

# 2015

I.E.S. Virgen de la Paloma

Roberto Zabala y Nicolás Cea

2º MAM



## [ANEXO 1]

Manual de Montaje y Calibración del Drone.

## ÍNDICE. Anexo.

1. Introducción .....	p.2
1.1 Descripción general del hardware necesario.....	p.3-4
1.2 Descripción de componentes.....	p.5-14
2. Conceptos y cálculos relevantes.....	p.15-16
2.1 Cálculo de baterías.....	p.15
2.2 PID.....	p.16
2.3 Filtro Kalman.....	p.16
3. Montaje y configuración paso a paso.....	p.17-23
4. Instalación software, modificación y carga de fimware.....	p.22-29
5. Configuración emisora.....	p.30-32
6. Calibración de entradas y sensores desde Multiwii Conf.....	p.33
7. Calibrado sobre el terreno.....	p.33
8. Presupuesto.....	p.34
9. Bibliografía y referencias.....	p.35

# 1. Introducción

Este manual de construcción trata de explicar de manera sencilla las partes de las que se compone un cuadricopteromultirrotor, “quad”, como su montaje con una guía visual paso a paso.

El objetivo es que se comprenda su funcionamiento y su montaje, agrupando la información desperdigada en internet en una guía ilustrada, que muestre paso a paso el montaje del drone propuesto.

Existen infinidad de configuraciones de Drones, si nos atenemos al número de motores, tricópteros, cuadcópteros, hexacópteros. Proporcionando distintas características afectando a la estabilidad así como el peso que pueden levantar. Para este manual se ha elegido un sistema de cuatro motores en forma de “X”. Para un principiante es una elección muy válida ya que es una configuración muy estable.

Respecto a la controladora de vuelo de la que se habla más adelante hay que decir que existen una gran cantidad de plataformas Naza, Multiwii, KK, Ardupilot. En este caso se ha elegido multiwii por ser una plataforma muy asequible en precio y principalmente por ser abierta y basada en Arduino.

## 1.1 Descripción general del hardware necesario:

- 1 Frame.- Configuración en X, 450 mm de diagonal. Brazos en Plástico ABS Piezas centrales de unión y soporte en fibra de vidrio basado en el marco de DJI F450  
Width: 450mm  
Height: 55mm  
Weight: 270g



- 4 Motores Brushless. 1000kv 2212A

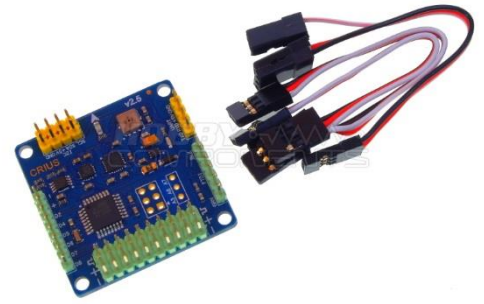


- 4 ESCs (Electronic Speed Controller) de 30A hobbypower.



Proyecto 2º MAM.  
Roberto Zabala.  
Nicolás Cea.

- 1 MultiWiiCrius V2.5



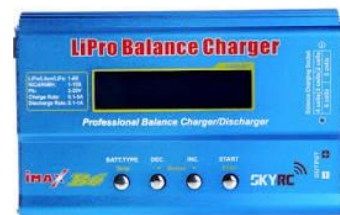
- Sensores: IMU (InertialMeasurementUnit) compuesto por acelerómetro, giróscopo. Barómetro y brújula. Incluidos en la placa multiwii



- 2 Baterías LIPO. 3 celdas.2200mAh 11.1 V 45-90CTurnigy nano-tech y adaptadores de conector



- Cargador de Baterías Balanceado Polivalente Imax B6



- 8Helices medidas 10x4.5.



- Emisora/ receptor Turnigy 9x



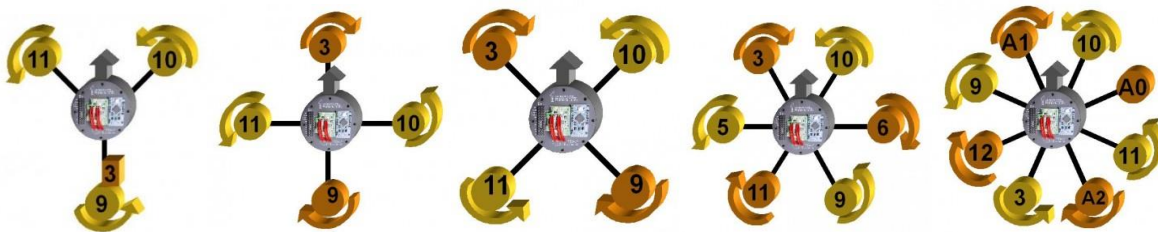
Proyecto 2º MAM.  
Roberto Zabala.  
Nicolás Cea.

## 1.2 Descripción de componentes

FRAME(estructura del cuadcoptero).

Es el almacén donde irán anclados los demás componentes. A la hora de la elección debemos tener presente distintos aspectos a considerar.

Tipología.- tanto el número de brazos como su disposición y dimensiones es el primer aspecto a considerar ya que de ello dependerán el resto de componentes así como las características de vuelo.



Materiales.- Para su construcción se pueden utilizar distintos materiales atendiendo varios factores. Debe ser un material ligero pero robusto y flexible para que resista a los golpes y caídas. Cuanto menor peso menor necesidad de potencia para levantar el vuelo lo que implica además menor peso de sus componentes. El mejor material para este cometido es la fibra de carbono, pero su principal inconveniente es el precio. Para resolver este problema se pueden utilizar otros materiales teniendo entonces muy en consideración el diseño de estas piezas, una buena estructura puede aportar estas características. Otro factor a la hora de elegir el material del frame es la facilidad de reemplazo en caso de rotura. Los materiales comúnmente utilizados a parte de la fibra de carbono es el aluminio, varias láminas de madera de contrachapado, fibra de vidrio o plásticos como nilón o ABS.

Otros aspecto importante a considerar en el frame puede ser la capacidad y disposición de carga del dron que en nuestro caso no vamos a tener grandes exigencias al respecto .

Nuestra elección ha sido cuadcoptero en forma de X con un diseño combinado de poliamida de nylon para los brazos y una pcb de fibra de vidrio para la plataforma de unión, aprovechando esta para la distribución de la potencia eléctrica. En un principio se pensó en extruir las partes en una impresora 3d ya que existen varios modelos de piezas aportados por comunidades digitales (Thingiverse) listos para imprimir, pero finalmente se compró esta estructura porque el acabado industrial y el bajo precio son más rentables que las más de 10 horas de impresión necesarias para imprimirlas de forma amateur.



No se descarta en un futuro ir añadiendo piezas impresas para la protección de hélices o tren de aterrizaje.

## MOTOR BRUSHLESS.

Estos motores funcionan sin escobillas, pasando la corriente directamente por los bobinados del estator( parte fija) , generando un campo magnético que junto al campo magnético creado por los imanes del rotor ( parte móvil) , hace girar al motor.

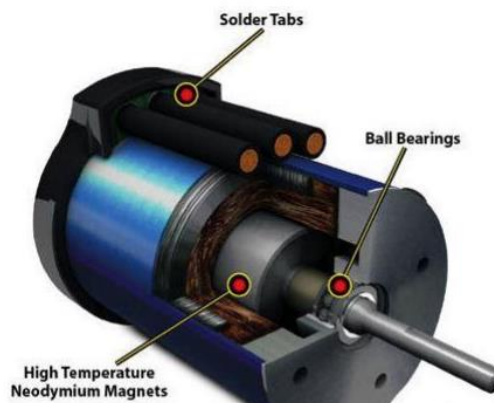
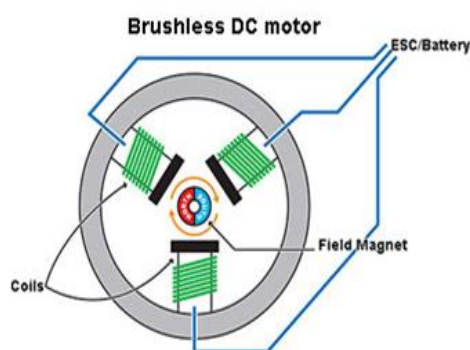
Son alimentados mediante un ESC que proporciona la consecutiva activación de las bobinas mediante PWM.

En cuanto a la elección del motor en concreto , hay que estudiar varios parámetros que marcan el funcionamiento de los motores , y por consiguiente del dispositivo, como son el toque, Kv o la tensión, intentando buscar siempre el equilibrio.

Factor Kv, indica el número de revoluciones por minuto del motor por cada voltio aplicado, por lo que a mayor Kv, mayor velocidad , y menor par.

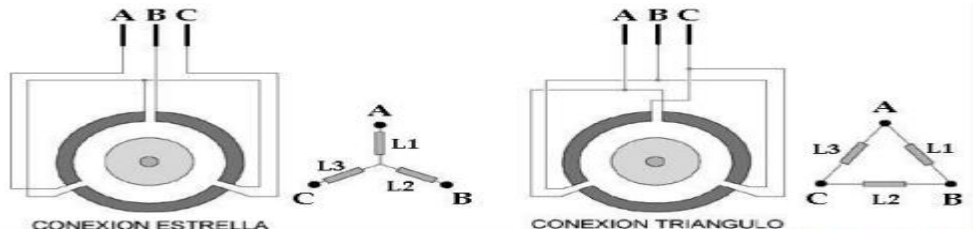
Existen tablas que muestran las relaciones de empuje/peso por motor para un adecuado funcionamiento.

