

Epítome robótico para docencia en cirugía

Robotic epitome for teaching in surgery

Raúl Villaseca Carrasco

<https://orcid.org/0000-0002-7997-3010>

rvillasecac@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima, Perú

Nicolás Villaseca Carrasco

<https://orcid.org/0000-0002-8258-5019>

villasecanicolas@yahoo.com

Sumar, Lima, Perú

Andrea Villaseca Robertson

<https://orcid.org/0000-0001-7973-8355>

andrevillasecarobertson@yahoo.com

Centro de excelencia en Biotecnología e
Investigación Traslacional, Perú

RECIBIDO: 12/05/2024 - ACEPTADO: 19/06/2024 - PUBLICADO: 31/07/2024

RESUMEN

El epítome robótico para la enseñanza en cirugía es una innovación educativa significativa, especialmente en regiones con acceso limitado a tecnología avanzada. El proyecto buscó diseñar y construir un robot funcional y económico para realizar actividades quirúrgicas básicas, reforzando conceptos teóricos y prácticos para estudiantes de medicina. En países como Perú, la robótica en cirugía es limitada debido a altos costos y falta de formación adecuada. Por ello, se desarrolló un robot accesible que permite la simulación de procedimientos quirúrgicos.

Utilizando componentes de bajo costo, como servomotores y una placa Arduino Nano, y una estructura impresa en 3D, se creó un robot capaz de cortar hilos de sutura bajo comandos de voz. Aunque el reconocimiento de voz se vio afectado por el ruido de fondo en entornos hospitalarios, se logró mitigar este problema con pruebas en ambientes más silenciosos.

El robot, construido por un valor aproximado a 130 dólares, resultó ser útil para la enseñanza de la robótica quirúrgica. Este proyecto evidencia que es posible desarrollar herramientas educativas efectivas y económicas, relevantes para instituciones en países en desarrollo. El epítome robótico abre puertas a futuras mejoras e investigaciones, potenciando la educación médica y la integración de tecnologías avanzadas en regiones con recursos limitados.

Palabras clave: epítome robótico, robot funcional, robótica quirúrgica, procedimientos quirúrgicos.

ABSTRACT

The robotic epitome for surgical teaching is a significant educational innovation, especially in regions with limited access to advanced technology. The project sought to design and build a functional and economical robot to perform basic surgical activities, reinforcing theoretical and practical concepts for medical students. In countries like Peru, surgery robots are limited due to high costs and lack of adequate training. For this reason, an accessible robot was developed that allows the simulation of surgical procedures.

Using low-cost components, such as servomotors and an Arduino Nano board, and a 3D-printed structure, a robot was created capable of cutting suture threads under voice commands. Although speech recognition was affected by hospital environmental sound, this issue was mitigated by testing in silent places.

The robot had a final cost of \$130, turned out to be useful for teaching surgical robotics. This project shows that it is possible to develop effective and economical educational tools, relevant for institutions in developing countries. The robotic epitome opens doors to future improvements and research, enhancing medical education and the integration of advanced technologies in regions with limited resources.

Keywords: robotic epitome, functional robot, surgical robotics, surgical procedures.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la enseñanza de la robótica se desarrolla en algunas disciplinas en pregrado e incluso se imparte a niños antes de su ingreso a las aulas universitarias, sin embargo, no todos los estudiantes de medicina que cursan el quinto año de estudios y llegan al curso de cirugía han tenido oportunidad de esos cursos.

También sabemos que, especialmente en cirugía, en los países desarrollados el uso de robots es masivo, Perú quizá sea el único país en América del Sur que no ha implementado esta tecnología hasta la fecha. Sin embargo, la enseñanza, incluso en los países que han desarrollado equipos e instrumentos para aplicar la robótica en los quirófanos, está muy limitada y se restringe a la parte operativa de los equipos en costosos cursos. Esta limitación se hace muy notoria en la mayoría de las facultades de medicina debido a que no se cuenta con un robot de bajo costo y que sirva de ejemplo para reforzar los contenidos teóricos que se pudieran impartir (Parra, 2021). A lo anteriormente mencionado tenemos que sumar que muchos de los docentes universitarios desconocen los aspectos conceptuales, pedagógicos y las aplicaciones, relacionados con la robótica, como ha sido demostrado (Guerrero Támaro et al., 2022).

