



Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Titulació:

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Alumne:

Joaquim Lobo Besora

Títol TFG:

Projecte d'una planta experimental d'assaig per UAVs

Director/a del TFG:

David González Diez

Convocatòria de lliurament del TFG:

Juny 2016

Contingut d'aquest volum: **PLEC DE CONDICIONS**



**Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Projecte d'una planta experimental d'assaig per UAVs

Plec de condicions

**Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial i Aeronàutica
de Terrassa**

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Autor: Joaquim Lobo Besora

Director del TFG: David González Diez

Juny 2016

Índex

1 Plec de condicions tècniques.....	8
1.1 Condicions generals.....	8
1.2 Especificacions dels materials i components.....	9
1.2.1 Elements estructurals	9
1.2.1.1 Base.....	9
1.2.1.2 Barres d'acer principals	10
1.2.1.3 Suport inferior	11
1.2.1.4 Suport vertical	12
1.2.1.5 Suport superior.....	14
1.2.1.6 Suport dels cables.....	16
1.2.1.7 Suport del microcontrolador	17
1.2.1.8 Suport de la bateria	18
1.2.1.9 Guia.....	19
1.2.1.10 Suport dels motors	20
1.2.2 Components del hardware.....	22
1.2.2.1 Hèlixs	22
1.2.2.2. Bateria.....	23
1.2.2.3 Motors	24
1.2.2.4 ESC (Electronic Speed Controller)	26
1.2.2.5 Carregador de bateries	27

1.2.2.6 Sensor.....	28
1.2.2.7 Microcontrolador	29
1.2.2.8 Comprovador de bateries	30
1.2.2.9 Connexions	31
2 Bibliografia	32

Índex de figures

Figura 1. Base.	9
Figura 2. Barres d'acer principals.	10
Figura 3. Suport inferior.	11
Figura 4. Suport vertical.	12
Figura 5. Grapa metàl·lica simple de 16 mm de diàmetre.	12
Figura 6. Suport superior.	14
Figura 7. Suport dels cables.	16
Figura 8. Suport del microcontrolador.	17
Figura 9. Suport de la bateria.	18
Figura 10. Guia.	19
Figura 11. Suport dels motors.	20
Figura 12. "Adaptacions de la art interior d'una regleta de connexió de 16 mm ²	20
Figura 13. Unió Suport dels motors-Guia-Adaptacions.	20
Figura 14. Hèlix bipala de 5x3" de fibra de carboni.	22
Figura 15. Bateria LiPo AeroEnergy 2700 mAh.	23
Figura 16. Motor EMAX MT1806.	24
Figura 17. Dimensions MT1806.	25
Figura 18. ESC EMAX BLHeli Series 12A.	26
Figura 19. Carregador IMAX B6-AC Compact.	27
Figura 20. MPU-6050.	28

Figura 21. Arduino UNO..... 29

Figura 22. Comprovador de bateries LiPo/LiFe/NiMh/NiCd. 30

Índex de taules

Taula 1. Especificacions de les hèlixs.	22
Taula 2. Especificacions principals de la bateria.	23
Taula 3. Especificacions principals dels motors MT1806.	24
Taula 4. Especificacions principals dels ESCs.....	26
Taula 5. Especificacions principals del carregador de bateries.....	27
Taula 6. Especificacions principals de l'MPU-6050.	28
Taula 7. Especificacions principals de l'Arduino UNO.	29
Taula 8. Característiques principals del comprovador de bateries.	30

1 Plec de condicions tècniques

1.1 Condicions generals

Els materials utilitzats han de ser majoritàriament materials aprofitats i fàcilment reciclables. L'objectiu és construir la planta experimental d'assaig per UAVs des de zero, evitant la compra de peces prefabricades, exceptuant els components electrònics.

Es tracta d'una planta experimental de laboratori, és per aquest motiu que , tant les seves dimensions com el pes total de la planta han d'estar limitats.

La planta experimental no podrà mesurar més d'1 m d'alçada, de llargada ni d'amplada.

El pes màxim de la planta experimental no haurà de superar els 3 Kg.

La planta ha de disposar, com a mínim, del grau de llibertat que permeti el gir sobre l'eix X.