Los motores brushless ofrecen grandes ventajas con respecto a los brushed, en cuanto a eficiencia, rendimiento, menor peso, exigen menor mantenimiento y su relación de velocidad /par es constante.



En estos motores, las bobinas pueden ser rodeadas por los imanes, (montaje outrunner), o ser ellas las que rodeen a los imanes, (montaje inrunner).

Para nuestro Drone, hemos optado por montar motores A2212/13T a 1000 Kvoutrunner, que ofrece las siguientes prestaciones.



Tipo: A2212 / 13

No. De células: 2-3 Li-Poly

RPM / V: 1000 RMP / V

Max. eficiencia: 80%

HiModel Static Thrust Real Test Report							
Voltage	Prop	Typical Current(A)	Peak Current(A)	Typical Thrust(g)	Max Thrust(g)	RPM/V	Internal Resistance(Ω)
11.1V	GWS Direct Drive 9x4.7	7.5	11.3	650	730	684	0.137
11.1V	APC 10x4.7	10	12	790	915	570	

Max. actual eficiencia: 4-10A (> 75%)

Sin corriente de carga / 10 V: 0,5 A

Capacidad actual: 12A / 60 s

Resistencia interna: 90 mΩ

Dimensiones: mm 27.5x30

Diámetro del eje: 3,17 mm

Peso: 47 g

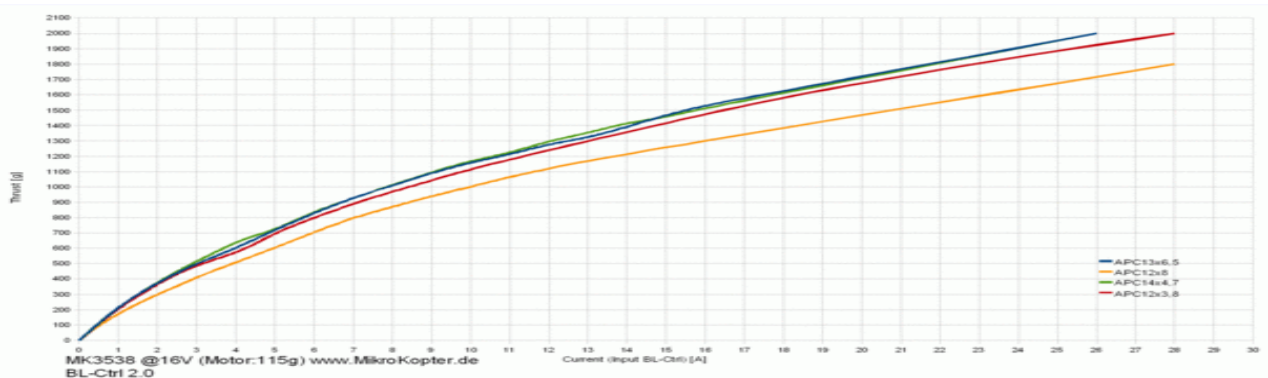


Figura : Grafica consumo- potencia motores.

### ESCs. ( ElectronicSpeedController).

Controlaremos los motores mediante este dispositivo, el cual, recibe pulsos eléctricos PWM<sup>1</sup>, que dependiendo de la longitud de ancho de pulso entrega más o menos potencia al motor.

Por un lado, coge la alimentación de la batería, y dispone de otros tres cables conectados al microcontrolador. Por el otro lado, dispone de tres cables, que alimentan al motor con una corriente trifásica, que provocará el giro del rotor en un sentido u otro.

Proyecto 2º MAM.

Roberto Zabala.

Nicolás Cea.

Las prestaciones requeridas de este dispositivo son condicionadas tanto por la elección de los motores, como por el peso del aparato, o el tipo de vuelo deseado, aunque se aconseja dejar un margen de un 15% por encima del amperaje del motor.

Estos variadores permiten la programación de los mismos según las necesidades y requerimientos del Drone y el usuario.

Los ESC's elegidos en este caso son de 30 A , ya que en relación prestaciones – precio es lógico dotar al Drone de un equipo de potencia apropiado.

#### Características:

Poder BEC: Sí

Corte de tensión: 4V

BEC: Sí

Corriente eléctrica BEC: 1.5A/5V

Reset: Throttle Con más baja.

Corriente: 30A

Rango de la batería: 5-10 células

#### Especificaciones:

Color: Amarillo

Tamaño del artículo: 52 \* 25 \* 8 mm / 2.0 \* 1.0 \* 0.3in

Peso del artículo: 28g / 1,0 oz

### HÉLICES

Las hélices son las encargadas de proporcionar la sustentación , y el movimiento a lo largo de los diferentes ejes, manejadas por el movimiento de los motores.

Según la curvatura del aspa, generan la sustentación en sentido horario o antihorario, de tal manera, que los motores que giran en sentido horario presentan el punto más alto del ala en el lado derecho, y los que giran en sentido antihorario presentan la curvatura a izquierdas.

La elección de las hélices, también influye y está condicionada por los demás componentes del Drone, de tal manera que hay que estudiar su tipología , material y características.

Este Drone monta unas hélices de 10 x 4,5 pulgadas, con una curvatura más alta y ancha que le otorga seguridad y estabilidad.



## CONTROLADORA DE VUELO (PLACA Y SOFTWARE)

Para el pilotaje de un drone es necesario un controlador de vuelo que maneje las potencias de los motores de manera independiente según haya procesado unas señales de entrada.

Las señales de entrada corresponden tanto a las que le enviamos desde la emisora como las que recibe de sus sensores. Con estos datos el procesador aplica un algoritmo PID (explicado en el apartado cálculos) además de otras decisiones y envía señal a los motores.

Respecto al hardware, el dispositivo debe tener la suficiente velocidad de respuesta para poder ir ajustando el vuelo de manera virtualmente inmediata. Es importante tener las suficientes entradas y salidas para poder conectar todos los motores y todos los sensores que queramos utilizar.

Entre los sensores más utilizados podemos destacar los estrictamente necesarios (IMU) para el vuelo como son giróscopos, acelerómetro, y los que proporcionan datos al controlador haciendo su pilotaje más sencillo. Barómetro, brújula, GPS, sonar...

Existen diferentes opciones comerciales, nuestra elección ha sido la placa multiwiiCrius 2.5 por ser un proyecto open software y open hardware basado en la placa de desarrollo arduino. Es un dispositivo que pese a tener un precio muy ajustado ofrece unas prestaciones muy altas y ampliables por si se necesitaran ampliar en un futuro.

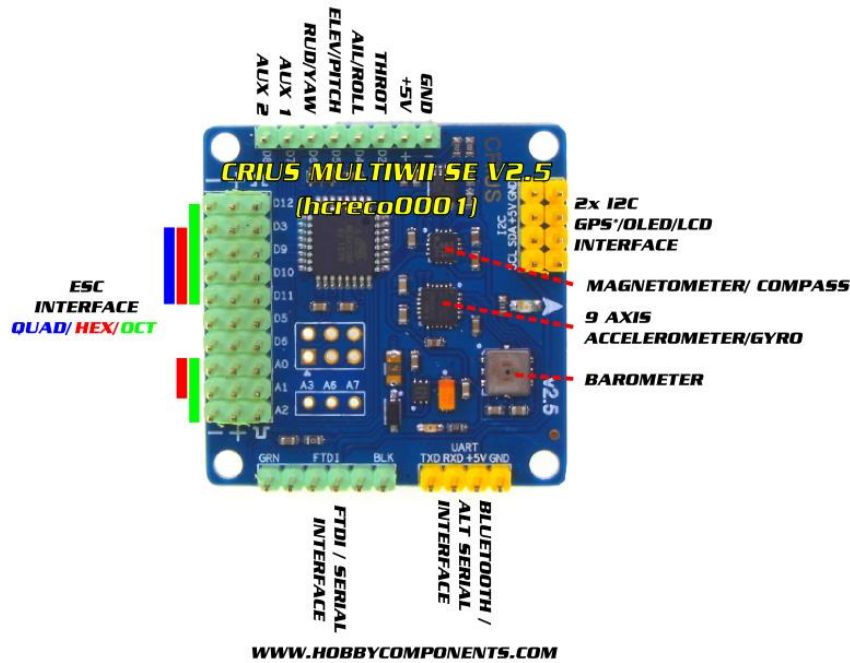
El primer prototipo de esta placa fue una placa arduinoconectada por I2C a un mando de la consola Nintendo wii. El diseño ha ido evolucionando dando diferentes versiones e incorporando ya el propio IMU en la placa. Actualmente existen dos versiones (crius 2.5 y AIO) en las que básicamente la diferencia es la cantidad de entradas y salidas que tiene la placa.

