

# Construcción de un Hexacóptero

## Construction of a Hexacopter

---

Andrés Felipe Grass Vergara, Fredy Rolando García Bello

### Resumen



Este artículo muestra el estudio y desarrollo de un dron por parte del capítulo estudiantil CSS de IEEE de la Universidad el Bosque, con el cual se busca realizar una buena interacción entre la robótica y los sistemas de control. El resultado esperado es utilizar el dron como una cámara aérea para diferentes operaciones y proyectos de investigación para la Facultad de Ingeniería de la Universidad El Bosque con el que se pueda realizar análisis de imágenes para terrenos de difícil acceso.

**Palabras clave:** Hexacóptero

### Abstract



This article shows the study and development of a topic by the CSS student chapter of the IEEE of the Universidad El Bosque, with which it seeks to make a good interaction between robotics and control systems. The result was the use of an aerial camera for different operations and research projects for El Bosque University the Engineering of Faculty, with which an image analysis can be performed for difficult access terrains.

**Key words:** Hexacopter

## Introducción

Los drones son equipos electrónicos que han tomado un papel de gran importancia en la dinámica social del humano en los últimos tiempos. Sea para fines de ocio, investigativos, resolución de problema o apoyo en sitio, estos compactos equipos se han convertido en una herramienta importante que requiere de estudio y análisis para su correcto desarrollo, de tal forma que los retos que presentan son la motivación para que un ingeniero busque comprender y replicar el funcionamiento de un dron en pro de un aplicativo que en este caso es la toma de imágenes aéreas para eventos de diversa índole.

## II. El reto

Construir un dron con capacidad de cargar una cámara para capturar fotos y grabaciones y 4 kg extra para soportar el peso de los sensores para la medición de calidad del aire.

## III .La solución

Mediante la integración de tecnologías se construirá un dron con capacidad capturar fotos y videos con calidad adecuada independientemente de las vibraciones y movimientos ocasionados por el vuelo normal del dispositivo.

## IV. Descripción de la estrategia a seguir

Se basó la estrategia en el método de Pólya adaptado a la resolución de problemas en ingeniería electrónica, el primer paso fue:

### Paso 1: Entender el problema

Se determinó cual era el problema que se presentaba en la universidad, que herramientas o qué datos se tenían para encontrar una óptima solución.

Se partió con la necesidad de tener en la Facultad de Ingeniería de la Universidad El Bosque un dispositivo con la capacidad de capturar fotos y videos aéreos en tiempo real y que eventualmente tuviera la capacidad de levantar

un peso extra para implementar sistemas de medición para calidad del aire; con dicho antecedente se determinó que una solución desde la ingeniería electrónica era la implementación de un dron.

### Paso 2: Configurar un plan

Para la construcción e implementación de la estructura o esqueleto del dron que debía emplearse, se inicia con la idea de construirla (imprimirla) en un modelo 3D, del cual posteriormente se cortó en MFD con la ayuda de la cortadora láser de la universidad, sin embargo a pesar de que el material era fuerte y poseía una masa favorable, después de realizar varias pruebas de esfuerzo, se concluyó que al tener contacto con el agua la madera se debilitaba y deformaba, lo que finalmente hizo que se optara por comprar una estructura hecha en un plástico duro que fuera resistente al agua y a los cambios bruscos de tensión o peso, de forma adicional por motivos de protección se le incorporo un tren de aterrizaje de tipo patas de araña a la estructura mencionada con el fin de minimizar los golpes que se pudieran generar al momento de aterrizar.

Se analizaron todos los tipos de dron existente e inicialmente se determinó que, para la toma y registro de fotos y videos, era mejor un diseño basado en el cuadricóptero, pues sus cuatro motores le permitían mantenerse en vuelo estáticamente o rotar en su propio eje, lo que facilitará y optimizará el proceso de captura de imágenes en los eventos.

Al establecer que el modelo a seguir era basado en el cuadricóptero se reunieron fondos y se realizó la compra de un cuadricóptero sencillo al cual se le realizaron pruebas para determinar la programación efectuada en los cambios bruscos del entorno o de mal manejo del artefacto, posteriormente se realizó ingeniería inversa para establecer el funcionamiento en conjunto y luego el efecto u oficio de cada componente. De esta forma se dividió por etapas la investigación, iniciando por la etapa de control en donde se indagó sobre que hardware se podría aplicar al dron para obtener la respuesta más rápida y óptima referente a los sucesos del entorno.

