para la medición de presión plantar para la prevención de ulceraciones en la patología de pie diabético.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1478>

**Dávila, D. (2018).** *Rediseño del sistema mecánico del exoesqueleto PUCP para rehabilitación de miembros inferiores.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12280>

**Dejo, M. (2012).** *Diseño de una ducha automatizada para personas con discapacidad en las extremidades superiores.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1526>

**Dulanto, L. (2017).** *Diseño de un guante electrónico para el mapeo y reconocimiento de gestos utilizando redes neuronales.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8010>

**Flores, K. (2015).** *Diseño preliminar de un dispositivo que complemente al simulador de marcha de la PUCP para reproducir los movimientos del miembro inferior del ser humano.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6440>

**Instituto Nacional de Calidad-INACAL. (2011).** NTP 940.001:2011. Consultado en [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=1586](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=1586)

**Instituto Nacional de Calidad-INACAL. (2013).** GP-ISO/IEC 71:2013 (revisada el 2018) Consultado en [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=6998](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=6998)

**Instituto Nacional de Calidad-INACAL. (2018).** NTP 873.001:2018 Consultado en [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=7264](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=7264)

**Instituto Nacional de Calidad-INACAL. (2019).** NTP 711.003:2019 Consultado en [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=8110](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=8110)

**Instituto Nacional de Calidad-INACAL. (2020).** Resultado de búsqueda Consultado en [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_BuscarProductos.aspx?CRITERIO=-1&TX-T=Pr%c3%b3tesis&TIPO=-1](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_BuscarProductos.aspx?CRITERIO=-1&TX-T=Pr%c3%b3tesis&TIPO=-1)

**Macavilca, J. (2016).** *Diseño del sistema mecánico de un rehabilitador de marcha para niños con problemas de locomoción.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6607>

- Martínez, R. (2017). *Sistema mecatrónico para el estudio de la asertividad en niños de 4 a 7 años con autismo leve o asperger*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8127>
- Medina, S. (2017). *Diseño mecánico de una prótesis activa transfemoral*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8624>
- Mendoza, J. (2020). *Investigación sobre el diseño de un mecanismo para el movimiento de las caderas en el plano frontal de un exoesqueleto de miembro inferior para la marcha humana*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17073>
- Mendoza, M. (2020). *Diseño y fabricación de un dispositivo robótico para rehabilitación de extremidades inferiores en recién nacidos con mielomeningocele*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú. Consultado en <https://repositorio.utec.edu.pe/handle/UTEC/150>
- Mio, R. (2015). *Diseño de un exoesqueleto para rehabilitación de miembro superior accionado por una interfaz cerebro - máquina*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6198>
- Miranda, P. (2018). *Diseño de un algoritmo de control de la marcha de un exoesqueleto de extremidades inferiores para una persona de 1.80 m. y 100 kg.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Consultado en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14825>
- Montero, J. (2016). *Diseño del sistema de comando de una silla de ruedas motorizada mediante movimientos cervicales*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6983>
- Neyra, J. M. (2020). *Diseño e implementación de las funciones de agarre y levante en un brazo Kinova usando señales EEG y Deep Learning*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17104>
- Oporto, E. (2015). *Diseño de un sistema inalámbrico de detección de caídas aplicado a personas de la tercera edad basado en acelerómetro y teléfono móvil*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5914>
- Palacios, J. (2015). *Sistema mecatrónico de asistencia técnica para las personas de edad avanzada*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5963>
- Paredes, D. (2013). *Sistema de control de la cinemática de una plataforma Stewart-Gough para la rehabilitación de la movilidad del tobillo*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4517>
- Pareja, C. (2020). *Evaluación de los criterios de diseño mecánico para un exoesqueleto de miembros inferiores en pacientes post ACV del Perú*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú. Consultado en <https://repositorio.utec.edu.pe/handle/UTEC/143>

- Parr, S., Byng, S., Gilpin, S. y Ireland, C. (1997). *Talking about aphasia : living with loss of language after stroke*. Open University Press.
- Parra, M. (2014). *Diseño de dispositivo basado en ultrasonido para desplazamiento de personas en condición de discapacidad visual*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6041>
- Pirca, J. (2019). *Integración de un sistema robótico asistencial controlado mediante una interfaz cerebro computador para personas con discapacidad motora*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15547>
- Porras, D. (2020). *Sistema de medición de la fluidez del habla en personas con tartamudez utilizando procesamiento de voz*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17323>
- Quezada, J. (2015). *Diseño e implementación de un dispositivo electrónico de ayuda de desplazamiento para personas ciegas*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6023>
- Reymundo, A. (2018). *Diseño, fabricación e implementación de un dispositivo robótico basado en actuadores blandos para rehabilitación de la mano*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú. Consultado en <https://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/86>
- Romero, E. y Elias, D. (2016). *Design of a non invasive haptic feedback device for transradial myoelectric upper limb prosthesis*. IEEE ANDESCON, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/andescon.2016.7836230>
- Rosales, J. (2017). *Propuesta de una plataforma semántica inteligente que utiliza el lenguaje natural con reconocimiento de voz para la inclusión de los discapacitados visuales en Perú*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Consultado en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5899>
- Salas, C. (2014). *Diseño de una prótesis mioeléctrica para desarticulación de muñeca*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5575>
- Shirley Ryan Ability Lab (2020a). Arms + Hands Lab. Consultado en <https://www.sralab.org/research/abilitylabs/arms-hands-lab>
- Shirley Ryan Ability Lab (2020b). Legs + Walking Lab. Consultado en <https://www.sralab.org/research/abilitylabs/legs-walking-lab>
- Shirley Ryan Ability Lab (2020c). Strength + Endurance Lab. Consultado en <https://www.sralab.org/research/abilitylabs/strength-endurance-lab>
- Shirley Ryan Ability Lab (2020d). Think + Speak Lab. Consultado en <https://www.sralab.org/research/abilitylabs/think-speak-lab>

- Synnot, A. et al. (2017). Interventions for managing skeletal muscle spasticity following traumatic brain injury. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008929.pub2>
- Vargas, J. (2017). *Diseño de una prótesis de antropomórfica de mano para pacientes con amputación transradial basada en materiales viscoelásticos*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8128>
- Velásquez, M. (2019). *Diseño conceptual de un simulador biomecánico de canotaje polinésico en el tipo de canoa V1 para personas con discapacidad*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14745>
- Villegas, B., Flores, K. M., Pacheco-Barrios, K. y Elias, D. (2019). Monitoring of respiratory patterns and biosignals during speech from adults who stutter and do not stutter: A comparative analysis. 13th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT), pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/ismict.2019.8743844>
- Virhuez, W. (2018). *Diseño de un mecanismo robótico de dos grados de libertad para rehabilitación de miembro superior en usuarios con post-infarto cerebral*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12795>
- Woodson, G. (2008). Management of Neurologic Disorders of the Larynx. *Annals of Otolology, Rhinology & Laryngology*, 117(5), 317-326. Consultado en <https://doi.org/10.1177/000348940811700501>
- Zapata, M. (2011). *Diseño de un estimulador eléctrico funcional para rehabilitación física en miembros distales superiores con disfunción motriz*. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Consultado en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/522>



**OBSERVATORIO  
NACIONAL DE LA  
DISCAPACIDAD**

CONOCIMIENTO E INFORMACIÓN SOBRE DISCAPACIDAD



**BICENTENARIO  
PERÚ 2021**