

Uso de un prototipo de brazo robótico de bajo costo para facilitar la alimentación de usuarios con artrogriposis y compromiso funcional severo del Instituto Teletón Puerto Montt. Reporte de caso

ILSE WERLINGER WERLINGER¹, VALESKA RIVAS MARTÍNEZ¹, ELSON STUARDO ROJAS²

ABSTRACT

Use of a Low-Cost Robotic Arm Prototype to Facilitate Feeding for Patients with Arthrogryposis and Severe Functional Impairment at the Teletón Institute in Puerto Montt: A Case Report

Introduction: Patients with arthrogryposis multiplex congenita (AMC) face feeding difficulties, often requiring assistance from a third party. Robotic arms that provide greater autonomy in feeding cost approximately \$5,000,000 in Chile. The objective is to describe the use of a low-cost robotic arm prototype that replaces the function of an upper limb necessary for feeding patients with AMC. **Materials or Patients and Methods:** A case report (initially designed as a two-case study) in a quasi-experimental pre-post design without a control group. The case involves a 3-year-old male patient with AMC treated at the Teletón Institute in Puerto Montt, who presented with severe motor functional impairment. In five 60-minute sessions, the participant was instructed to eat 100 g of yogurt using the prototype. Functional independence in eating, with a yogurt-like consistency, was assessed using the WeeFIM guidelines, according to the International Dysphagia Diet Standardisation Initiative (IDDSI). The mean, median, and range of the time spent were calculated. **Results:** Five sessions were conducted: one for evaluation and adjustments, and four for training. Only the 3-year-old participant completed the training, reducing the time spent from the second session (26 min.) to the fifth (6 min.) (\bar{x} = 19 min.). The WeeFIM assessment improved from an initial score of 3, with moderate assistance, to 5, with supervision and a yogurt-like consistency, according to the IDDSI. The results of the second participant were considered exploratory. **Conclusions:** According to the WeeFIM guidelines, the robotic arm prototype improved independence with yogurt-like consistency foods. Its cost does not exceed 6% of the alternatives available on the market.

Keywords: Robotics, Arthrogryposis, Motor skill disorders.

¹Unidad de Terapia ocupacional, Subdirección Médica de Puerto Montt, Instituto Teletón. Puerto Montt, Chile.
²Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de Los Lagos. Puerto Montt, Chile.

Recibido: 09-01-2026
Revisado: 30-04-2026
Aceptado: 06-05-2026
Publicado: 29-05-2026

Correspondencia:
Ilse Werlinger Werlinger
iwerlinger@teleton.cl

RESUMEN

Introducción: Los usuarios con artrogriposis múltiple congénita (AMC) enfrentan dificultades para alimentarse, requiriendo muchas veces la asistencia de un tercero. Los brazos robóticos que otorgan mayor autonomía en alimentación cuestan en Chile alrededor de \$5.000.000. El objetivo es describir el uso de un prototipo de brazo robótico de bajo costo que reemplaza la función de una extremidad superior necesaria para la alimentación de usuarios con AMC.

Material o Pacientes y Métodos: Reporte de un caso (inicialmente diseñado como estudio de dos casos) en un esquema cuasi-experimental pre-post sin grupo control. El caso corresponde a un usuario masculino de 3 años de edad con AMC atendido en el Instituto Teletón Puerto Montt, con compromiso funcional motor severo. En 5 sesiones de 60 minutos cada una, el participante debía comer 100 g de yogur utilizando el prototipo. Con la pauta WeeFIM se evaluó independencia funcional en la alimentación, consistencia tipo yogurt, según la International Dysphagia Diet Standardisation Initiative (IDDSI). Se calcularon Media, Mediana y Rango de los minutos empleados. **Resultados:** Se realizaron 5 sesiones, una de evaluación y ajustes, y cuatro de entrenamiento. Solo el usuario de 3 años completó el entrenamiento, reduciendo el tiempo empleado desde la segunda sesión (26 min) hasta la quinta (6 min) ($\bar{x} = 19$ min.). La evaluación WeeFIM cambió de puntaje inicial 3, con asistencia moderada, a 5, con supervisión con consistencia tipo yogurt, según la IDDSI. Los resultados del segundo participante se consideraron de manera exploratoria.

Conclusiones: Según pauta WeeFIM, el prototipo de brazo robótico mejoró la independencia con alimentos de consistencia tipo yogurt. Su costo no supera el 6% de las alternativas disponibles en el mercado.

