



TREBALL DE RECERCA

# DISSENY I CONSTRUCCIÓ D'UN QUADCÒPTER AMB IMPRESSORA 3D

Bernat Díaz i Jordi Brunsó

INS Pere Alsius, Banyoles

## AGRAÏMENTS

Als nostres pares i germanes, que van convertir aquest tema en interès de conversa a casa i van donar-nos el seu suport i ànims en moments que ens van veure desanimats; per l'ajuda econòmica i l'espai cedit pel muntatge del *drone*.

Al nostre tutor, pel seguiment, orientació i ajut amb la impressora 3D.

A en David Riera, cofundador de Hemav, per encomanar-nos el seu entusiasme pels *drones*, per deixar-nos material i ajudar-nos a millorar la distribució i el vol del nostre quadcòpter.

Als professors de l'institut i al conserge, pel seu interès pel projecte i facilitar-nos l'accés a la impressora 3D.

A en Dani Félez per cedir-nos una impressora 3D per imprimir amb ABS.

Al senyor Joan Pallicer, per ensenyar-nos i ajudar-nos en el funcionament de la impressora 3D.

A Fernando Monserrat, propietari de Girodrons, pels consells i ajuda a l'hora de triar i comprar les peces.

A la Mònica Nogué pel reportatge fotogràfic del *drone*.

A totes aquelles persones que ens han donat suport i que, sobretot, han confiat en nosaltres.

“The only way to do great work is to love what you do.”

Steve Jobs, cofundador d'Apple Inc.

## ÍNDEX

1.- INTRODUCCIÓ .....	6
2. – TEORIA.....	8
2.1 – DEFINICIÓ D’UV .....	8
2.1.1 – DEFINICIÓ D’UAV .....	8
2.1.2. – DEFINICIÓ D’UGV.....	9
2.1.3 – DEFINICIÓ D’USV .....	10
2.1.4. – DEFINICIÓ D’UUV.....	11
2.2. – HISTÒRIA DELS UAVS.....	11
2.2.1. – PERÍODE PRE-AVIACIÓ.....	11
2.2.2. – PERÍODE DEL 1910-1920 .....	13
2.2.3. – PERÍODE DEL 1930-1940 .....	14
2.2.4. – PERÍODE ANYS 1950 I 1960 .....	16
2.2.5.– PERÍODE ANYS 1970 I 1980 .....	21
2.2.6.– PERÍODE ANYS 1990 I POSTERIOR.....	24
2.5. – TIPUS D’UAV .....	30
2.5.1. – PER TIPUS DE MISSIÓ .....	30
2.5.2. – PER ORIGEN DE MISSIÓ .....	30
2.5.3. – PER MIDA.....	30
2.5.4. – PER LA FORMA D’OBTENIR LA SUSTENTACIÓ .....	31
2.5.5. – PER LA FORMA DE PROPULSIÓ.....	31
2.5.6. – PER L’ORIGEN DEL DISSENY .....	31
2.5.7. – PER LA FORMA D’ENLAIRAMENT .....	32
2.5.8. – PER LA DURADA DE LA MISSIÓ .....	32
2.5.9. – PER ALTITUD DE VOL .....	32
2.5.10. – PER TIPUS DE CONTROL .....	33
2.3. – ELS UAV AVUI EN DIA .....	33
2.3.1. – A NIVELL MUNDIAL.....	33
2.3.2. – A NIVELL NACIONAL (INICIATIVA PÚBLICA).....	35
2.3.3. – A NIVELL NACIONAL (INICIATIVA PRIVADA) .....	38
2.3.4.- A NIVELL CATALÀ (INICIATIVA PRIVADA) .....	42
2.5. – LEGISLACIÓ ESPANYOLA .....	43

---

3.- PRÀCTICA.....	43
3.1.- OBJECTIS.....	43
3.2.- PECES.....	43
3.2.1 – PECES REQRIDES .....	44
3.2.2.– ELECCIÓ DE LES PECES ADEQUADES .....	49
3.3.- COMPRA .....	59
3.3.1.– LLOCS DE COMPRA I EXPERIÈNCIA .....	59
3.3.2. - PRESSUPOST.....	60
3.4.- MUNTATGE I PROGRAMACIÓ DEL QUADCÒPTER.....	61
3.5.- CRONOLOGIA .....	70
4.- CONCLUSIONS I RECOMANACIONS.....	72
5.- ANNEXOS.....	73
5.1.- CONSELLS PER IMPRIMIR EN 3D .....	74
5.2.- PLÀNOLS.....	76
5.3.- FOTOGRAFIES.....	78
5.4.- VIDEO .....	82
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	83
7.- ÍNDEX D'IL·LUSTRACIONS.....	85

## 1.- INTRODUCCIÓ

Com a estudiants del batxillerat tecnològic interessats en la robòtica i la mecànica ens vam proposar fer un treball de recerca relacionat amb el món de les aeronaus.

No teníem massa clar cap a on tirar i fou a partir de veure notícies relacionades amb els *drones* i adonar-nos de la importància que començaven a tenir que vam decidir construir-ne un.

També estàvem interessats en el món de les impressores 3D. Vèiem que és quelcom molt nou i innovador i amb una gran projecció de futur, tant a nivell empresarial com personal. Això i el fet que el professor de tecnologia ens proposés utilitzar la impressora 3D que acabaven de comprar a l'institut, va fer que ens proposéssim construir un *drone* imprès en 3D.

El que fins ara vèiem com a quelcom molt llunyà, inaccessible per a nosaltres i que només en sentíem a parlar a la televisió i als mitjans, els *drones* i la impressora 3D, de sobte ho tenim a l'abast de la mà gràcies al nostre projecte de treball de recerca.

L'objectiu d'aquest projecte és, d'una banda, introduir-nos en el món de la impressora 3D aprenent a utilitzar-la imprimint la base del drone, i, de l'altra, construir un *drone* operatiu amb aquesta base impresa en 3D.

Anys enrere els vehicles de control remot eren considerats com un passatemps o un hobby. En el cas de les aeronaus eren difícils de manejar i tenien un radi d'actuació molt petit. Avui en dia, això ha canviat moltíssim. Tenim equips de ràdio que cobreixen quilòmetres. El cos s'ha vist reduït, i existeixen models fàcils de controlar que disposen d'un sistema de pilotatge automàtic. Actualment existeixen moltes empreses que inverteixen recursos en l'ús d'aquests vehicles. Un cas clar és el de Hemav, empresa catalana especialitzada en *drones*.

David Riera, cofundador de Hemav, ens va ajudar a enfocar el treball i a perfeccionar les nostres idees, facilitant-nos alguna informació per començar el treball. Això i l'acompanyament del nostre tutor Joan Carol, ens ha servit de guia per realitzar el nostre projecte.

El treball s'estructura en dues parts principals. A la primera s'aprofundeix en els antecedents teòrics i en la història i evolució de les naus no tripulades, UAVs (Unmanned Aerial Vehicle). Des dels seus inicis a finals del segle XIX fins a l'actualitat. La segona se centra en la impressió i construcció del *drone*, en la qual hi trobem el llistat de peces utilitzades, el disseny del *frame*, la guia d'impressió, la compra de les peces i el seu muntatge.



Fig. 1: Quadcòpter DJI Phantom 3.

## 2. - TEORIA

En aquest apartat, es farà l'estudi dels UAV des d'un punt de vista teòric. Donarem definicions dels termes, repassarem la història i els UAV de referència i n'estudiarem els tipus, les funcions i aplicacions, l'impacte a nivell mundial, nacional i comarcal i l'impacte a nivell econòmic actual i futur.