Lo hemos denominado “epítome robótico” pues en poco espacio y con mínimos componentes hemos logrado construir un **robot simplificado** que simula realizar una tarea durante una cirugía.

II. OBJETIVOS

El objetivo de nuestra investigación fue diseñar y construir el **mínimo** robot con aplicación real (epítome), que desarrolle una actividad en el campo de la cirugía y que sirviera como modelo para la enseñanza de robótica a estudiantes de medicina y a médicos-cirujanos.

El robot debería de contar con todas las partes básicas que tiene un robot real de aplicación quirúrgica, es decir contar con un hardware y software que pudieran analizarse durante una clase teoría, además debería cumplir con realizar una actividad aplicada durante una práctica de cirugía.

Es primordial para la enseñanza de cirugía que los estudiantes comprendan y realicen nudos y suturas, es en ese espacio didáctico donde proponemos insertar un robot que luego de terminada una sutura, a la orden verbal de cirujano, ingrese una

tijera laparoscópica y corta los hilos que el cirujano coloca entre las cuchillas de dicha tijera.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Materiales:

Motores: se utilizaron motores de corriente continua que vienen con engranajes para reducir su velocidad y aumentar su torque y que se denominan “servomotores”, uno pequeño que activa las mandíbulas de las tijeras con un torque de 1.8 a 2.2 Kgf*cm (*MG90S_Tower-Pro.pdf*, s. f.) y uno de mayor torque 9.4 a 11 Kgf*cm (*MG995 pdf*, *MG995 Description*, *MG995 Datasheet*, *MG995 view :: ALLDATASHEET ::*, s. f.) que accionará la base y llevará la tijera desde su posición de reposo a su posición activa; ambos servomotores trabajan con seis voltios (6V) de corriente continua.

Reconocimiento de voz: Las instrucciones al robot, las imparte el cirujano con comandos de voz, para lograr este objetivo se utilizó un módulo compatible con la placa de control, que permite convertir las señales analógicas de la voz a una notación digital, almacenarlas y utilizarlas como insumo para el control de nuestros servomotores (*VR3_manual.pdf*, s. f.), este módulo trabaja con cinco voltios (5V).

Placa de control: El cerebro de nuestro robot es una tarjeta de código abierto en hardware y software, denominada Arduino Nano (*arduino.pdf*, s. f.) (*SEMINARIO: “Arduino: Fundamentos de Hardware IoT”*, s. f.) la misma que es muy utilizada para la enseñanza a nivel mundial (Tupac-Yupanqui et al., 2021), es tan versátil que se pueden implementar incluso sistemas de redes neuronales, (*TFM_XabierMaestreBetolaza.pdf*, s. f.) trabaja con una alimentación de 5 voltios pero cuenta con un sistema regulador de voltaje lo que permite alimentarla hasta con 12 voltios.

Fuente de alimentación: Para la fuente de alimentación se utilizaron dos baterías de iones de Litio 18650 que son las más utilizadas en sistemas electrónicos portátiles (Pereira & Rodrigo, 2017), las conectamos en serie, cada una tiene un voltaje nominal de 3.7 voltios, por lo que nuestra fuente de alimentación ofrece una salida de 7.2 voltios (*BU-302*, 2017).

Regulador de voltaje: Los servomotores que estamos utilizando trabajan a un máximo de seis voltios (6V) por lo que tuvimos que utilizar un regulador de voltaje, por disponibilidad, escogimos el LM 7806, que nos entrega entre 5.76 y 6.24 voltios (*lm7806.pdf*, s. f.).

Tijera laparoscópica descartable: (efector) (Figura 1) Modificamos las anillas de una tijera laparoscópica para adaptar en ella un sistema de biela-manivela que transforma el movimiento circular del servomotor a un movimiento lineal necesario para accionar las hojas de la tijera quirúrgica. Para orientarnos en su diseño utilizamos el simulador en línea GeoGebra (GeoGebra Clásico, s. f.) y un tutorial de YouTube (Mauricio Caixba, 2017).

Figura 1
Muestra un servomotor y un pequeño alambre usado para accionar la tijera.



IV. METODOLOGÍA

Diseño y armado del robot.

