

# Drones Autónomos I

Hardware, Ardupilot, MAVLink

**Daniel Martínez González**

[DroneBooks](#)

---

Primera edición  
Mayo 2026

© 2026 Daniel Martínez González — Todos los derechos reservados

Volumen 1 de 2

## **Drones Autónomos I: Hardware, Ardupilot, MAVLink**

Volumen 1 de 2

Primera edición, Mayo de 2026

**Autor:** Daniel Martínez González

© 2026 Daniel Martínez González

**ISBN:** 9788409869190

**Depósito Legal:** M-14800-2026

**Registro SafeCreative:** SC-2026-2605075558142

Todos los derechos reservados / All rights reserved.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, su transmisión o almacenamiento por cualquier medio —electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros— sin autorización previa y por escrito del autor o titular de los derechos.

**GitHub:** <https://github.com/DroneBooks/DronesAutonomos/>

**Contacto:** [info@dronebooks.es](mailto:info@dronebooks.es)

### **Descargo de Responsabilidad:**

Este libro es una guía educativa destinada a estudiantes de ingeniería de sistemas, robótica y desarrollo de drones. Los ejemplos, técnicas y procedimientos descritos se proporcionan con fines educativos. El autor y la editorial no se responsabilizan por daños, perjuicios o lesiones resultantes del uso indebido de esta información.

Siempre consulte la documentación oficial de los fabricantes, cumpla con todas las regulaciones locales de aviación y respete los requisitos de seguridad antes de operar drones autónomos.



**DroneBooks**

# Índice general

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Prólogo</b>                                        | <b>11</b> |
| <b>1. Hardware y Ensamblaje de Drones</b>             | <b>17</b> |
| 1.1. Resumen del Módulo                               | 19        |
| 1.2. Introducción: Principios de Vuelo del Quadcopter | 20        |
| 1.2.1. Las Cuatro Fuerzas Fundamentales               | 20        |
| 1.2.2. Sistema de Coordenadas y Movimiento            | 21        |
| 1.3. Aerodinámica del Rotor                           | 22        |
| 1.3.1. Teoría Elemental del Momentum                  | 22        |
| 1.3.2. Coeficiente de Empuje (Thrust Coefficient)     | 22        |
| 1.3.3. Relación Hélice-Motor: KV                      | 23        |
| 1.3.4. Eficiencia y Figure of Merit                   | 24        |
| 1.4. Especificación del Quadcopter X4 de 250mm        | 25        |
| 1.4.1. Parámetros Generales                           | 26        |
| 1.4.2. Relación Thrust-to-Weight (T/W)                | 27        |
| 1.5. Selección de Componentes                         | 28        |
| 1.5.1. Motor Brushless (BLDC)                         | 28        |
| 1.5.2. Hélices                                        | 29        |
| 1.5.3. Controlador Electrónico de Velocidad (ESC)     | 31        |
| 1.5.4. Flight Controller: Opciones Ardupilot          | 33        |
| 1.5.5. Batería LiPo                                   | 35        |
| 1.6. Frame y Estructura Mecánica                      | 38        |
| 1.6.1. Opciones de Frame 250mm                        | 38        |
| 1.6.2. Distribución de Peso                           | 38        |
| 1.7. Sistemas Complementarios                         | 40        |
| 1.7.1. Receptor Radio (RX)                            | 40        |
| 1.7.2. Telemetría (Módulo de Comunicación)            | 40        |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 1.7.3. GPS (Opcional para este módulo)                   | 40 |
| 1.7.4. Amortiguadores de Vibración                       | 41 |
| 1.8. Cálculos Prácticos de Rendimiento                   | 42 |
| 1.8.1. Cálculo de Empuje Requerido                       | 42 |
| 1.8.2. Cálculo de Consumo Eléctrico                      | 43 |
| 1.9. Ensamblaje Paso a Paso                              | 45 |
| 1.9.1. Herramientas Necesarias                           | 45 |
| 1.9.2. Paso 1: Preparación del Frame                     | 46 |
| 1.9.3. Paso 2: Instalación de Motores                    | 46 |
| 1.9.4. Paso 3: Instalación de ESCs                       | 47 |
| 1.9.5. Paso 4: Instalación del Flight Controller         | 47 |
| 1.9.6. Paso 5: Instalación de Receptor Radio y Batería   | 49 |
| 1.9.7. Paso 6: Verificación Final Pre-Vuelo              | 49 |
| 1.10. Balanceo de Hélices                                | 50 |
| 1.10.1. Procedimiento de Balanceo Estático               | 50 |
| 1.11. Calibración Antes de Volar                         | 51 |
| 1.11.1. Calibración de IMU (Acelerómetro/Giroscopio)     | 51 |
| 1.11.2. Calibración de Brújula (Magnetómetro)            | 51 |
| 1.11.3. Configuración de Motores en QGroundControl       | 52 |
| 1.12. Pruebas en Tierra (Banc Testing)                   | 53 |
| 1.12.1. Prueba de Respuesta de Motores                   | 53 |
| 1.12.2. Prueba de Comunicación (Telemetría)              | 53 |
| 1.13. Troubleshooting: Problemas Comunes                 | 54 |
| 1.13.1. El Dron No Se Enciende                           | 54 |
| 1.13.2. Un Motor No Gira                                 | 54 |
| 1.13.3. Vibraciones Excesivas                            | 54 |
| 1.14. Proyectos Prácticos Escalonados                    | 55 |
| 1.14.1. Proyecto 1.1: Seleccionar Componentes (Básico)   | 55 |
| 1.14.2. Proyecto 1.2: Ensamblaje Completo (Intermedio)   | 55 |
| 1.14.3. Proyecto 1.3: Análisis de Rendimiento (Avanzado) | 56 |
| 1.15. Recursos Adicionales y Referencias                 | 57 |
| 1.15.1. Calculadoras en Línea                            | 57 |
| 1.15.2. Documentación Técnica                            | 57 |
| 1.15.3. Fabricantes de Confianza                         | 57 |
| 1.16. Checklist Final: Antes de Tu Primer Vuelo          | 58 |
| 1.17. Notas de Seguridad Críticas                        | 59 |
| 1.18. Evaluación                                         | 60 |
| 1.18.1. Cuestionario de Conocimientos                    | 60 |