1.2 Especificacions dels materials i components

1.2.1 Elements estructurals

1.2.1.1 Base

La base de la planta experimental es fabricarà a partir d'un tauler de fusta MDF que es dividirà en dues parts:

- Un retall de 500x400x7 mm, sobre el qual s'aniran afegint la resta d'elements de la planta.
- Dos retalls de 400x110x7mm, els quals s'uniran al retall mencionat en el punt anterior amb cola blanca.

El pes de la base serà aproximadament de 60 g.



Figura 1. Base.

La disposició de la base en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 1 del mateix document.

1.2.1.2 Barres d'acer principals

L'estructura de la planta disposarà de 3 barres d'acer de 650 mm de longitud.

Una de les tres barres serà de 8 mm de diàmetre i les altres dues de 4 mm de diàmetre.

Aquestes barres s'utilitzaran per definir els moviments o graus de llibertat de l'UAV, juntament amb altres elements de l'estructura.

El pes de la barra de 8 mm de diàmetre serà aproximadament de 250 g i el de les barres de 4mm de diàmetre serà aproximadament de 65 g cadascuna.



Figura 2. Barres d'acer principals.

Les tres barres estaran subjectades a l'estructura mitjançant el suport inferior i el suport superior.

La disposició de les barres en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 6 del mateix document.

1.2.1.3 Suport inferior

El suport inferior es fabricarà a partir d'un llistó de fusta de pi blanc.

Les dimensions d'aquest suport seran de 100x70x20 mm.

Les tres barres d'acer mencionades anteriorment estaran subjectades a aquest suport per mitjà de forats de 20 mm de profunditat.

El suport estarà unit a la base per 4 cargols de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x20 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

Aquest suport haurà d'incorporar dues barres d'acer de 6 mm de diàmetre i 45 mm de llargada, anomenades recolzadors, les quals han de permetre recolzar el suport dels motors.

Els recolzadors estan subjectats al suport inferior per forats de 5 mm de profunditat.

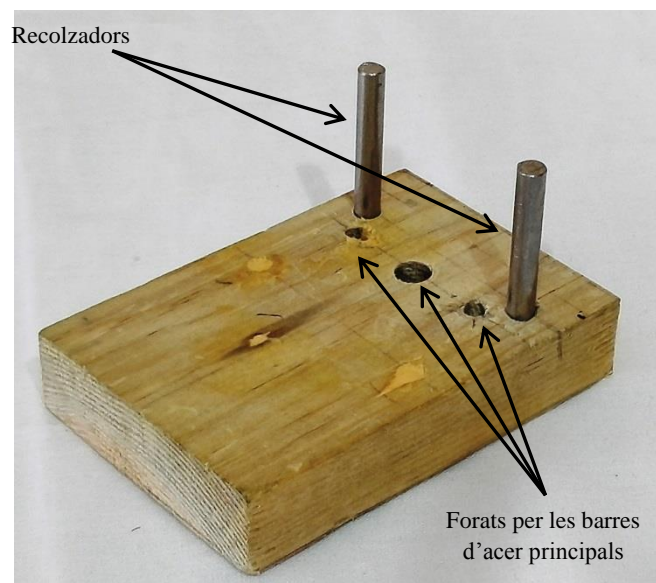


Figura 3. Suport inferior.

El pes del suport inferior serà aproximadament de 60 g .

La disposició del suport inferior i dels recolzadors en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar als plànols 2 i 6 respectivament, del mateix document.

1.2.1.4 Suport vertical

El suport vertical es fabricarà a partir d'un tauler de fusta MDF.

Les dimensions d'aquest suport seran de 650x70x7 mm.



Figura 4. Suport vertical.

Aquest suport estarà unit al suport inferior per 2 cargols de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x20 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

El pes del suport vertical serà aproximadament de 250 g.

La disposició del suport vertical en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 3 del mateix document.

En el suport vertical també hi haurà una grapa metàl·lica simple de 16 mm de diàmetre, la qual subjectarà els cables de la bateria.



Figura 5. Grapa metàl·lica simple de 16 mm de diàmetre.

Aquesta grapa estarà subjectada per mitjà d'1 cargol de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x6 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

La disposició d'aquesta grapa en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 14 del mateix document.

1.2.1.5 Suport superior

El suport superior es fabricarà a partir d'un llistó de fusta de pi blanc.