### MultiwiiCrius 2.5

- 6 canales de entrada PWM s
- 8 canales de salida para el manejo de los motores
- Capacidad de soportar un “gimbal” de dos ejes auto nivelado
- Puerto FTDI/UART para la carga del firmware, debug o conexionBluetooth,lcd
- Puerto I2C para sensores, I2C LCD/OLED display o I2C-GPS NAV
- regulador de voltaje 3.3V LDO con muy bajo ruido en la salida
- ATmega 328P Microcontroller
- MPU6050C 6 axis gyro/accel with Motion Processing Unit
- HMC5883L 3-axis digital magnetometer
- BMP085 digital pressure sensor
- PCA9306DP1 logiclevelconverter

### Otros

- Dimensiones: 40mmX40mm
- Peso: 9.3g

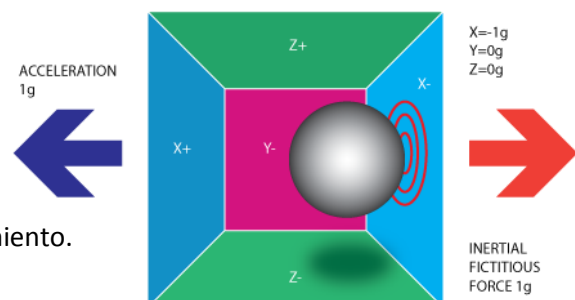


Respecto al software utilizado para programar la multiwii se puede usar el entorno de desarrollo (IDE) de Arduino que se descarga de su pagina oficial [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) . El IDE reconoce la placa como un arduino 328 pro mini 16Mhz, opción que debemos seleccionar en herramientas/board . El equipo de multiwii ha desarrollado un programa que es el que da toda la inteligencia nuestro drone. Solo tenemos que configurarlo correctamente y grabar en nuestra placa según los componentes que tengamos. Se puede descargar desde su página [www.multiwii.com](http://www.multiwii.com) en nuestro caso hemos bajado la versión 2.4 . Quedará una ardua tarea posterior de calibración de los motores y del PID para el correcto funcionamiento.

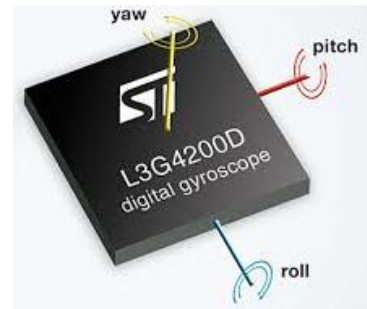
## SENSORES

Los sensores proporcionan al drone información de la posición en la que se encuentra en cada momento. Principalmente necesitaremos lo que se conoce como IMU (inertial movement Unit) compuesto por giróscopos y acelerómetro. Adicionalmente un barómetro contenido en la electrónica nos proporcionara información sobre cambios de altitud y una brújula nos dará la orientación respecto el Norte magnético.

Acelerómetro es un dispositivo que mide la aceleración respecto a los 3 ejes de coordenadas. Se puede imaginar como una canica dentro de una caja. Las paredes de la caja serían capaces de medir la fuerza con la que la canica choca en caso de movimiento.

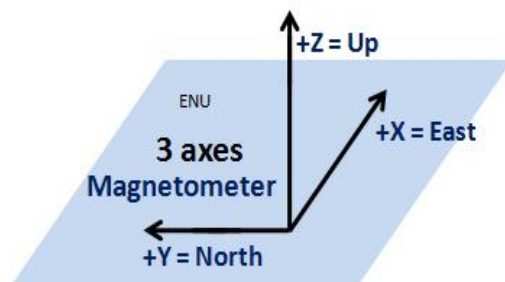


**Giróscopo.-** es un dispositivo capaz de medir la orientación teniendo en cuenta las teorías del momento angular. Básicamente es un objeto en rotación libre y continua que cuando se le somete a una fuerza que intenta variar su ángulo en alguna dirección este responde intentado mantener el movimiento primitivo. Esta respuesta se recoge calculando así el cambio de posición del objeto. Este drone lleva incorporado un circuito integrado MPU6050 en formato smd compuesto por un giróscopo de 3 ejes y un acelerómetro



**Barómetro.-** Este sensor proporciona información de la presión atmosférica. Es decir la presión que ejerce la columna de aire que hay encima de él. Con este sensor lo que podremos medir será la diferencia de este “peso” cuando el drone cambia de altura. Es un sensor que si bien nos proporciona valores muy útiles para mantener el drone estabilizado en altura no es muy fiable en situaciones de inestabilidad climática en las que la presión atmosférica no es constante. El circuito integrado para medir esta información es el BMP085 desarrollado por Bosch y que es capaz de determinar un rango de presión entre 300 y 1100 hPa (hectopascales) correspondiente a una altitud de entre -500 metros hasta 9000 metros respecto del nivel del mar.

**Brújula.-** Este sensor incorporado en el drone en si es un medidor de campos magnéticos que proporciona al drone una orientación respecto un punto fijo en los ejes X e Y. El sensor incorporado en este drone es el circuito integrado HMC5883L que es una brújula digital de 3 ejes capaz de medir la variación del campo magnético con una precisión de 1 a 2 grados.



## BATERÍAS

Las baterías usadas en aeromodelismo y radiocontrol son las de Litio- Polímero, que cumplen la función de entregar la alimentación requerida por el Drone en todo momento.

Estas baterías pueden ser de diferentes características según el número de celdas, la tensión y amperaje que ofrece o su índice de descarga C.

Un factor a tener en cuenta, es la autonomía de las baterías, que por lo general aguantan unos 10-12 minutos de vuelo.

Para cumplir con las exigencias de los dispositivos que componen el Drone, precisaremos de una batería de 12 V a 2.2 Amperios, con un índice de descarga de 90 c , lo cual le dota de la posibilidad de ofrecer más intensidad de descarga a cambio de un menor tiempo de servicio.

Las baterías de Li-Po no se deben descargar por debajo de un determinado valor, (3,3 V por celda), ya que esto conllevaría su pérdida, siendo este el motivo de montaje del siguiente componente, comúnmente conocido como ``salva lipos``.

La batería elegida para nuestro Drone es la siguiente.

Turnigy Nano Tech 12 Voltios-2.2 Amperios. 3 Celdas , 45-90 C

Capacidad: 2200mAh

Voltaje: 3S1P / 3 / celulares 11.1V

Descarga: 45C Constante / 90C Ráfaga

Peso: 201g

Dimensiones: 112x36x26mm

Balance de enchufe: JST-XH

Plug descarga: XT60.

### SALVALIPO.

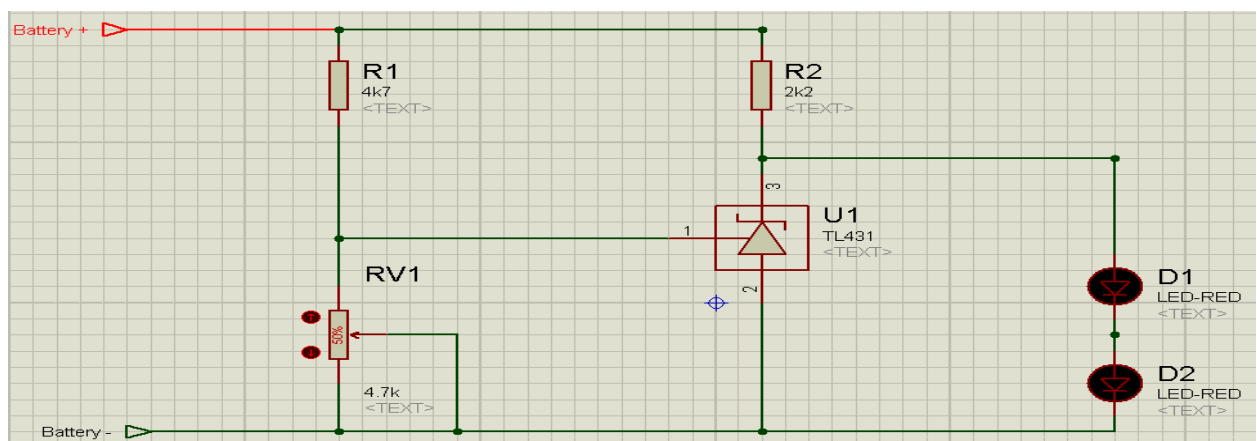
El salvalipo es un circuito diseñado para avisar al usuario de que las baterías se acercan a su nivel mínimo de carga, con el fin de evitar que estas se deterioren.

El circuito diseñado es muy sencillo, y consta de una resistencia de 2,2K y otra de 4,7k, un potenciómetro lineal de 4,7K , un IC TL431, y dos diodos led rojos de alto brillo.

El circuito funcionará de la siguiente manera:

Mientras la alimentación de la batería sea superior a 9,9 voltios ( 3,3 por celda), el TL 431 estará en conducción regulando la tensión de referencia a 2,5 voltios por lo que los leds permanecerán apagados.

En el momento en el que la batería sea igual o inferior a 9.9 V, el voltaje de referencia en el TL 431 será inferior a 2,5V y dejará de conducir , presentando entonces 5V a los leds que lucirán .



