

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN ROBOT HEXÁPODO PARA
LA BÚSQUEDA Y RESCATE DE PERSONAS**

**DESIGN PROPOSAL FOR A HEXAPOD ROBOT FOR THE
SEARCH AND RESCUE OF PEOPLE**

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

López, María Fernanda ¹

UVP Universidad del Valle de Puebla

im42295@uvp.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7605-3398>

López, Sergio Raúl ²

UVP Universidad del Valle de Puebla

sergio.lopez@uvp.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9762-8109>

Reseña de Autor ¹

Estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica en la Universidad del Valle de Puebla, con una sólida formación técnica adquirida durante mis estudios como Técnico en Programación. A lo largo de su formación, ha adquirido un amplio conocimiento y habilidades en diversos lenguajes de programación, incluyendo C++, C#, Python, MicroPython, HTML y MATLAB.

Reseña de Autor ²

Ingeniero Industrial por el Tecnológico Nacional de México Campus Puebla, Maestro en Ingeniería Administrativa y Calidad por la Universidad La Salle Benavente, Doctor en Alta Dirección por la Universidad del Valle de Puebla. Posdoctor en Administración de Negocios por el Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente.

Resumen

La presente investigación se centra en la aplicación de la ingeniería mecatrónica en operaciones de búsqueda y rescate post-desastre, con un enfoque en la vulnerabilidad sísmica del estado de Puebla. Dicho esto, se plantea el diseño y desarrollo de un robot hexápodo como una solución tecnológica innovadora para mejorar la eficiencia y efectividad de dichas operaciones. Es importante mencionar que la metodología empleada en esta investigación comprende un diseño no experimental, un carácter transversal y un enfoque mixto.

Por otra parte, los resultados obtenidos destacan las mejoras incorporadas en el diseño propuesto, dado que el uso de materiales avanzados para el cuerpo del robot proporciona una mejora en la resistencia y ligereza del robot. Además, la integración de componentes electrónicos avanzados, mejora la capacidad de

percepción del entorno, así como también garantizan un control preciso y una coordinación eficiente del robot en tiempo real.

En conclusión, el diseño propuesto del robot hexápodo representa una contribución significativa en el campo de la ingeniería mecatrónica aplicada a operaciones de búsqueda y rescate, con el potencial de mejorar la seguridad y eficacia de dichas operaciones.

Palabras clave: Robótica, Tecnología, Sismo, Electrónica, Informática.

Abstract

This research focuses on the application of mechatronic engineering in post-disaster search and rescue operations, with a focus on the seismic vulnerability of the state of Puebla. That said, the design and development of a hexapod robot is proposed as an innovative technological solution to improve the efficiency and effectiveness of such operations. It is important to mention that the methodology used in this research comprises a non-experimental, transversal and qualitative approach.

On the other hand, the results obtained highlight the improvements incorporated in the proposed design, given that the use of advanced materials for the robot body provides an improvement in the robot's strength and lightness. In addition, the integration of advanced electronic components, improves the ability to perceive the environment, as well as ensure precise control and efficient coordination of the robot in real time.

In conclusion, the proposed design of the hexapod robot represents a significant contribution in the field of mechatronic engineering applied to search and rescue operations, with the potential to improve the safety and efficiency of such operations.

Keywords: Robotics, Technology, Earthquake, Electronics, Computer Science.

Introducción

La combinación de principios de la ingeniería electrónica, mecánica, informática y sistemas de control ha dado lugar a la ingeniería mecatrónica, un campo de estudio que ha obtenido avances significativos en la automatización y desarrollo de tecnologías. Dentro de este panorama innovador, la aplicación de la ingeniería mecatrónica en operaciones de búsqueda y rescate de personas, tiene potencial para generar un impacto en la seguridad y bienestar de las personas afectadas por desastres naturales.

La importancia de este tema radica en la necesidad de mejorar las operaciones de búsqueda y rescate de personas en escenarios post-desastre, en los cuales el tiempo es un factor crítico y las vidas humanas dependen de respuestas ágiles y eficaces. Sin embargo, los desastres naturales como los terremotos, no solo son una amenaza para la integridad física de la población, sino que también causa una demanda creciente para realizar soluciones tecnológicas capaces de optimizar la búsqueda y rescate de personas, así como también minimizar el riesgo de los individuos que están involucrados en dichas operaciones.