Les dimensions d'aquest suport seran de 45x37x20mm.

La barra d'acer de 8 mm de diàmetre estarà subjectada a aquest suport mitjançant un forat de 20 mm de profunditat.

Les barres de 4 mm de diàmetre estaran subjectades al suport amb una grapa metàl·lica simple de 8 mm de diàmetre i un tub de nylon de 8 mm de diàmetre exterior i 4 mm de diàmetre interior per cada barra.

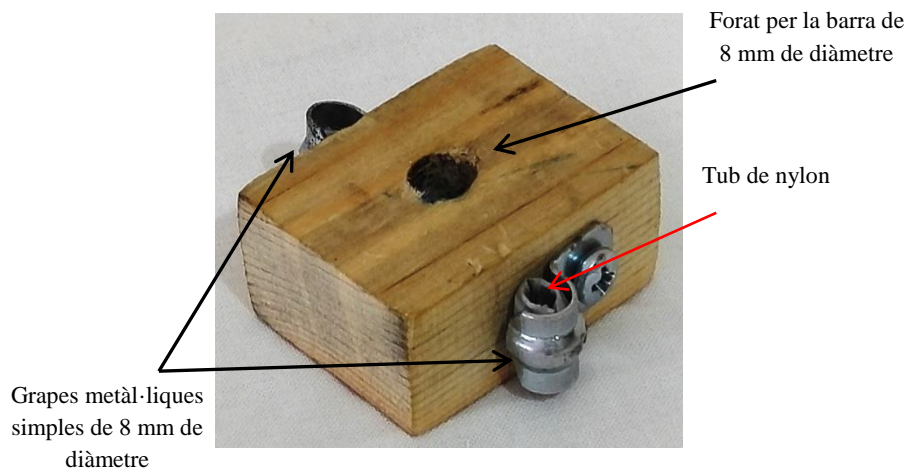


Figura 6. Suport superior.

Cada grapa estarà unida al suport per un cargol de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x10 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

El suport estarà unit al suport vertical per mitjà de 2 cargols de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x20 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

El pes del suport superior serà aproximadament de 20 g (incloent ambdues grapes i ambdós tubs de nylon).

La disposició del suport superior en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar en el plànol 4 del mateix document.

La disposició de les dues grapes i dels dos tubs de nylon també es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar en els plànols 5 i 11 respectivament, en el mateix document.

1.2.1.6 Suport dels cables

El suport dels cables es fabricarà a partir d'un llistó de fusta de pi blanc.

Les dimensions d'aquest suport seran de 70x20x20mm.

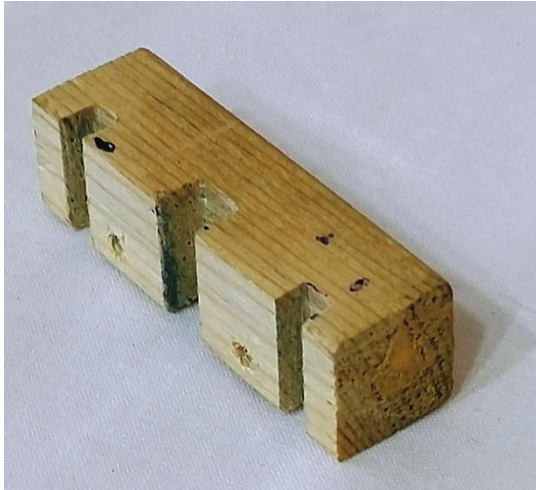


Figura 7. Suport dels cables.

Aquest suport estarà subjectat al suport vertical mitjançant 2 cargols de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x20 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

El pes del suport dels cables serà aproximadament de 10 g .

La disposició del suport dels cables en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 9 del mateix document.

1.2.1.7 Suport del microcontrolador

El suport del microcontrolador es fabricarà a partir d'un tauler de fusta MDF.

Les dimensions d'aquest suport seran de 70x60x7mm.

Aquest suport estarà unit al suport vertical per mitjà d'un angle de reforç de 50x50x20 mm i 3 cargols de cap avellanat amb forat cruciforme Phillips- H2 M4x10mm d'acer zincat, segons la norma DIN 965.

