

Drones

Autónomos II

Robótica, Visión Artificial, IA

Daniel Martínez González

DroneBooks

Primera edición

Mayo 2026

© 2026 Daniel Martínez González — Todos los derechos reservados

Volumen 2 de 2

Drones Autónomos II: Robótica, Visión Artificial, IA

Volumen 2 de 2

Primera edición, Mayo de 2026

Autor: Daniel Martínez González

© 2026 Daniel Martínez González

ISBN: 9788409870745

Depósito Legal: M-14801-2026

Registro SafeCreative: SC-2026-2605075558272

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

Descargo de Responsabilidad:

Este libro es una guía avanzada para ingenieros, desarrolladores y profesionales que desean implementar robótica y sistemas de inteligencia artificial en drones autónomos. 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.

Especial atención: Los sistemas de IA embarcada en drones requieren pruebas exhaustivas y supervisión humana constante. No despliegues sistemas de IA en producción sin validación completa. El autor no se responsabiliza por mal funcionamiento de sistemas de IA que resulte en daños.



Índice general

Prólogo	11
1. Robótica Avanzada Aplicada a Drones	19
1.1. Resumen del Módulo	21
1.2. ¿Qué es ROS2?	22
1.2.1. Historia y Evolución	22
1.2.2. ¿Por Qué ROS2 para Drones?	23
1.2.3. Versiones de ROS2	23
1.3. Instalación de ROS2 Humble en Ubuntu 22.04	24
1.3.1. Requisitos Previos	24
1.3.2. Paso 1: Configurar Repositorio de Ubuntu	24
1.3.3. Paso 2: Instalar ROS2 Humble	25
1.3.4. Paso 3: Configurar el Entorno	25
1.3.5. Paso 4: Verificar Instalación	26
1.4. Conceptos Fundamentales de ROS2	28
1.4.1. Arquitectura de ROS2	28
1.4.2. Conceptos Clave: Nodos, Tópicos, Servicios	29
1.5. Crear tu Primer Nodo ROS2 en Python	33
1.5.1. Estructura de un Paquete ROS2	33
1.5.2. Ejemplo 1: Nodo Publicador Simple	34
1.5.3. Ejemplo 2: Nodo Suscriptor	36
1.6. Integración Ardupilot - ROS2	37
1.6.1. ¿Cómo se Comunica Ardupilot con ROS2?	37
1.6.2. Instalación de MAVROS	38
1.6.3. Ejemplo: Control de Dron vía ROS2	38
1.6.4. Paquete Completo: EstadoVuelo	41
1.7. Navegación Autónoma con Nav2	45

1.7.1. ¿Qué es Nav2?	45
1.7.2. Instalación de Nav2	46
1.7.3. Ejemplo: Navegación a Punto de Interés (POI)	46
1.8. Compilación y Ejecución de Paquetes	49
1.8.1. Compilar Paquete	49
1.8.2. Ejecutar Nodo	49
1.9. Herramientas Esenciales de ROS2	50
1.9.1. ros2 topic: Explorar Tópicos	50
1.9.2. ros2 service: Servicios	51
1.9.3. ros2 node: Nodos	51
1.10. Simulación: Ardupilot + Gazebo + ROS2	52
1.10.1. ¿Por qué Simular?	52
1.10.2. Instalación de SITL + Gazebo	52
1.10.3. Ejemplo: Simulación SITL + ROS2	52
1.11. Visualización con RViz	53
1.11.1. Lanzar RViz	53
1.11.2. Visualizar Dron	53
1.12. Integración de Sensores en ROS2	54
1.12.1. Sensor GPS	54
1.12.2. Sensor IMU (Unidad de Medición Inercial)	56
1.13. Casos de Uso Reales	58
1.13.1. Mapeo Aéreo Autónomo	58
1.13.2. Seguimiento de Objetos	58
1.13.3. Enjambre de Drones	59
1.14. Debugging y Troubleshooting	60
1.14.1. Problemas Comunes	60
1.15. Buenas Prácticas y Patrones de Diseño	63
1.15.1. Nombramiento de Nodos y Tópicos	63
1.15.2. Logging Profesional	64
1.15.3. Manejo de Errores Robusto	65
1.15.4. Uso de Parámetros de Configuración	66
1.16. Ejercicios Prácticos Intensivos	68
1.16.1. Ejercicio 1: Chat en ROS2	68
1.16.2. Ejercicio 2: Monitor de Telemetría	68
1.16.3. Ejercicio 3: Navegador Interactivo	68
1.17. Repositorio de Código	69
1.18. Recursos y Referencias	70
1.18.1. Documentación Oficial	70

