



UNIVERSITAT
JAUME•I

UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Concepción y realización de un pulverizador para un drone para el tratamiento de plantas

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR/A

Oscar Miguel Escrig

DIRECTOR/A

Ignacio Peñarrocha Alós

Castellón, Septiembre de 2015

Quisiera agradecer a varias personas la ayuda que me han brindado durante la realización del Trabajo de Fin de Grado:

En primer lugar, me gustaría darle las gracias a mi supervisor, Julien Roux, del cual he aprendido mucho, no solo en el tiempo que he permanecido en la empresa sino también en el tiempo que actuó como profesor, y que sin su paciencia infinita me hubiera resultado imposible sacar adelante este proyecto.

En segundo lugar, a Jean-Yves Fourniols, el cual me ofreció la posibilidad de realizar estas prácticas y del cual me llevo muchas enseñanzas al margen de lo académico.

A Alejandro Domenech, por su dedicación y compromiso conmigo en todo momento.

A Ignacio Peñarrocha, por su gran esfuerzo y por sus consejos que tanto me han ayudado en este proyecto.

A todos los profesores que me han ayudado a llegar hasta aquí.

Y finalmente, a todos los familiares y amigos que me han apoyado en todo momento, no solamente en cuestiones relativas al proyecto sino en la vida diaria.

Índice

1. Memoria	7
1.1 Objeto	9
1.2 Alcance	9
1.3 Antecedentes.....	10
1.4 Normas y referencias.....	10
1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	10
1.4.1.1 Normativa francesa.....	11
1.4.1.2 Normativa española	12
1.4.2 Programas de desarrollo.....	13
1.4.3 Bibliografía	16
1.5 Definiciones y abreviaturas.....	17
1.5.1 Definiciones	17
1.5.2 Abreviaturas	17
1.6 Requisitos de diseño.....	18
1.6.1 Requisitos de control y accionamiento de la bomba.....	19
1.6.2 Requisitos electrónicos	19
1.6.3 Requisitos y limitaciones debidos a la carga	19
1.6.4 Requisitos del depósito	19
1.7 Análisis de soluciones	20
1.8 Resultados finales.....	23
1.8.1 Introducción	23
1.8.2 Funcionamiento del sistema.....	28
1.8.3 Selección de componentes	30
1.8.3.1 Bomba Foxnovo	30
1.8.3.2 Sensor de nivel	30
1.8.3.3 Aguja nebulizadora	31
1.8.3.4 Materiales del depósito del drone.....	32
1.8.3.5 Electrónica para el circuito de control.....	34
1.8.3.6 PIC24FJ64GB004.....	37
1.8.3.7 Si4455	38
1.8.3.8 Porta pilas	39
1.8.3.9 Reguladores de tensión.....	40
1.8.3.10 Pantalla LCD	41
1.8.3.11 Convertidor de nivel lógico	43
1.8.3.12 Circuitería adicional	44
1.8.4 Sistemas de comunicación	46
1.8.4.1 SPI	46
1.8.4.2 USB On-the-Go	47
1.8.4.3 Protocolo de transmisión de datos Drone-Radiocontrol.....	49
1.8.5 Software	51
1.8.6 Algoritmos de control	51
1.8.7 Estudios de viabilidad.....	53
1.8.8 Conclusiones y trabajo futuro	55
1.9 Planificación.....	56
1.10 Orden de prioridad entre los documentos	57
2. Anexos	58
2.1 Documentación de partida.....	60

