

# Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>13</b>
<b>1. A quién va dirigido este libro.....</b>	<b>13</b>
 <b>Capítulo I</b>	
<b>Historia y conceptos básicos.....</b>	<b>15</b>
<b>1. Definición de “dron” .....</b>	<b>15</b>
El primer dron .....	16
¿Dron o misil de crucero? .....	18
Las V-2 .....	18
Reactores y cohetes, el cielo ya no es el límite .....	19
Cohetes de combustible líquido y sólido .....	21
La carrera espacial, un despegue para los drones .....	22
<b>2. Drones punteros en la industria .....</b>	<b>28</b>
 <b>Capítulo II</b>	
<b>Conceptos básicos.....</b>	<b>35</b>
<b>1. Ejes de rotación .....</b>	<b>35</b>
<b>2. Tecnologías implicadas.....</b>	<b>36</b>
La robótica .....	36
El radio-control .....	37
<b>3. Grados de autonomía de una aeronave .....</b>	<b>37</b>
<b>4. Multicópteros .....</b>	<b>38</b>
<b>5. El problema del giro de guiñada .....</b>	<b>39</b>
<b>6. Tipos de n-cópteros.....</b>	<b>39</b>
Bicópteros .....	39
Tricópteros .....	40
Cuadricópteros y superiores.....	40
Modo de vuelo en “+” y modo en “X” .....	42

<b>7. Orientación de las hélices.....</b>	<b>42</b>
<b>8. El problema de la estabilización.....</b>	<b>43</b>
El caso del Segway o el robot balancín.....	43
<b>9. Componentes fundamentales de un multicoptero .....</b>	<b>45</b>

## Capítulo III

<b>Sensores.....</b>	<b>47</b>
<b>1. Giroscopios.....</b>	<b>48</b>
Efecto giroscópico.....	48
Giroscopios MEMS.....	49
Lectura del sensor, conversores ADC .....	50
Calibrado.....	51
Estimación inicial de la posición de la aeronave .....	53
Deriva y temperatura.....	53
Sobremuestreo.....	53
Giroscopios en dispositivos de consumo .....	53
<b>2. Acelerómetros .....</b>	<b>54</b>
Acelerómetros MEMS .....	56
El Eje Z no es la guiñada.....	57
Inclinómetro, siempre que sea inmóvil .....	57
Suavizado de la señal .....	57
Calibrado.....	58
Acelerómetros en dispositivos de consumo .....	59
<b>3. Magnetómetros .....</b>	<b>60</b>
El efecto Hall y la brújula electrónica.....	61
Calibración: modo especial de lectura .....	63
Calibración: distorsiones “Hard-Iron” .....	64
Calibración: distorsiones “Soft-Iron” .....	65
Declinación e inclinación magnética .....	71
Compensación por inclinación.....	73
Ubicación del magnetómetro .....	73
Conclusiones del magnetómetro .....	74
<b>4. Sensores infrarrojos y de ultrasonidos .....</b>	<b>75</b>
Infrarrojos.....	75
Ultrasonidos .....	76
Conclusiones .....	78
<b>5. Barómetros.....</b>	<b>78</b>
<b>6. Sensores de flujo de aire.....</b>	<b>79</b>

<b>7. Geoposicionamiento global. GPS, GLONASS, GALILEO .....</b>	<b>80</b>
Latitud/longitud.....	81
Modo ECEF .....	82
<b>8. Otros sensores .....</b>	<b>83</b>
<b>9. Resumen de roles .....</b>	<b>84</b>
<b>10. Más allá del ADC, buses de comunicaciones en sensores .....</b>	<b>85</b>
Modulación por ancho de pulso o PWM.....	86
Bus I <sup>2</sup> C / TWI.....	87
Interfaz Serie RS232 .....	91
Conclusiones .....	92

## Capítulo IV

<b>Electrónica y algoritmos de control.....</b>	<b>93</b>
<b>1. Concepto de “tiempo real” en los sistemas operativos.....</b>	<b>93</b>
Tiempo Real “Hard”.....	94
Soft Real Time y los Sistemas Operativos .....	94
“Preemption” y “Time Slice” .....	95
Espacios de Kernel y Usuario .....	95
Aplicaciones prácticas.....	96
<b>2. Microcontroladores .....</b>	<b>97</b>
Ejemplo de un generador PWM en un PIC16F876.....	99
Ejemplo de un controlador de periféricos con Arduino .....	106
Integración de sistemas Soft y Hard RT .....	111
<b>3. Rendimiento y coma flotante.....</b>	<b>111</b>
<b>4. Tiempo Delta.....</b>	<b>112</b>
Rendimiento y el “Efecto print” .....	113
<b>5. Estimación de los ángulos de giro .....</b>	<b>113</b>
Primeras aproximaciones .....	114
Efecto “bloqueo de cardán” .....	117
Marcos de referencia.....	118
Matriz de Cosenos Directores .....	119
<b>6. Introducción al Filtro de Kalman .....</b>	<b>128</b>
Funcionamiento general.....	129
Estado inicial y estimación del siguiente estado .....	130
Medición de estado .....	133
Actualización de estado.....	136
Recopilación de ecuaciones .....	138
<b>7. Kalman Extendido.....</b>	<b>138</b>