1.18.2. Comunidad	70
1.19. Evaluación	71
1.19.1. Cuestionario de Conocimientos	71
1.19.2. Ejercicio Práctico	73
1.19.3. Proyecto Integrador	74
1.19.4. Soluciones a la Evaluación	76
1.20. Notas Finales y Próximos Pasos	79
1.20.1. Limitaciones Actuales	79
1.20.2. Caminos Avanzados	79
1.20.3. Consejos Finales	79
1.21. Glosario de Términos	80
2. Visión Artificial Aplicada a Drones	83
2.1. Resumen del Módulo	85
2.2. Fundamentos de Visión Artificial	87
2.2.1. ¿Qué es Visión Artificial?	87
2.2.2. Pipeline Típico de Visión en Drones	87
2.2.3. Computación en Visión: CPU vs GPU vs TPU	89
2.3. OpenCV: Fundamentos	91
2.3.1. Instalación y Configuración	91
2.3.2. Captura de Video	91
2.3.3. Procesamiento Básico de Imágenes	93
2.4. Detección de Objetos: Del Clásico a Deep Learning	95
2.4.1. Métodos Clásicos vs Deep Learning	95
2.5. YOLO v8: Detección de Objetos en Tiempo Real	97
2.5.1. ¿Por qué YOLO es el Standard en Drones?	97
2.5.2. Instalación de YOLOv8	99
2.5.3. Ejemplo 1: Detección Básica	100
2.5.4. Ejemplo 2: Detección en Tiempo Real desde Cámara	101
2.5.5. Ejemplo 3: Tracking de Objetos	103
2.5.6. Modelos YOLO v8 Disponibles	104
2.6. Tecnologías Alternativas (Mención)	106
2.7. Integración YOLO + ROS2	107
2.8. Optimización para Hardware Embarcado	109
2.8.1. Convertir a TensorRT	109
2.9. Casos de Uso en Drones	110
2.9.1. Detección de Persona + Aviso	111
2.9.2. Evitación de Obstáculos	111

2.9.3. Flujo de Detección en Tiempo Real	112
2.10. Ejercicios Prácticos Intensivos	113
2.10.1. Ejercicio 5.1: Detector de Color HSV	113
2.10.2. Ejercicio 5.2: YOLO Detection	113
2.10.3. Ejercicio 5.3: Tracking Persistente	113
2.11. Buenas Prácticas	114
2.12. Siguiente Paso: Módulo 3 - Inteligencia Artificial	115
2.13. Recursos Adicionales	116
2.14. Evaluación	117
2.14.1. Cuestionario de Conocimientos	117
2.14.2. Ejercicio Práctico: Detector de Color HSV en Tiempo Real	118
2.14.3. Proyecto Integrador: Sistema de Visión Completo en ROS2	119
2.14.4. Soluciones a la Evaluación	120
2.15. Glosario de Términos	122
3. Inteligencia Artificial Aplicada a Drones	125
3.1. Resumen del Módulo	127
3.2. El Problema Fundamental: Latencia en Drones	129
3.2.1. ¿Por qué 100ms es el Límite Crítico?	129
3.2.2. Desglose de Latencia en Drones	131
3.3. ¿Por qué Cloud AI NO Funciona en Drones?	133
3.3.1. La Ilusión de Cloud Computing	133
3.3.2. Problemas Adicionales de Cloud AI	134
3.4. Jetson: Plataformas NVIDIA para Edge AI	136
3.4.1. ¿Qué es Jetson?	136
3.4.2. Línea de Productos Jetson	137
3.4.3. Instalación de Jetson SDK	140
3.5. Inferencia Online vs Offline	141
3.5.1. Online Inference (Durante Vuelo)	142
3.5.2. Offline Inference (Post-Misión)	144
3.6. Optimización de Potencia en Jetson	146
3.6.1. Consumo de Potencia de YOLO en Jetson	146
3.6.2. Estrategias de Optimización de Potencia	147
3.7. Integración: ROS2 + Jetson + Ardupilot	149
3.7.1. Arquitectura de Sistema Completo	149
3.7.2. Ejemplo Completo: Dron que Evita Obstáculos	151