Palabras clave: Robótica, Artrogriposis, Trastornos de las habilidades motoras.

Introducción

El término artrogriposis proviene del griego y significa articulaciones curvadas. Corresponde a un síndrome no progresivo que incluye a un grupo heterogéneo de desórdenes congénitos, de causa desconocida, caracterizados por contracturas articulares múltiples que ocasionan una limitación del movimiento. Entre sus rasgos más característicos están: rigidez de dos o más articulaciones, limitación de rangos articulares con predominio del compromiso muscular, ausencia de artropatías o malformaciones articulares¹.

Los pacientes con artrogriposis múltiple congénita (AMC) suelen tener dificultades en el desempeño de actividades de la vida diaria

debido a la limitación del movimiento y de la fuerza muscular de las articulaciones de las extremidades superiores e inferiores¹. Para estos pacientes, alimentarse mediante utensilios resulta ser una tarea fuertemente limitada. Al respecto, en el mercado se encuentran disponibles algunos dispositivos de asistencia en alimentación que incrementan el nivel de participación de las personas en situación de discapacidad (PsD), aunque no se observan reportes clínicos comparables a los descritos en este estudio. Se pueden encontrar brazos robóticos que cumplen la función de alimentar, como es el caso del Brazo Robótico OBI; sin embargo, sus valores exceden los 4,7 millones de pesos chilenos², siendo esto un problema al momento de sugerir su adquisición si se

considera la condición socioeconómica de los pacientes atendidos en el Instituto Teletón Puerto Montt (ITPM).

Actualmente, la mayoría de los robots en el mundo están diseñados para trabajos pesados y repetitivos^{3,4} y no para actividades que requieren movimientos pequeños y precisos, como los requeridos para tomar un utensilio para comer. En el caso de robots usados en salud, sus diseños requieren consideraciones especiales debido a la precisión con la que deben funcionar^{5,6}, asegurándose de que se muevan en la dirección correcta⁷. A diferencia de los motores ordinarios utilizados en la mayoría de los robots, los usados en robots asistentes en salud operan con servomotores, permitiendo controlar al robot en incrementos exactos para su posición, velocidad y aceleración⁴. Por esta razón, resulta fundamental promover el trabajo colaborativo y multidisciplinario distintas profesiones que contribuyan al desarrollo y co-creación de soluciones para PsD⁸.

Al respecto, un grupo de académicos y estudiantes en proceso de titulación de la carrera de Ingeniería Civil en Informática del Departamento de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad de Los Lagos (ULagos), campus Puerto Montt, ha desarrollado un prototipo de brazo robótico de bajo costo, que requieren apoyo desde la visión terapéutica aplicada en las actividades de alimentación de usuarios con PsD. El primer prototipo fue elaborado en el marco de una tesis de proyecto de título de la carrera de Ingeniería Civil en Informática de la ULagos⁹ (Figura 1) que se adjudicó los recursos mediante un concurso interno de investigación en ciencia aplicada de la Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica de la misma Universidad.

Luego de identificar los requerimientos de personas con AMC y su problemática relacionada con alimentación, se inicia el proceso de prototipado considerando las características funcionales que debía reunir el dispositivo¹⁰, correspondiendo esto a la etapa inicial de desarrollo tecnológico del producto según la escala de madurez tecnológica¹¹ (TRL 1, por sus siglas en inglés). Se indagó en las características de los robots asistenciales y prototipos afines^{4,12-16} con el fin de captar aspectos sustanciales del

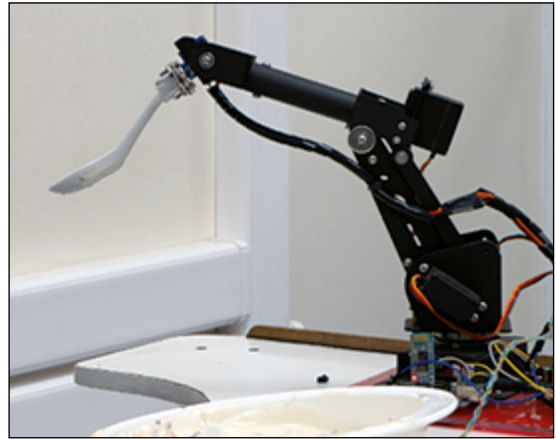


Figura 1. Brazo robótico.

diseño, estructura, funcionalidad y costo. Se validaron sus componentes hasta llegar a un prototipo desarrollado y testeado en un entorno de laboratorio, alcanzando el nivel TRL 4.