Desde una perspectiva social, esta investigación no solo aborda una problemática técnica, sino que también ayuda a salvaguardar vidas humanas y mitigar el sufrimiento en momentos de crisis. Dado que los terremotos no discriminan y afectan a diversos lugares, por lo que la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras, como la propuesta del diseño de un robot hexápodo, adquiere una dimensión ética y humanitaria.

La elección de Puebla como lugar de enfoque radica en su vulnerabilidad sísmica y también en la oportunidad de desarrollar una solución tecnológica precisa y adaptada a un entorno en particular. Además, es importante mencionar que esta

investigación no solo beneficia al sitio específico, sino que establece un precedente para futuras innovaciones en la aplicación de la mecatrónica en el ámbito de desastres naturales.

Planteamiento del problema

Los terremotos se encuentran entre los desastres naturales más peligrosos y traen consigo diversas consecuencias para los humanos como fracturas, amputaciones e incluso la muerte, puesto que algunas personas quedan atrapadas en los escombros y es difícil llegar a ellos de forma rápida (Nola, 2018).

Es importante mencionar, que a lo largo de los años México ha sufrido diversas pérdidas a consecuencia de terremotos. De los terremotos más recientes destacan el del 7 y 19 de septiembre de 2017, los cuales tuvieron una magnitud de 8.2 y 7.1, los cuales sacudieron el estado de Oaxaca y la Ciudad de México, cobrando la vida de al menos 369 personas y derrumbando a 57 edificios (Zamarrón , 2021).

Sin embargo, esto no solo ocurre en el país de México, otros países también se ven afectados a causa de este desastre natural, por ello se han llevado a cabo diversas investigaciones para la creación de robots autónomos para ayudar y facilitar el rescate de personas, dado que realizar dichas tareas de forma manual lleva más tiempo y además pone en riesgo la vida de los rescatistas, puesto que se tienen que mover dentro de escombros y estos se pueden caer, provocando así también la muerte de los rescatistas.

Es fundamental enfatizar que, la ingeniería mecatrónica ha jugado un papel fundamental dentro de lo que se mencionó anteriormente, puesto que a lo largo de los años ha avanzado significativamente en la creación de robots autónomos y se han elaborado prototipos de robots ápodos, cuadrúpedos y hexápodos, con el propósito de facilitar las operaciones de búsqueda así como también de rescate en situaciones de emergencia ante la presencia de un sismo.

No obstante, a pesar de los avances dentro de la ingeniería mecatrónica y en los sistemas de control, existen desafíos significativos que limitan la eficacia de los robots antes mencionados, puesto que se tienen que tomar en cuenta diferentes aspectos como lo son el diseño, ya que el robot debe contar con una buena estabilidad al moverse dentro de espacios muy reducidos los cuales cuentan con varios obstáculos debido a los escombros.

Otro aspecto importante a tomar en consideración, son los sistemas de control, pues el desarrollar cada uno de estos sistemas es de gran importancia para que el robot pueda realizar cada una de las tareas de forma efectiva, sin embargo, hay muy poca información para crear un sistema de control enfocado en este tipo de robots, los cuales deben ser totalmente autónomos, así como también para evitar obstáculos y desplazarse en diferentes terrenos sin ningún tipo de problema.

Por lo tanto, la investigación en cuestión busca mejorar los aspectos antes mencionados al proponer el diseño de un robot hexápodo, el cual cuente con un sistema de control, capaz de dar prioridad a las personas que aún cuenten con signos vitales, así como también lograr una mejora en el desplazamiento del robot en diferentes terrenos, a pesar de encontrarse en espacios reducidos.

Por todo lo anterior, la pregunta de investigación resultante es la siguiente: ¿cuál es el valor agregado al construir un robot hexápodo para la búsqueda y el rescate de personas en situaciones críticas a consecuencia de los desastres causados por sismos en Puebla durante el periodo agosto 2023 – julio 2024?