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| 1.18.2. Ejercicio Práctico . . . . .                    | 62        |
| 1.18.3. Proyecto Integrador . . . . .                   | 63        |
| 1.18.4. Soluciones a la Evaluación . . . . .            | 65        |
| 1.19. Siguiente Paso: Módulo 02 - Ardupilot . . . . .   | 68        |
| 1.20. Glosario de Términos . . . . .                    | 69        |
| <b>2. Ardupilot y Control Autónomo de Drones</b>        | <b>71</b> |
| 2.1. Resumen del Módulo . . . . .                       | 73        |
| 2.2. Introducción a Ardupilot . . . . .                 | 74        |
| 2.2.1. ¿Qué es Ardupilot? . . . . .                     | 74        |
| 2.2.2. Plataformas Soportadas . . . . .                 | 74        |
| 2.2.3. Arquitectura del Sistema . . . . .               | 75        |
| 2.3. Preparación: Herramientas de Software . . . . .    | 76        |
| 2.3.1. Mission Planner . . . . .                        | 76        |
| 2.3.2. QGroundControl . . . . .                         | 78        |
| 2.4. Flashing del Firmware . . . . .                    | 80        |
| 2.4.1. Preparación Previa . . . . .                     | 80        |
| 2.4.2. Flashing con Mission Planner . . . . .           | 80        |
| 2.4.3. Flashing con QGroundControl . . . . .            | 82        |
| 2.5. Configuración Inicial de Parámetros . . . . .      | 83        |
| 2.5.1. Introducción a Parámetros . . . . .              | 83        |
| 2.5.2. Parámetros Críticos . . . . .                    | 84        |
| 2.5.3. Acceso a Parámetros . . . . .                    | 85        |
| 2.6. Calibración de Sensores . . . . .                  | 87        |
| 2.6.1. Calibración de Acelerómetro (IMU) . . . . .      | 87        |
| 2.6.2. Calibración de Brújula (Magnetómetro) . . . . .  | 88        |
| 2.6.3. Calibración de ESCs (Motores) . . . . .          | 90        |
| 2.7. Modos de Vuelo . . . . .                           | 91        |
| 2.7.1. Modos Básicos (Comienzo) . . . . .               | 91        |
| 2.7.2. Modos Autónomos (Avanzado) . . . . .             | 92        |
| 2.7.3. Configurar Modos de Vuelo . . . . .              | 92        |
| 2.8. Sintonización (Tuning) de Control PID . . . . .    | 94        |
| 2.8.1. Introducción a Control PID . . . . .             | 94        |
| 2.8.2. Tuning Básico: Método Empírico . . . . .         | 96        |
| 2.8.3. Herramienta: Tuning en Mission Planner . . . . . | 98        |
| 2.9. Planificación y Ejecución de Misiones . . . . .    | 99        |
| 2.9.1. Conceptos Básicos . . . . .                      | 99        |
| 2.9.2. Creación de Misión en Mission Planner . . . . .  | 99        |