2.1.1	Características del drone	60
2.1.2	Esquemáticos de la tarjeta del drone.....	62
2.2	Cálculos.....	65
2.2.1	Características bomba de agua.....	65
2.2.2	Cálculo del VAN y de la TIR	66
2.3	Estudios con entidad propia	67
2.3.1	Manual de actividades para garantizar la seguridad de personas y bienes	67
2.3.2	Estudio Básico de Seguridad y Salud	68
2.4	Otros documentos justificativos y aclarativos del proyecto.....	69
2.4.1	Manuales.....	69
2.4.1.1	Conector USB.....	69
2.4.1.2	Botones	69
2.4.1.3	LCD	70
2.4.1.5	Radio si4455	70
2.4.1.6	PIC24FJ64GB004.....	71
2.4.1.7	Porta pilas	72
2.4.1.8	Reguladores de tensión.....	73
2.4.1.9	MOSFET	73
2.4.2	PCB de la tarjeta de radiocontrol	74
3.	Planos	75
P.001	.....	78
P.002	.....	79
P.003	.....	80
P.004	.....	81
P.005	.....	82
P.006	.....	83
P.007	.....	84
P.008	.....	85
4.	Pliego de condiciones	86
4.1	Condiciones técnicas y operativas.....	88
4.1.1	Requerimientos Funcionales.....	88
4.1.2	Requerimientos no funcionales.....	89
4.1.3	Equipamiento necesario para la ejecución del proyecto	89
4.2	Especificaciones de materiales.....	89
4.2.1.1	Estaño para soldar	89
4.2.1.2	Componentes electrónicos	90
4.3	Reglas y normas	90
5.	Mediciones	91
5.1	Desarrollo de las librerías.....	93
5.2	Diseño y concepción del depósito y las piezas de sujeción	93
5.3	Fabricación del driver de control y de la tarjeta PCB	93
5.4	Ensamblaje de los elementos de hardware que conforman el sistema.....	93
5.5	Programación del sistema, mediante la inserción del código fuente del programa y test de funcionamiento	93
6.	Presupuesto	94

1. Memoria

1.1 Objeto

El objetivo de este proyecto consiste en diseñar y desarrollar un pulverizador integrado en un drone, el sistema de control necesario para poder controlarlo en pleno vuelo así como implementar en el sistema integrado en el drone una rutina que se encargue del tratamiento de la señal de control y actuar en consecuencia con las órdenes recibidas.

Este proyecto forma parte del proyecto Irrigation Ingénierie Services (a partir de ahora se nombrará por sus siglas: IRRIS) llevado a cabo por el LAAS (Laboratoire d'Analyse d'Architectures et Systèmes) del CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) de Francia, el cual pretende integrar la electrónica al dominio de la agricultura, con sensores y sistemas interconectados para optimizar el rendimiento de una explotación agrícola.

The logo for LAAS-CNRS features the text "LAAS-CNRS" in a bold, dark blue, sans-serif font. The text is centered between two horizontal bars: a red bar above and a yellow bar below.

Figura 1: Logo LAAS-CNRS

1.2 Alcance

Este proyecto forma parte de un proyecto más grande, el proyecto IRRIS, el cual pretende implementar en una explotación agrícola diferentes sensores y sistemas que interactúen entre ellos para optimizar el rendimiento de la misma. Para ello se utilizan sensores que miden diferentes propiedades de la tierra del campo (por ejemplo la humedad), se realiza un tratamiento de datos y, una vez se recuperan los datos, se procede en consecuencia. El proyecto desarrollado es aplicable a todas aquellas explotaciones agrícolas que deseen realizar un tratamiento desde el aire a sus plantas, ya sea un tratamiento específico para una serie de plantas o el tratamiento de una plantación entera con un producto.

Sin embargo, por la forma en la que están programados la mayoría de los microcontroladores (todos salvo los que se encargan del tratamiento de datos de los sensores) este proyecto se podría extrapolar a otros ámbitos, no solo el agrícola, como por ejemplo a la hidrología.

1.3 Antecedentes

La agricultura es un sector muy reticente a los cambios, con lo cual intentar implantar nuevas tecnologías para ayudar en las diversas tareas que se dan en el campo suele ser una tarea harto complicada. Sin embargo, para cultivos de regadío, el uso de sensores se ha demostrado muy eficaz para el desarrollo de la actividad. Por esta razón, el LAAS en colaboración con algunos productores locales están desarrollando el proyecto IRRIS con esta finalidad.