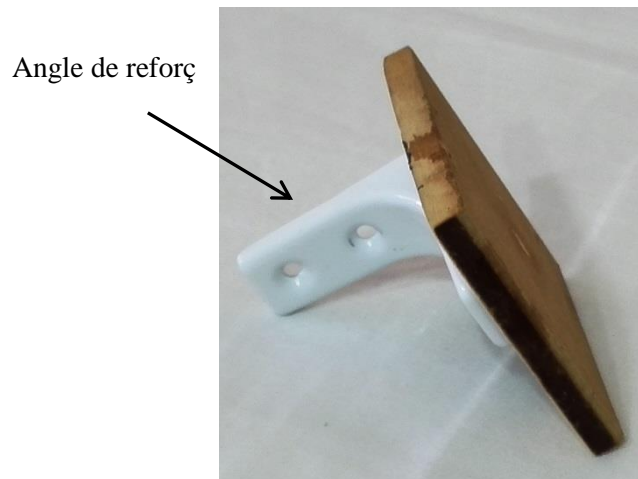


Figura 8. Suport del microcontrolador.

El microcontrolador estarà subjectat a aquest suport amb 2 cargols de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H1 M3x6 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

El pes del suport del microcontrolador i l'angle de reforç serà aproximadament de 50 g .

La disposició del suport del microcontrolador i, de l'angle de reforç en l'estructura, es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar en els plànols 8 i 7 respectivament, del mateix document.

1.2.1.8 Suport de la bateria

El suport de la bateria es fabricarà a partir d'un làmina d'alumini.

Les dimensions d'aquest suport seran de 67x30x30 mm.

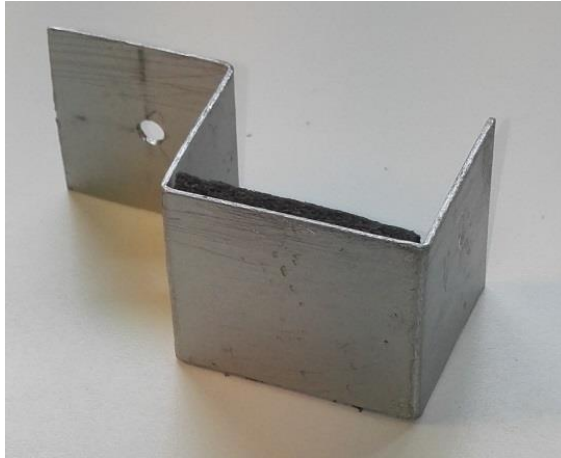


Figura 9. Suport de la bateria.

Aquest suport estarà unit al suport vertical mitjançant 1 cargol de cap cilíndric bombat amb forat cruciforme Phillips-H2 M4x6 mm d'acer zincat, segons la norma DIN 7985.

El pes del suport de la bateria serà aproximadament de 10 g.

La disposició del suport de la bateria en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 13 del mateix document.

1.2.1.9 Guia

La guia es fabricarà a partir d'un tub d'acer de 10,5 mm de diàmetre exterior i 8,5 mm de diàmetre interior i, d'una barra d'acer de 4 mm de diàmetre.

Es tallarà un tros de 35 mm del tub d'acer i dos trossos de 10 mm de la barra de 4mm de diàmetre, aquest dos últims es soldaran al tub d'acer.



Figura 10. Guia.

El pes de la guia serà aproximadament de 10 g.

La disposició de la guia en l'estructura es pot trobar a la vista del conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar al plànol 12 del mateix document.

1.2.1.10 Suport dels motors

El suport dels motors es fabricarà a partir d'una làmina d'alumini.

Les dimensions d'aquest suport seran de 360x50x2 mm.



Figura 11. Suport dels motors.

Aquest suport estarà unit a la guia per mitjà de dues "adaptacions" de la part metàl·lica de l'interior d'una regleta de connexió de 16 mm². La unió entre el suport dels motors i les dues "adaptacions" és un cargol de cap cilíndric ranurat M4x6 mm, un per cada "adaptació". Tant les "adaptacions" de la regleta de connexió com els cargols seran de llautó zincat.

El pes del suport dels motors i "adaptacions" serà aproximadament de 40 g.



Figura 12. "Adaptacions de la art interior d'una regleta de connexió de 16 mm².