Estructura de soporte: La totalidad de la estructura de nuestro robot se diseñó utilizando el software de diseño Autodesk Inventor® que es una herramienta CAD (Diseño Asistido por Computadora) (*manual_inventor_V10.pdf*, s. f.) que ofrece licencia por un año a los profesores de la universidad. Resultó todo un reto aprender las cosas básicas para nuestro objetivo.

Para la confección de las diversas piezas de la estructura se utilizó una impresora 3D de doble extrusor y como material para la construcción se utilizó PLA (Ácido poliláctico) de diversos colores (*0900766b81698006.pdf*, s. f.) (Barrajón, s. f.) que permitan diferenciar cada una de la piezas, el color que será de utilidad al momento de hacer docencia y describir la estructura. Se utilizó el software Cura 4.9® para segmentar la pieza y poder imprimirla. Todo se montó sobre una pieza de madera utilizando tornillos para este fin.

El actuador, es una tijera descartable de las que usamos en cirugía laparoscópica, como “cerebro” del mini robot se utilizó una tarjeta Arduino Uno, que se programó utilizando la plataforma de uso gratuito

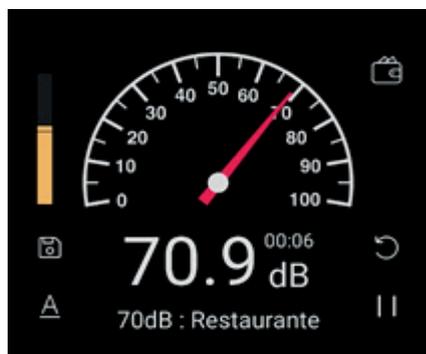
que Arduino proporciona, el reconocimiento de voz es un módulo bastante documentado (*elechouse/VoiceRecognitionV3*, 2013/2024) Elechouse V3.1, se utilizó servos para proporcionar el movimiento y todo el sistema se alimentó con dos baterías de litio tipo 18650.

Ensayos y pruebas preliminares: Completado el armado del robot, se realizaron pruebas para verificar la respuesta mecánica a nuestras ordenes verbales. Las pruebas ser realizaron en nuestro taller. Constatamos que en el taller todo funcionó correctamente, no ocurrió lo mismo al llevar el robot a las aulas del Hospital Arzobispo Loayza, donde el sistema no funcionaba; se midió el ruido de fondo en el ambiente y el promedio fue de 70 decibeles, cambiamos de ubicación al robot a un aula en que el ruido de fondo era de 50 decibeles y los resultados fueron satisfactorios (Figuras 2 y 3).

Figura 2
El robot respondió perfectamente



Figura 3
Medida del sonido al nivel que el robot no reconoce ordenes.



Determinado que el ruido de fondo afectaba la respuesta a las ordenes verbales de nuestro robot debido a que el software de reconocimiento es muy básico. Se realizó un video (*Detalles del vídeo*

- YouTube Studio, s. f.) demostrativo el que está disponible en el siguiente enlace: <https://youtu.be/BANKh4mLuBA>. Este video ha sido utilizado para mostrarlo en la clase teórica.

Tabla 1
Títuloxxx

Costo total del robot	
Componente	Costo en Soles
Arduino	130
VR3	130
SM995	35
SM90	15
Tijeras	150
18650 x 2	40
LM7806	5
Base	5
Total	510

Arduino= Placa Arduino Uno original, VR3= Módulo de reconocimiento de voz, SM995 y SM90= servomotores, Tijeras= Tijeras laparoscópica descartable, 18650= Baterías de Litio recargables, LM7806= Regulador de voltaje. Costo total en soles: 510 soles, que equivalen a 130 dólares americanos (Figuras 4 y 5).

V. RESULTADOS

Se pudo construir un robot:

- a. Con el mínimo de partes necesarias,
- b. Que responde a ordenes
- c. Que realiza una actividad quirúrgica
- d. De bajo costo (130 dólares) En la siguiente imagen se muestra el resultado final y una gráfica de todas las partes.