Entre los diferentes sistemas que se barajaron para este proyecto se incluyó un drone. No obstante, como en una primera etapa de este proyecto su único uso era la recuperación y almacenaje de datos de los sensores enterrados en el campo, se decidió ampliar sus posibilidades añadiéndole un pulverizador para tratar las plantas. De esta manera, en una etapa posterior del proyecto IRRIS se podrían unir las dos funcionalidades (recuperación de datos y tratamiento de plantas), por ejemplo, accionando el pulverizador cuando el valor de cierto sensor rebasa un umbral determinado.



Figura 2: Drone Oktokopter XL distribuido por Mikrokopter

1.4 Normas y referencias

1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Dado que este proyecto se ha desarrollado en Francia está sometido a la reglamentación francesa que se presenta a continuación. Además, se presenta también la reglamentación española en caso de querer aplicar este proyecto en España.

1.4.1.1 Normativa francesa

En el marco legal francés existen dos decretos que regulan el uso de drones:

En primer lugar, el decreto del 11 de abril de 2012 relativo a la utilización del espacio aéreo para las aeronaves que circulan sin ningún tripulante. El cual dispone que tanto para el aeromodelismo como para las actividades particulares, el acceso al espacio aéreo es libre por debajo de 150 metros siempre que se cumplan las reglas habituales para el acceso al espacio aéreo aplicadas para el resto de naves. Es decir, pueden volar solo por debajo de 150 m siempre y cuando el drone se encuentre fuera de grandes aglomeraciones de personas o de animales, esté fuera de zonas próximas a aeródromos o aeropuertos y esté fuera de espacios aéreos específicamente reglamentados que figuran en los mapas aeronáuticos.

Sin embargo, se pueden sobrevolar aglomeraciones con un permiso especial, y se pueden acercar a aeródromos y aeropuertos y a zonas específicamente reglamentadas con la autorización del establecimiento en cuestión y siempre y cuando se haya establecido un protocolo de navegación con dicho establecimiento.

En segundo lugar, el decreto del 11 de abril de 2012 relativo a la concepción de aeronaves civiles que circulan sin ninguna persona a bordo, a las condiciones de su uso y sobre las capacidades requeridas por las personas que los utilizan. El cual dispone, que para las actividades particulares (actividades que no son del ámbito del tiempo libre ni de competición) la reglamentación identifica diferentes clases de máquinas en función de la masa, y varios escenarios de utilización modelo (a la vista o no del piloto, a gran distancia, en área metropolitana o en presencia de aglomeraciones) para los cuales se establecen límites de masa, se exigen ciertas competencias del piloto y un manual para la prevención de daños a personas, inmuebles y otras aeronaves, cuyo contenido esquemático se incluye en el Anexo.

Además, el piloto de un drone es responsable de los daños causados por la aeronave a personas o a bienes materiales según el artículo L.61613-2 del código de los transportes. Si la puesta en funcionamiento de un drone se hace en violación de las reglas de seguridad, las disposiciones penales del código de los transportes se aplican: pena máxima de un año de cárcel y multa de 75000 euros según el artículo L.6232-4 del código de los transportes.

Por otra parte si el drone lleva integrada una cámara o de una grabadora de sonido o un dispositivo de geolocalización, puede, potencialmente, atentar contra la vida privada de un tercero. La toma de video desde un medio aéreo está reglamentada por el artículo D133-10 del código de aviación civil. En dicho artículo, se contempla la posibilidad de realizar videos con una aeronave en el caso de que se trate de un ámbito personal o de competición, pero está limitado en el ámbito comercial, publicitario y profesional.

1.4.1.2 Normativa española

En el caso de España, el organismo que regula el uso de drones es AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea), la cual establece que se pueden utilizar drones para la realización de trabajos aéreos como son:

- Actividades de investigación y desarrollo;
- Tratamientos aéreos, fitosanitarios y otros que supongan esparcir sustancias en el suelo o la atmósfera, incluyendo actividades de lanzamiento de productos para extinción de incendios;
- Levantamientos aéreos;
- Observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales;
- Publicidad aérea, emisiones de radio y TV,
- Operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento;
- y otro tipo de trabajos especiales no incluidos en la lista anterior.