3.8. Casos de Uso Prácticos: IA Embarcada en Drones . . .	154
3.8.1. 1. Búsqueda y Rescate Autónomo	154
3.8.2. 2. Inspección de Infraestructura	154
3.8.3. 3. Agricultura de Precisión	154
3.8.4. 4. Mapeo Aéreo con Análisis 3D	155
3.9. Despliegue Paso a Paso: Tu Primer Dron con IA	157
3.9.1. Paso 1: Preparar Jetson	157
3.9.2. Paso 2: Crear Paquete ROS2 con YOLO	158
3.9.3. Paso 3: Compilar y Ejecutar	158
3.10. Troubleshooting y Optimización	159
3.10.1. Problema: YOLO es demasiado lento	159
3.10.2. Problema: Jetson se calienta y throttles	159
3.10.3. Problema: Batería se agota rápido	159
3.11. Ejercicios Prácticos	160
3.11.1. Ejercicio 6.1: Medir Latencia Real	160
3.11.2. Ejercicio 6.2: Convertir Modelo a TensorRT . . .	161
3.11.3. Ejercicio 6.2b (Opcional): Monitoreo de Potencia en Jetson	162
3.11.4. Ejercicio 6.3: Dron Seguidor de Personas	163
3.11.5. Ejercicio 6.4: Análisis Post-Misión	164
3.12. Recursos Adicionales	166
3.13. Evaluación	167
3.13.1. Cuestionario de Conocimientos	167
3.13.2. Ejercicio Práctico: Medición de Latencia Real . .	168
3.13.3. Proyecto Integrador: Dron Autónomo con IA Embarcada	169
3.13.4. Soluciones a la Evaluación	170
3.14. Conclusión: El Futuro de Drones con IA	173
3.15. Glosario de Términos	174
A. Git Para Drones	179
A.1. Introducción	181
A.2. Instalación de Git	182
A.2.1. Windows	182
A.2.2. macOS	182
A.2.3. Linux (Ubuntu/Debian)	182
A.3. Configuración Inicial	183
A.4. Clonando tu Primer Repositorio	184

A.4.1. Paso 1: Encontrar la URL del Repositorio	184
A.4.2. Paso 2: Abrir Terminal / Símbolo del Sistema . . .	185
A.4.3. Paso 3: Crear Carpeta para los Cursos	186
A.4.4. Paso 4: Clonar el Repositorio	187
A.5. Estructura del Proyecto Descargado	188
A.6. Ejemplos Prácticos Detallados	189
A.6.1. Ejemplo 1: Descargar Código del Volumen 1 (Hardware, Ardupilot, MAVLink)	189
A.6.2. Ejemplo 2: Descargar Código de Ambos Volúmenes	190
A.6.3. Ejemplo 3: Actualizar Código Existente	191
A.7. Actualizando el Código	192
A.8. Comandos Esenciales (Hoja de Trucos)	193
A.9. Evaluación	194
A.9.1. Cuestionario de Conocimientos	194
A.9.2. Ejercicio Práctico	196
A.9.3. Proyecto Integrador	197
A.9.4. Soluciones a la Evaluación	199
A.10. Glosario de Términos	202
A.10.1. Términos Esenciales de Git	202
A.10.2. Términos de Plataformas	203
A.10.3. Comandos Git Rápidos (Resumen)	203
A.10.4. Términos Educativos del Proyecto	204
B. C++ Para Drones	205
B.1. Introducción	207
B.2. Instalación de ROS2 y Compiladores	208
B.2.1. ROS2 Humble (Ubuntu 22.04)	210
B.2.2. Compiladores	210
B.3. Teoría de C++ Básico	211
B.3.1. Tipos de Datos	211
B.3.2. Condicionales: if, else, switch	212
B.3.3. Bucles: for y while	213
B.3.4. Funciones	214
B.4. Estructura de un Paquete ROS2 en C++	216
B.5. Descargando Ejemplos del Curso	218
B.5.1. Opción 1: En Linux y macOS (Recomendado) . .	218
B.5.2. Opción 2: En Windows con Git Bash	219
B.5.3. Opción 3: Descargar ZIP directamente	219

B.6. Tu Primer Nodo: Publisher	220
B.6.1. Código Completo	220
B.6.2. Explicación del Código	221
B.6.3. Qué Sucede Cuando Ejecutas	221
B.6.4. Adaptando para Aplicaciones en Drones	221
B.7. Compilación con CMake	222
B.8. Compilar y Ejecutar	225
B.9. Publisher vs Subscriber	226
B.10. Ventajas de C++ en Drones	227
B.11. Evaluación	228
B.11.1. Cuestionario de Conocimientos	228
B.11.2. Ejercicio Práctico	230
B.11.3. Proyecto Integrador	231
B.11.4. Soluciones a la Evaluación	233
B.12. Glosario de Términos	235
B.12.1. Términos de C++	235
B.12.2. Términos de ROS2	235
B.12.3. Términos de Compilación	236
B.12.4. Términos de Aplicación en Drones	237
Glosario	239
Referencias	241