Revisión bibliográfica

La ingeniería mecatrónica es un campo de estudio que combina principios de la ingeniería electrónica, mecánica, informática y sistemas de control. Tiene como objetivo mejorar los procesos de automatización por medio de la planificación, desarrollo de productos y servicios (Universidad Tecmilenio, 2023).

Los desarrollos tecnológicos realizados gracias a la ingeniería mecatrónica han permitido que la robótica vaya en crecimiento generando robots con la capacidad de guardar información de tareas realizadas, para después lograr ejecutarlas de manera casi autónoma (Corporación Tecnológica Industrial Colombiana, 2019).

Dicho esto, es relevante mencionar que la mecatrónica surgió como respuesta a la demanda de sistemas automatizados y robóticos en diversos sectores, como en la industria automotriz, la industria manufacturera, en el área de medicina y la agricultura.

Como se mencionó anteriormente, esta ingeniería se encuentra en constante evolución, debido a que se están desarrollando robots más autónomos con sistemas de control más avanzados, ya no solo para cubrir las necesidades industriales, sino también para ayudar a la sociedad, un ejemplo de ello es la elaboración de diseños los cuales consisten en la creación de robots ápodos, cuadrúpedos o hexápodos para facilitar el rescate humano.

En primer lugar, los robots ápodos tienen una característica que los hace únicos, ya que realizan movimientos similares a los de una serpiente o un gusano. Estos robots pueden doblarse, así como también adoptar la forma del terreno por el que se desplazan, además debido a su tamaño pueden introducirse en espacios muy pequeños donde otros robots no pueden llegar (Hernández, 2019).

Por su lado, los robots cuadrúpedos son aquellos que cuentan con cuatro extremidades o patas, este tipo de robots suelen parecer insectos y están diseñados para desplazarse con mayor facilidad (Cevallos, 2019).

Por otra parte, los robots hexápodos son similares a las hormigas o arañas, ya que cuentan con seis extremidades y esto logra que el robot cuente con mayor estabilidad a la hora de desplazarse por cualquier lugar (García, 2018).

Mencionado lo anterior, una de las razones por la cual se han realizado investigaciones para la elaboración y mejora de dichos robots es para facilitar la búsqueda y rescate de personas en caso de sufrir alguna consecuencia debido a desastres naturales como los terremotos, con la finalidad de reducir muertes.

Puesto que, los terremotos se encuentran entre los desastres naturales más peligrosos y aterradores, ya que, estos pueden ocurrir en cualquier momento y traen consigo diversas consecuencias para los humanos como fracturas, amputaciones e incluso la muerte, puesto que algunas personas quedan atrapadas en los escombros y es difícil llegar a ellos de forma rápida (Nola, 2018).

Por lo tanto, Cevallos (2019) llevó a cabo el diseño y construcción de un robot cuadrúpedo, el cual puede ingresar a lugares de difícil acceso en caso de desastres naturales. De acuerdo con su investigación, el programa para el control del robot fue capaz de lograr que este se moviera libremente en cualquier dirección, así como también esquivar obstáculos de alrededor de 12 cm. Sin embargo, es importante mencionar que se deben tomar en cuenta las características de algunos elementos electrónicos para lograr que el robot pueda moverse con mayor facilidad.

Por su parte, Ramos (2020) desarrolló un prototipo robótico de exploración, reconocimiento y ayuda en el rescate humano. Este trabajo tuvo como objetivo detectar contaminantes ambientales por medio de una cámara. El resultado de este trabajo fue satisfactorio, debido a que se logró implementar la cámara con éxito y se logró desarrollar un brazo para el removimiento de escombros.

Por otro lado, Asenjo (2021) realizó un estudio y diseño del control de movimientos de un robot ápodo, con la finalidad de que este lograra desplazarse de forma autónoma y en dos dimensiones en cualquier tipo de terreno. Sin embargo, tras el estudio que llevó a cabo realizó un prototipo, en el cual logró observar que en cuanto mayor son los valores de los parámetros, la velocidad lineal y angular son mayores.