Además también establece que todos los pilotos de drones, indistintamente del tamaño de la aeronave, deberán acreditar una serie de requisitos:

En primer lugar, acreditar que posee los conocimientos teóricos necesarios para obtener una licencia de piloto, lo que se puede hacer de tres formas:

- Tener o haber tenido (en los últimos 5 años) una licencia de piloto (cualquier licencia, incluyendo la de planeador, globo o ultraligero),
- Bien demostrar de forma fehaciente que disponen de los conocimientos teóricos para obtenerla (por medio certificado de conocimientos teóricos emitido por una organización de formación aprobada por AESA o, en el caso de que esos conocimientos correspondan a una licencia de piloto de ultraligero, mediante un certificado individual como APTO tras realizar el correspondiente examen oficial de conocimientos teóricos),
- si el peso máximo al despegue no es superior a 25 Kg por medio de un certificado básico o avanzado emitido por una organización de formación aprobada tras superar un curso al efecto.

En segundo lugar, los pilotos deberán presentar un certificado médico especial. Además, si no tuvieran una licencia de piloto, deben acreditar que tienen más de 18 años.

Finalmente deberán acreditar que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave que van a pilotar y de su pilotaje, por medio de un documento que puede ser emitido por el operador, por el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste, o por una organización de formación aprobada.

En cuanto a las empresas que quieran poseer un drone, indistintamente del tamaño de la aeronave tripulada por control remoto, todos los operadores de drones deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Disponer de la documentación sobre la caracterización de la aeronave (configuración, características y prestaciones).
- Contar con un Manual de operaciones en el que establezca los procedimientos de la operación.
- Haber realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación.
- Establecer un programa de mantenimiento de la aeronave conforme a las recomendaciones del fabricante.
- Tener un piloto que cumple los requisitos establecidos.
- Disponer de un seguro conforme a la normativa vigente.
- Adoptar las medidas adecuadas para que la aeronave no sufra actos de interferencia ilícita durante las operaciones, incluyendo interferencias deliberadas al enlace de radio y acceso no autorizado a la estación de control, durante el vuelo, o a la ubicación donde se almacene la aeronave cuando no se esté utilizando.
- Garantizar que la operación se realice a una distancia mínima de 8 kilómetros de cualquier aeropuerto o aeródromo, o de 15 kilómetros si en él se puede operar en vuelo instrumental, o caso contrario haberse puesto de acuerdo con el mismo.

Sin embargo, los operadores de aeronaves de hasta 25 kilos de peso máximo al despegue no necesitan solicitar una autorización para poder operar, únicamente tienen que presentar en AESA una comunicación previa y declaración responsable conforme su aeronave cumple todas esas exigencias, junto con la documentación que lo acredite.

Los operadores de aeronaves de más de 25 Kg deberán presentar la misma documentación junto con la declaración responsable, pero están sujetos a que AESA emita su autorización para poder iniciar su actividad.

1.4.2 Programas de desarrollo

Los programas utilizados durante el proyecto para completar sus diferentes etapas han sido los siguientes:

AutoCAD: con este programa se ha realizado el diseño de las diferentes partes mecánicas de las que requiere el sistema. Además, ha sido muy útil para determinar el espacio disponible debajo del dron para el correcto emplazamiento de los diferentes componentes.