## COMUNICACIÓN

Para manejo del drone se necesita una tecnología inalámbrica que nos permita comunicarnos con el drone de una manera continua. Según un estudio realizado hemos encontrado varias alternativas cada una con sus ventajas e inconvenientes.

**Bluetooth.-** esta comunicación permite una transferencia fluida de datos por un canal dedicado entre el drone y un dispositivo que disponga de esta tecnología y que se pueda instalar un programa o aplicación para la codificación de órdenes. La ventaja principal es que es un canal dúplex por el que se pueden recibir datos de telemetría. Una ventaja muy importante es que la mayoría de los teléfonos móviles disponen de este tipo de conexión por lo que solo es necesario añadir un módulo (barato) de bluetooth a la placa mutiwii. Desventajas importantes son la pérdida de conexión por no ser estable y principalmente la distancia que alcanza. Hay que pensar que una pérdida de conexión implica la caída del aparato. Muy importante también es la usabilidad que se necesita en los mandos para pilotar un aparato como este. Una pantalla no te ofrece suficiente precisión.

**Wifi.-** Otra posibilidad es la conexión a través de tecnología wifi. Sus principales ventajas e inconvenientes son muy parecidas a las anteriores aunque hasta hace muy poco su precio era más alto. Este aspecto a día de hoy se ha superado con el nuevo chip ESP8266 de unos pocos euros aunque todavía no hay librerías estables para su uso.

**Emisora clásica.-** La principal ventaja es su rango de alcance, su uso dedicado y su grado de usabilidad.

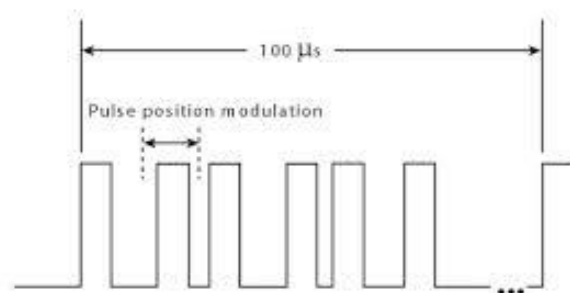
Al ser un aparato fabricado exclusivamente para ello tiene unos ajustes muy precisos, además los sticks de control otorgan un manejo fino muy necesario cuando se tiene poca experiencia.

Para el pilotaje de este tipo de drone con 6 canales es suficiente, pero si se quiere ampliar la conectividad rápidamente nos quedaremos cortos por lo que siempre es buena inversión gastar un poco más en una emisora ya que se podrá reutilizar para proyectos futuros. La principal desventaja que presenta es que no tiene canal de retorno que te proporcione información (estado de batería, altura de vuelo...) cosa que podremos solucionar si añadimos un módulo de emisión de datos desde el drone.

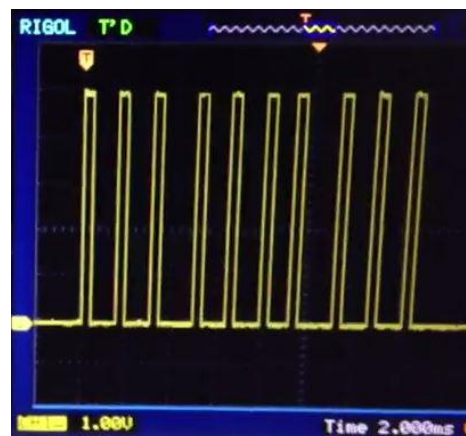
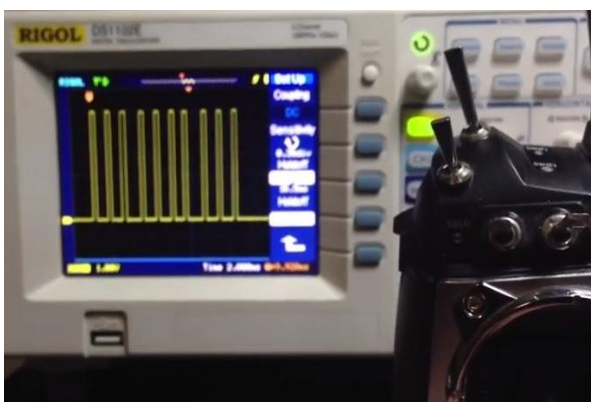


La elección que hemos escogido y aconsejamos para este drone ha sido la emisora Turnigy 9x de 8 canales (existe esta misma replica con otros nombres como Flysky). Esta emisora es una réplica china de una marca con cache en el mundo del radiocontrol como es Futaba. Dispone de 2 sticks para el manejo de la aceleración y la guiñada por un lado y el alabeo y elevación por otro. Aparte dispone de 3 potenciómetros, 4 switches y un pulsador que podremos configurar por los canales que más nos convengan.

La comunicación entre la emisora y el receptor se realiza por la banda de 2.4 Mhz transmitiendo datos digitales sobre una señal analógica. En la salida presenta una comunicación PPM con el aparato que queramos controlar. Esta modulación PPM (Position Pulse Modulation) es una modulación en la que a diferencia del pwm el ancho del pulso es fijo pero se mueve en un rango horizontal según se envíe una información u otra.



1. In pulse position modulation (PPM), pulses are uniformly spaced in time.





## 2. conceptos y cálculos relevantes

### 2.1 CÁLCULO DE BATERIAS.

Para elegir la batería correcta, se ha de estudiar en conjunto con la elección del resto de componentes ,puesto que las prestaciones y exigencias de unos y otros se condicionarán, por lo que el éxito está en encontrar la configuración adecuada.

Primero debemos calcular la capacidad de descarga de la batería.  $I \times C = 2.2 \text{ Amp} \times 90 \text{ C} = 198 \text{ Amp}$   
 En cuanto a los niveles de carga, lo recomendable es cargar la batería a 1C, es decir, a 2,2 Amp.  
 Los mAh proporcionan una información aproximada de la duración de la batería, que para la nuestra en particular serian.

2200 mA en 1 Hora. / 4400 mA en 30 minutos/ 8800 mA en 15 min.

#### XXD A2212 KV1000 Brushless motor

Propeller (in)	Volts (v)	Amps (A)	Thrust (G)	Rpm/min
1047	11	15.6	886	6810
1047	10	14	820	6530
1060	11	13.1	745	7630
1060	10	11.6	675	7260
9050	11	10.5	681	8430
9047	10	9.2	603	7900

Puesto que cada motor nos ofrece un empuje medio equivalente a 886 g, el empuje total de los 4 motores será de 3,544 kg.

### 2.2PID

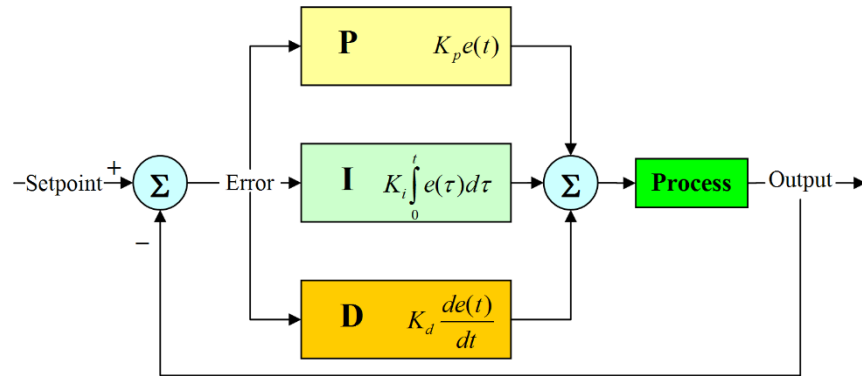
Un controlador PID (controlador proporcional-integral-derivado) es un mecanismo de control retroalimentado muy utilizado infinidad de sistemas industriales.

El control se realiza a través de 3 parámetros

P- Proporcional

I integral

D derivativo



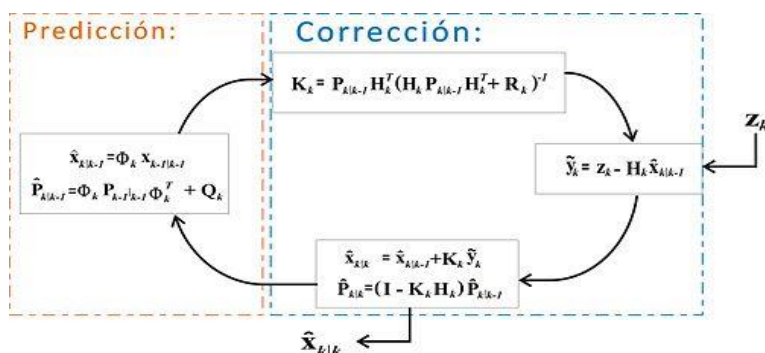
En una simplificación podríamos decir que la parte proporcional actúa sobre los errores que se está cometiendo en este momento. La parte integral actúa sobre los errores pasados ya que va sumando los errores cometidos. Y la parte derivativa es la que actúa sobre los errores futuros, es decir para que se cometan menos.

En términos del drone esto significa que el controlador PID estará tomando datos medidos por los sensores en el controlador de vuelo (giroscopios / acelerómetros, etc.) , lo compara con los valores esperados y modifica la velocidad por independiente de cada motor a través del ESC para compensar cualquier diferencia y mantener el equilibrio.