Figura 4
Esquema de los componentes

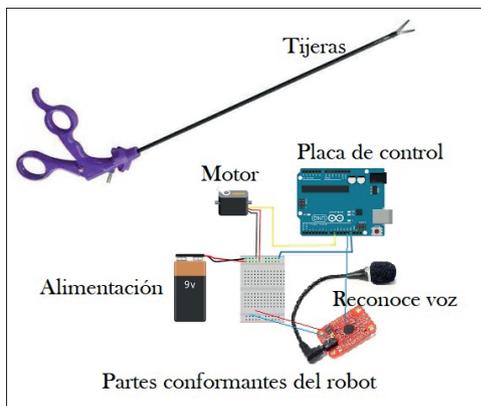
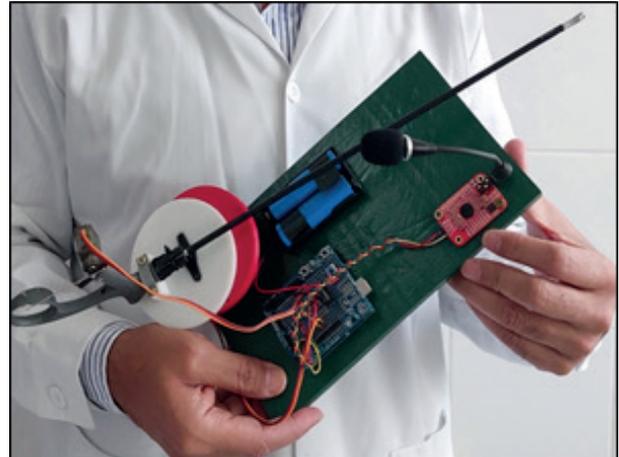


Figura 5
Fotografía que muestra el robot finalizado



El robot servirá como modelo real para introducir la clase de Cirugía robótica, pues cuenta con todas las partes de un robot quirúrgico, permitió la discusión con los alumnos y profesores que se aglutinaron al ver las primeras pruebas y nos permitió realizar una comparación un robot artesanal versus un robot de aplicación en sala de operaciones, se hizo énfasis en los “backup” de los sistemas de respaldo y la redundancia que tienen todos los robot quirúrgicos, las aprobaciones por las instituciones como la FDA requeridas para su puesta en uso y las responsabilidades legales al usar instrumentos médicos.

VI. DISCUSIÓN

El desarrollo de un epítome robótico para la enseñanza en cirugía representa un avance significativo en la educación médica, especialmente en contextos donde el acceso a tecnología avanzada es limitado. El diseño y construcción de un robot funcional, capaz de realizar actividades quirúrgicas básicas, proporciona a los estudiantes una herramienta práctica para comprender mejor los principios de la robótica en cirugía (Cardona Alarcón et al., 2023), (content.pdf, s. f.).

Uno de los puntos destacados de esta investigación es la implementación de un sistema de reconocimiento de voz para el control del robot. Aunque se encontró que el ruido de fondo en un entorno hospitalario afecta la eficacia del reconocimiento de comandos, este desafío pone de manifiesto la necesidad de mejorar los sistemas de reconocimiento de voz en entornos ruidosos o desarrollar métodos alternativos para la interacción humano-robot en contextos clínicos.

Además, la utilización de componentes de bajo costo y de fácil acceso, como el Arduino Uno y servomotores comunes, demuestra que es posible desarrollar herramientas educativas efectivas sin incurrir en gastos excesivos. Esto es especialmente relevante para instituciones educativas en países en desarrollo, donde los recursos pueden ser limitados.

Otro aspecto importante será una posterior la validación del modelo por parte de los estudiantes y docentes. Las demostraciones preliminares sugieren que el epítome robótico sería una herramienta valiosa para la enseñanza de conceptos básicos de robótica aplicada a la cirugía. La capacidad del robot para ejecutar tareas específicas, como cortar hilos de sutura (estando el hilo en una posición pre definida), permite a los estudiantes visualizar y entender mejor los procedimientos quirúrgicos asistidos por robots, nuestras primeras impresiones deberán ser validadas (*ECi-ChiLevPar.pdf*, s. f.).

VII. CONCLUSIONES

En conclusión, el proyecto del epítome robótico ha demostrado ser una iniciativa viable y efectiva para mejorar la enseñanza de la robótica en el campo de la cirugía. Los principales logros incluyen:

Diseño y Construcción Exitosos: Se logró diseñar y construir un robot funcional con las partes mínimas necesarias para realizar una actividad quirúrgica específica.