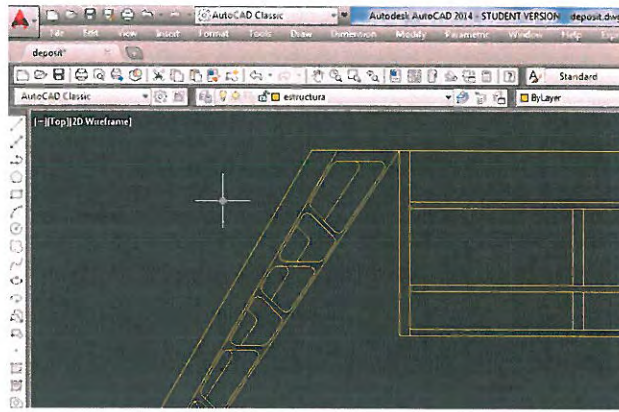


Figura 3: Captura de pantalla del programa AutoCAD

Matlab: con este programa se ha realizado una comparativa entre el modelo teórico de la bomba y el modelo real de la misma para determinar si era controlable fácilmente con una señal modulada por ancho de pulso (a partir de ahora PWM, siglas en inglés de pulse-width-modulation)

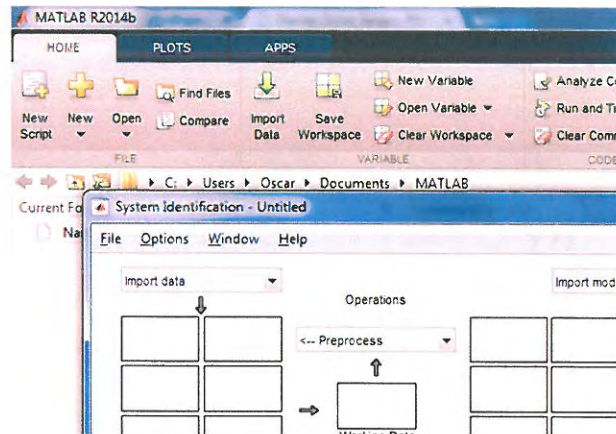


Figura 4: Captura de pantalla del programa Matlab

Altium Designer: con este programa se ha desarrollado el esquemático de la tarjeta del circuito impreso (a partir de ahora PCB, siglas en inglés de printed circuit board) así como el ruteo de la misma.