### 2.3 Filtro kalman

El filtro Kalman consiste en un tipo de filtrado digital que evita medidas erróneas , estabilizando las mismas mediante su funcionamiento en dos etapas, realizando en la primera de ellas una estimación, prediciendo el posible error , y en la segunda corrigiendo el error.

Aplicado a nuestro microcontrolador basado en Arduino, el filtro Kalman actúa sobre el giróscopo y el acelerómetro, corrigiendo la posible deriva de uno de ellos con los datos proporcionados por el otro.



## 3. MONTAJE Y CONFIGURACION PASO A PASO

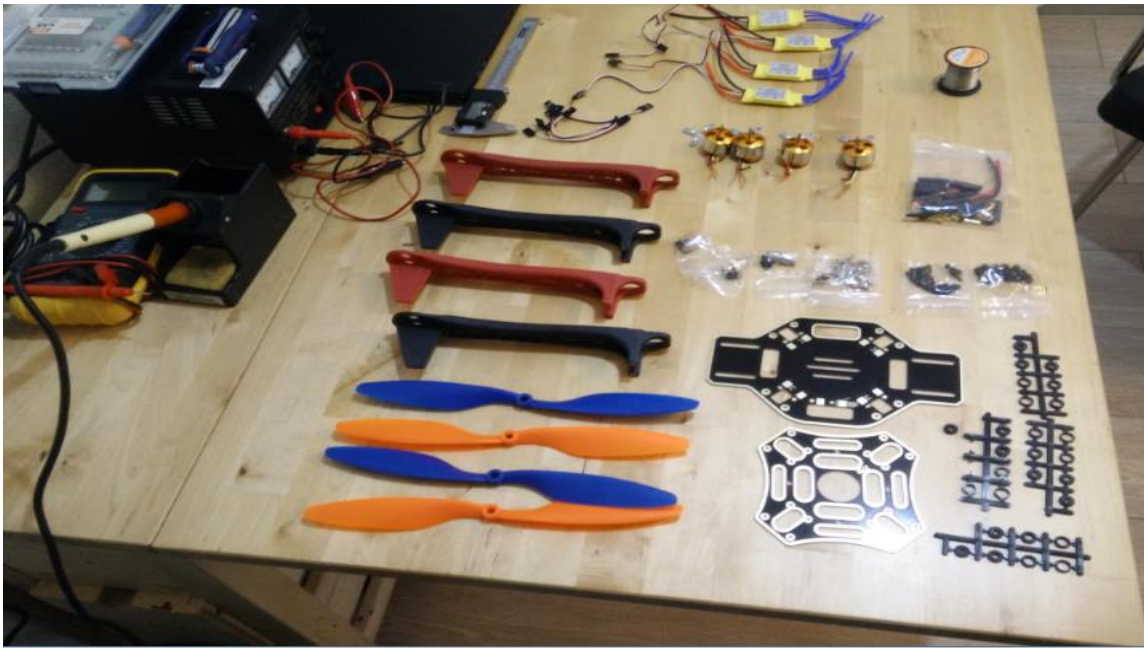
10. Presentar el material del que disponemos.

11. Identificar las diferentes partes.

Proyecto 2º MAM.

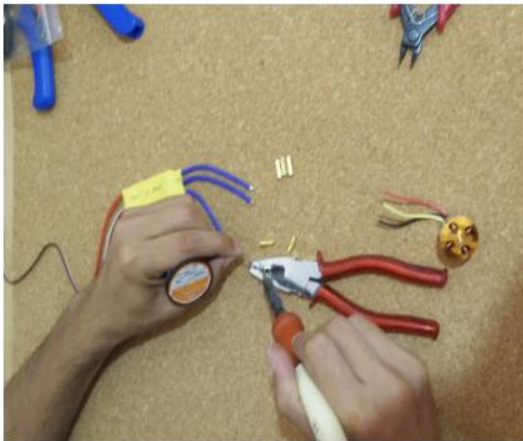
Roberto Zabala.

Nicolás Cea.



20. Preparar los Esc's.

21. Soldar los terminales de conexión macho a los cables azulesde cada Esc .22.

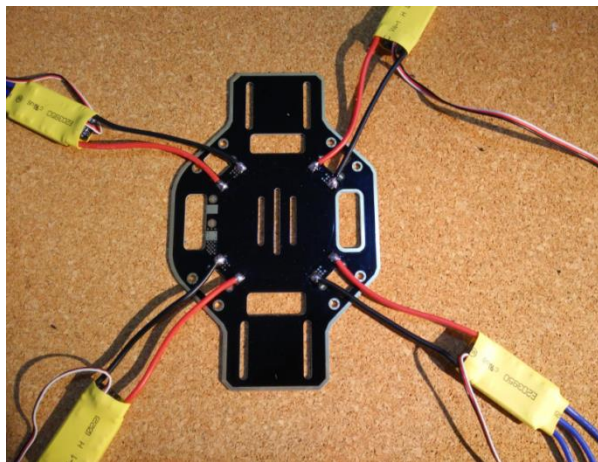


22.

Cubrir con 2 cm de termo retráctil cada conector.



23. Soldar los cables de alimentación de cada Esc a los pines correspondientes de la placa.

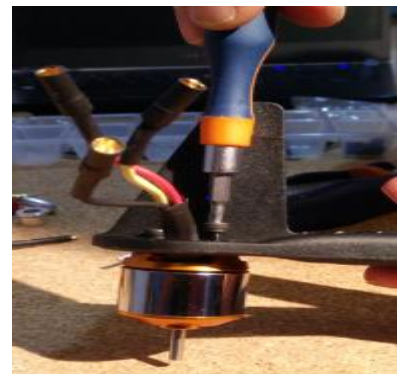


30.Preparar los cables de los motores.

31.Pasar los 3 cables de cada motor por un termo retráctil de 2,5 cm.

32. Soldar a cada cable de los motores un terminal hembra.

33. Retractilar los conectores.( Del mismo modo que la anterior imagen).



34. Retractilar los 3 cables previamente preparados del motor , en la zona donde atraviesa el brazo para reforzar el cableado.



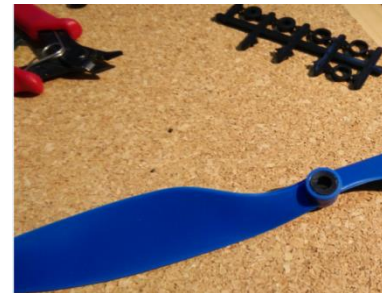
40. Montar los motores en los brazos de Drone.
41. Pasar los cables de cada motor hacia la parte inferior de cada brazo.
42. Atornillar con tornillos H2,5 los motores a los brazos.



50. Montar las hélices en los motores.
51. Colocar el tornillo que incorpora el motor.
52. Colocar la pieza de apoyo de la hélice.



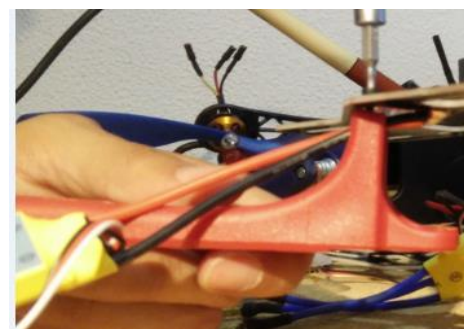
53. Elegir la junta adecuada al hueco de la hélice y al diámetro del tornillo.
54. Poner la hélice con la junta en el motor.
55. Atornillar la sujeción del tornillo y la hélice.



(Las hélices posteriormente se montarán dependiendo del giro de su motor y su curvatura o ángulo de ataque.)

60. Montar los brazos en la estructura central.
61. Pasar los cables de los Esc entre cada brazo y la base.
62. Atornillar los dos tornillos H2 de cada brazo a la parte inferior de la estructura.

Proyecto 2º MAM.  
Roberto Zabala.  
Nicolás Cea.



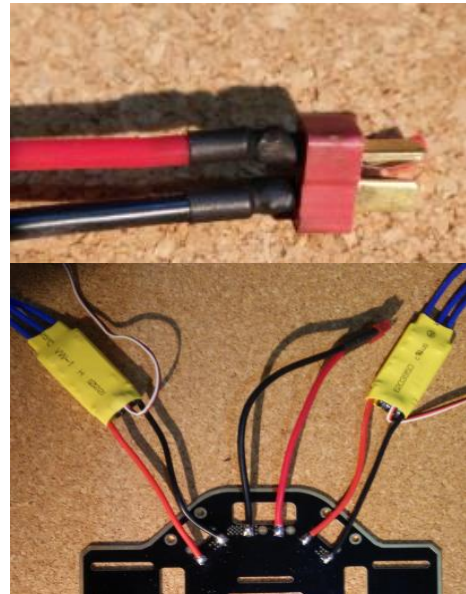
70. Preparar el cableado de alimentación para el Drone.

71. Soldar el cable rojo al terminal positivo del conector.

72. Soldar el cable negro al terminal negativo del conector.

73. Retractilar ambas conexiones individualmente y en conjunto.

73. Soldar el cable con el conector en los pines de alimentación de la placa.



80. Conectar los motores a los Esc por los terminales.

(Posteriormente se configurarán y su conexión dependerá del sentido de giro del motor).