Con base en los resultados obtenidos con el prototipo en atender las necesidades de usuarios que requieren apoyo para alimentarse de forma autónoma⁹, se planteó que el siguiente desafío sería probar su uso como apoyo para la alimentación en usuarios del ITPM con AMC, esto en el marco de un convenio asistencial-docente suscrito entre ambas instituciones.

Material o Pacientes y Métodos

Estudio cuasi-experimental de tipo pre-post sin grupo control, inicialmente diseñado como reporte de 2 casos. Sin embargo, dado que uno de los participantes no completó el protocolo de intervención, el presente artículo se estructura como reporte de un caso, incorporando la información del segundo participante con fines exploratorios y descriptivos.

Ambos usuarios son de sexo masculino del ITPM con diagnóstico de AMC, de 3 y 11 años, sin alteración cognitiva, con compromiso funcional motriz severo determinado por el médico fisiatra tratante, con capacidad de lograr un sedente estable, sin posibilidad de marcha, ni elevar o flectar extremidades superiores y sin posibilidad de utilizar utensilios convencionales en alimentación.

	Nivel	Descripción	
Alimentos sólidos	7	Regular - fácil de masticar	
	6	Suave y tamaño bocado	
	5	Picado y húmedo	
	4	Puré	
	3	Licuada	
Alimentos líquidos	2	Poco espeso	
	1	Ligeramente espeso	
	0	Fino	



Figura 2. Cuchara adaptada profunda.

El protocolo consideró 5 sesiones de entrenamiento, cada una de 60 minutos, utilizando únicamente el prototipo de brazo robótico, siempre bajo la supervisión de profesionales del ITPM y de la ULagos, en donde los usuarios debían consumir 100 g de distintos alimentos según clasificación de la International Dysphagia Diet Standardisation Initiative (IDDSI) (Tabla 1); de consistencia sólida, papilla; y líquida; IDDSI nivel 7, nivel 4 y nivel 2 respectivamente. El parámetro utilizado para medir la eficacia de la tarea fue el tiempo empleado en alimentarse. Durante la evaluación inicial se observó que el tiempo de ejecución empleado en la tarea fue superior al programado para cada sesión, razón por la cual se determinó evaluar solo consistencia

IDDSI nivel 4 (yogurt) por considerarse la consistencia intermedia, descartando la medición con líquidos y sólidos.

Para los entrenamientos se utilizó una cuchara adaptada (Figura 2) y dos tipos de plato: uno con ventosa para adherirse a la superficie y otro confeccionado en impresión 3D con diseño de medialuna, basado en pruebas del movimiento del dispositivo (Figura 3).

Como fuente de información se consideró las fichas clínicas y entrevistas a ambos usuarios y sus madres. Como evaluación complementaria se aplicó la pauta Wee Functional Independence Measure (WeeFIM)¹⁷ (Tabla 2) en la primera y en la quinta sesión, con el objeto de conocer el nivel de asistencia que necesitó cada niño para alimentarse con yogurt. La medición no representa el desempeño real en la alimentación por tratarse de una consistencia limitada, entregando un valor referencial.

En cada sesión se debía calcular Media, Mediana y Rango de los minutos empleados por los usuarios en terminar la tarea. Las evaluaciones serían realizadas por un/a profesional asistente, terapeuta ocupacional del ITPM capacitada previamente en la aplicación de la pauta WeeFIM, quien recibió una inducción respecto al objetivo del proyecto, a la imparcialidad en el registro de las mediciones y la confidencialidad respecto a la identidad de los participantes del estudio.

El proyecto fue revisado, validado y aprobado por el Comité Ético Científico de la SPANL-Teletón Chile y registrado con el numeral n°123, además la participación de ambos usuarios fue autorizada mediante



Figura 3. Plato con ventosa y plato con forma de medialuna.