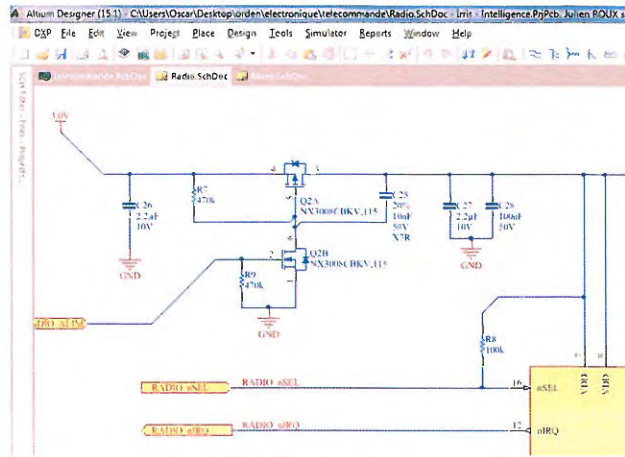


Figura 5: Captura de pantalla del programa Altium Designer

MPLab X IDE: este ha sido el programa para programar los diferentes microcontroladores.

```
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

Figura 6: Captura de pantalla del programa MPLab X IDE

Docklight: programa utilizado para poder ver las secuencias de datos que se envían vía USB desde los microcontroladores al ordenador.

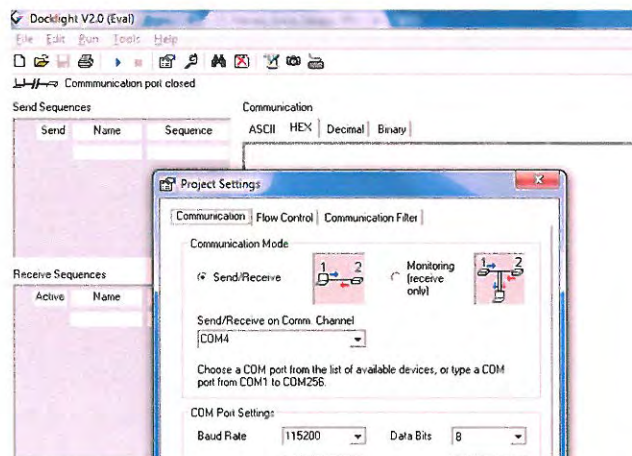


Figura 7: Captura de pantalla del programa Docklight

1.4.3 Bibliografía

- «250-mA, Ultralow I_Q, Fast Transient Response, RF LDO Regulators (Rev. D) - 0900766b8132351b.pdf». Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1323/0900766b8132351b.pdf>.
- «4341x10258xx - 0900766b8126b630.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/126b/0900766b8126b630.pdf>.
- «1685182.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://www.farnell.com/datasheets/1685182.pdf>.
- «CoCreate Drafting - 1688140.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://www.farnell.com/datasheets/1688140.pdf>.
- «Disposición 10517 del BOE núm. 252 de 2014 - ley_18_2014_de_15_octubre.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4389070/ley_18_2014_de_15_octubre.pdf.
- «document - TC2030-MCP PCB Footprint.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://www.tag-connect.com/Materials/TC2030-MCP%20PCB%20Footprint.pdf>.
- «Fac-similé JO du 10/05/2012, texte 8 | Legifrance.» Accedido 11 de septiembre de 2015. http://www.legifrance.gouv.fr/jopdf/common/jo_pdf.jsp?numJO=0&dateJO=20120510&numTexte=8&pageDebut=08643&pageFin=08655.
- «Fac-similé JO du 10/05/2012, texte 9 | Legifrance.» Accedido 11 de septiembre de 2015. http://www.legifrance.gouv.fr/jopdf/common/jo_pdf.jsp?numJO=0&dateJO=20120510&numTexte=9&pageDebut=08655&pageFin=08657.
- «resolucion_directora_medios_guia_20140707.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4249995/resolucion_directora_medios_guia_20140707.pdf.
- «TPS62163DSG Datasheet(PDF) - Texas Instruments.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/464056/TI1/TPS62163DSG.html?>
- «untitled - dog-me.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://www.lcd-module.com/eng/pdf/doma/dog-me.pdf>.
- «PIC24FJ64GB004 Family Data Sheet - 39940d.pdf.» Accedido 11 de septiembre de 2015. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39940d.pdf>.

1.5 Definiciones y abreviaturas

1.5.1 Definiciones

Librería: Código programado en un lenguaje determinado que ofrece una interfaz bien definida para la funcionalidad requerida. No es usada de forma autónoma si no que su finalidad es ser utilizada por otros programas.

Datasheet: Documento que explica y detalla el funcionamiento, modo de empleo y características generales de un componente.

Timer: Periférico de un microcontrolador cuya finalidad es contar el tiempo.

Esquemáticos: Representación gráfica de un circuito eléctrico o electrónico donde se incluyen los diferentes componentes utilizados en este así como la interconexión entre ellos.

Pistas: caminos de material conductor que unen los diferentes componentes electrónicos en un tarjeta de PCB.

Circuito Boost: circuito convertidor eléctrico de continua a continua que obtiene como salida una tensión mayor a la de la entrada.

Level Shifter: componente cuya finalidad es trasladar los niveles lógicos de una señal de entrada con un nivel de tensión, a otro nivel de tensión con la suficiente rapidez.

Multiplexar: seleccionar para una entrada de un bus de datos una dirección de salida u otra dependiendo de quién se quiera que sea el destinatario de los datos.

Chip select: salida de un bus SPI que sirve para determinar quién es el destinatario de los datos.

Master/Slave: Maestro y esclavo. Comportamiento entre dos sistemas donde uno regula el funcionamiento de otro o de un conjunto y cuyas decisiones gobiernan sobre las del esclavo. El maestro suele ser el microcontrolador y el esclavo cualquier otro componente o periférico a controlar.

Driver: Circuito que controla un componente electrónico.

Footprint: huella en un circuito impreso donde van soldados los componentes.