Se tenían tres tipos de opciones, un PIC, arduino y un ardupilot; al realizar pruebas con cada uno de los componentes y a raíz de las investigaciones pertinentes sobre

las características de cada dispositivo, se concluyó que el ardupilot era la tarjeta con la mayor rapidez y calidad en la adquisición de datos, y además de ello se le puede adaptar con facilidad un GPS, de igual forma trae incorporado un acelerómetro útil para el control de vuelo.

**Figura 1.** Dron de prueba para análisis de señales y funcionamiento



En la etapa de potencia se determinó que speed control se debían usar para alimentar a los motores, lo que conlleva a indagar sobre cómo se calculaban los motores que se deben usar en un dron y se encontró una expresión que describe la potencia que debía tener cada motor dependiendo de la masa total del dron.

Realizando cálculos se observó que entre más motores posea el dron, mayor será su capacidad de carga, lo que llevó a la conclusión que la mejor estrategia para la aplicación deseada era incorporar seis motores en el artefacto, convirtiéndolo en un hexacóptero.

Al establecer la potencia de cada motor, se buscó la ficha técnica, y referente a la corriente y voltaje de consumo para cada uno, se identificó que speed control era compatible para permitir variar la velocidad de forma electrónica proporcionando una fuente de energía trifásica y de ser necesario actuará como un freno dinámico. Por otro lado, tal número de motores y variadores de velocidad requieren de un gran suministro de energía,

así que después de analizar las baterías que venden en el mercado se concluyó que la mejor opción era una batería tipo LIPO de 11.1 voltios a 5.2 amperios, para esta batería bajo la ecuación de descarga con los seis motores y el peso del dron se determina que puede obtenerse un tiempo aproximado de 6.6 minutos en vuelo.

Para la etapa de sensorica se indago por los componentes necesarios para mantener en vuelo el dron sin ningún percance físico y se dedujo que se debía emplear un acelerómetro, un giroscopio y un sensor de proximidad para el aterrizaje automático.

En la etapa de comunicación después de una larga investigación, se determinó que era necesario usar un control RC de 10 canales a 2.4GHz para manejar manualmente el dron cuando fuese necesario, de igual forma se debía instalar dos antenas de 433 MHz, una se encargaría de la telemetría y esta información iría al dron y la segunda antena debería ser instalada en un pc, para poder analizar a distancia los comportamientos de los sensores incorporados en él dron. [2]

### Paso 3: ejecución del plan

Después de haberse realizado la compra de materiales establecidos como óptimos para el montaje se prosiguió a implementar y conectar los componentes, luego se probó que cada componente estuviera en óptimas condiciones, al mismo tiempo se construyeron diagramas de flujo que describen el proceso desempeño y las acciones que se debía llevar a cabo cada componente, basado en ello, se idearon los diferentes casos y sucesos que se podrían presentar en el momento del vuelo y cada una de sus soluciones.

Se analizaron las señales arrojadas por los sensores basadas en el movimiento del hexacóptero y en base a ello se programaron los diferentes ítems del ardupilot acorde a las necesidades requeridas, se realizaron pruebas para calibrar algunos factores del programa empleado, que buscaban mejorar el desempeño de vuelo. [1] Generando como resultado un hexacóptero funcional desarrollado por estudiantes de la institución, con la capacidad de suplir ciertas necesidades presentadas por el CDT+i de la Facultad de Ingeniería de la Universidad El Bosque.

## Paso 4: análisis de la solución obtenida

En base a la solución obtenida, se determinó que dicho proceso puede ser empleado para cualquier problema basado en artefactos móviles en el entorno de la ingeniería electrónica.

## V. Resultados

A partir de la estrategia planteada se pudo evidenciar diferentes tipos de resultados:

Figura 2. Diseño del dron



La elevación del dron tiene comunicación efectiva hasta una elevación aproximada de 100 mts. [3]

La velocidad de los desplazamientos es un factor que debe ser manejado con precaución puesto que se puede llegar a desplazamientos iguales o superiores a los 2 m/s.