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| 2.9.3. Ejecución de Misión . . . . .                         | 101        |
| 2.10. Failsafes: Seguridad Crítica . . . . .                 | 102        |
| 2.10.1. Tipos de Failsafes . . . . .                         | 102        |
| 2.10.2. Geofence (Perímetro de Seguridad) . . . . .          | 104        |
| 2.11. Troubleshooting: Problemas Comunes . . . . .           | 106        |
| 2.11.1. El Dron No Vuela Recto . . . . .                     | 106        |
| 2.11.2. Oscilaciones (Wobble) . . . . .                      | 106        |
| 2.11.3. No Arma (Won't Arm) . . . . .                        | 107        |
| 2.12. Ejercicios Prácticos . . . . .                         | 108        |
| 2.12.1. Ejercicio 1: Flashing y Verificación . . . . .       | 108        |
| 2.12.2. Ejercicio 2: Calibración Completa . . . . .          | 108        |
| 2.12.3. Ejercicio 3: Primer Vuelo Estable . . . . .          | 109        |
| 2.12.4. Ejercicio 4: Misión Simple . . . . .                 | 110        |
| 2.13. Recursos Adicionales . . . . .                         | 111        |
| 2.13.1. Documentación Oficial . . . . .                      | 111        |
| 2.13.2. Comunidades . . . . .                                | 111        |
| 2.13.3. Herramientas Útiles . . . . .                        | 111        |
| 2.14. Evaluación . . . . .                                   | 112        |
| 2.14.1. Cuestionario de Conocimientos . . . . .              | 112        |
| 2.14.2. Ejercicio Práctico . . . . .                         | 114        |
| 2.14.3. Proyecto Integrador . . . . .                        | 115        |
| 2.14.4. Soluciones a la Evaluación . . . . .                 | 117        |
| 2.15. Siguiendo Paso: Módulo 3 - MAVLink . . . . .           | 119        |
| 2.16. Glosario de Términos . . . . .                         | 120        |
| <b>3. MAVLink y Protocolos de Comunicaciones</b>             | <b>123</b> |
| 3.1. Resumen del Módulo . . . . .                            | 125        |
| 3.2. Fundamentos de MAVLink . . . . .                        | 126        |
| 3.2.1. ¿Qué es MAVLink? . . . . .                            | 126        |
| 3.2.2. Capas de Comunicación . . . . .                       | 127        |
| 3.2.3. Estructura de un Paquete MAVLink . . . . .            | 128        |
| 3.3. Análisis de Tráfico MAVLink . . . . .                   | 130        |
| 3.3.1. Herramientas de Análisis . . . . .                    | 130        |
| 3.3.2. Patrones de Tráfico Típicos . . . . .                 | 133        |
| 3.4. Control Remoto con Python (Librerías MAVLink) . . . . . | 135        |
| 3.4.1. Librerías Disponibles . . . . .                       | 135        |
| 3.4.2. Script 1: Conexión Básica y Lectura de Telemetría     | 136        |
| 3.4.3. Script 2: Despegar y Aterrizar Automáticamente        | 139        |

