

Diseño Mecatrónico y Análisis Cinemático de un Vehículo Aéreo no Tripulado para Apoyo Médico en Zonas Rurales

Omar Zevallos Villanueva
Professional School of Mechatronics Engineering
Universidad Ricardo Palma
Lima, Perú
omar.zevallos@urp.edu.pe

Diego Martinez Prinz
Professional School of Mechatronics Engineering
Universidad Ricardo Palma
Lima, Perú
diego.martinezp@urp.edu.pe

I. INTRODUCTION

En Perú, se estima que el 20% de la población pertenece al sector rural, de esta, aproximadamente el 40% son pobres o en situación de vulnerabilidad, esto significa que pueden ser fácilmente afectados [6]. Uno de los mayores problemas que enfrenta este sector son los deficientes servicios de salud con los que cuenta. Ante la falta de infraestructura adecuada, insumos y medicamentos suficientes, también existe una baja demanda de profesionales de la salud que puedan brindar una atención adecuada, oportuna y de calidad a la población más vulnerable [6]. A veces, cuando lo inesperado irrumpe en nuestras tareas diarias, una solución rápida puede marcar la diferencia entre un simple incidente desafortunado y uno con graves consecuencias. Ahí radica el mayor beneficio de contar con un servicio médico aéreo transportable para atender emergencias o urgencias.

El Perú ha sido históricamente un país eminentemente centralista, cuyos resultados se expresan en que en la actualidad un tercio de la población se encuentra en la capital de la República[7], debido a esto las zonas rurales no cuentan con la respectiva salubridad requerida. centros, por lo que estas áreas tienen una mayor tasa de mortalidad. Por ello, en este tema de investigación queremos lograr una asistencia rápida en estas zonas a través de un robot móvil aéreo que pueda seguir una ruta preestablecida, además de poder transportar peso medio, la cinemática de un dron hexacóptero será diseñado y analizado.

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV), también conocidos como drones, son aeronaves controladas por pilotos desde tierra o de forma autónoma siguiendo una misión preprogramada, estos pueden fabricarse con diferentes especificaciones dependiendo de las necesidades requeridas [8]. La mayor ventaja de utilizar un dron para transportar material médico y soporte de primeros auxilios es que al moverse por el aire puede hacerlo en línea recta y sin obstáculos, esto le permite llegar más rápido a los lugares donde se presenta la emergencia. o se requiere, también nos permite cubrir una mayor área de trabajo, sin embargo el uso de un dron hexacóptero permite mayor seguridad y estabilidad de vuelo y capacidad de carga ya que cuenta con una mayor cantidad de motores.



Fig. 1. Diseño Final del Dron FAAMR

Actualmente, contar con un servicio de asistencia médica rápida en zonas rurales es muy complicado, ya que las rutas suelen ser de difícil acceso, lo que no permite que las ambulancias lleguen rápidamente al lugar de la emergencia, por lo que contar con drones que brinden asistencia sería una opción factible en el mercado existen algunos modelos como el dron hexacóptero Everdrone [4], Zipline [5], que cumplen la función de entregar un botiquín de primeros auxilios para atender emergencias, estos muestran un rápido tiempo de respuesta con óptimos resultados.

Por ello, teniendo en cuenta lo antes mencionado, se ha considerado realizar un robot móvil aéreo que implemente además de la capacidad de entregar insumos médicos y primeros auxilios, un sistema de comunicación en tiempo real, esto con la finalidad de brindar asistencia médica profesional. . de forma remota, esto reducirá la tasa de mortalidad causada por la asistencia médica no inmediata.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Diseño Mecánico y Mecatronico

El UAV para apoyo medico propuesto fue diseñado en el software SolidWorks 2018, cuenta con un chasis de ABS acoplado a un esqueleto hueco de aleación de aluminio, este chasis cuenta con un compartimento en el cual se ubicarán los suplementos médicos para tratamiento básico de primeros auxilios, así como un DEA. El sistema electrónico del UAV se encontrará en la parte central del mismo.