Con baterías a plena carga se logra una autonomía de vuelo oscilante entre 9 y 11 minutos sin carga, la aplicación de carga como cámara o sensores modifica de forma considerable el tiempo de vuelo a 6 o 7 minutos.

El uso de un tren de aterrizaje de tipo patas de araña mejora en una alta medida la absorción de energía de choque y asegura un mejor aterrizaje.

La captura de imágenes o vídeo en tiempo real presenta un retardo entre uno y dos segundos a causa de la comunicación utilizada entre la cámara y el computador, por otro lado, al enlazar un dispositivo celular con la misma red de la cámara el retardo en el proceso de visualización es casi imperceptible.

Figura 3. Construcción del dron finalizado



## VI. Conclusiones

Tras las pruebas de vuelo y el uso del dispositivo volador no tripulado (UAV) en diferentes actividades, se determinó que este ya está en condiciones adecuadas según los requerimientos solicitados.

Los cambios en la estructura y componentes finales de la implementación son consecuencia de las pruebas y la experiencia obtenida a lo largo del desarrollo del proyecto, de igual forma la guía de personal con experiencia permite identificar problemas no deducibles fácilmente.

El sistema de posicionamiento puede mejorar de forma considerable al modificar las características de las antenas que registran la telemetría del dron.

La efectividad del vuelo en espacios cerrados al igual que entre estructuras de varios pisos depende únicamente de la pericia del piloto ya que la ubicación espacial soportada por la comunicación GPS no tiene funciones óptimas.

Las influencias de los campos electromagnéticos generados por las altas corrientes en los motores influyen de forma crucial sobre el dispositivo controlador de vuelo y en especial sobre el sistema de comunicaciones.

## VII. Agradecimientos

Para el buen desarrollo del proyecto fue indispensable el trabajo en conjunto con la Universidad El Bosque y el CDT+i con cada uno de los miembros que componen el capítulo de control CSS y la comunidad IEEE.

Un agradecimiento muy especial para el Ing. Catastral y Geodesia Cristian Camilo Castañeda Rodríguez. Analista BD-SIG para UNODC, quien con su amplia experiencia en manejo y vuelo de dispositivos voladores no tripulados (UAV), colaboro y enseñó de manera importante en la implementación del dron.

## Bibliografía

- [1] Ardupilot.org. (2016). ArduPilot Open Source Autopilot. [online] Available at: <http://ardupilot.org/>. [Accessed 8 Mar. 2017].
- [2] Forodedrones.com. (2016). Foro De Drones - Comunidad de Drones - Página principal. [online] Available at: <https://www.forodedrones.com/> [Accessed 11 Feb. 2017].
- [3] Pixhawk.org. (2015). Pixhawk Autopilot - Pixhawk Flight Controller Hardware Project. [online] Available at: <https://pixhawk.org/modules/pixhawk> [Accessed 2 Feb. 2017]

---

### los Autores



---

#### **Andrés Felipe Grass Vergara.**

Estudiante de 8 semestre de Ingeniería Electrónica en la Universidad El Bosque.

Técnico en programación del SENA.

Las principales áreas de interés son las telecomunicaciones, el área de control y automatización.

Miembro del capítulo de control CSS de la rama IEEE de la Universidad El Bosque por más de 2 años.

Correo: [andres.11gras@hotmail.com](mailto:andres.11gras@hotmail.com) / [agrass@unbosque.edu.co](mailto:agrass@unbosque.edu.co)



---

#### **Fredy R. García Bello.**

Ingeniero en Control Electrónico e Instrumentación (2004) y Magister en Ingeniería Industrial (2015) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ha trabajado como asesor y desarrollador de proyectos para automatización industrial y durante 9 años, a sido director y jurado en proyectos de grado para ingeniería.

Las principales áreas de interés son el control de procesos y autorización y los sistemas para robótica industrial. Consejero del capítulo de control CSS de la rama IEEE de la Universidad El Bosque desde el año 2011.

Correo: [garciafredy@unbosque.edu.co](mailto:garciafredy@unbosque.edu.co)