Tabla 2. Instrumento WeeFIM

Nivel	Tipo de independencia	Descripción
7	Independencia completa	Todas las actividades se suelen realizar sin ayuda, sin modificación, sin aparatos de asistencia y en un tiempo razonable
6	Independencia modificada	La actividad requiere uno o más de uno de los siguientes: un aparato de ayuda, la actividad toma más tiempo que lo razonable o hay consideraciones de riesgo en la seguridad
5	Supervisión o preparación	El niño no requiere más ayuda que el estar a su lado, indicación o persuasión sin contacto físico si la actividad es motora o dirección si la actividad es cognitiva. O el ayudante facilita los artículos necesarios o aplica la órtesis
4	Ayuda de contacto mínimo	El niño no requiere más ayuda que el tacto, si la actividad es motriz, o sin impulso o dirección significativa si la actividad es cognitiva y realiza el máximo de esfuerzo (75% o más)
3	Ayuda moderada	El niño requiere más ayuda que el tacto y realiza la mitad o más del esfuerzo (de 50% a 74%)
2	Ayuda máxima	El niño realiza menos de la mitad del esfuerzo (de 25% a 49%) pero al menos un 25% del esfuerzo
1	Ayuda total	El niño realiza poco o nada del esfuerzo (menos del 25%)

un documento de consentimiento informado firmado por sus tutores.

Resultados

La evaluación inicial determinó que el usuario de 3 años tenía un nivel moderado de independencia funcional en la alimentación, nivel WeeFIM 3. Logra comer consistencias sólidas con estrategias compensatorias, de flexión de cabeza y tronco, para llegar con la boca al plato. No logró manipular utensilios.

Con respecto al usuario de 11 años, en la

evaluación inicial WeeFIM en alimentación obtuvo un puntaje 4, encontrándose en el rango de asistencia mínima. Logró ejecutar la misma acción con una cuchara adaptada con mango largo y angulado (Figura 4), en 23 min, con múltiples estrategias compensatorias de cabeza y tronco. Sus resultados se presentan con carácter exploratorio, dado que no completó el protocolo de intervención.

En la primera sesión de evaluación se calibró el prototipo y se evaluó la actividad con distintas consistencias de alimento. Se observó que el tiempo de la sesión fue superior al programado para cada una, razón por la cual



Figura 4. Usuario de 11 años utilizando cuchara adaptada.



Figura 5. Usuario de 11 años utilizando prototipo 1, versión 1.

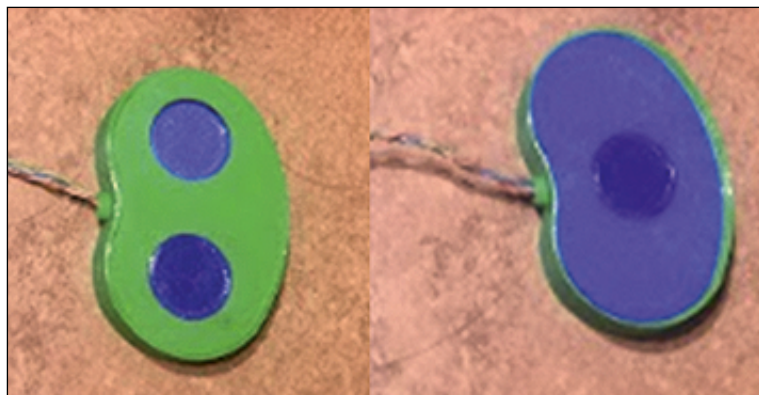


Figura 6. Botonera doble y botonera con botón único.

se determinó considerar solo la consistencia intermedia IDDSI nivel 4 (yogurt), descartando la medición con líquidos y sólidos.

Ambos usuarios lograron comandar en su totalidad el prototipo durante la primera sesión antes del tercer intento. No requirió adaptaciones adicionales para su comando, salvo ubicar el dispositivo de comando, un smartphone, sobre los muslos del usuario. Cabe señalar que, si bien el uso de smartphone funcionó dentro de lo esperado, las familias consideraron que, por ser un dispositivo atractivo y costoso, puede generar dificultades como distracción, entre otros.

Con la finalidad de recoger los beneficios observados en la aplicación inicial, se realizaron innovaciones al prototipo, buscando mayor

facilidad de uso para los participantes, confeccionándose así la versión 2, la cual realiza la misma acción (recoger comida y subir a la boca), mediante una botonera doble, diseñada y fabricada en impresora 3D con plástico PLA (ácido poliláctico). Finalmente, para facilitar aún más su uso, se elaboró una tercera versión del prototipo, con un botón, que comanda de una vez las mismas acciones consecutivas (Figura 6) o a través de un smartphone.