Costo Accesible: La construcción del robot con un presupuesto limitado (aproximadamente 130 dólares) hace que este modelo sea replicable en diversas instituciones educativas con recursos limitados.

Impacto Educativo: El robot ha sido bien recibido por los estudiantes y profesores que lo han visto en nuestras pruebas iniciales, pues facilita la comprensión de los conceptos de robótica aplicada en cirugía y mejoraría la interacción durante las clases teóricas y prácticas.

Desafíos Identificados: Se identificaron desafíos importantes, como la interferencia del ruido de fondo en el reconocimiento de voz, lo que subraya la necesidad de seguir mejorando este aspecto del diseño, falencia que se puede utilizar como ejemplo durante la clase y explicar a los alumnos la importancia del contexto al momento de utilizar herramientas tecnológicas.

En resumen, este proyecto no solo proporciona una herramienta práctica para la educación en robótica quirúrgica, sino que también abre la puerta a futu-

ras investigaciones y mejoras en la integración de tecnologías robóticas en la educación médica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] 0900766b81698006.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://docs.rs-online.com/7ade/0900766b81698006.pdf>
- [2] Arduino.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.agelectronica.com/catalogos/arduino.pdf>
- [3] Barraón, J. R. (s. f.). El ácido poliláctico (PLA): Un material innovador en la actualidad. 29.
- [4] BU-302: Configuraciones de Baterías en Serie y Paralelo. (2017, agosto 17). Battery University. <https://batteryuniversity.com/article/bu-302-configuraciones-de-baterías-en-serie-y-paralelo>
- [5] Cardona Alarcón, L., Sepúlveda, G., Bustos Pulido, O. O., Cardona Alarcón, L., Sepúlveda, G., & Bustos Pulido, O. O. (2023). Pedagogía, práctica y literatura: Territorializar el mundo desde el artefacto pedagógico. *Enunciación*, 28(2), 284-302. <https://doi.org/10.14483/22486798.20512>
- [6] Content.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://repositorio.udd.cl/server/api/core/bitstreams/186baae6-91f0-4231-bf15-4b0975f585c1/content>
- [7] Detalles del vídeo—YouTube Studio. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://studio.youtube.com/video/BANKh4mLuBA/edit>
- [8] ECi-ChiLevPar.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://pages.ucsd.edu/~jalevin/ECi-ChiLevPar.pdf>
- [9] Elechouse/VoiceRecognitionV3. (2024). [C++]. ELECHOUSE. <https://github.com/elechouse/VoiceRecognitionV3> (Obra original publicada en 2013)
- [10] GeoGebra Clásico. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.geogebra.org/classic?lang=es>
- [11] 0900766b81698006.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://docs.rs-online.com/7ade/0900766b81698006.pdf>
- [12] Arduino.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.agelectronica.com/catalogos/arduino.pdf>