Primer començarem definint que és un UV i els tipus que existeixen:

### 2.1 - DEFINICIÓ D'UV

Les sigles UV corresponen a les paraules angleses *Unmanned Vehicle*, les quals signifiquen "vehicle no tripulat". Per tant, els UV són tots aquells vehicles que funcionen sense ningú a dins, és a dir, que són pilotats de forma externa mitjançant senyals de ràdio, per satèl·lit o fins i tot per cables, com es duia a terme en els inicis. El naixement i desenvolupament d'aquests ha estat per motius bèl·lics i militars, però en els últims anys s'estan aplicant a molts de camps.

Un cop feta la definició d'UV, definirem les quatre grans famílies que existeixen.

#### 2.1.1 - DEFINICIÓ D'UAV

Un UAV, en anglès *Unmanned aerial vehicle*, és un tipus d'aeronau no tripulada. Consta de dimensions mitjanes-grans en l'àmbit militar i de més aviat reduïdes en l'àmbit domèstic, tot i que en trobem una ampla gamma de models i tasques que poden realitzar. Són utilitzats, en un primer moment, per funcions militars (ja sigui de vigilància, espionatge, transport, etc.) pels exèrcits més poderosos i avançats del planeta, però ja fa uns quants anys que s'està treballant la seva aplicació en el món domèstic i la utilització d'aquests en tasques tant quotidianes com un repartiment a domicili.

Per tant, aquestes sigles engloben moltes aeronaus, des d'un globus aerostàtic per recollir dades o un UAV militar d'alta tecnologia.



### **Incís - NOMENCLATURA: DRONE, UAV O UAS**

Sovint, la gent no especialitzada els anomena *drones*, paraula anglesa que, erròniament, dona a entendre que aquests vehicles no tripulats disposen d'intel·ligència artificial i un 100% d'autonomia, quan realment no és així, ja que sempre hi ha algú pilotant l'aparell a distància. Per aquest motiu, des de la Força Aèria dels Estats Units d'Amèrica s'intenta eliminar el terme *drone* per referir-se als UAV.

De totes maneres, el terme *drone* s'ha fet tant extensament popular que únicament perd autoritat en l'àmbit tècnic, i encara no sempre. A nivell col·loquial, el terme es continua i continuarà utilitzant, i sobretot per referir-se als quadrotors, molt de moda últimament.

Un nou corrent dóna suport al fet d'anomenar aquests aparells UAS, sigles que en anglès volen dir *Unmanned Air Systems*, Això perquè darrera d'aquest aparell en concret, el que seria l'UAV, hi ha un gran equip per controlar-lo. Van substituir *Vehicle* per *Systems*. Aquestes sigles són més correctes però entre UAS i UAV no hi ha cap tipus de conflicte d'utilització, fet que sí passa amb el terme *drone*.

#### **2.1.2. - DEFINICIÓ D'UGV**

UGB correspon a les sigles *Unmanned Ground Vehicle*, i significa que el vehicle és de desplaçament terrestre. Són força usats en l'àmbit militar, igual que la resta. La diversitat de mides aquí és força pronunciada, ja que trobem des de petits aparells que actuen en missions de reconeixement fins altres de la mida de tancs destinats a l'atac. En combat s'acostumen a utilitzar d'una mida mitjana destinats al transport de càrregues pesants durant llargs trajectes.

A continuació mostrem dos clars exemples: el BigDog, finançat pels Estats Units i desenvolupat per BostonDynamics, que imita a la perfecció els moviments d'un animal quadrúpede i el cas peculiar, que és l'UGV d'exploració espacial Curiosity, que actualment es troba al planeta mart realitzant missions d'expedició i de recol·lecta de dades.



Fig. 2 i 3: En aquestes fotos podem veure dos tipus diferents d'UGV. A l'esquerra el BigDog i a la dreta el Curiosity, el vehicle que la NASA ha enviat a Mart.

### 2.1.3 - DEFINICIÓ D'USV

Els USV formen part dels dos tipus de vehicles no tripulats que operen en l'aigua. Les seves sigles signifiquen *Unmanned Surface Vehicle*, i ens indiquen que aquests aparells es mouen per la superfície de l'aigua. No són tant populars com la resta d'UV, però també n'hi ha sobretot en el camp de la

ciència, on són utilitzats per recollir dades a alta mar i en el camp militar, on són utilitzats en defensa i exploració. Com a exemple destacable d'USV podem anomenar el Protector, una embarcació provinent d'Israel on custodia les bases navals i altres punts d'interès amb accés al mar.



Fig. 4: En aquesta foto podem veure l' USV Protector.

#### 2.1.4. - DEFINICIÓ D'UUV

D'entre la varietat que es mouen en el medi aquàtic, trobem els UUV, en anglès *Unmanned Underwater Vehicles*. La comparativa més fàcil que podríem fer seria amb la d'un submarí, però no tripulat. Els usos, com en la majoria d'UV, són principalment militars, complint la funció d'observació de les aigües, identificant mines marines o submarins, recollint dades i altres tasques. Tot i això, en el camp de la ciència i la investigació també són utilitzats per arribar a



Fig. 5: En aquesta imatge podem veure el vehicle subaquàtic Double Eagle MK III

llocs molt profunds on les altres pressions impossibiliten l'arribada de submarins tripulats, o per entrar a llocs petits on, per problemes de mida, els submarins actuals no hi passen.

## 2.2. - HISTÒRIA DELS UAVS

### 2.2.1. - PERÍODE PRE-AVIACIÓ

Cercant el primer cas documentat d'UAV, en trobem un de força primitiu, que fou dissenyat i construït pel nord-americà Charles Perley. Registrat a l'oficina de patents d'Estats Units l'any 1863, dos anys abans de la Guerra Civil Americana, l'aparell constava d'un globus d'aire calent amb capacitat per transportar una cistella on hi anava la càrrega explosiva. Tot junt i amb l'ajuda d'un mecanisme de compte enrere, es deixava pujar el globus fins que agafava un corrent d'aire que el conduïa al camp enemic, on es deixava anar la cistella i s'encenien els mecanismes d'activació de les bombes. Tot i els seus errors de disseny i la seva perillositat, ens consta que va ser utilitzat almenys un parell de cops per cada bàndol de la guerra; això sí, amb poc èxit.

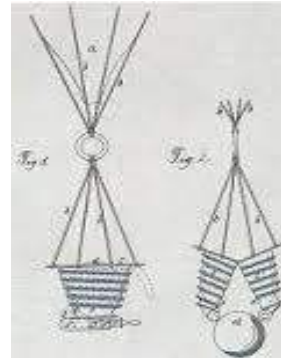


Fig. 6 i 7: A l'esquerra amb una foto que ens mostra la preparació del globus de Perley abans de l'enlairament i a la dreta, el funcionament d'aquest.

El segon cas documentat de la història dels UAV el trobem a Anglaterra, amb el senyor Douglas Archibald l'any 1883. L'aparell es basava en un estel al qual hi havia un anemòmetre, aparell per mesurar la velocitat del vent. Aquests estels els permetia saber la velocitat del vent fins a alçades de 360m. L'any 1887, Archibald li acobla unes càmeres per fotografiar el terreny des de l'aire. Aquest



Fig. 8: En aquesta fotografia podem veure el rostre d'Abner Eddy i l'estel que ell utilitzava per capturar les seves instantànies.

va ser el primer UAV de reconeixement. Aquest aparell és un clar exemple d'UAV: aparell amb molta capacitat de volar (l'estel) de forma autònoma o controlat remotament per un pilot (Douglas Archibald) i amb una funció específica (primer mesurar les velocitats del vent

i després fotografiar el terreny). D'altra banda, la capacitat de l'aparell d'estar a l'aire el temps que Archibald volgués i la seva reutilització del mateix, el converteix en el primer UAV de la història.

Però no és l'únic estel utilitzat d'aquesta manera: l'any 1898, com a conseqüència de la Guerra de Cuba, el periodista i fotògraf William Abner Eddy

va realitzar diverses fotografies de les tropes i escenaris de guerra mitjançant càmeres acoblades a estels.