<b>8. Conclusiones al filtro de Kalman .....</b>	<b>146</b>
Otros filtros, el filtro de partículas.....	147
<b>9. Controlador Proporcional Integral Derivativo.....</b>	<b>148</b>
Factor Proporcional.....	149
Factor Integral .....	150
Factor derivativo .....	151
Controlador completo.....	152
Sintonización de un controlador P.I.D.....	153
Anidando controladores .....	155
<b>10. Control automático en la industria .....</b>	<b>156</b>
<b>11. Otras consideraciones acerca de los algoritmos.....</b>	<b>165</b>

## Capítulo V

<b>Planta de potencia .....</b>	<b>167</b>
<b>1. El par motor y la potencia .....</b>	<b>167</b>
<b>2. Hélices.....</b>	<b>168</b>
Por tipo de material .....	168
Por sentido de giro .....	170
Por geometría .....	170
Por número de palas .....	172
Por su disposición en el fuselaje .....	174
Por RPMs máximas.....	176
Balance de una hélice.....	177
Otras consideraciones.....	177
<b>3. Motores.....</b>	<b>178</b>
Valores técnicos de interés .....	180
Motores sin núcleo o coreless .....	180
Motores sin escobillas o brushless .....	184
Servomotores de control .....	186
Variadores de velocidad o ESC .....	186
Distribuidores de potencia.....	199

## Capítulo VI

<b>Baterías .....</b>	<b>203</b>
<b>1. Pilas.....</b>	<b>203</b>
<b>2. Pilas recargables, o baterías .....</b>	<b>204</b>
Celdas.....	205
Ciclos de carga .....	205

<b>3. Polímero de iones de litio .....</b>	<b>205</b>
Voltaje y celdas .....	206
Capacidad .....	207
Velocidad de descarga .....	207
Resistencia interna .....	208
Pautas de carga y cargadores .....	209
Seguridad .....	213
Diagnóstico .....	214
Conectores .....	214
Batería de Litio ferrofosfato .....	216
<b>4. Alternativas a las baterías .....</b>	<b>216</b>
Sistemas de gasolina .....	217
Sistemas híbridos .....	217

## Capítulo VII

<b>Telemetría y dirección .....</b>	<b>219</b>
<b>1. Emisoras de radio-control .....</b>	<b>219</b>
Palancas de giros y gas .....	219
Ajustes fijos o “trim” .....	220
Configuración de curvas y otros parámetros .....	221
Señales de radio empleadas .....	222
<b>2. WiFi como control y telemetría .....</b>	<b>225</b>
Implicaciones sobre la seguridad WiFi en drones .....	227
El UAV “Atropos” en la seguridad WiFi en drones .....	228
<b>3. Interfaces de telemetría .....</b>	<b>232</b>
<b>4. Puesta en marcha .....</b>	<b>236</b>
Directrices de vuelo generales .....	237
Simuladores .....	238

## Capítulo VIII

<b>Un vistazo al panorama actual .....</b>	<b>241</b>
<b>1. Ámbito legal .....</b>	<b>241</b>
Marco regulatorio .....	241
¿Dron o aeromodelo? .....	243
Actividades recreativas .....	243
Actividades profesionales .....	244
Temario de los cursos oficiales .....	247
Protección de datos .....	252

<b>2. Perspectivas profesionales .....</b>	<b>252</b>
<b>3. Nuevo sector, nuevo espacio para la cancamusa.....</b>	<b>253</b>
Drones terrestres y el coche autónomo .....	253
“ <i>No hagas con un dron, lo que puedas hacer igual de bien con un palo</i> ” .....	254
Drones y la salud.....	254
<b>4. Carreras de drones .....</b>	<b>255</b>
<b>5. Drones acuáticos.....</b>	<b>255</b>
<b>6. El mundo maker y drones terrestres .....</b>	<b>256</b>
<b>Capítulo IX</b>	
<b>Epílogo .....</b>	<b>259</b>
<b>Índice alfabético .....</b>	<b>261</b>