En los entrenamientos también se probó un segundo brazo robótico (Figura 7), que a través de un algoritmo de inteligencia artificial (IA) puede comandar el brazo de manera automática para ubicar la cara (reconocimiento facial) del usuario y llevar la cuchara hasta su boca¹⁶. Ambos dispositivos (accionado mediante



Figura 7. Prototipo brazo robótico N°2 con cámara con inteligencia artificial.

botonera e IA) poseen características que les permiten ajustarse a las dimensiones infantiles.

El tiempo empleado por el usuario de 3 años en ejecutar la tarea de alimentación, en cada una de las sesiones, fue el siguiente: en la sesión 2, donde se utilizó el brazo robótico accionado mediante aplicación para smartphone, 26 min; en la sesión 3, donde se utilizó el dispositivo accionado mediante IA, tardó 28 min; en la sesión 4, donde se utilizó la primera versión del brazo robótico accionada mediante botonera doble, tardó 16 min; mientras que en la sesión 5, donde se utilizó el prototipo accionado mediante botonera única, solo requirió 6 min en realizar la tarea. El tiempo promedio empleado fue de 19 min, la mediana fue 21 min y el rango fue de 22 min (Tabla 3).

El tiempo empleado por el usuario de 11 años en ejecutar la tarea de alimentación, en cada una de las sesiones, fue: en la sesión 2, donde se utilizó la primera versión del brazo robótico accionada por smartphone, 24 min; en la sesión 3, con la segunda versión con cámara inteligente, 23 min; en la sesión 4, con la primera versión comandada por botonera doble, tardó 24 min. En la sesión 5 solicitó ser excluido del estudio, declara no lograr un nivel más alto de independencia, manteniendo un nivel WeeFIM 4, con asistencia mínima. Además, refiere alcanzar menor tiempo al ejecutar la misma acción con cuchara adaptada (Figura 4). De manera extraoficial se realiza una medición con este utensilio y se constata que requirió 6 min para ejecutar la tarea (Tabla 3).

Su participación permitió recoger información emergente respecto al uso del brazo robótico (Figura 5) y la adaptación de utensilios como lo es una cuchara.

La medición final WeeFIM del usuario de 3 años arrojó un nivel 5 de independencia modificada, requiriendo supervisión y/o preparación para manejar la cuchara de manera independiente.

En cuanto al prototipo 2, comandado por inteligencia artificial, se observó que exige mayor control motor para comandarlo. El usuario de 3 años, específicamente, requirió mayor asistencia para accionar el dispositivo.

De acuerdo datos del INE, la distribución de los usuarios del ITPM según su nivel socioeconómico indica que un 44% se encuentra

Tabla 3. Resumen de mediciones

Sesión	Tipo de comando utilizado	Usuario 3 años (min)	Usuario 11 años (min)
1	Evaluación y ajustes generales	Sin medición	Sin medición
2	Aplicación móvil (smartphone)	26	24
3	Cámara con inteligencia artificial	28	23
4	Botonera con dos botones	16	24
5	Botonera con botón único	6	6*
Media		19	**
Mediana		21	**
Rango	(valor máximo - mínimo)	22	**

* Entrenamiento realizado con cuchara adaptada.

**Se omiten los estadísticos para el usuario de 11 años dado que en una de las sesiones no utilizó el dispositivo.

entre extrema pobreza y nivel medio-bajo; un 24% se ubica en el nivel medio y un 32% está entre los niveles medio-alto y alto¹⁸. En su mayoría no cuentan con los recursos para adquirir una ayuda tecnológica de alto costo como es el caso de un robot de alimentación como los disponibles actualmente en el mercado⁴. Al respecto, el valor final del dispositivo probado en este estudio varía entre los 150 mil pesos chilenos (prototipo 1 en versiones 1, 2 y 3) y los 300 mil pesos chilenos (prototipo 2).

Discusión

Durante las pruebas con el prototipo de brazo robótico pudo verificarse que este dispositivo logra llevar la comida a la boca de los participantes de manera precisa y minuciosa, reduciendo el tiempo empleado en dicha acción en entrenamientos sucesivos, contribuyendo así a resolver la limitación funcional de comandar un utensilio de apoyo a la alimentación.

Según la pauta WeeFIM, los resultados obtenidos aquí señalan que el uso del brazo robótico mejoró la independencia funcional en la alimentación con la consistencia tipo yogurt, del usuario que terminó el protocolo, refrendando, además, lo observado en investigaciones relacionadas⁶ que abordan las ventajas del uso de robot de asistencia en alimentación.