### 2.2.2. - PERÍODE DEL 1910-1920

Els estels que hem vist anteriorment van ser els predecessors dels primers UAV ja amb un aspecte més semblany als aparells actuals. L'any 1917, durant la Primera Guerra Mundial, l'enginyer i inventor de la *General Motors Company* (GMC), Charles F. Kettering, va dissenyar un biplà no tripulat per l'Exèrcit dels



Estats Units d'Amèrica. La funció del giny, anomenat *Kettering Aerial Torpedo*, era la de carregar un seguit d'explosius, mitjançant un giroscopi i càlculs previs al llançament, portaven el biplà a estavellar-se just a la base enemiga, fent així explotar el carregament.

Fig. 9: *Kettering Aerial Torpedo*, així era l'avió "suïcida" nord-americà.

Tot i que l'invent va ser aprovat pel seu correcte funcionament, i hi ha haver una petita producció en massa, els biplans no varen ser utilitzats perquè la guerra es va acabar.

El mateix any, Ember Ambrose Sperry va desenvolupar, amb la col·laboració



de Glenn Curtis, un UAV per la marina dels Estats Units d'Amèrica. En la majoria de característiques era inferior al *Kettering Aerial Torpedo*. L'invent, anomenat *Sperry-Curtiss Aerial Torpedo*, finalment no va ser produït en massa, tot i el correcte funcionament dels prototips.

Fig. 10: Imatge del *Sperry-Curtiss Aerial Torpedo*. Tenia característiques inferiors al dissenyat per Kettering, però les seves dimensions eren més grans.



### 2.2.3. - PERÍODE DEL 1930-1940

Durant el període d'entreguerres, les potències mundials van invertir en el desenvolupament d'UAV, utilitzant-los com a blancs de combat. També s'utilitzaven per entrenar els pilots de manera realista, per comprovar els sistemes antiaeris de les bases i els vaixells, etc. L'any 1933 la *Royal Navy* va fer un experiment per comprovar si el seu vaixell, equipat amb tecnologia antiaèria, era capaç de destruir un UAV. El resultat va ser que l'UAV va passar moltes vegades per sobre del vaixell i fou d'aquesta manera que van descobrir el seu punt dèbil i el van solucionar.

Aquesta prova i moltes altres han arribat a aportar la informació i la tècnica necessàries per arribar a construir un portaavions com els d'avui en dia.

A l'arribar a la Segona Guerra Mundial, tant els nord-americans com els alemanys disposaven d'UAV en el seu arsenal. El model més important va ser el TDN-1 o *assault drone*, dels nord-americans, el qual disposava d'una càmera de televisió controlada per ràdio per dirigir l'aparell amb la màxima precisió.



Fig. 11: En aquesta imatge veiem el TDN-1 en ple funcionament.

Unes 140 unitats varen ser enviades contra els japonesos, durant la guerra del pacífic. Van tenir força èxit.

Per part del bàndol nazi hi havia la bomba voladora V-1 o, tal i com l'anomenaven els alemanys, l'arma de la venjança (Vergeltungswaffe). Se'n van



Fig. 12: Rèplica del V-1, en la rampa d'enlairament.

construir més de 30.000 unitats i varen ser el primer tipus de míssil de creuer destinat a operacions bèl·liques. Van ser tant eficaces alhora d'abatre els enemics, que el Regne Unit, França i la Unió Soviètica el van copiar per a usos militars.

Els alemanys també van idear un sistema que s'acoblava en els avions tripulats el qual els transformava en UAV. Clars exemples són el Junkers Ju 88 i el Messerschmitt Bf 108, un Vehicle UAV amb les càrregues explosives a l'interior.



Fig. 13: Model del Junkers Ju 88 en ple vol.

Tot i això, aquests dissenys no van tenir èxit i la causa no van ser els problemes tecnològics, sinó la complicada operació que requeria executar per completar l'acció.

Després de la Segona Guerra Mundial, les aplicacions dels vehicles no tripulats es van diversificar i fou gràcies a la millora del dispositius electrònics i dels sensors, com per exemple les càmeres fotogràfiques. Aquests avenços van afavorir l'aparició dels primers UAV de reconeixement. Un dels primers va ser el *Radioplane* Q-1, que equipat amb turboreactor podia operar durant uns 60 minuts.

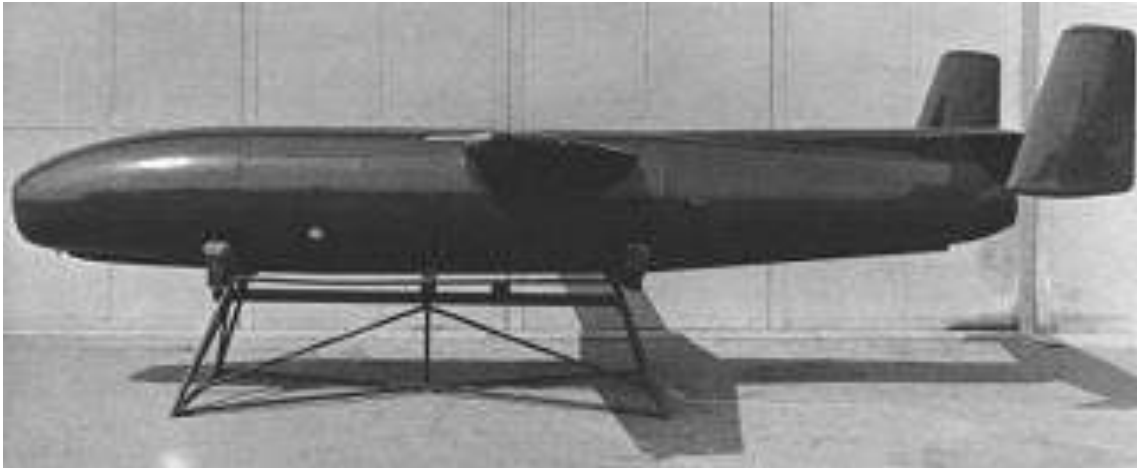


Fig. 14: Imatge del Radioplane Q-1.

#### 2.2.4. – PERÍODE ANYS 1950 I 1960

Durant la Guerra del Vietnam, una de les principals amenaces pels Estats Units eren els míssils terra-aire. Davant d'això van aparèixer els UAV radar, els quals emetien el mateix senyal de radar que els avions nord-americans i d'aquesta manera feien d'esquer. Els enemics llençaven inútilment míssils contra aquestes aeronaus. Un dels UAV radar més famosos va ser el McDonnell ADM-20 Quail.

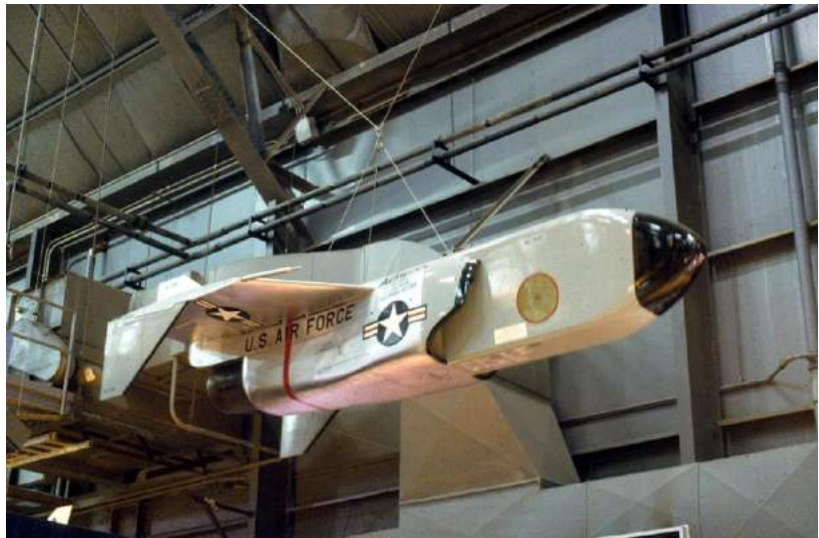


Fig. 15: Model McDonnell ADM-20 Quail.