Los componentes seleccionados para el hexacoptero son:

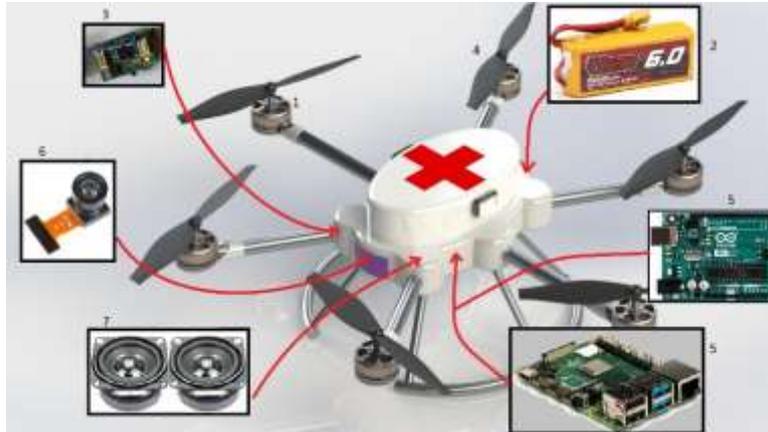


Fig. 2. Diseño Final de Hexacoptero

1. Motores DC Brushless
2. Dos Baterías LIPO 4 celdas 6000 mAh
3. Sensor MARG
4. Propelas
5. Microcontrolador Arduino UNO
Microcomputador Raspberry pi 4B
6. Cámara tipo PIN
7. Altavoces
8. Materiales: Aleación de Aluminio y ABS

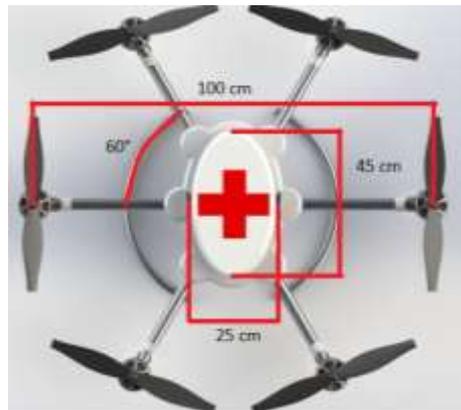


Fig. 3. Diseño en SolidWorks de dron Hexacoptero Vista Superior

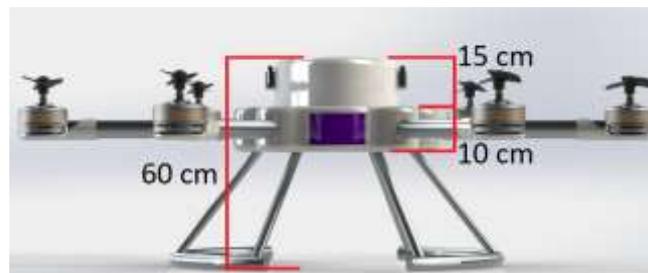


Fig. 4. Diseño en SolidWorks de dron Hexacoptero Vista Frontal

El radio total estimado para el drone es de 100 cm, asimismo el compartimiento de suplementos será de 45cm x 25cm x 15cm pues el tamaño aproximado de un equipo DEA es de 30cm x 23cm x 10cm, teniendo en cuenta que deberá llevar algunos otros suplementos extras. Los motores se encuentran fijados al extremo de los brazos de aluminio, estos brazos se encuentran separados por un ángulo de 60°.



Fig. 5. Diseño y dimensiones de Propelas

Teniendo en cuenta el peso del drone y las cargas que moverá, las dimensiones punta a punta de las propelas es de 19 pulgadas, esto permitirá que se tenga un mayor empuje y de esta forma mover adecuadamente el hexacoptero, asimismo la forma de las mismas dependerá de la dirección de giro.