Sin embargo, Carrera (2021) llevó a cabo la creación de entornos para el desplazamiento inteligente de un robot ápodo el cual cuenta con aprendizaje automático para documentar los pasos a seguir para mejorar el sistema de control del robot, sin embargo, tuvo diversas dificultades como el análisis y el desarrollo del sistema, debido a falta de información.

A partir de lo anterior, se puede establecer que la mecatrónica juega un papel importante en el desarrollo de tecnologías para ayudar a enfrentar desafíos como los desastres naturales y gracias a los avances dentro de la robótica, en los diferentes sistemas de control, se han diseñado prototipos capaces de buscar y rescatar personas.

Algunas de las investigaciones mencionadas anteriormente han logrado cumplir sus objetivos, sin embargo, traen consigo dificultades, ya que se deben considerar diversos elementos como el costo, dado que algunos dispositivos electrónicos son muy caros, además se tiene que tomar en cuenta el tamaño de estos para lograr robots más eficientes, los cuales puedan ingresar en cualquier lugar sin demasiadas dificultades. Otro punto importante es que es difícil realizar el análisis y los sistemas de control por falta de información al trabajar con robots ápodos, cuadrúpedos y hexápodos.

Método y Metodología

La presente investigación adopta un diseño no experimental para el desarrollo del robot hexápodo, dado que se enfoca en comprender y diseñar soluciones tecnológicas sin manipulación de variables. Este enfoque permite analizar el fenómeno de búsqueda y rescate en situaciones de desastre, sin interferir en su desarrollo natural. Además, al ser un estudio transversal, se realiza una única observación de la variable, lo que es adecuado para este proyecto.

La investigación opta por un enfoque mixto, es decir cualitativo y cuantitativo, debido a la necesidad de comprender las características inherentes de los elementos relacionados con las operaciones de rescate, como el material con el cual está construido el robot hexápodo. Estos enfoques permiten llevar a cabo un análisis detallado de las propiedades físicas y técnicas de los materiales, lo que es esencial para diseñar un robot que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y adaptabilidad necesarios para operar en entornos de búsqueda y rescate.

De igual manera, permiten analizar los elementos electrónicos, los cuales son importantes para que el robot pueda realizar las actividades de búsqueda y rescate de una forma eficaz y efectiva.

Por otra parte, la investigación se enfoca en un caso de estudio específico en el estado de Puebla, debido a su vulnerabilidad sísmica y la oportunidad de desarrollar una solución adaptada a este entorno. Este enfoque permite abordar de manera efectiva las necesidades particulares de la población afectada por desastres naturales, contribuyendo así a la seguridad y bienestar de la comunidad.

Para llevar a cabo la recolección de datos se realizará un cuadro comparativo en el cual se compararán diferentes aspectos de los robots hexápodos diseñados actualmente para operaciones de búsqueda y rescate. Este instrumento proporciona una forma sistemática de analizar y contrastar las características clave de los diseños existentes y el diseño propuesto, facilitando la toma de decisiones informadas durante el proceso de diseño del robot.

Resultados

A partir de la Tabla 1 que se encuentra en el apartado de anexos, los resultados obtenidos se interpretan de la siguiente manera; el robot hexápodo uno está construido con una aleación de aluminio, por lo que el robot es fácil de mecanizar.

Sin embargo, presenta una desventaja significativa en términos de resistencia a la corrosión. Este robot utiliza la plataforma Arduino Mega para controlar los dispositivos electrónicos. No obstante, las capacidades de procesamiento son limitadas, lo que puede restringir su rendimiento en tareas más complejas.

En cuanto sensores, el robot hexápodo está equipado con sensores de ultrasonido e infrarrojo, estos sensores son económicos y adecuados para lograr una navegación básica en un entorno sin demasiados obstáculos, dado que dichos sensores carecen de precisión y alcance. La durabilidad de este robot es moderada, siendo resistente a impactos de intensidad media, lo cual es insuficiente para entornos exigentes. La capacidad de la batería es de 5000mAH, lo que confiere una autonomía aproximadamente de dos horas. En términos de navegación, utiliza GPS e IMU, sistemas suficientes para una navegación básica.