L'empresa nord-americana Radioplane va ser comprada l'any 1952 per Northrop, i així es va formar Northrop Ventura Division, una important companyia que cooperà amb les Forces Aèries dels Estats Units amb l'objectiu de fabricar objectius antiradars. El més destacat va ser el Northrop MQM-36 Shelduck.



Fig. 16: Model Northrop MQM-36 Shelduck.

Entre altres UAV produïts per aquesta companyia, hi havia el Northrop Ventura XGAM-67 Crossbow. Aquest model destacava perquè podia volar durant 30 minuts, tenia 480km d'abast i



era capaç de volar a la velocitat del so.

Només se'n van construir 14, ja que el programa va ser cancel·lat per investigar en tecnologies més sofisticades.

Fig. 17: Estàtua del Northrop Ventura XGAM-67 Crossbow.

Continuant amb els UAV que desenvolupaven la funció de blancs aeris, ja sigui amb finalitat d'entrenar pilots o per fer saltar els sistemes de defensa aèria enemics, la Companyia Beechcraft va fabricar un gran exponent, l'anomenat MQM-61A o el Model 1001.



Fig. 18: UAV MQM-61A o Model 1001.

D'aquest se'n van fabricar 2.200 unitats, la majoria de les quals van formar part de l'armada (*US Army*) i la marina (*US Navy*) nord-americanes i algunes unitats van formar part de l'armada espanyola.

L'empresa *Northrop Ventura* va continuar amb el seu desenvolupament. La seva gran novetat va ser el AQM-38, una versió molt diferent, més petita i lleugera i amb més prestacions que el Crossbow. Se'n van construir 2.000 unitats.



Fig. 19: L'AQM-38 va ser una gran aposta nord-americana, ja que tenia una gran relació preu/qualitat.

Mentre Northrop, Beechcraft i altres companyies llençaven al mercat militar els seus UAV de combat aeri, l'empresa nord-americana Lockheed seguia dissenyant prototips des de finals dels anys 40. Un disseny d'aquests prototips va ser venut a l'armada dels Estats Units el 1963. El model s'anomenava AQM-60 i el seu aspecte era molt diferent al dels UAV llençats anteriorment. Aquest UAV pesava 3,6 tones i arribava a velocitats properes a *Match 4.5*, és a dir 4 vegades i mitja la velocitat del so.



Fig. 20: El model de Lockheed anomenat AQM-60, trencava la línia de disseny establerta fins aleshores.

Novament apareix Northrop amb un nou model de *drone* que té el mateix objectiu que els últims, però aquest està format per un cos molt llarg i aerodinàmic, molt semblant al model anterior de Lockheed. Les versions funcionals arribaren després d'unes quantes millores del prototip base, anomenat finalment Q-4B.



Fig. 21: Northrop, amb el Q-4B va seguir la línia aerodinàmica que va començar Lockheed amb l'AQM-60.

A finals dels anys 60, l'armada nord-americana aposta per un nou tipus de *drone* enfocat cap a missions espia, l'anomenat AQM-34 Ryan Firebee. Fabricat a partir de UAV antiaeris modificats, aquest UAV s'utilitzava per recaptar informació sobre els enemics amb l'ajuda de diversos sensors d'ones de radar, etc. Se'n crearen prop de 1.000 unitats de les quals, més del 83% van ser recuperades i tornades a utilitzar (portava sistema de paracaigudes perquè les dades no es malmetessin). Van utilitzar-los majoritàriament en missions a la península d'Indoxina, durant la Guerra del Vietnam.

Una de les peculiaritats d'aquest *drone* és el fet que era llençat i pilotat des d'un avió, i no des de terra ferma. En la següent imatge el podem veure amb la seva particular pintura de tauró, comú en aquest model, però amb variacions fetes pels soldats.



Fig. 22: Imatge aèria del AQM-34

Finalment, torna Lockheed amb un nou model d'UAV encarregat per la CIA, anomenat Lockheed D-21, per complir missions d'alt risc d'espionatge. Algunes de les característiques més destacables eren la seva velocitat, propera al *Match 4*, i la pintura antiradar que utilitzava, la qual fou predecessora de les



Fig. 23: Model D-21 fabricat per Lockheed.

pintures actuals per aquesta finalitat. Únicament se'n construí una unitat, i després de realitzar tres intents de vol sense èxit, en un quart intent va desaparèixer a la selva, d'on no en varen poder recuperar les restes.



Al llarg de la dècada dels 60, amb la popularització dels helicòpters, van aparèixer els primers UAV basats en un o diversos rotors per tal d'aconseguir la sustentació. Es van aplicar a la indústria militar. Un exemple va ser la creació



del QH-50 DASH, un UAV basat en un rotor i equipat amb càmeres amb el que examinaven les aigües properes als vaixells militars per detectar possibles submarins enemics.

Fig. 24: Aquest model fou dels primers UAV d'ala rotatòria d'aquest tipus.

### 2.2.5.- PERÍODE ANYS 1970 I 1980

En aquest període van sorgir diferents usos pels UAV i la indústria va enfocar de forma diferent el disseny i construcció d'aquests. Mentre que als anys cinquanta i seixanta es buscava més la velocitat, en aquesta nova època es busca més el disseny aerodinàmic, la maniobrabilitat i la construcció amb materials compostos, com per exemple la fibra de carboni o la fibra de vidre.

Primer ens trobem amb el cas d'Israel, els quals van comprar de forma clandestina dotze unitats dels *drones* Ryan Firebee degut al seu bon



funcionament als Estats Units. Els enginyers israelites modificaren força aquests aparells, rebatejant-los com a Firebee 1241, per utilitzar-los a la guerra que mantenien contra Egipte i Síria. Un dels usos diferents que li van donar va ser el d'esquer, funció no molt utilitzada abans amb UAV.

Fig. 25: Exempler de Ryan Firebee rebatejat com a Firebee 1241

Es va donar el cas en que un avió de comunicació i intel·ligència dels Estats Units (COMMINT) va ser abatut quan sobrevolava el Mar Groc, matant a tota la tripulació. Davant d'aquesta situació, els militars americans contractaren a la companyia Ryan Aeronautics, la mateixa que creà els famosos Ryan Firebee, per crear un UAV capaç d'exercir d'avió pel servei COMMINT.

Això va portar a fer unes modificacions en l'anterior model Firebee, on li



afegiren la capacitat d'escoltar i emetre ones de ràdio i la incorporació d'una càmera de 136kg de pes que podia fer fotografies aèries des de 18.000 peus d'alçada (18000ft). Aquest nou *drone* el batejaren com a Ryan 147.

Fig. 26: Imatge on podem veure el Ryan SPA 147.

L'any 1984, a causa d'una fusió de grans companyies, es creà l'empresa Mazlat Ltd., amb l'objectiu de construir un nou UAV encarregat pels Estats Units i Israel. Aquest nou *drone*, anomenat Pioneer, fou una revolució en tots els sentits i ja quasi podríem parlar del primer UAV semblant, tant en aspecte (forma, etc.) com en prestacions als actuals.



Fig. 27: Model real de Pioneer exposat al *Smithsonian Museum*, a Washington, Estats Units d'Amèrica.

Pioneer estava format per una doble cua, dos estabilitzadors verticals i una disposició de les ales convencional. El tren d'aterratge estava format per un tricicle i era fix. Una de les novetats més importants fou la seva construcció amb materials tant diversos com la fibra de vidre, la fibra de carboni, el *Kevlar*, l'alumini i la fusta de balsa. Gràcies a la lleugeresa dels seus materials, podia carregar amb un pes de 40 kg, sovint armes o objectes per emergències.