|                                                         |            |
|---------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.4. Script 3: Misiones con Waypoints . . . . .       | 143        |
| 3.5. Extensiones Avanzadas . . . . .                    | 147        |
| 3.5.1. Mensajes Personalizados (Custom Payloads) . .    | 147        |
| 3.5.2. Análisis de Logs Binarios . . . . .              | 148        |
| 3.6. Diagnóstico y Troubleshooting . . . . .            | 149        |
| 3.6.1. Problemas Comunes de Comunicación . . . . .      | 149        |
| 3.6.2. Verificación de Enlace . . . . .                 | 150        |
| 3.6.3. Herramienta: Network Testing . . . . .           | 151        |
| 3.7. Ejercicios Prácticos . . . . .                     | 153        |
| 3.7.1. Ejercicio 3.1: Monitor de Telemetría . . . . .   | 154        |
| 3.7.2. Ejercicio 3.2: Cambiar Modo de Vuelo Remotamente | 155        |
| 3.7.3. Ejercicio 3.3: Análisis de Tráfico MAVLink . . . | 156        |
| 3.7.4. Ejercicio 3.4: Misión Personalizada . . . . .    | 157        |
| 3.8. Scripts Complementarios Disponibles . . . . .      | 158        |
| 3.9. Requisitos de Instalación . . . . .                | 161        |
| 3.10. Recursos Adicionales . . . . .                    | 162        |
| 3.11. Evaluación . . . . .                              | 163        |
| 3.11.1. Cuestionario de Conocimientos . . . . .         | 163        |
| 3.11.2. Ejercicio Práctico . . . . .                    | 165        |
| 3.11.3. Proyecto Integrador . . . . .                   | 166        |
| 3.11.4. Soluciones a la Evaluación . . . . .            | 168        |
| 3.12. Notas de Seguridad . . . . .                      | 170        |
| 3.13. Glosario de Términos . . . . .                    | 171        |
| <b>A. Git Para Drones</b>                               | <b>173</b> |
| A.1. Introducción . . . . .                             | 175        |
| A.2. Instalación de Git . . . . .                       | 176        |
| A.2.1. Windows . . . . .                                | 176        |
| A.2.2. macOS . . . . .                                  | 176        |
| A.2.3. Linux (Ubuntu/Debian) . . . . .                  | 176        |
| A.3. Configuración Inicial . . . . .                    | 177        |
| A.4. Clonando tu Primer Repositorio . . . . .           | 178        |
| A.4.1. Paso 1: Encontrar la URL del Repositorio . . . . | 178        |
| A.4.2. Paso 2: Abrir Terminal / Símbolo del Sistema . . | 179        |
| A.4.3. Paso 3: Crear Carpeta para los Cursos . . . . .  | 180        |
| A.4.4. Paso 4: Clonar el Repositorio . . . . .          | 181        |
| A.5. Estructura del Proyecto Descargado . . . . .       | 182        |
| A.6. Ejemplos Prácticos Detallados . . . . .            | 183        |