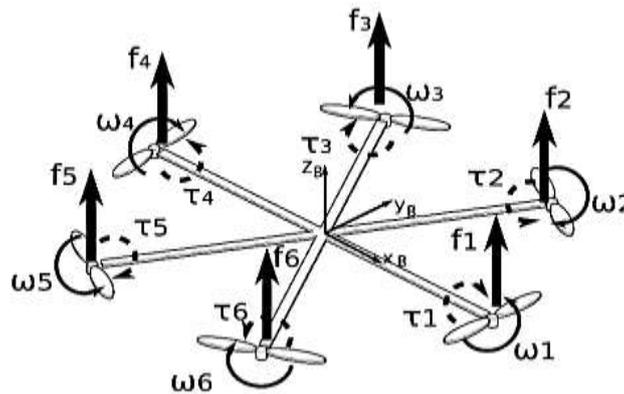


Fig. 6. Dirección de giro de propelas [14]

Tomando en cuenta la dirección de giro de las propelas para que el dron no entre en un estado fuera de control, tomamos un sistema de coordenadas (i,j,k) con el origen en el centro de masa del hexacoptero, esto se realiza porque este cambia junto con el hexacoptero, se define el eje i de forma que el motor izquierdo al eje se mueva de manera antihoraria y el motor derecho al eje se mueva de forma horaria, debido a que el vehículo es rotacionalmente simétrico, el eje i puede ser tomado de forma arbitraria siempre y cuando no contradiga lo mencionado anteriormente, el eje j es perpendicular al eje i y finalmente el eje k = i x j [14].

En el presente proyecto se hizo uso del raspberry pi 4 y de un Arduino. Una de las razones por la que se optó por el uso de la raspberry pi fue por su capacidad de procesamiento ya que el microcontrolador Arduino solo es capaz de gestionar los motores. Por ello, debido a la versatilidad de procesamiento del raspberry como microordenador este es capaz de controlar al dron en tiempo real.

III. SIMULACIÓN

Para la simulación de un dron hexacoptero se tiene que tener en cuenta los ejes de rotación del mismo, por ello se definen los ejes roll(ϕ), pitch(θ) y yaw(ψ), luego si se quiere un giro positivo en roll(ϕ) se requiere incrementar la velocidad de los motores 3 y 4, como se muestra en la Fig. 6, a la vez que se decrementan las velocidades de los motores 1 y 6, para un giro negativo se invierte el procedimiento anterior. Para lograr un giro positivo en pitch(θ) se requiere incrementar la velocidad de los motores 1, 2 y 3 a la vez que se decrementan las velocidades de los motores 4, 5 y 6, para un giro negativo se invierte el procedimiento anterior. Por último, para un giro positivo en yaw(ψ) se requiere incrementar las velocidades de los motores 2, 4 y 6 a la vez que decrementan las velocidades de los motores 1, 3 y 5, para un giro negativo se invierte el procedimiento anterior.

Dada las matrices de rotación roll, pitch y yaw respectivamente:

$$R_C^T(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c\phi & s\phi \\ 0 & -s\phi & c\phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_C^T(\theta) = \begin{bmatrix} c\theta & 0 & -s\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ s\theta & 0 & c\theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$R_C^T(\psi) = \begin{bmatrix} c\psi & s\psi & 0 \\ -s\psi & c\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Se obtiene la matriz de cuerpo a tierra:

$$R_C^T = R_C^T(\psi) \cdot R_C^T(\theta) \cdot R_C^T(\phi) = \begin{bmatrix} c\psi \cdot c\theta & c\psi \cdot s\theta \cdot s\phi - s\psi \cdot c\phi & c\psi \cdot s\theta \cdot c\phi + s\psi \cdot s\phi \\ s\psi \cdot c\theta & s\psi \cdot s\theta \cdot s\phi + c\psi \cdot c\theta & s\psi \cdot s\theta \cdot c\phi - c\psi \cdot s\phi \\ -s\theta & c\theta \cdot s\phi & c\theta \cdot c\phi \end{bmatrix} \quad (4)$$