El robot hexápodo dos tiene un cuerpo de fibra de carbono, material conocido por su alta resistencia y baja densidad. Sin embargo, es un material costoso y difícil de reparar. Este robot emplea una Raspberry Pi para sus elementos electrónicos, lo cual proporciona buenas capacidades de procesamiento, aunque con un mayor consumo de energía. Los sensores incluyen una cámara RGB y Lidar, estos ofrecen una alta precisión y capacidad de capturar datos detallados del entorno, aunque tienen un mayor costo y complejidad.

La durabilidad es notablemente alta, siendo resistente a impactos fuertes lo que es ideal para entornos exigentes. No obstante, esta característica también aumenta su peso total. Cuenta con una batería de 10,000 mAh que permite una autonomía aproximada de cuatro horas, adecuada para misiones de duración media. Utiliza un sistema de navegación GPS y odometría, por lo cual ofrece mayor precisión, pero requiere calibración, es importante mencionar que el robot pesa 7kg, proporcionando mayor estabilidad en terrenos irregulares. Sin embargo, al tener un tamaño mayor reduce su maniobrabilidad en espacios reducidos.

Por otra parte, el robot hexápodo tres está construido con polímeros reforzados, materiales que ofrecen buena resistencia y flexibilidad, aunque son menos resistentes a altas temperaturas. Utiliza un Nvidia Jetson Nano para el control de elementos electrónicos, lo cual le otorga excelentes capacidades de procesamiento para tareas de inteligencia artificial, a costa de un alto consumo de energía. Sus sensores incluyen una IMU y un sensor de proximidad, adecuados para la detección de objetos cercanos, lo que disminuye la capacidad de mapeo a largo alcance.

Este robot es sensible a golpes fuertes, por lo que es menos adecuado para entornos exigentes, cuenta con una batería de 7500mAH la cual proporciona una autonomía de tres horas, aceptable para misiones de corta duración. Utiliza un sistema de navegación básico, pesa 6.5Kg, lo que proporciona una buena estabilidad y el tamaño es intermedio.

Por otro lado, el Asterisk (Osaka, Japón) está hecho de una aleación de titanio, que ofrece excelente resistencia a la corrosión y a impactos, aunque es demasiado costoso y difícil de mecanizar. Emplea un microcontrolador STM32, que es eficiente energéticamente y ofrece un buen desempeño. No obstante, tiene una capacidad menor en el procesamiento. Sus sensores incluyen una cámara RGB y un acelerómetro, que ofrecen un buen equilibrio entre la calidad de imagen y detección de movimiento.

Dicho robot es resistente a impactos y vibraciones, ideal para entornos exigentes. Sin embargo, puede llegar a ser costoso de reparar en caso de daños. Cuenta con una batería de polímero de 14.4 V lo que proporciona autonomía de 3.5 horas, adecuada para misiones de duración media. Utiliza GPS e IMU para navegación, pesa 4 Kg, siendo ligero y fácil de transportar, aunque es menos estable en terrenos irregulares.

Por último, el robot propuesto destaca en varios aspectos clave. Está construido con Kevlar, un material conocido por su alta resistencia al impacto y a altas

temperaturas. Sin embargo, puede ser costoso y difícil de trabajar. Utiliza el ESP32-WROVER para sus elementos electrónicos, proporcionando una buena capacidad de procesamiento y conectividad inalámbrica. Sus sensores incluyen un módulo de cámara térmica Lepton y sensores infrarrojos, ideales para la detección de baja visibilidad y ambientes térmicos.

Este robot es robusto y adecuado para entornos exigentes, dado que es resistente a impactos y capaz de ofrecer visión en tiempo real. La batería de polímero de litio de 10,000 mAh proporciona una excelente autonomía de hasta 5 horas, adecuada para misiones de larga duración. Utiliza un sistema de navegación basado en GPS e IMU, confiable y preciso. Pesa 5 Kg, combinando ligereza y estabilidad.

Conclusiones y discusión

Finalmente, esta investigación destaca la aplicación de la ingeniería mecatrónica en operaciones de búsqueda y rescate, particularmente a través de la propuesta de diseño de un robot hexápodo. La implementación de dicho robot ofrece una solución innovadora y prometedora para mejorar la seguridad y el bienestar de las personas afectadas por desastres naturales.