Aquest element estructural, juntament amb les barres d'acer de 650 mm de llargada i la guia, definirà els graus de llibertat del sistema.

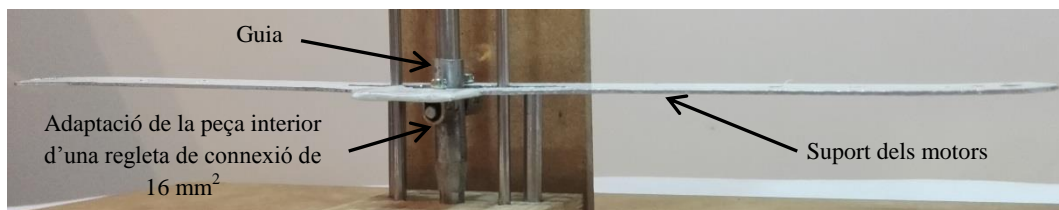


Figura 13. Unió Suport dels motors-Guia-Adaptacions.

La disposició del suport dels motors i, de les “adaptacions” de la part metàl·lica d'una regleta en l'estructura es pot trobar a la vista de conjunt en el document dels plànols. Les seves dimensions es poden trobar als plànols 10 i 11 respectivament, del mateix document.

1.2.2 Components del hardware

1.2.2.1 Hèlixs

Les hèlixs utilitzades seran dues hèlixs bipala de 5x3" de fibra de carboni. [1]



Figura 14. Hèlix bipala de 5x3" de fibra de carboni.

Font :[1]

Taula 1. Especificacions de les hèlixs.

Font: [1]

Nombre de pales	2
Diàmetre	5"
Pitch	3"
Material	Fibra de carboni
Pes per pala	2,5 g

1.2.2.2. Bateria

La bateria utilitzada serà una bateria LiPo: AeroEnergy 2700mAh 3 S (11,1V). [1]

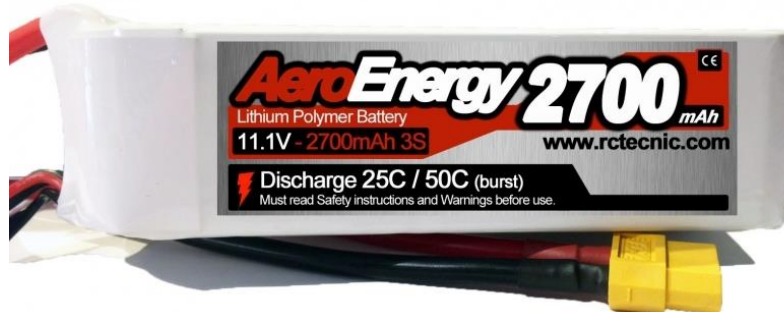


Figura 15. Bateria LiPo AeroEnergy 2700 mAh.

Font :[1]

Taula 2. Especificacions principals de la bateria.

Font: [1]

Marca	AeroEnergy
Tipus	LiPo
Nombre de cel·les	3 (11,1V)
Intensitat màxima continua	25C (67,5A)
Intensitat màxima discontinua	50C (135A)
Capacitat de carga	2C (5,4A)
Dimensions	28x35x103mm
Capacitat	2700mAh
Pes	210,743 g

1.2.2.3 Motors

S'utilitzaran dos motors brushless EMAX MT1806, un CW i l'altre CCW. [1]



Figura 16. Motor EMAX MT1806.

Font :[1]

Taula 3. Especificacions principals dels motors MT1806.

Font: [1]

Marca	EMAX
Model	MT1806
Tipus de motor	Brushless
Nombre de cel·les de la bateria	2-3S LiPo (7,4 – 11,1V)
ESC recomanat	12A
Hèlix compatibles	5"-7"
KV	2280
Empenta màxima	380g
Corrent màxim	8A
Pes	18g
Llargada	26,7mm
Diàmetre	23mm
Diàmetre de l'eix	2mm

L'empenta màxima i el corrent màxim de la taula 3 s'aconsegueixen amb la combinació d'hèlixs-bateria seleccionada.