La propulsió estava donada per un motor dos temps que solidaritzava un aparell motor de 26 cavalls de vapor (26HP), alimentat per un dipòsit de 47 litres de gasolina de 100 octans. Amb una autonomia de vol d'unes 5.5 hores, podia volar mitjançant pilot automàtic, assenyalant-li un patró definit a seguir o controlant-lo des d'una estació de terra anomenada *Ground Control Station* (GCS). Per mantenir el contacte amb l'aparell es requeria d'una Tracking Control Unit (TCU) per monitoritzar en qualsevol moment l'estat de l'UAV.

La línia en la que treballaven era a prova de furts i interferències mitjançant encriptació de dades, però per si en algun moment la línia es perdia, tenia pre-programat el camí de tornar a casa. L'abast total de l'aparell era de 185km. Dues persones soles podien muntar-lo i desmuntar-lo en poc temps. S'utilitzava una rampa de llançament per realitzar els enlairaments i aterrava sense dificultats.

Els Estats Units van rebre una gran primera comanda, que va ser utilitzada en tots els estaments de les forces militars americanes (armada, marina, etc.) i sobretot en la Guerra del Golf l'any 1991, on més de 300 *drones* participaren en diferents missions.



Fig. 28: Model de Pioneer sent revisat per oficials de la Marina dels Estats Units d'Amèrica.

### 2.2.6.- PERÍODE ANYS 1990 I POSTERIORIS

Durant els anys 90, la tecnologia per desenvolupar UAV redueix el preu i, juntament amb altres tècniques i mètodes, aquesta ciència va creixent arreu del món iniciant-se en noves nacions. Un nou tipus d'UAV creix amb força: els multi-rotors. Aquests acompanyen l'expansió de la creació i ús de *drones* únicament per a fins civils.

El primer UAV del qual parlarem està dissenyat i construït a l'Iran, un país al qual no acostumem a veure en aquest tipus d'armament militar però que també tenen els seus projectes. El seu aparell s'anomena Ababil, i consta d'un fusellatge tubular amb unes petites ales, que ens recorda a un coet alat. És utilitzat per l'Iran en missions de camp, però pocs detalls en tenim d'aquest aparell a causa de l'hermetisme que el país guarda amb els seus projectes d'investigació militar.



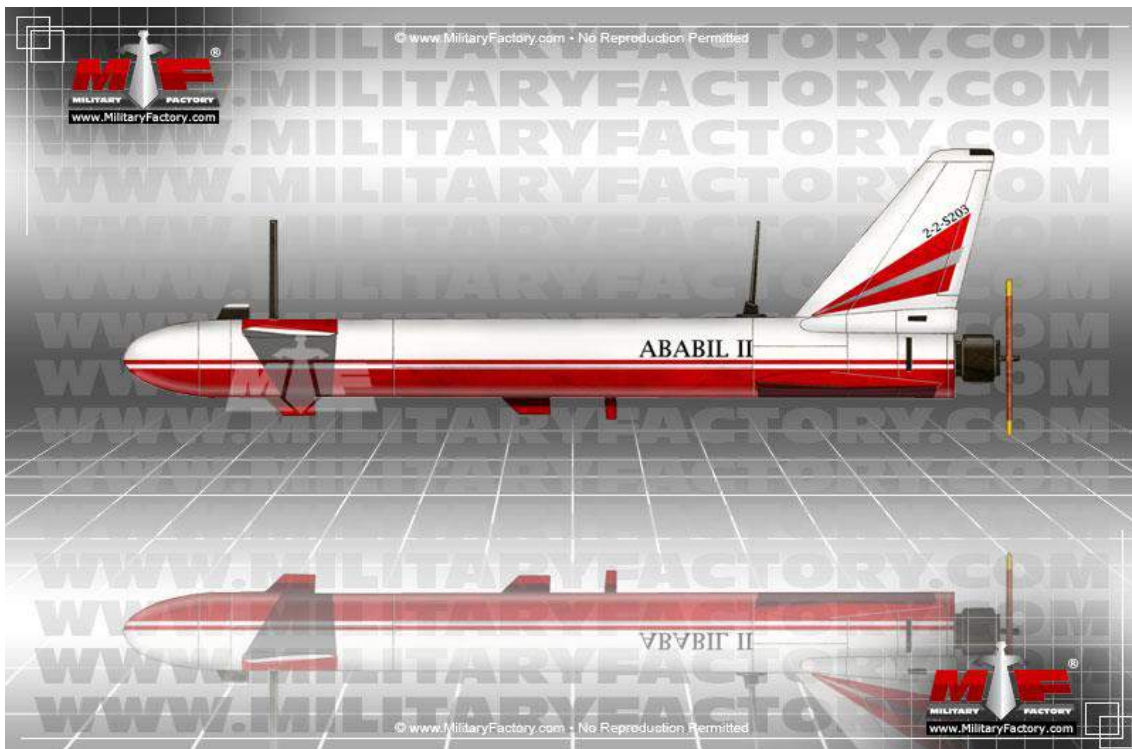


Fig. 29: Una de les poques imatges del UAV iranià Ababil.

Un dels primers UAV d'ús civil que trobem és la proposta d'Israel anomenada Firebird 2001. Aquest *drone*, equipat amb càmeres tèrmiques i GPS molt precís, serveix per monitoritzar els incendis forestals i els focus perillosos o punts calents. Les proves durant la construcció i disseny es van dur a terme a Montana, Estats Units d'Amèrica, pel departament d'Agricultura del mateix país. L'aparell disposa d'una autonomia de 6 hores operant a uns 4.570 metres d'alçada.

En temes de tecnologia, i sobre tot militar, Israel i els Estats Units comparteixen sovint materials, tal i com vam poder veure amb el Pioneer i com veiem per



segona vegada amb aquest UAV amb vocació de bomber.

Fig. 30: En aquesta imatge podem veure el UAV bomber.

Un altre tipus d'UAV, anomenat Pathfinder, pertany a una sèrie de *drones* desenvolupats per la NASA en col·laboració amb AeroVironment Corporation, on també hi trobem els Helios i el Centurion. Aquests aparells tenen la finalitat d'estudiar el clima amb l'ajuda de sensors ultra-sensitius (higròmetres, anemòmetres, indicadors de contaminació, etc.). Una de les seves peculiaritats és que estan formats per una sola ala la qual, recoberta per cèl·lules solars fotovoltaïques, alimenta els motors.

Com a característica principal ens trobem amb un vol lent, aproximadament entre 24 i 40 km/h. El rècord d'alçada d'un avió propulsat per energia solar el té el Pathfinder amb 20.528m l'any 1997. L'amplada d'ala a ala d'aquest últim és de 30m, que es queda petita si la comparem amb els 75 m. que té l'Helios, més que el Boing 747. Malauradament, l'Helios es va estavellar a l'oceà Pacífic l'any 2003.



Fig. 31 i 32 : A la imatge superior tenim el model de 30m d'envergadura i a la imatge inferior el model de 75m d'envergadura.

A continuació ens trobem amb el *drone* més famós arreu, conegut com el RQ-1 Predator, o simplement Predator. Projecte iniciat pels Estats Units l'any 1996 i amb un cost de \$40 milions per a cada equip. Forma la columna vertebral de l'equip dels UA de les USAF. Pel control de l'aparell es necessiten almenys tres persones: un pilot, que controlarà l'aparell amb l'ajuda d'un *joystick* (comandament de ràdio control) i un conjunt de càmeres i pantalles per veure



el voltant de l'aparell en temps real.