Si bien se plantea que las sesiones fueron categorizadas como entrenamiento, la evolución tecnológica del prototipo no permite considerarlo un producto terminado para iniciar un entrenamiento propiamente tal (llegar a TRL 6). El proceso del prototipaje involucra analizar requerimientos funcionales y no funcionales hasta llegar a un producto mínimo viable (MVP, por sus siglas en inglés)^{10,11}.

Dado el incipiente desarrollo de la versión con tecnología de reconocimiento facial, fue percibida como menos eficiente respecto del prototipo original, aunque sufrió modificaciones e innovaciones significativas desde el punto de vista tecnológico, no logró la ejecución esperada. La experiencia con el usuario de 3 años, quien necesitó mayor cantidad de tiempo para accionarlo, y que presentó dificultades en mantener el rostro estable frente a la cámara,

sugiere, antes de recomendar su uso, considerar la edad del potencial usuario, junto con otros factores asociados tales como períodos de atención, inquietud psicomotora, ansiedad y curiosidad. Sin embargo, este dispositivo “inteligente” puede favorecer la independencia en usuarios que han perdido la condición de manejar utensilios como personas con lesiones medulares altas, enfermedades neuromusculares en etapas avanzadas, entre otras.

En adición, cabe mencionar que es necesario considerar el diseño de la cuchara y el plato, con la finalidad de mejorar la acción de recoger el alimento y controlar el derrame.

Si bien el usuario de 11 años logró comparar su desempeño utilizando la cuchara adaptada y el brazo robótico, su habilidad en el manejo de la cuchara le permite ser muy eficiente, registrando un tiempo mínimo de alimentación de 6 minutos, coincidente con el mejor tiempo alcanzado por el usuario de 3 años con la tercera versión del prototipo. Creemos que la condición congénita de la AMC permite generar estrategias compensatorias para lograr la independencia en las actividades deseadas con o sin adaptaciones para su ejecución. Observamos, la importancia de evaluar el real potencial de la PsD y la implementación de una ayuda técnica, tecnológica o convencional, eficaz en la ejecución de la actividad.

El prototipo de brazo robótico con botonera representa alrededor del 3% del valor de los brazos robóticos para alimentación disponibles en el mercado, mientras que el prototipo con cámara alcanza un costo cercano al 6%. Al respecto, es necesario señalar que el brazo robótico elaborado por el equipo ULagos, en un futuro, puede llegar a ser confeccionado en su totalidad con impresora 3D, llegando a reducir aún más su costo final. Estos antecedentes confirman que se trata de una alternativa de bajo costo respecto de dispositivos similares disponibles en el mercado.

Finalmente, nuestra meta es contribuir a favorecer la innovación tecnológica en el área de rehabilitación, cualquiera sea su magnitud, permitiendo transformar una problemática en una verdadera oportunidad para otorgar soluciones que busquen favorecer el mejor

desempeño funcional y finalmente mejorar la calidad de vida de las PsD.