Fig. 7. Entorno de Simulación Matlab

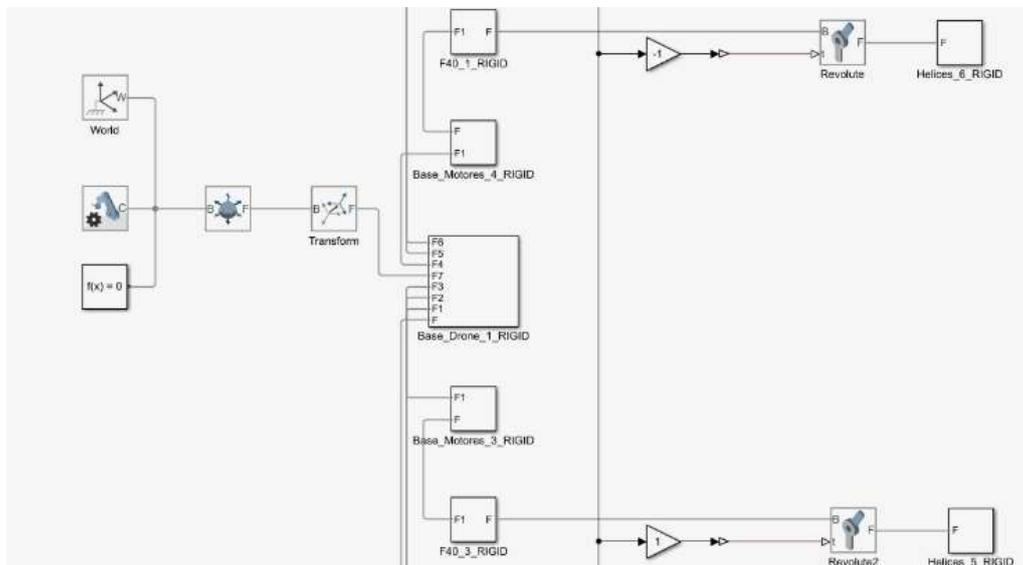


Fig. 8. Sistema de bloques en Simulink

En el entorno de Matlab se logró la simulación del dron hexacoptero en el cual se obtuvieron los cuadros de errores que ocurren en los ejes x, y, z y el ángulo phi en función del tiempo. Además, se obtuvo también el cuadro de las acciones de control de velocidad del dron como la frontal, lateral, en el eje z y la angular en función del tiempo.