Les altres dues persones controlaran la informació que arriba dels sensors. L'equip complet de control de l'aparell consta de 55 persones.

Fig. 33: La cultura popular, especialment la indústria cinematogràfica i els videojocs s'han encarregat de donar-li un fort protagonisme al Predator nord-americà.

El Predator pot ser controlat fins a 730km de distància i té una autonomia d'entre 14 i 16 hores. El canal de connexió amb l'estació de control es realitza per ràdio o per connexió per satèl·lit.

El disseny original ha tingut moltes modificacions, per exemple van provar d'instal·lar-hi uns míssils antitancs, i davant el seu bon funcionament, els van instal·lar també a les següents comandes.



Fig. 34: Reaper llançant 2 míssils.



Una de les modificacions més importants ha estat una ampliació de la bodega per poder transportar molt més armament; això va suposar redissenyar tot l'aparell. Així va néixer, l'any 2007, el MQ-9 o Reaper, el qual és molt més gran que el Predator original i la seva principal funció és el transport d'armes, tot i que també equipa armament, principalment míssils.

L'últim *drone* d'aquesta secció és el Northrop-Grumman RQ-4, o més conegut com a Global Hawk. Desenvolupat als Estats Units l'any 2001 per Teledyne Ryan, va ser absorbit pel grup Northrop-Grumman. El Global Hawk és un UAV de reconeixement, capaç de recollir informació i identificar objectius. Tot i ser encara en fase experimental, va ser utilitzat a la Guerra d'Afganistan, i actualment és utilitzat pels exèrcits nord-americans, alemanys i la USAF\*. També s'està desenvolupant una versió especial per la marina dels Estats Units, equipant l'aparell amb eines molt més enfocades a temes navals.



Fig. 35: En aquesta imatge podem apreciar les grans dimensions del Global Hawk de Northrop-Grumman.

## **2.5. - TIPUS D'UAV**

Podem distingir diversos tipus d'UAV. Hi ha diferents classificacions depenent dels factors que es tenen en compte.

### **2.5.1. - PER TIPUS DE MISSIÓ**

Pot ser:

- Reconeixement/ Observació
- Blanc aeri
- Combat
- Investigació científica
- Salvament
- Anti-incendis
- De transport

### **2.5.2. - PER ORIGEN DE MISSIÓ**

Pot ser:

- Civil
- Militar

### **2.5.3. - PER MIDA**

- Gran
- Mitjà
- Petit
- Micro UAV

**2.5.4. – PER LA FORMA D'OBTENIR LA SUSTENTACIÓ**

Pot ser:

- Més pesat que l'aire
  - Ala fixa
  - Ala rotatòria
    - Helicòpter
    - Multicòpter
- Menys pesat que l'aire
  - Dirigible
  - Globus aerostàtic

**2.5.5. – PER LA FORMA DE PROPULSIÓ**

Pot ser:

- Alternatiu
- Turbina
- Elèctric

**2.5.6. – PER L'ORIGEN DEL DISSENY**

Pot ser:

- Disseny original
- Modificació del model anterior

**2.5.7. – PER LA FORMA D'ENLAIRAMENT**

Pot ser:

- Des de pista
- Des de catapulta
- Llençats a mà

**2.5.8. – PER LA DURADA DE LA MISSIÓ**

Pot ser:

- Llarga durada (LE- *Long Endurance*)
- Mitja durada (ME – *Medium Endurance*)
- Curta durada (SE – *Short Endurance*)

**2.5.9. – PER ALTITUD DE VOL**

Pot ser:

- Cota alta (HA – *Hight Altitude*)
- Cota mitjana (MA – *Medium Altitude*)
- Cota baixa (LA – *Low Altitude*)



### 2.5.10. - PER TIPUS DE CONTROL

Pot ser:

- Autònom adaptatiu ( 100% independent)
- Monitoritzat ( l'operador no controla l'aparell, pren decisions per ell)
- Supervisat ( gran part del control per part de l'operador )
- Autònom no-adaptatiu ( segueix una rutina establerta que no pot modificar)
- Comandament directe (R/C)

### 2.3. - ELS UAV AVUI EN DIA

Els UAV, gràcies als avenços en tecnologies d'aquests tipus durant els últims anys, han esdevingut un fort corrent a tot el món. Abans solament es tractava d'un camp intervingut per militars, els quals utilitzaven les tecnologies de vehicles no tripulats en situacions bèl·liques.

Però, avui en dia s'ha estès a tots els camps de la població i ha entrat poc a poc a la vida quotidiana de qualsevol ciutadà del primer món. Segur que poca gent encara no ha sentit a parlar "d'aquella mena d'helicòpters amb càmera" , els anomenats *drones* o multi-rotors, que segur que alguna vegada han vist a la televisió o per la seva ciutat realitzant vols.

#### 2.3.1. - A NIVELL MUNDIAL

Novament parlem de l'impacte de les tecnologies UAV en el panorama internacional. Molt capital està essent destinat a la potenciació, estudi i millora d'aquestes tecnologies per àmbit civil, així com una gran publicitat per donar els productes a conèixer a la població. Així és com empreses ja consolidades com la xinesa DJI i la francesa Parrot continuen aportat novetats i nous models.

Aquestes grans empreses donen a conèixer els seu productes en fires importats com el CES de les Vegas.

## UNMANNED SYSTEMS AL CES 2015

CES són les sigles en anglès de Consumer Electronics Show. És una fira de nivell mundial que se celebra a Las Vegas, Estats Units, el mes de gener. En l'edició del 2015, un dels principals protagonistes han estat els “*Unmanned Systems*”.

Els estands relacionats amb el tema *drones* i UAV estaven tota l'estona plens de gent, observant les nombroses demostracions i exposicions de models. Els dos punts forts a destacar que promovien els fabricants eren l'autonomia i la capacitat de fer fotografies amb alta resolució.



Fig. 36: Gran aglomeració de gent en el CES 2015



Fig. 37: Estand de DJI al Ces 2015, observem un multicòpter al centre de la imatge.



Fig. 38: Estand de Parrot al CES 2015, observem quatre quadrcòpters volant simultàniament i podem llegir que els *drones* son capaços de gravar en alta resolució.

### 2.3.2. – A NIVELL NACIONAL (INICIATIVA PÚBLICA)

Dins el camp de l'aeronàutica espanyola, tenim com a representant oficial l'anomenat INTA, sigles provinents de *Instituto Nacional de Tecnologias Aeroespaciales*, que són els responsables de dos UAV força importants dins el panorama nacional i internacional.

Apart, des del Ministeri de Defensa, en concret l'exèrcit de l'aire, s'ha fundat una nova escola de caràcter oficial per a vehicles no tripulats, anomenada *Escuela de Sistemas Aéreos No Tripulados*. Ofereix formació en el control de UAS (ja no parla d'UAV solament, sinó de tots els sistemes que l'envolten). La nova escola està situada a la base de Maticán i ofereix dues titulacions: una per UAV el pes total d'enlairament dels quals sigui inferior a 150Kg i una segona per aquells que superin els 150Kg.

### 2.3.2.1.– INTA SIVA

A nivell del panorama espanyol, podríem dir que el sector UAV està naixent. L'estament militar del país va començar a invertir en I+D en temes d'UAV l'any 1988, però no va ser fins 18 anys més tard, l'any 2006, que quatre unitats d'UAV van ser entregades a l'exèrcit de terra. Anomenats SIVA, provinents de les sigles *Sistema Integrado de Vigilancia Aérea*, ens trobem davant d'un vehicle força complet, però tot i així amb algunes limitacions, com per exemple que la comunicació entre base i pilot és per via de radiofreqüència; aquesta característica limita el seu abast.