Desde una perspectiva técnica, los resultados obtenidos indican que el diseño propuesto del robot hexápodo presenta mejoras significativas en varios aspectos clave en comparación con los modelos anteriores, dado que el uso de materiales como el Kevlar proporciona una combinación excepcional de resistencia y ligereza, lo que permite al robot enfrentar terrenos rocosos y obstáculos con eficacia. Además, la integración de componentes electrónicos como el ESP32-WROVER, garantiza un control preciso y una coordinación óptima del robot en tiempo real.

La inclusión de un módulo de cámara térmica Lepton y sensores infrarrojos Sharp mejora la capacidad de detección y percepción del entorno del robot, lo que

resulta crucial en operaciones de búsqueda y rescate, especialmente para identificar signos vitales y priorizar la atención a las personas que los necesitan.

En respuesta a la pregunta de investigación, el valor agregado de construir un robot hexápodo para la búsqueda y el rescate de personas en situaciones críticas a consecuencia de los desastres causados por sismos en Puebla durante el periodo agosto 2023 – julio 2024 es evidente. Dado que no solo representa un avance tecnológico, sino también un compromiso con la protección y el bienestar humano. Este estudio demuestra cómo la innovación y la tecnología pueden transformar las respuestas ante desastres, proporcionando herramientas efectivas que salvan vidas y demuestran un impacto positivo de la ingeniería en la sociedad.

Referencias

- Asenjo Madrigal, C. (2020). Estudio y diseño del control de movimientos de un robot ápodo [Trabajo de fin de máster, Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial Valencia]. Repositorio institucional de la Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/175302/Asenjo%20-%20ESTUDIO%20Y%20DISENO%20DEL%20CONTROL%20DE%20MOVIMIENTOS%20DE%20UN%20ROBOT%20APODO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrera, M. A. (08 de Septiembre de 2021). Creación de entornos para desplazamiento inteligente de robot con uso de aprendizaje automático [Trabajo de fin de grado, Universidad de La Laguna Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología]. Repositorio institucional de la Universidad de La Laguna Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25440/Creacion%20de%20entornos%20para%20desplazamiento%20inteligente%20de%20robot%20con%20uso%20de%20aprendizaje%20automatico..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cevallos, M. (2019). Diseño y construcción de un robot cuadrúpedo para ingreso a lugares de difícil acceso en caso de emergencias y desastres naturales terrestres [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica Israel]. Repositorio institucional de la Universidad Tecnológica Israel. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1936/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-030.pdf>
- Corporación Tecnológica Industrial Colombiana. (2019). Resumen histórico de la Ingeniería Mecatrónica. TEINCO. <https://teinco.edu.co/resumen-historico-de-la-ingenieria-mecatronica/>
- Forbes Staff. (2021). Los 8 sismos más catastróficos en la historia de México. Forbes. <https://www.forbes.com.mx/los-8-sismos-mas-catastroficos-en-la-historia-de-mexico/>
- García, M.C. (2018). Modelado y simulación del sistema de locomoción de un robot hexápodo [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1045>
- Hernández, S. (2019). Diseño y Construcción de un Prototipo de Robot Ápodo Modular e Hiper-redundante [Tesis de grado, Obtenido de Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales. Repositorio institucional de la Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31191/TFG-P-836.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nola, I. (2018). Earthquakes and their environmental, medical and public health impacts. Salud Pública de México, 60(1), S16-S22. <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/9212>
- Ramos, E. (2020). Robot de exploración, reconocimiento y ayuda en el rescate humano [Tesis de grado, Universidad Pública de el Alto]. Repositorio institucional de la Universidad Pública de el Alto. https://repositorio.upea.bo/jspui/handle/123456789/27/simple-search?location=123456789%2F27&query=123456789&filtername=author&filtertype>equals&filterquery=Eddy+Laura+Ramos&rpp=10&sort_by=score&order=desc
- Universidad Tecmilenio. (2023). Qué es Ingeniería Mecatrónica, qué estudia y para qué sirve. Tecmiblog. <https://blog.tecmilenio.mx/articulos/que-es-ingenieria-mecatronica>