- [13] Barrajón, J. R. (s. f.). El ácido poliláctico (PLA): Un material innovador en la actualidad. 29. vela con GeoGebra. <https://www.youtube.com/watch?v=tzb9CA8y8JY>
- [14] BU-302: Configuraciones de Baterías en Serie y Paralelo. (2017, agosto 17). Battery University. <https://batteryuniversity.com/article/bu-302-configuraciones-de-baterías-en-serie-y-paralelo>
- [15] Cardona Alarcón, L., Sepúlveda, G., Bustos Pulido, O. O., Cardona Alarcón, L., Sepúlveda, G., & Bustos Pulido, O. O. (2023). Pedagogía, práctica y literatura: Territorializar el mundo desde el artefacto pedagógico. *Enunciación*, 28(2), 284-302. <https://doi.org/10.14483/22486798.20512>
- [16] Content.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://repositorio.udd.cl/server/api/core/bitstreams/186baae6-91f0-4231-bf15-4b0975f585c1/content>
- [17] Detalles del vídeo—YouTube Studio. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://studio.youtube.com/video/BANKh4mLuBA/edit>
- [18] ECi-ChiLevPar.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://pages.ucsd.edu/~jalevin/ECi-ChiLevPar.pdf>
- [19] Elechouse/VoiceRecognitionV3. (2024). [C++]. ELECHOUSE. <https://github.com/elechouse/VoiceRecognitionV3> (Obra original publicada en 2013)
- [20] GeoGebra Clásico. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.geogebra.org/classic?lang=es>
- [21] Guerrero Támara, V., Penadillo Lirio, comRudecindo A., & Lezameta Blas, Ú. (2022). Nivel de percepción de la robótica educativa en una universidad peruana. *ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 9(1), 62-72. <https://doi.org/10.30545/academo.2022.ene-jun.6>
- [22] Lm7806.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.tme.eu/Document/819c9aab5a8ac10f3ac6d1ec8e06fcd3/lm7806.pdf>
- [23] manual_inventor_V10.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m3/manual_inventor_V10.pdf
- [24] Mauricio Caixba (Director). (2017, septiembre 17). Simulación de mecanismo corredera-manivela con GeoGebra. <https://www.youtube.com/watch?v=tzb9CA8y8JY>
- [25] MG90S_Tower-Pro.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG90S_Tower-Pro.pdf
- [26] MG995 pdf, MG995 Description, MG995 Datasheet, MG995 view: ALLDATASHEET :: (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132435/ETC2/MG995.html>
- [27] Parra, J. R. (2021). Robótica para la inclusión educativa: Una revisión sistemática. *Riite Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 150-171. <https://doi.org/10.6018/riite.492211>
- [28] Pereira, O., & Rodrigo, D. (2017). Diseño y construcción de un prototipo de batería recargable para una bicicleta eléctrica tipo trike mediante el uso de baterías recicladas de ion de litio 18650. 111.
- [29] SEMINARIO: “Arduino: Fundamentos de Hardware IoT”. (s. f.). 88.
- [30] TFM_XabierMaestreBetolaza.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/54026/TFM_XabierMaestreBetolaza.pdf?sequence=1
- [31] Tupac-Yupanqui, M., Vidal-Silva, C. L., Sánchez-Ortiz, A., & Pereira, F. (2021). Experiencias y beneficios del uso de Arduino en un curso de programación de primer año. *Formación universitaria*, 14(6), 87-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000600087>
- [32] VR3_manual.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf
- [33] Document/819c9aab5a8ac10f3ac6d1ec8e06fcd3/lm7806.pdf
- [34] manual_inventor_V10.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m3/manual_inventor_V10.pdf
- [35] Mauricio Caixba (Director). (2017, septiembre 17). Simulación de mecanismo corredera-manivela con GeoGebra. <https://www.youtube.com/watch?v=tzb9CA8y8JY>

- [36] MG90S_Tower-Pro.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG90S_Tower-Pro.pdf
- [37] MG995 pdf, MG995 Description, MG995 Datasheet, MG995 view: ALLDATASHEET ::: (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132435/ETC2/MG995.html>
- [38] Parra, J. R. (2021). Robótica para la inclusión educativa: Una revisión sistemática. RII-TE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, 150-171. <https://doi.org/10.6018/riite.492211>
- [39] Pereira, O., & Rodrigo, D. (2017). Diseño y construcción de un prototipo de batería recargable para una bicicleta eléctrica tipo trike mediante el uso de baterías recicladas de ion de litio 18650. 111.
- [40] SEMINARIO: "Arduino: Fundamentos de Hardware IoT". (s. f.). 88.
- [41] TFM_XabierMaestreBetolaza.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/54026/TFM_XabierMaestreBetolaza.pdf?sequence=1
- [42] Tupac-Yupanqui, M., Vidal-Silva, C. L., Sánchez-Ortiz, A., & Pereira, F. (2021). Experiencias y beneficios del uso de Arduino en un curso de programación de primer año. Formación universitaria, 14(6), 87-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000600087>
- [43] VR3_manual.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf

Agradecimiento:

Al profesor Ronal Aragón Osorio por su ayuda para filmar nuestras primeras experiencias realizadas en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Financiamiento:

Propio

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribuciones de autoría

Primer autor: Raul Villaseca Carrasco, aportes: Concepción, análisis de prototipos y revisión del artículo.

Segundo autor: Nicolas Villaseca Carrasco: Desarrollo de software, revisión del artículo.

Tercer autor: Andrea Villaseca Robertson: Desarrollo del hardware, redacción y revisión de artículo.