El SIVA té la capacitat de, després de marcar uns objectius i paràmetres d'una missió específica, portar-la a terme de forma absolutament autònoma, és a dir, sense intervenció humana. Això, sumat a que el 2013 s'hi va afegir un sistema d'enlairament i aterrament autònom, li donen al SIVA unes característiques úniques. Dins del seu equipament també incorpora càmeres d'alta definició, càmeres d'infraroig i radars d'obertura sintètica\*.



Fig. 39: En la imatge, podem observar el SIVA i la seva plataforma d'enlairament. El camuflatge de l'aparell és de les mateixes tonalitats que les de l'entorn.

### 2.3.2.2.- INTA MILANO

Després de l'èxit del primer UAV SIVA, l'INTA va començar un nou projecte anomenat Milano, on utilitzant les mateixes tecnologies desenvolupades per ells, milloren i corregeixen els errors del primer model. El projecte Milano neix a partir de voler crear un sistema aeri no tripulat capdavanter a nivell mundial. És presentat com a un sistema i no és només un vehicle no tripulat, sinó que engloba tots els components dels quals consta un UAS\*.

Les novetats del disseny del Milano respecte el SIVA són les següents: dobla l'envergadura ( de 5,8m a 12,5m), millora la velocitat en 50km/h i dobla l'alçada en la qual és operatiu (de 4.000m a 8.000m). Però les més importants són que la carga útil puja fins als 200kg, fet que dóna la possibilitat de transportar materials (entre d'altres, armes); l'autonomia, la qual era de 6,5h al SIVA i augmenta fins a 20h en el nou model i destacar la comunicació amb la base de control per via satèl·lit. Aquest últim fet dóna lloc a poder controlar l'UAV des d'Espanya, on es troben les bases de control. L'aparell pot operar arreu del món, sense interferències, anomenades *jammings*, en la senyal.'

En un article de la revista Quo, Jaime Cabezas, cap del projecte Milano, parla de l'aparell. Indica que un dels possibles usos, a més del reconeixement i la recollida de dades, sigui la guerra. Explica que l'UAV és capaç de muntar tot tipus d'aparells militars i armes, així com càmeres d'identificació d'objectius, d'alta definició, etc. Cabezas iguala el projecte Milano a d'altres tant importants com els Predator o Reaper americans, dues referències en el món dels vehicles no tripulats.

Parla de les múltiples funcions del vehicle, entre les quals nombra control de fronteres, control de collites, seguiment d'incendis forestals o qualsevol tipus d'emergència. Exemplifica que en l'accident nuclear al Japó l'any 2011, a la central de Fukushima, es van utilitzar UAV per supervisar la zona i altres tasques davant la perillositat d'enviar-hi humans.





Fig. 40: Construcció i desenvolupament del Milano als hangars del INTA.

### 2.3.3. – A NIVELL NACIONAL (INICIATIVA PRIVADA)

Tot i tenir dos fortes referències per part dels organismes i instituts oficials de l'Estat, les empreses privades espanyoles no es queden enrere. No produeixen sistemes amb la complexitat del Milano, però focalitzen la seva investigació i producció de UAV de vida mitjana i llarga durada, la gran majoria amb la finalitat de controlar des de l'aire, de reconeixement, etc.

#### 2.3.3.1.– ATLANTE

ATLANTE és un projecte dut a terme per Cassidian España, una derivada de la gegant EADS, on hi col·laboren altres empreses com INDRA, GVM i Aries. Tot i això entre empreses subcontractades i proveïdors, donen treball qualificat a unes 500 persones.

ATLANTE són les sigles provinents de *Avión de Largo Alcance No Tripulado Español*. És un sistema format per l'UAV en concret i l'equip que el recolza amb la capacitat ISTAR, fet pel qual l'Exèrcit de Terra Espanyol va decidir adquirir per complementar els serveis del SIVA.

Les capacitats de l'aparell són diverses, així doncs pot ajudar tant en combat, realitzant identificació de blancs, millora en la precisió de tir, etc. com en funcions de vigilància i civils.



Fig. 41: ATLANTE en funcionament.

### 2.3.3.2.– PELÍCANO

Pelícano és el projecte que encapçala l'empresa INDRA, on un equip de quatre helicòpters i una estació de control formen una vigilància de 24 hores seguides.

Aquest projecte és perfecte per a llocs on l'enlairament per pista no és possible. Al ser un helicòpter, conta amb la capacitat d'enlairament i aterrament en vertical. Per exemple, un dels usos seria el naval, donada la impossibilitat de crear vaixells amb pista que no siguin excessivament cars.



Fig. 42: Pelícano de INDRA en ple vol.

### 2.3.3.3.– CENTAURO

Segon helicòpter UAV que ens trobem dins aquest apartat, el projecte Centauro esta desenvolupat per l'empresa TekPlus Aeronautics, amb seu a Pontevedra, Madrid i Sevilla. És molt semblant al Pelicano tant en aspecte com en prestacions, amb la capacitat de seguiment de diferents objectius i la d'emetre en temps real vídeo d'infraroig i d'alta definició.



Fig. 43: En aquesta imatge podem veure quatre exemplars del Centauro dins del seu hangar.

### 2.3.3.4.– FULMAR

Fulmar és el projecte desenvolupat per Thales i AeroVision. Anunciat com a producte 100% espanyol, Fulmar és un UAV d'ala fixa de dimensions petites, amb un pes d'uns 20kg. Té una autonomia d'entre 6 i 8h i la capacitat de transmetre imatges en directe, enfocat al control per aire de fronteres, civils, etc. S'enlaira des d'una rampa d'enlairament mòbil i aterra en una xarxa que es munta en uns 20 segons. Aquest UAV és perfecte per les utilitzacions esporàdiques.



Actualment aquest projecte està en funcionament a Malàsia, on realitza labors de vigilància fronterera.



Fig. 44: En la imatge podem veure el Fulmar en la seva plataforma d'enlairament. Aquest color tant intens té com a finalitat poder veure el fulmar sobre l'aigua, ja que sura a sobre d' aquesta superfície.

### 2.3.4.- A NIVELL CATALÀ (INICIATIVA PRIVADA)

#### 2.3.4.1.- HEMAV

HEMAV és una empresa catalana amb seu a Castelldefels que es dedica a l'anàlisi de dades amb els seus multicòpters. Aquests *drones* ajuden a solucionar els problemes que els seus clients els plantegen. En la seva pàgina web podem veure els principals serveis que ofereixen. Són els següents: tenen UAV especialitzats en el món audiovisual, aquests disposen de càmeres de gran qualitat per poder fer grans vídeos i bones fotos; disposen de *drones* que examinen els camps i ajuden a fer-los més productius. Un altre tipus d'aeronau equipada amb una càmera tèrmica és capaç de controlar la temperatura de les xarxes elèctriques per evitar incendis i curtcircuits; tenen un multicòpter capaç d'extreure dades topogràfiques del terreny, aquest també s'utilitza per extreure dades del terreny abans de ser edificat; i per últim disposen d'un UAV que elabora un mapa multiespectral per saber l'aigua que hi ha en les diferents capes del terreny.



Fig. 45: En aquesta imatge podem observar el hexacòpter dedicat a l'àmbit visual d' HEMAV i el logotip de l'empresa.

## **2.5. - LEGISLACIÓ ESPANYOLA**

Respecte la nova legislació que tanta polèmica ha portat aquests últims mesos a Espanya, el Govern ha declarat que per poder operar amb *drones* s'ha d'obtenir un carnet previ que acrediti que l'operador té els suficients coneixements teòrics i de seguretat per portar a terme el vol sense accidents.

Les multes si t' enxampen pilotant un *drone* de forma il·legal poden anar des de 3.000€ fins a 60.000€.

La controvèrsia sorgeix de que la llei diu que l'ús de *drones* per a fins comercials o per extreure'n benefici econòmic està prohibit. Els problemes han sorgit perquè des de feia quatre o cinc anys, fotògrafs, publicistes i altres professionals ja havien comprat tot l'equipament necessari, el qual no és gens econòmic.