Referencias

- Linnet KM, Balslev T, Møller-Madsen B. Arthrogyrosis multiplex congenita [Arthrogyrosis multiplex congenita]. *Ugeskr Laeger*. 2015 Aug 10;177(33):V12140712. Danish. PMID: 26320355. <https://ugeskriften.dk/videnskab/arthrogyrosis-multiplex-congenita>
- Lacosta, P. J. R., & Joan, P. (2019). Robot móvil manipulador TiaGo en un entorno hospitalario. <https://rua.ua.es/entities/publication/882d66da-b73c-4db2-bced-d974871dc083>
- Acosta R., Argüello D., Robalino R., & Marrero S. (2021). Caracterización de los motores paso a paso y su aplicación. *Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas*, 5(2), 99-113. <http://190.15.139.149/index.php/ciya/article/view/375>
- Ollero Baturone A. *Robótica, Manipuladores y robots móviles*. 1^{er} ed. Barcelona: Marcombo; 2001
- Pérez Pisco MS, Andagoya Jácome JC. Simulador de Brazo Robótico basado en Arduino para uso Odontológico en la exploración de la cavidad bucal [Tesis]. Universidad de Guayaquil; 2019. https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=202999
- Ruiz-Sáez, P., Velásquez-Oberreuter, L., Zúñiga, N. T., & Acevedo, M. L. (2023). Implementación de dispositivos tecnológicos usados por terapeutas ocupacionales en la rehabilitación de extremidad superior posterior a un accidente cerebro vascular. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 3, 694-694. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9283275>
- García Abella M. Diseño, Construcción y Control por Ordenador de un Brazo Robótico [Tesis]. Universidad Politécnica de Valencia; 2018. <https://riunet.upv.es/entities/publication/0d632f75-e0f5-4cdd-844f-71834953076b>
- Dote J. Impresión tridimensional 3D en el área protésica: innovación vs investigación. *Rehabil. Integral*. 2019;14 (1): p 6-7. <https://www.rehabilitacionintegral.cl/index.php/RI/article/view/45/44>
- Soto M. Implementación de prototipo de brazo robótico de bajo costo para apoyar la alimentación de personas con discapacidad motriz [Tesis]. Universidad de Los Lagos; 2021.
- García G., A. F., y Becerra, A. J. (2016). Prototipo de mano robótica inspirada en la mano humana. *Tekhnê*, 13(2), 27-42. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/11701>
- Tlapanco Rios, Ernesto Isaac, & Castaño Urrego, Carlos Andres. (2022). Gestión de la Madurez Tecnológica Nivel 1 (TRL 1); Estrategia de Gestión de la Innovación de Producto en Procesos de Diseño Mecánico. *Revista Politécnica*, 49(1), 7-18. <https://doi.org/10.33333/tp.vol49n1.01>
- Márquez AJ, Hernández J, Peña C. Avances en el desarrollo de un prototipo de robot asistencial para personas con limitaciones de movilidad. *Ingenio Magno*, 2014; 4 (1): p 53-60. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/751>
- Figuerola, M. Á. H., Báez, R. G. V., & Rangel, J. O. C. (2020). Propuesta de asistente virtual basado en inteligencia artificial en la integración de un brazo robótico para aplicaciones en la industria 4.0. *Res. Comput. Sci.*, 149(8), 353-364. https://www.rcs.cic.ipn.mx/2020_149_8/Propuesta%20de%20asistente%20virtual%20basado%20en%20inteligencia%20artificial%20en%20la%20integracion.html
- Tapia, A., Mosquera, G., Rueda, C., Paredes, R., Gómez-Meneses, L. M., Valencia-Enríquez, D., ... & Villota-Paz, J. M. (2017). Diseño de un brazo robótico asistencial para personas con discapacidad. *Avances y desafíos en las ciencias y la ingeniería 2023: nuevos conocimientos para un futuro sostenible*, 105. https://www.researchgate.net/publication/373763856_Diseño_de_un_brazo_robotico_asistencial_para_personas_con_discapacidad
- Minda-Valverde, I. R., Ricaurte-Segovia, A. F., Conza-Jumbo, J. L., & Arroba-Villacís, P. J. (2021). Diseño e Implementación de un Brazo Robotico Industrial con 5 Grados de Libertad Guiado por Kinect. *Polo del conocimiento*, 6(12), 583-599. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219311>
- Álvarez Paredes D. Algoritmo de Reconocimiento Facial para la Identificación de diferentes alturas y distancias de la boca en Brazo Robótico encargado de Proporcionar Alimento a Personas Discapacitadas [Tesis]. Universidad de Los Lagos; 2022.
- Guide for the use of the WeeFIM of the uniform data system for medical rehabilitation. Versión 6.4. 2016.
- Instituto Nacional de Estadísticas, Ingreso laboral promedio mensual en Chile fue de \$681.039 en 2021. Disponible en: [https://www.ine.gob.cl/sala-de-prensa/prensa/general/noticia/2022/07/21/el-ingreso-laboral-promedio-mensual-en-chile-fue-de-\\$681.039-en-2021#:~:text=E1%20ingreso%20laboral%20promedio%20mensual%20en%20Chile%20fue%20de%20\\$24681.039%20en%202021,-21%2F07%2F2022&text=E1%2050%25%20de%20las%20personas,ingreso%20de%20hasta%20%24457.690%20mensuales](https://www.ine.gob.cl/sala-de-prensa/prensa/general/noticia/2022/07/21/el-ingreso-laboral-promedio-mensual-en-chile-fue-de-$681.039-en-2021#:~:text=E1%20ingreso%20laboral%20promedio%20mensual%20en%20Chile%20fue%20de%20$24681.039%20en%202021,-21%2F07%2F2022&text=E1%2050%25%20de%20las%20personas,ingreso%20de%20hasta%20%24457.690%20mensuales)