81. Embridar el cableado de cada motor y Esc a los brazos.

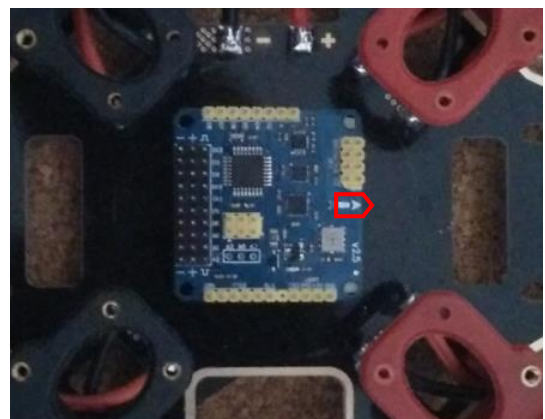


90. Integrar la placa de control Multiwii

91. Poner cinta de doble cara en el centro de a base.

92. Pegar la Multiwii.

(La flecha Indicará el morro o parte delantera del Drone).





93. Calibrar Esc's individualmente antes de la conexión a la multiwii

931. Conectar uno a uno los Esc's al canal 3 de la emisora.

932. Encender la emisora con la palanca de empuje al máximo.

933. Conectar la batería al Esc.

934. Bajar empuje al mínimo.

935. Desconectar batería.

936. Repetir con todos los Esc's.



94. Conectar los Esc's a las salidas digitales de la placa de control.  
(Dependerá del firmware cargado).

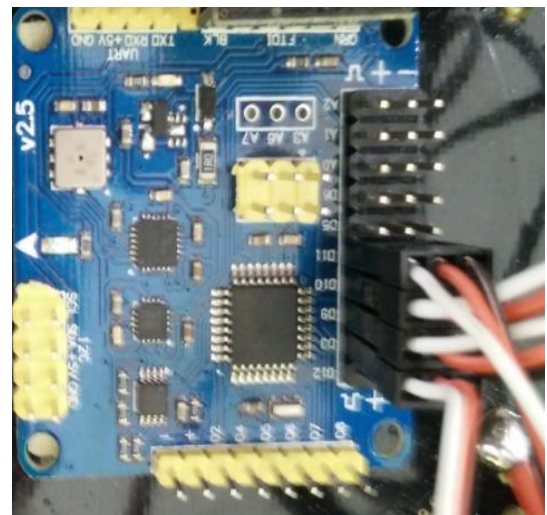
941. Conectar el Esc delantero izquierdo al pin D3

.

942. Conectar el Esc trasero derecho a D9.  
(estos dos motores giran en sentido horario).

943. Conectar el Esc delantero derecho a D10

944. Conectar el Esc trasero izquierdo a D11.  
(estos otros dos motores giran en sentido antihorario).



100. Integrar la emisora con la Multiwii.

101. Conectar los canales de la emisora con las entradas analógicas del microcontrolador.  
(según el montaje y configuración de la placa Multiwii.)

101.a. Conectar el canal 1 , cable negro a D4.

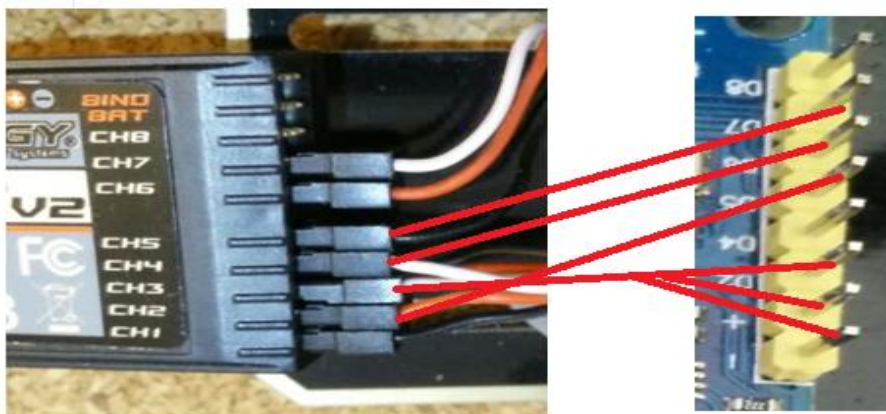
101.b. Conectar el canal 2, cable rojo, a D5

101.c. Conectar el canal 3 a D2

101.d. Conectar el canal 4 D6

101.e. Conectar el canal 5 o aux 1 a D7

101.e. Conectar el canal 6 o aux2 a D8

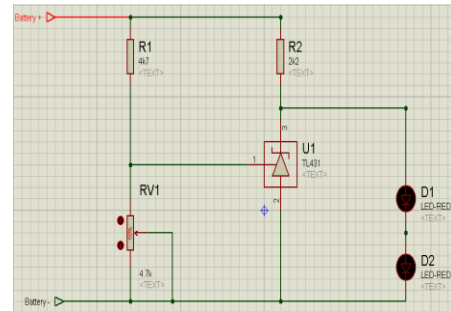


102. Embridar la emisora en su posición.

110. Integrar Salva Lipo.

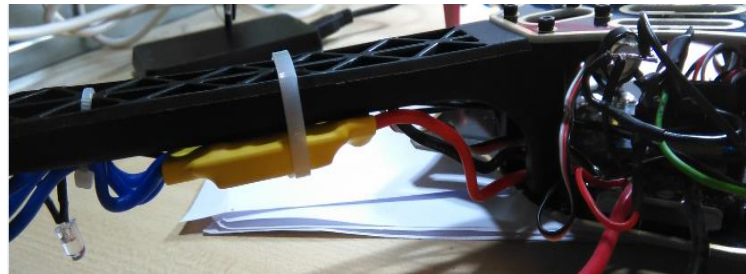
111. Realizar el montaje del siguiente circuito

112. Soldar la alimentación del circuito en el pin principal de alimentación de la estructura.



113. Colocar el circuito en el interior del drone y ubicar los leds de alarma en lugar visible.

(R1 = 4k7 ; R2= 2k2; RV1 a 1k6)



120. Montar la parte superior del chasis.

121. Atornillar los 4 tornillos de M2 de cada brazo al chasis del Drone



130. Repasar el buen ruteado, cableado, y acabado del dispositivo.

#### 4. INSTALACIÓN SOFTWARE ,MODIFICACIÓN Y CARGA FIRMWARE

La instalación de todo el software se hará sobre un entorno Windows aunque hay soporte de todos los programas para Linux y Mac

Lo primero descargarse el Ide de Arduino en la página [www.Arduino.cc](http://www.Arduino.cc) en la sección de descargas y lo instalamos como cualquier software común.

También necesitaremos la programación del control de vuelo diseñada por el equipo de multiwii. Lo descargamos desde el repositorio <https://code.google.com/p/multiwii/>

En este caso se eligió la versión 2.4 que lleva soporte para nuevos sensores que no se utilizaran pero al ser la versión actualizada suponemos que el control de vuelo será el más óptimo.

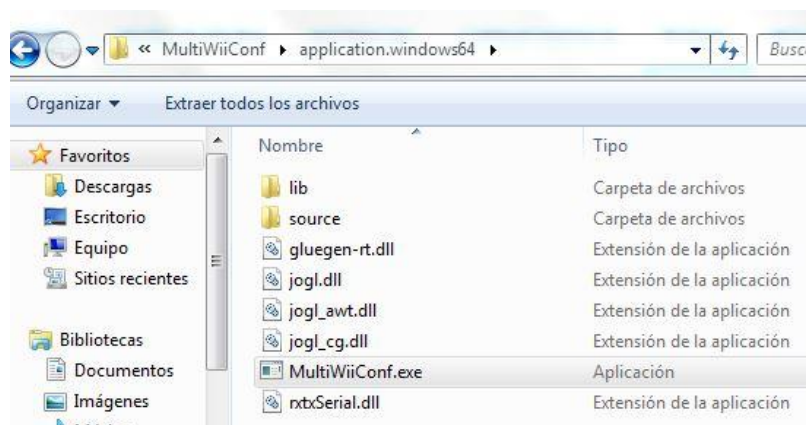
El modelo de la multiwii2.5 escogida no lleva conversor de puerto serie a usb por lo que tendremos que utilizar un adaptador e instalar el driver necesario. Si nos fijamos en el chip grande es pl2303hx

Por lo que con una búsqueda en internet localizamos el driver en la página lo descargamos y lo instalamos [http://www.prolific.com.tw/US/ShowProduct.aspx?p\\_id=156&pcid=41](http://www.prolific.com.tw/US/ShowProduct.aspx?p_id=156&pcid=41)

Con esto tenemos todo el software necesario. Más adelante describiremos como debemos modificar el código para adaptarlo a nuestro multicoptero pero antes se debe asegurar que la placa multiwii se conecta al ordenador.