1.5.2 Abreviaturas

I/O: Entrada/Salida (del inglés Input/Output).

GPIO: Pin genérico de un chip sin ningún propósito especial definido (del inglés General Purpose Input/Output).

LCD: Pantalla de cristal líquido (del inglés Liquid Crystal Display). Pantalla delgada utilizada en electrónica por su bajo consumo eléctrico.

SMD: Dispositivo de montaje superficial (del inglés Surface Mount Device). Es la tecnología más usada para la construcción de componentes electrónicos.

PCB: Tarjeta de circuito impreso (del inglés Printed Circuit Board). Superficie construida por pistas o buses de material conductor sobre una base no conductora y en cuya superficie se añaden los componentes SMD.

PVC: Policloruro de vinilo. Termoplástico muy versátil.

PWM: Modulación por ancho de pulso (del inglés Pulse Width Modulation). Señal con un periodo fijo y con un ciclo de trabajo variable en función de la información que se quiera transmitir.

RF: Radio frecuencia.

MOSFET: Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (del inglés Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor). Componente cuyo funcionamiento es similar a un transistor salvo que es pilotado en tensión y no por corriente.

USB: Bus universal de serie (del inglés Universal Serial Bus). Es un bus que permite la transmisión de datos y de alimentación entre dispositivos.

BJT: Transistor de unión bipolar (del inglés Bipolar Transistor). Dispositivo electrónico que permite controlar el paso de corriente a través de sus terminales.

SPI: Estándar de comunicaciones usado para la transferencia de datos en equipos electrónicos (del inglés Serial Peripheral Interface).

MSB: Bit más significativo (del inglés Most Significant Bit). Es el bit que de acuerdo a su posición tiene el mayor valor.

LSB: Bit menos significativo (del inglés Least Significant Bit). Es el bit que de acuerdo a su posición tiene el menor valor.

1.6 Requisitos de diseño

Para la realización de este proyecto se pidió añadir a un drone la funcionalidad de pulverizar. Para ello, debía poder ser controlado con una señal a distancia, tanto de forma móvil como de forma fija con un ordenador. La imagen siguiente ilustra los requisitos básicos de diseño:



Figura 8: Requisitos mínimos del sistema

Los requisitos establecidos se pueden clasificar en varias categorías según la naturaleza de los mismos:

1.6.1 Requisitos de control y accionamiento de la bomba

El pulverizador debe funcionar a la tensión más baja posible. Se dispone de una batería USB para la alimentación de 5V y capaz de suministrar 1 A.

Se debe incluir algún modo de regular la bomba en función del nivel de caudal que se quiera, ya sea mediante algún actuador pilotado por el microcontrolador al recibir una señal de radio o directamente por un circuito capaz de regular su funcionamiento.

1.6.2 Requisitos electrónicos

Crear una tarjeta que pueda comunicarse con la tarjeta integrada en el drone, la cual debe enviar las instrucciones de accionamiento del pulverizador, recuperar la posición GPS del drone e información sobre el nivel de líquido disponible.

Además se debe disponer de una interfaz para interactuar con esta tarjeta que esté disponible en un entorno móvil, mediante el uso de algún componente con el que podamos interactuar, y también por una conexión con un ordenador.

16.3 Requisitos y limitaciones debidos a la carga

Una de las condiciones a cumplir más estricta es la del peso máximo, ya que según la datasheet del drone podemos ver que es capaz de levantar hasta 4 kg pero cargarlo al máximo puede presentar serias dificultades a posteriori en términos de autonomía y de maniobrabilidad, por lo tanto, aunque 4 kg sea el máximo, es fuertemente recomendable no pasar de 3 kg.

En términos de autonomía, el drone tal y como lo recibimos puede volar durante unos 15 minutos. Se especifica que el drone debe estar operativo unos 7 minutos ininterrumpidos como mínimo cuando lleva carga para poder realizar sus tareas sin ninguna pausa.

1.6.4 Requisitos del depósito

En cuanto a forma y posicionamiento del depósito se especifica que la influencia en la inercia del drone debe ser la mínima posible.