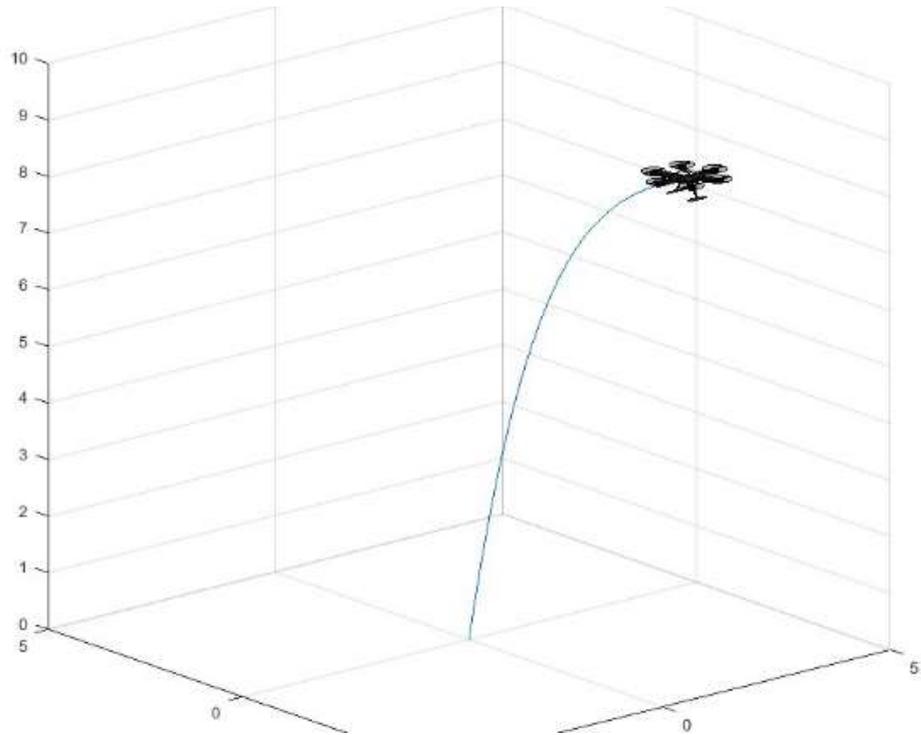


Fig. 9. Simulación del Dron Hexacoptero

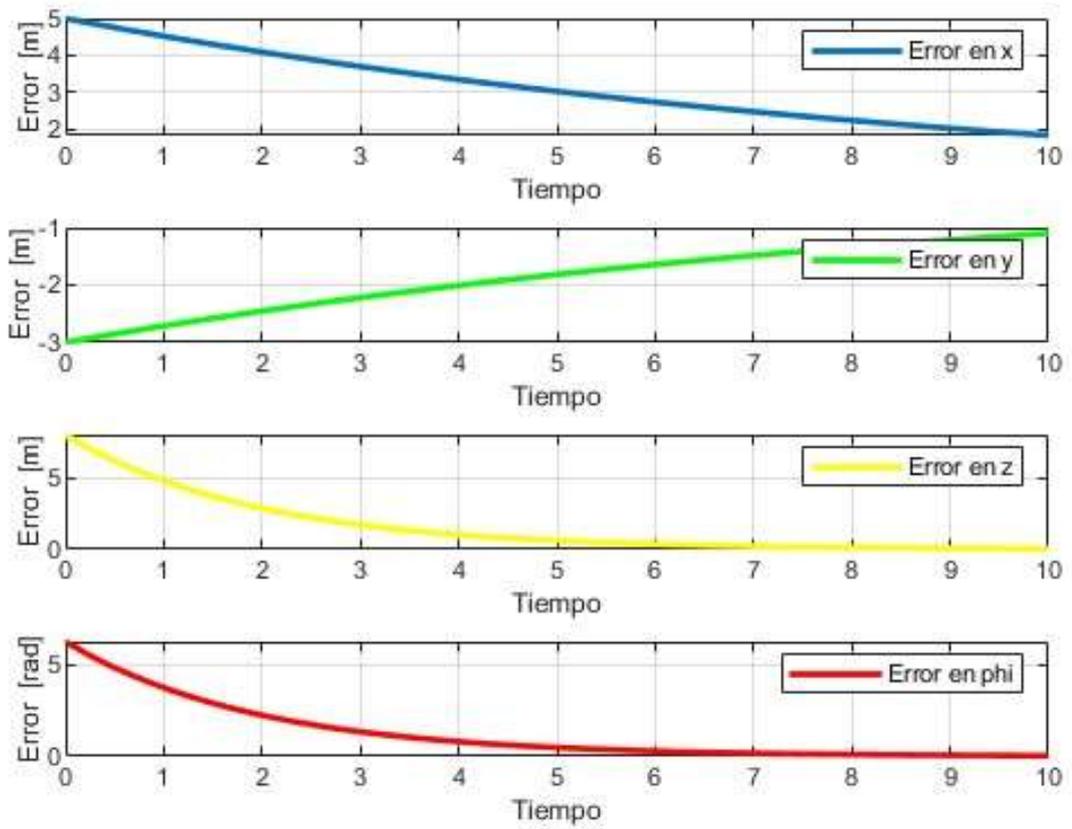


Fig. 10. Tabla de Errores en función del Tiempo

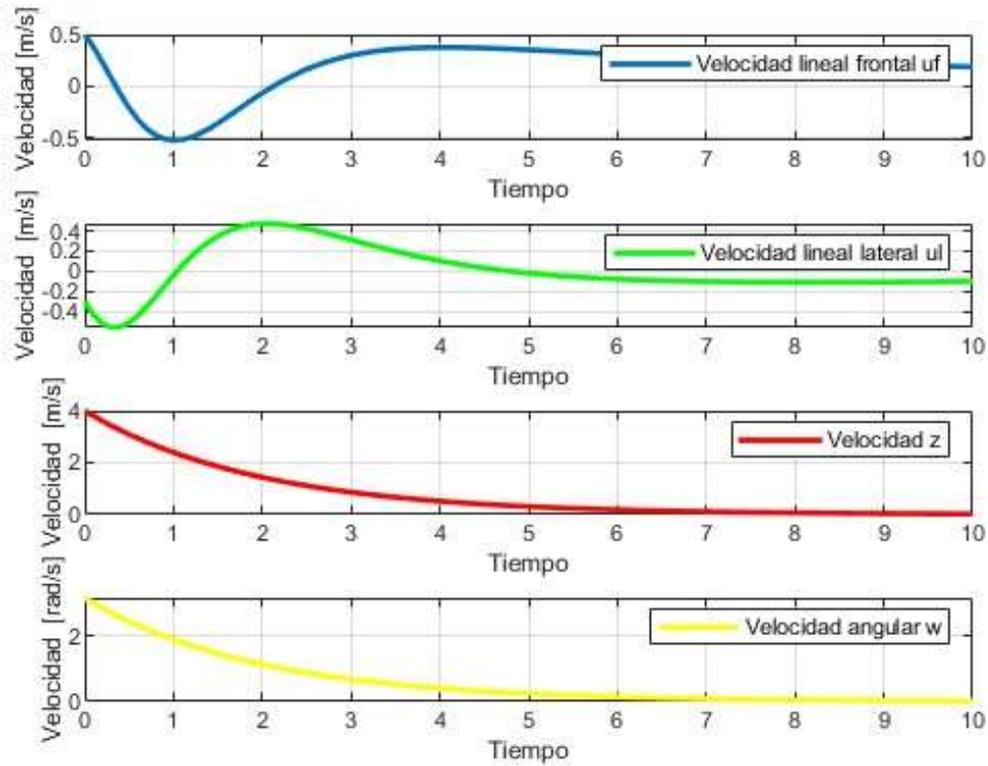


Fig. 11 Tabla de control de velocidad en función del tiempo

La ecuación de movimiento del dron viene expresada de la siguiente manera:

$$xrp(k) = uf(k) * \cos(phi(k)) - ul(k) * \sin(phi(k)) - a * w(k) * \sin(phi(k)) \quad (5)$$

$$yrp(k) = uf(k) * \sin(phi(k)) - ul(k) * \cos(phi(k)) - a * w(k) * \cos(phi(k)) \quad (6)$$

$$zrp(k) = uz(k) \quad (7)$$

De acuerdo a las simulaciones realizadas Fig. 9 y Fig. 10, se observa que el cambio de velocidades se modifica de acuerdo a la trayectoria y se ve una mejora en el error a lo largo del tiempo hasta estabilizarse, esto nos indica que las ecuaciones de cinemática móvil para el dron son las correctas pues consigue llegar a la coordenada seleccionada de manera óptima.

IV. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el Perú es un país que cuenta con diversas áreas de difícil acceso terrestre donde habitan diferentes comunidades, que debido a su ubicación se les dificulta tener acceso a material médico para atender casos de emergencia, como consecuencia aumenta la tasa de mortalidad, por ello, se propuso al dron FAARM para dar asistencia médica.

El diseño del dron Hexacoptero FAARM cumple con el objetivo de transportar suplementos de primeros auxilios de forma rápida, teniendo en cuenta las áreas de difícil acceso en las que trabaja, permite dar auxilio a las personas que lo requieran antes de la llegada de las ambulancias.

De acuerdo a las simulaciones realizadas en el programa Matlab es posible para el vehículo aéreo movilizarse siguiendo una ruta predefinida, esto permite que pueda dirigirse a un punto en el que se requiera de manera autónoma sin necesidad de un piloto para que lo controle.

El progreso futuro del dron hexacoptero se enfocaría en el uso práctico de entrega de los suplementos médicos teniendo en cuenta su rapidez del transporte de estos, siendo utilizados en diversas áreas rurales donde los caminos no permiten el despliegue inmediato de los servicios médicos locales.