Para ello conectamos la multiwii a través del adaptador usb al ordenador. Descomprimir el archivo “multiwii2\_4” descargado y dentro de la carpeta multiwiiConf entramos en la carpeta de nuestro sistema operativo y abrimos multiwiiConf.exe

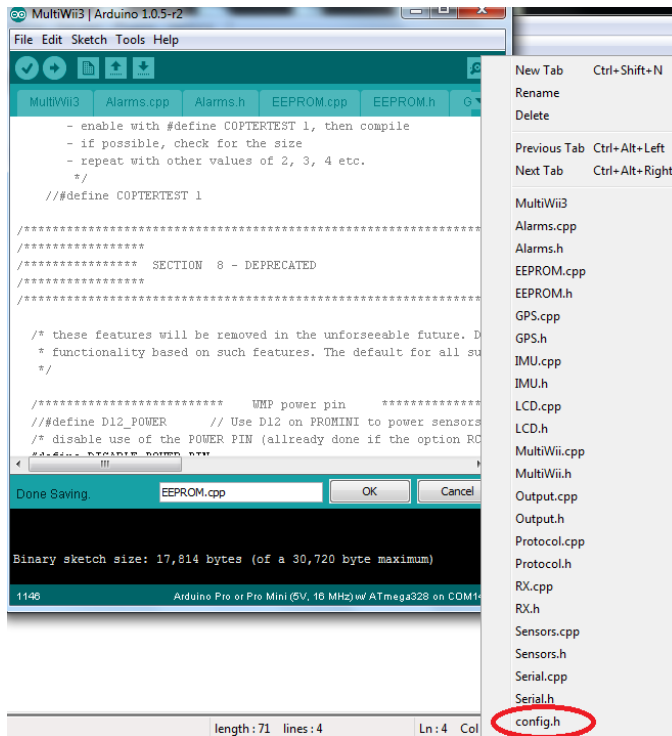




Esta aplicación nos facilita la visualización de datos leyendo los valores de entrada y salida de la placa en tiempo real y calibrar algunos parámetros guardando los datos en una eeprom. Una vez abierta la aplicación (si está bien instalado el driver del adaptador) a la izquierda de la pantalla, debajo de PORT COM, nos sale el número de puerto de comunicación con la placa. Le pinchamos dos veces y se pondrá en verde (ya estamos conectados). Si se le pincha ahora al botón START empezaremos a leer datos de los sensores. Ya sabemos que hay conexión entre pc y placa. Pinchamos CLOSE COM y cerramos el programa. Luego lo necesitaremos de nuevo para calibrar algunas cosas.



Ahora debemos modificar el firmware para adaptarlo a este cuadcoptero. Para ello abrimos el software de programación de Arduino y cargamos la programación multiwii file/open y buscamos el archivo multiwii dentro de la carpeta que habíamos descargado y descomprimido. Las modificaciones se harán en la pestaña config.h



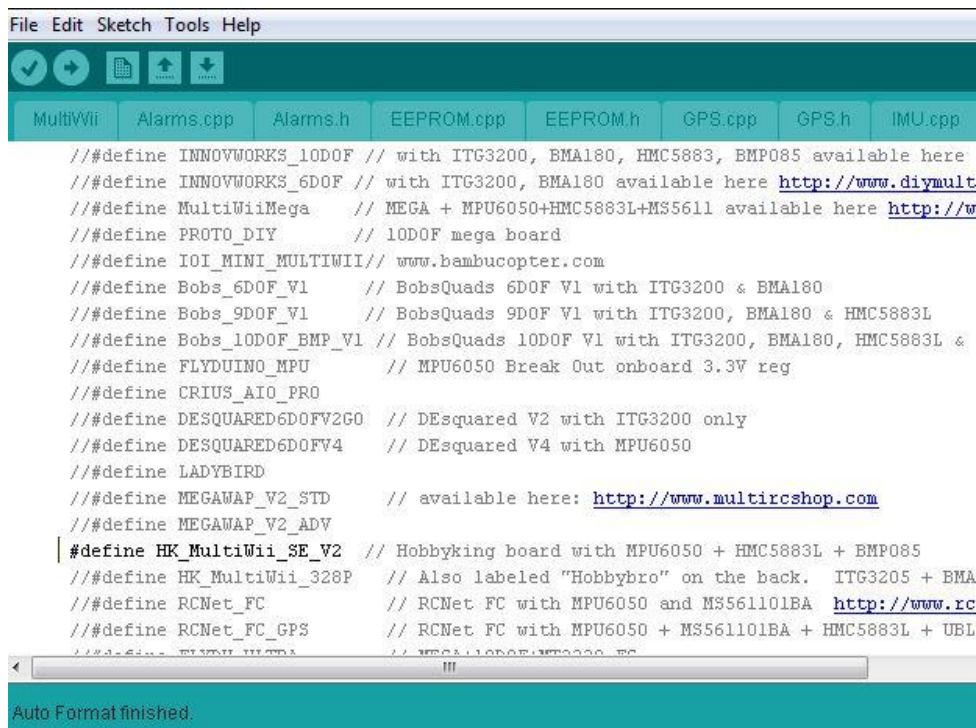
Debemos descomentar la parte del código que nos interese borrando las dos barras inclinadas `//` de dichas líneas. Estas partes de código ajustaran los parámetros del código a este drone en concreto. Además de corregir algunos valores.

Seleccionar el tipo de drone según la configuración elegida. QUADX, dejando el código de la siguiente manera.





Seleccionar la placa HK\_Multiwii\_SE\_V2 aunque no es la misma exactamente lleva los mismos sensores y es compatible.



```

File Edit Sketch Tools Help
MultiWii Alarms.cpp Alarms.h EEPROM.cpp EEPROM.h GPS.cpp GPS.h IMU.cpp

// #define INNOVWORKS_10DOF // with ITG3200, BMA180, HMC5883, BMP085 available here
// #define INNOVWORKS_6DOF // with ITG3200, BMA180 available here http://www.diywii.com
// #define MultiWiiMega // MEGA + MPU6050+HMC5883L+MS5611 available here http://www.diywii.com
// #define PROTO_DIY // 10DOF mega board
// #define IOI_MINI_MULTIWII // www.bambucopter.com
// #define Bobs_6DOF_V1 // BobsQuads 6DOF V1 with ITG3200 & BMA180
// #define Bobs_9DOF_V1 // BobsQuads 9DOF V1 with ITG3200, BMA180 & HMC5883L
// #define Bobs_10DOF_BMP_V1 // BobsQuads 10DOF V1 with ITG3200, BMA180, HMC5883L & BMP085
// #define FLYDUINO_MPU // MPU6050 Break Out onboard 3.3V reg
// #define CRIUS_AIO_PRO
// #define DESQUARED6DOFV2GO // DESquared V2 with ITG3200 only
// #define DESQUARED6DOFV4 // DESquared V4 with MPU6050
// #define LADYBIRD
// #define MEGAWAP_V2_STD // available here: http://www.multircshop.com
// #define MEGAWAP_V2_ADV
// #define HK_MultiWii_SE_V2 // Hobbyking board with MPU6050 + HMC5883L + BMP085
// #define HK_MultiWii_328P // Also labeled "Hobbybro" on the back. ITG3205 + BMA180
// #define RCNet_FC // RCNet FC with MPU6050 and MS561101BA http://www.rcnet.com
// #define RCNet_FC_GPS // RCNet FC with MPU6050 + MS561101BA + HMC5883L + UBL
// #define FLYING_WII // MEGA10DOF+ITG3200+FC

```

Auto Format finished.

También es necesario en este caso modificar el valor del parámetro MAXTHROTTLE para aumentar el valor máximo de giro de los motores.

#define MAXTHROTTLE 1950

```

/***** Motor maxthrottle *****/
/* this is the maximum value for the ESCs at full power, this value can be increased */
#define MAXTHROTTLE 1950

```

Además si como si como en este caso se dispone de canales adicionales en la emisora configuraremos la entrada 8 como aux2 descomentando la siguiente línea.#define RCAUXPIN8.

```

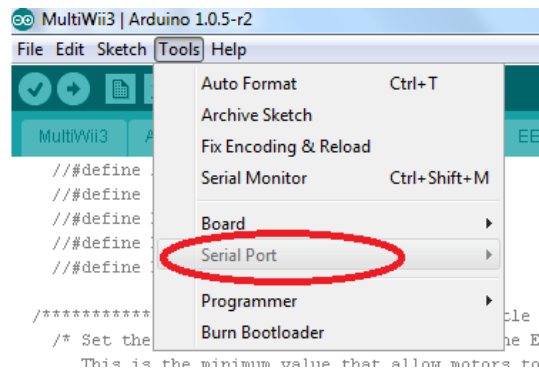
/***** Aux 2 Pin *****/
/* possibility to use PIN8 or PIN12 as the AUX2 RC input (only one, not both)
   it deactivates in this case the POWER PIN (pin 12) or the BUZZER PIN (pin 8) */
#define RCAUXPIN8
// #define RCAUXPIN12