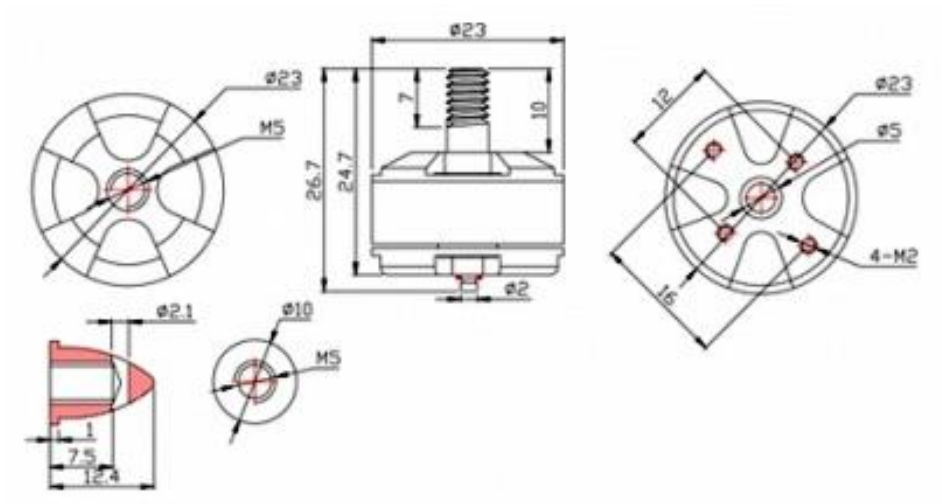


Figura 17. Dimensions MT1806.

Font :[1]

1.2.2.4 ESC (Electronic Speed Controller)

S'utilitzaran dos ESCs EMAX BHeli Series de 12 A. [1]



Figura 18. ESC EMAX BLHeli Series 12A.

Font :[1]

Taula 4. Especificacions principals dels ESCs.

Font: [1]

Marca	EMAX
Amperatge continu	12A
Amperatge màxim	15A
Cel·les	2-4S LiPo
BEC	1A/5V
Dimensions	42x20x8mm
Pes	11g

Altres especificacions:

- Tots els paràmetres poden ser programats mitjançant l'ús d'una targeta de programació o d'un transmissor, incloent ajustos per defecte.
- Característiques de protecció múltiples, incloent protecció contra curtcircuits a baixa tensió/ protecció contra el sobreescalfament / protecció contra pèrdua de senyal de l'accelerador.
- El rang de l'accelerador pot ser configurat i és totalment compatible amb tots els receptors, proporcionant suavitat, lineal i precisa la resposta de l'accelerador.

1.2.2.5 Carregador de bateries

El carregador utilitzat serà un carregador balancejador IMAX B6-AC Compact de 1 a 6 cel·les. [1]



Figura 19. Carregador IMAX B6-AC Compact.

Font :[1]

Taula 5. Especificacions principals del carregador de bateries.

Font: [1]

Marca	IMAX
Model	B6-AC COMPACT
Voltatge de funcionament	11-18V DC, 100-240V AC
Corrent de càrrega	Fins 5 A
Potència de càrrega	50W
Capacitat de càrrega	Fins 1,5C
Bateries compatibles	NiCd/NiMH de 1 a 15 cel·les i LiPo de 1 a 6 cel·les

Altres especificacions:

- Detecció automàtica del nombre d'elements de la bateria i la seva capacitat.
- Establiment automàtic de sortida de càrrega.
- Ports d'equilibrat de voltatge XH integrats per bateries LiPo.
- Càrrega balancejada extremadament precisa +/-0,01V.
- Alta potència: circuit de càrrega d'alt rendiment.

1.2.2.6 Sensor

S'utilitzarà l'IMU MPU-6050 amb 6 graus de llibertat. [3]

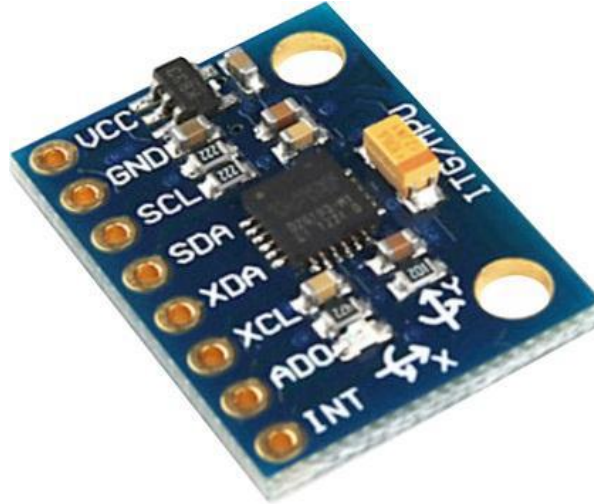


Figura 20. MPU-6050.