|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| A.6.1. Ejemplo 1: Descargar Código del Volumen 1<br>(Hardware, Ardupilot, MAVLink) . . . . . | 183        |
| A.6.2. Ejemplo 2: Descargar Código de Ambos Volúmenes                                        | 184        |
| A.6.3. Ejemplo 3: Actualizar Código Existente . . . . .                                      | 185        |
| A.7. Actualizando el Código . . . . .                                                        | 186        |
| A.8. Comandos Esenciales (Hoja de Trucos) . . . . .                                          | 187        |
| A.9. Evaluación . . . . .                                                                    | 188        |
| A.9.1. Cuestionario de Conocimientos . . . . .                                               | 188        |
| A.9.2. Ejercicio Práctico . . . . .                                                          | 190        |
| A.9.3. Proyecto Integrador . . . . .                                                         | 191        |
| A.9.4. Soluciones a la Evaluación . . . . .                                                  | 193        |
| A.10. Glosario de Términos . . . . .                                                         | 196        |
| A.10.1. Términos Esenciales de Git . . . . .                                                 | 196        |
| A.10.2. Términos de Plataformas . . . . .                                                    | 197        |
| A.10.3. Comandos Git Rápidos (Resumen) . . . . .                                             | 197        |
| A.10.4. Términos Educativos del Proyecto . . . . .                                           | 198        |
| <b>B. Python Para Drones</b>                                                                 | <b>199</b> |
| B.1. Introducción . . . . .                                                                  | 201        |
| B.2. Instalación y Entorno . . . . .                                                         | 202        |
| B.2.1. Instalar Python . . . . .                                                             | 202        |
| B.2.2. Entorno Virtual (Virtualenv) . . . . .                                                | 202        |
| B.3. Librerías Esenciales para Drones . . . . .                                              | 203        |
| B.4. Teoría de Python Básico . . . . .                                                       | 204        |
| B.4.1. Tipos de Datos Fundamentales . . . . .                                                | 204        |
| B.4.2. Condicionales: if, elif, else . . . . .                                               | 208        |
| B.4.3. Bucles: for . . . . .                                                                 | 210        |
| B.4.4. Iteraciones Avanzadas . . . . .                                                       | 214        |
| B.4.5. Funciones . . . . .                                                                   | 216        |
| B.5. Descargando Ejemplos del Curso . . . . .                                                | 222        |
| B.5.1. Paso 1: Abrir Terminal . . . . .                                                      | 224        |
| B.5.2. Paso 2: Crear Carpeta y Descargar Repositorio . . . . .                               | 224        |
| B.5.3. Paso 3: Crear Entorno Virtual . . . . .                                               | 225        |
| B.5.4. Paso 4: Instalar Dependencias . . . . .                                               | 225        |
| B.5.5. Paso 5: Ejecutar tu Primer Script . . . . .                                           | 226        |
| B.5.6. Estructura del Repositorio . . . . .                                                  | 226        |
| B.5.7. Actualizar Código Descargado . . . . .                                                | 226        |
| B.5.8. Resolver Problemas Comunes . . . . .                                                  | 227        |

|                                                         |            |
|---------------------------------------------------------|------------|
| B.6. Ejemplo 1: Leer Telemetría Básica . . . . .        | 230        |
| B.6.1. El Código Completo . . . . .                     | 230        |
| B.6.2. Explicación Línea por Línea . . . . .            | 231        |
| B.6.3. ¿Qué Sucede al Ejecutar? . . . . .               | 232        |
| B.6.4. Casos de Error Comunes . . . . .                 | 232        |
| B.7. Ejemplo 2: Detección de Colores (OpenCV) . . . . . | 233        |
| B.7.1. El Código Completo . . . . .                     | 236        |
| B.7.2. Explicación Línea por Línea . . . . .            | 237        |
| B.7.3. ¿Qué Verás al Ejecutar? . . . . .                | 239        |
| B.7.4. Cómo Detectar Otros Colores . . . . .            | 239        |
| B.7.5. Casos de Error Comunes . . . . .                 | 240        |
| B.8. Estructura de un Script de Dron . . . . .          | 241        |
| B.9. Errores Comunes . . . . .                          | 242        |
| B.10. Evaluación . . . . .                              | 243        |
| B.10.1. Cuestionario de Conocimientos . . . . .         | 243        |
| B.10.2. Ejercicio Práctico . . . . .                    | 245        |
| B.10.3. Proyecto Integrador . . . . .                   | 246        |
| B.10.4. Soluciones a la Evaluación . . . . .            | 248        |
| B.11. Glosario de Términos . . . . .                    | 250        |
| B.11.1. Términos de Python . . . . .                    | 250        |
| B.11.2. Términos de Entorno y Ejecución . . . . .       | 251        |
| B.11.3. Términos de Librerías para Drones . . . . .     | 252        |
| B.11.4. Términos de Visión por Computador . . . . .     | 252        |
| <b>Glosario</b>                                         | <b>255</b> |
| <b>Referencias</b>                                      | <b>257</b> |