```

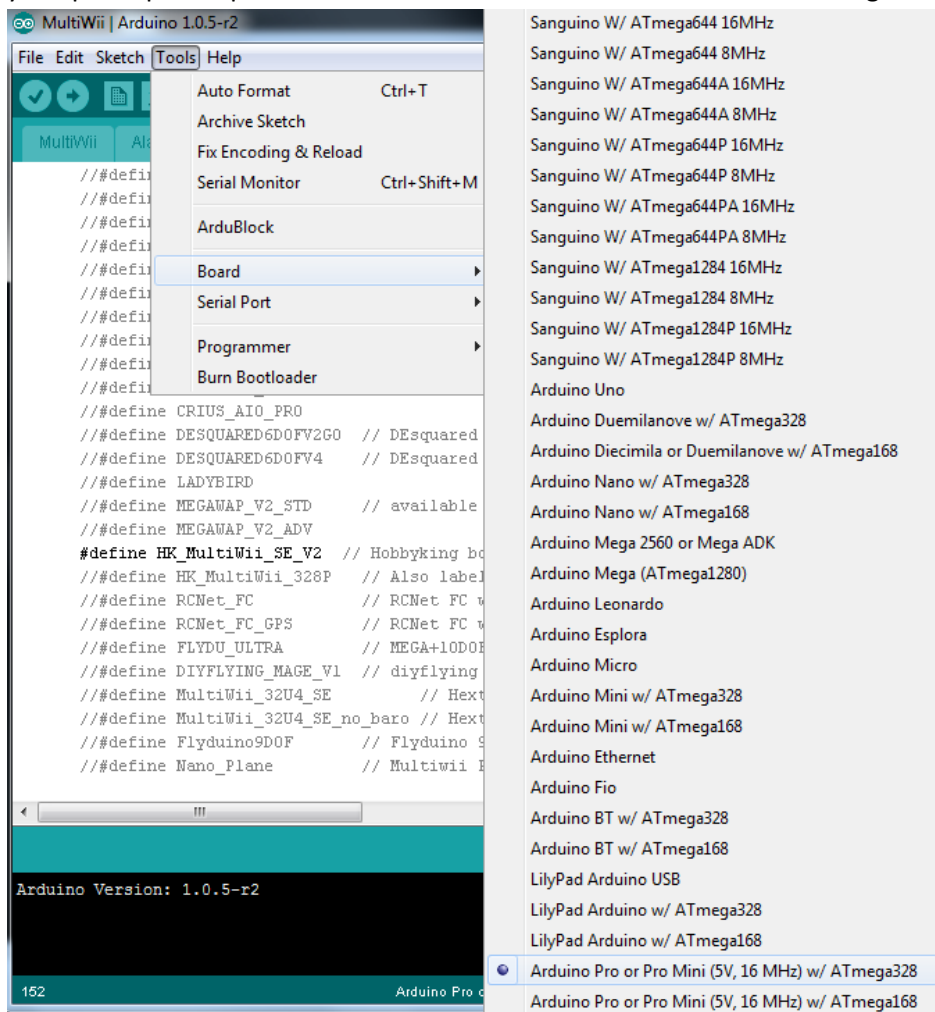
Aparte de estas opciones hay muchos más valores que se pueden modificar si se quiere cambiar algún parámetro como por ejemplo en el armado de motores o si se amplía el hardware periférico de la multiwii( GPS, telemetría, cámara con gimbal...). También se puede realizar desde la programación el calibrado de los ESC pero según la experiencia adquirida se ha preferido hacerlo de modo individual y directo como hemos visto.

Proyecto 2º MAM.  
Roberto Zabala.  
Nicolás Cea.

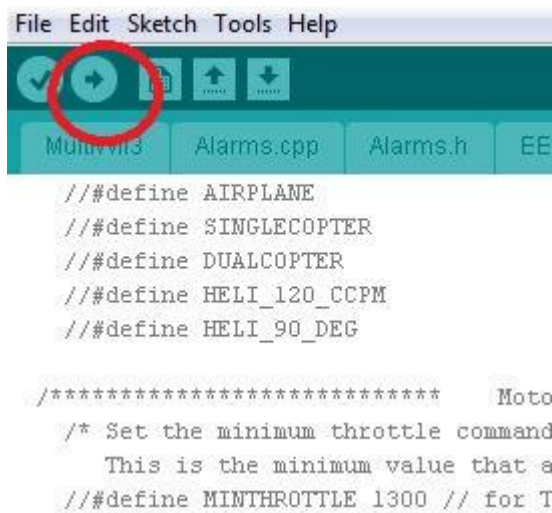
Una vez se tienen todos los parámetros modificados hay que cargar el programa en la placa para ello debemos seleccionar el puerto



y el tipo de placa que en este caso es Arduino Pro Mini 5V 16Mhz ATmega 328.



Y cargamos el programa.



Si todo ha ido bien en la parte inferior de la ventana nos saldrá “Done Uploading” . Con esto ya tenemos subido nuestro firm modificado a la multiwii.

## 5. CONFIGURACION EMISORA

Es necesario configurar la emisora Turnigy 9x o compatible ( flysky 9x...)para que respondan los canales adecuadamente según el tipo de vuelo del aparato.

5.1 Encender la Emisora y presiona botón MENU (si pita intermitentemente y en la pantalla pone "switch error" se deberán mover todos los interruptores hacia adelante).



5.2 seleccionar opción de la Izquierda y presionar menú



5.3 seleccionar tipo de aparato TYPE SELE→ ACRO



5.4 Seleccionar de modo de salida MODEVAT→ PPM (modulación por posición de pulso)





5.5 Seleccionar STICK SET → Mode2



5.6 Salir al menú principal y seleccionamos la opción de la derecha.



5.7 Configurar la opción REVERSE



5.8 Seleccionar AUX-CH y configurar de la siguiente for. Asignar el canal 5 al switch GEAR y el canal 6 al switch THRO HOLD



## 6. CALIBRACIÓN DE ENTRADAS Y SENSORES DESDE MULTIWIIF\_CONF.

6.1. Desde la aplicación MultiwiiConf conectar con la placa multiwii y pulsar start.

6.2. Lo primero que debemos hacer es ajustar las variables Throttle, Roll, Pitch y Yaw (aceleración, elevación, alabeo y guiñada) a 1500 con los botones de trimer de la emisora



6.3. Se aprovecha para calibrar brújula y acelerómetros posicionándolo en horizontal. Importante en este paso que el drone esté en posición horizontal.

6.4. Modificación de valores de PID. Este paso, aunque opcional en un principio, se deberá realizar para ajustar y mejorar la respuesta. Principalmente se modificara los valores de la parte proporcional P un punto y medio como máximo. Si se sube el valor la respuesta será más rápida pero la estabilidad será menor. Si se baja el valor tardará más en llegar al punto de equilibrio pero este será mayor.

6.5. Configurar armado de motores sobre AUX2 y modo de vuelo "angle" sobre AUX1

6.6. Pulsar WRITE para guardar en la eeprom

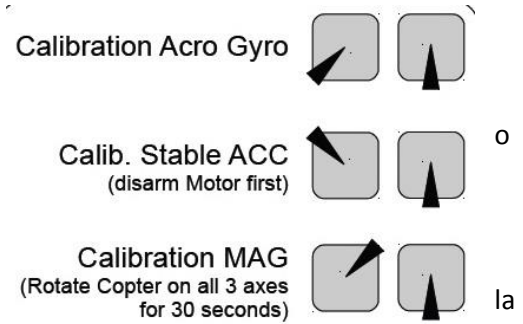




## 7. CALIBRADO SOBRE EL TERRENO.

Antes de volar debemos calibrar los sensores de nuevo. Esto es necesario porque puede que no estén ajustados después de haberlos movido bruscamente simplemente haya cambiado la presión atmosférica desde que volamos la última vez.

Para ello con la batería puesta y la emisora encendida realizamos las siguientes secuencias con los sticks de emisora.



## 8. Presupuesto.

Frame F450	€ 15,40
4xEsc 30A Hobbypower	€ 26,80
4xMotores 2012 1000kv	€ 28,20
Helices 10x4.5	€ 12,15
Gastos envio1	€ 9,10
Tornilleria	€ 4,00
Multiwii cirus 2.5	€ 14,00
Programador usb serie	€ 3,00
Bridas	€ 3,00
termoretractil	€ 2,00
Emisora turnigy 9x	€ 55,00
2xBaterias 2200 mA Turnigy nanotech	€ 32,00
Bolsa ignifuga	€ 3,00
helices repuesto	€ 12,15
adaptador bateria	€ 3,00
Gastos de envio2	€ 20,00
gastos envio 3	€ 12,00
3x Brazo extra	€ 10,90
Aduanas y aranceles	€ 29,90

## Glosario

- **Arduino** Plataforma electrónica utilizada para prototipado rápido basada en software y hardware libre
- **RPA** (*Remotely Piloted Aircraft*) Vehículo aéreo controlado a distancia.
- **UAV** (Unmanned Aerial Vehicle). Vehículo Aéreo no tripulado. Sistema volador autónomo que puede operar sin intervención humana
- **Multirotor o Multicóptero** Helicóptero con más de dos rotores.
- **Quadcoptero** Helicóptero con cuatro rotores
- **Gimbal** Sistema de control para mantener la una orientación fija a un punto en el espacio una cámara actuando sobre sus 3 ejes de sujeción de tal manera que el movimiento de estos no afecte a dicha orientación.
- **IDE** herramienta de entorno de programación en la que se escribe código se verifica y se compila. Algunas además proporcionan un modo de depuración de errores que mejoran la búsqueda de fallos en el código.