V. REFERENCIAS

- [1] Albert Apotele Nyaaba, Matthew Ayamga, "Intricacies of medical drones in healthcare delivery: Implications for Africa" Wageningen University & Research, 2021 (*references*)
- [2] Álvaro Ibañes Alvy. C.(November 03, 2014). RTVE. Un dron ambulancia que busca ayudar en situaciones de emergencia. <https://www.rtve.es/noticias/20141103/dron-ambulancia-busca-ayudar-situaciones-emergencia/1041345.shtml>
- [3] Antonio Gonzales, Agus Hasan and Poramate Manoonpong, "Robust Actuator Fault Diagnosis Algorithm for Autonomous Hexacopter UAVs" University of Denmark, 2020
- [4] "Everdrone," *Everdrone*, 18-May-2021. [Online]. Available: <https://everdrone.com>. [Accessed: 13-Jul-2022].
- [5] "Zipline - Instant Logistics," *Flyzipline.com*. [Online]. Available: <https://flyzipline.com>. [Accessed: 13-Jul-2022].
- [6] Jaime Morán, La Deficiente Salud en Area Rural
- [7] Zeon Eduardo Vargas. M. Centralismo, descentralización y expectativas de la ciudadanía Facultad de Sociología Universidad Mayor de San Marcos 2008
- [8] Rodrigo Pinto D, DRONES: LA TECNOLOGÍA, VENTAJAS Y SUS POSIBLES APLICACIONES
- [9] Vadim Carev, Jan Roháč, Martin Šipoš and Michal Schmirler, A Multilayer Brushless DC Motor for Heavy Lift Drones, Department of Measurement, Faculty of Electrical Engineering, CTU in Prague, 2021
- [10] Rahmad Hidayat , Muhaimin , Aidi Finawan, RANCANG BANGUN PROTOTYPE DRONE PENYEMPROT PESTISIDA UNTUK PERTANIAN PADI SECARA OTOMATIS
- [11] Yashodha Karanurathna, Designing and Implementation of Drone-based Telemonitoring System for an Inaccessible Area
- [12] Javier Enrique Orna Chavez, Paul Sebastian Davila Aldas, Diseño, Construcción y control de un Hexacoptero de Monitoreo, Escuela Politécnica Nacional, 2015
- [13] Silvia G. Priori, Leo L. Bossaert, Douglas A. Chamberlain, Carlo Napolitano, Hans R. Arntz, Rudolph W. Koster, Koen G. Monsieurs, Alessandro Capucci, Hein J. Wellens, ESC-ERC recommendations for the use of automated external defibrillators (AEDs) in Europe, European Society of Cardiology, 2004
- [14] Milton C. P. Santos, Mário Sarcinelli Filho and Ricardo Carelli, Trajectory Tracking for UAV with Saturation of Velocities, Federal Institute of Espírito Santo, Santa Teresa, 2016
- [15] Daniel C. Gandolfo, Lucio R. Salinas, Alexandre Brandão and Juan M. Toibero, Stable Path-Following Control for a Quadrotor Helicopter Considering Energy Consumption, IEEE Transactions on control Systems Technology, 2016
- [16] Simanti Bose I, Adrija Bagchi, Naisargi Dave, Hexacopter using MATLAB Simulink and MPU Sensing, International Research Journal of Engineering and Technology, 2017
- [17] Albuja Sanchez Byron Mauricio, Sanchez Gomez Elizabeth Veronica, Diseño e Implementación en una tarjeta embebida de un algoritmo de control por modos deslizantes (SMC) para los ángulos roll, pitch y yaw de un hexarotor DJI F550, Escuela Politécnica Nacional, 2018.
- [18] Edwin Dimitri Nieto Guerrero; Fernando Alonso Vaca De La Torre, Desarrollo de un modelo matemático, cinemático y dinámico con la aplicación de software, para modificar el funcionamiento de un dron, para que este realice monitoreo automático, Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 2020
- [19] Antonio Gonzales Rot, Agus Hasan and Poramate Manoonpong, Robust Actuator Fault Diagnosis Algorithm for Autonomous Hexacopter UAVs, Center for Unmanned Aircraft Systems, 2020
- [20] Yusuke Aoki, Yuta Asano, Akihiko Honda, Norizumi Motooka, Toshiyuki Ohtsuka, Nonlinear Model Predictive Control of Position and Attitude in a Hexacopter with Three Failed Rotors, Kyoto University, 2018

Link del video: https://youtu.be/hq_S6ri1rPI