Font :[3]

Taula 6. Especificacions principals de l'MPU-6050.

Font: [3]

Xip	MPU-6050
Breakout board	GY-521
Graus de llibertat	6
Alimentació	3.3-5V (inclou un regulador intern LDO)
Comunicació	I2C
Fons d'escala del giroscopi programable per l'usuari	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000$ i ± 2000 ° / seg (dps)
Fons d'escala de l'acceleròmetre programables per l'usuari	$\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g$ y $\pm 16g$
Pins de pas estàndard	2,54mm
Dimensions	2x1,6x0,1mm
Pes	5g

Altres especificacions:

- Convertidor analògic - digital de 16bit en tots els eixos.
- Sensor de temperatura.

1.2.2.7 Microcontrolador

El microcontrolador utilitzat serà l'ATmega328P incorporat en la placa Arduino UNO. [2]



Figura 21. Arduino UNO.

Font :[2]

Taula 7. Especificacions principals de l'Arduino UNO.

Font: [2]

Microcontrolador	ATmega328P
Tensió de funcionament	5V
Voltatge d'entrada (recomanat)	7-12V
Voltatge d'entrada (límit)	6-20V
Pins I/O Digitals	14 (dels quals 6 proporcionen sortida PWM)
PWM Pins I/O Digitals	6
Pins d'entrada analògica	6
Corrent continu per Pin I / O	20mA
Corrent continu pel Pin 3.3V	50mA
Memòria flash	32 KB (ATmega328P) dels quals 0,5 KB utilitzats pel carregador d'arrencada
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocitat del rellotge	16 MHz
Llargada	68,6mm
Amplada	53,4mm
Pes	25g

1.2.2.8 Comprovador de bateries

S'utilitzarà un comprovador de bateries LiPo/LiFe/NiMh/NiCd per saber en tot moment la capacitat restant de la bateria. [1]



Figura 22. Comprovador de bateries LiPo/LiFe/NiMh/NiCd.

Font: [1]

Taula 8. Característiques principals del comprovador de bateries.

Font: [1]

Model	LCD2-7S
Pantalla	LCD
Tipus de bateries compatibles	LiPo/LiFe/NiMh/NiCd
Nombre de cel·les per bateries LiPo/LiFe	2-7S
Nombre de cel·les per bateries NiMh/NiCd	2-7S

1.2.2.9 Connexions

Els ESCs es connectaran a la bateria a través d'un adaptador XT-60 mascle soldat als cables d'alimentació de 20 AWG.

Cada ESC estarà connectat a un interruptor per poder tallar el corrent, si així es desitja.

Es soldaran pins als extrems dels cables de senyal dels ESCs per tal de poder connectar-los al microcontrolador.

Els motors estaran connectats als ESCs per mitjà de 3 connectors d'or de 2 mm de diàmetre.

La connexió entre el sensor i el microcontrolador es realitzarà amb cables dupont mascle/femella de 20 cm.

Els ESCs estaran subjectats al suport dels motors amb una brida de 101 mm de llargada i 2,5 mm d'amplada per cada component.

El sensor està subjectat al suport dels motors mitjançant cinta adhesiva.

2 Bibliografia

[1] Rctecnic.com. (2016). *Rc Tecnic - Comprar drones - RCTecnic*. [En línia] Disponible a: <http://www.rctecnic.com/> [Data de consulta: febr. 2016].

[2] Tienda.bricogeek.com. (2016). *Tienda de Electrónica, Arduino y Componentes electrónicos - Tienda BricoGeek.com*. [En línia] Disponible a: <http://tienda.bricogeek.com/> [Data de consulta: març 2016].

[3] Arduex. (2016). *Arduino | Sensores | Shields | Componentes electrónicos*. [En línia] Disponible a: <https://www.arduex.com/> [Data de consulta: març 2016].