En el nostre cas, no estariem afectats per aquesta legislació, perquè el nostre quadcòpter no està considerat com a *drone*, ja que no té una finalitat comercial.

## **3.- PRÀCTICA**

En aquest treball de recerca, a més de realitzar un estudi sobre el panorama UAV a diferents nivells, la seva història i el seu funcionament i parts, un dels objectius era fabricar un UAV del tipus multi-rotor, en concret un quadcòpter.

### **3.1.- OBJECTIS**

Els objectius en la part pràctica del treball són construir un quadcòpter funcional de mida petita incorporant en aquest procés la impressora 3D. La idea és imprimir el cos del quadcòpter amb la impressora i muntar-lo per tal d'aconseguir que voli.

### **3.2.- PECES**

La primera part del treball és conèixer de quines peces precisem per la construcció de l'aparell.

### 3.2.1 – PECES REQURIDES

A continuació nombrarem i comentarem el tipus de peces que necessitem per la construcció del quadcòpter bàsic.

#### **MARC**

El marc, en anglès *frame*, és el suport físic on muntarem tota la resta de peces del nostra UAV. El *frame* és la part estructural, l'esquelet del *drone*.

Els materials amb els quals és construït varia segons les prestacions que se li vulguin donar, segons el pressupost que est tingui, el pes que hagi de suportar, etc. Però es caracteritzen per ser materials resistents i lleugers, com l'alumini, la fibra de vidre i la fibra de carboni, apart d'altres materials compostos.

El *frame*, en el cas dels multicòpters, indica quants braços té. Per tant, el nostre estarà format pel nucli, on hi anirà la placa de control de vol, i quatre braços amb un motor a cada extrem.

#### **PLACA DE CONTROL DE VOL**

La placa de control de vol és el nucli de software del nostre aparell. Ella és la que rep les dades del comandament i processa la informació per enviar-la als motors passant pels ESC.

També consta de diverses tecnologies, com una sèrie de giroscopis que en tot moment envien dades sobre l'orientació, inclinació i moviment del *drone*, per així corregir els moviments en cas que surtin els paràmetres anteriorment definits.

Les característiques importants de la placa han de ser, per exemple, el nombre d'entrades que té, el nombre de sortides, quants motors pot controlar, si té sortida d'alimentació elèctrica per a llums externes, quants sensors té i de quina qualitat i precisió són, etc.

Un altre punt important és la quantitat de memòria RAM i potència dels nuclis de processament, ja que les dades exteriors han de ser processades a altes velocitats per tal d'aconseguir una resposta ràpida i un bon control.

La placa de control de vol també és la que controla les direccions dels motors.

En el nostre quadcòpter dos motors roden en sentit horari i els altres dos en sentit antihorari per a una millor estabilitat. Per tal que es mogui cap als laterals, amunt, avall, etc., també regula quins són els motors que han de girar més ràpid i quins més lent.

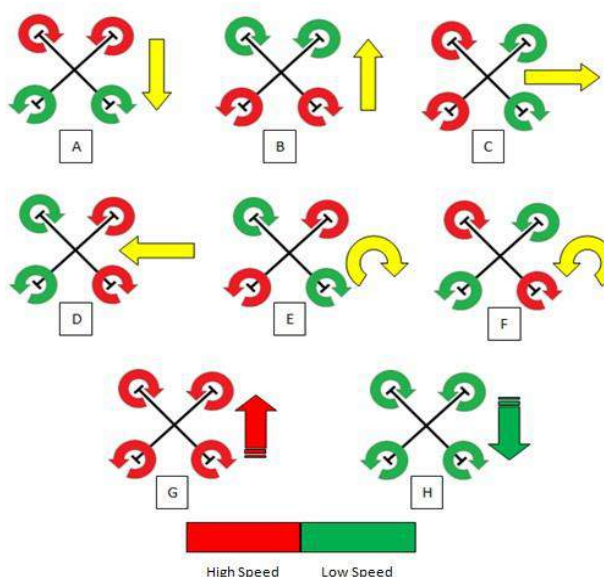


Fig. 46: Taula de moviments del quadcòpter

## CABLES DE DISTRIBUCIÓ DE CORRENT

Conjunt de cables on l'entrada arriba directament des de la bateria i aquesta distribueix la potència en quatre connexions positiu/negatiu, per a cada ESC.

## BATERIA

La bateria és una de les parts més importants del quadcòpter ja que aquesta determina la potència, depenent de la descàrrega que aquesta dona, mesurada en Columbus (C) i l'autonomia de vol, directament proporcional a la capacitat d'emmagatzemat d'energia, mesurada en mAh.

Per altre banda, també és important saber quantes cel·les té la bateria (*cells* en anglès), ja que d'això dependrà la tensió que aquesta proporcioni. Cada cel·la dona 3,7V, així doncs només cal multiplicar aquest valor pel nombre de cel·les de la bateria per saber la tensió total de sortida.



Per últim, cal estar atent a l'hora d'escollir la bateria donat que un dels factors més importants, a més dels esmentats anteriorment, és el pes. Si escollim una bateria amb molta capacitat (per exemple 5000mAh) però no tenim en compte que els nostres motors no podran aixecar tot el conjunt a causa del pes, el *drone* no volarà.

## ESC

Els ESCs són una altre part fonamental dels *drones*. Format per les sigles de l'anglès Electronic Speed Controller, són els encarregats de, un cop rebuda la informació enviada pel comandament i processada per la placa de control de vol, determinar a quina velocitat giren els motors. Està format per transistors i, en els utilitzats en quadcòpter, dona tres línies de corrent pel motor *brushless*, que es trifàsic.

Els paràmetres en que es basa la classificació dels ESC és el màxim de corrent que poden suportar. Es mesura en ampers (A) i com més alt sigui el nombre, més potents són i poden alimentar motors més grans.

## MOTORS

Els motors més utilitzats en aviònica i aeromodelisme són motors *brushless*. Els avantatges són diversos, per exemple la disminució de fricció redueix les pèrdues de calor, la velocitat de rotació és més elevada ja que no té limitacions mecàniques, amb menys corrent treus més potència, entre d'altres. Com a punts negatius, esmentar que el cost és més alt i el control ha de ser mitjançant circuit electrònic, que acostuma a ser car i complex.

La diferència entre aquests motors i un motor convencional és que els convencionals funcionen amb corrent continu (DC, de l'anglès *direct current*) i aquest, a diferència, funciona amb corrent altern (AC, de l'anglès *alternating current*).

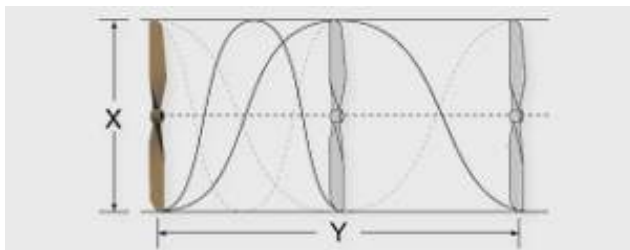
Apart dels valors coneguts dels motors, com per exemple la potència en  $W$ , en aquest treball s'ha descobert una altra magnitud, anomenada  $Kv$ . Els  $Kv$  són la multiplicació entre les revolucions per minut ( $rpm$ ) i el voltatge ( $v$ ). Per tant, el valor mesurat en  $Kv$  serà el valor dels cicles que fa un motor a  $1V$  de tensió. Per exemple, si tenim un motor de  $1000Kv$  funcionant a  $12V$ , sabem que està rodant a  $12.000$  revolucions per minut, tot i que sempre acostuma a ser una mica menys per les pèrdues d'energia en calor dissipada.

## HÈLIX

Les hèlix, com totes les peces en aquesta llista, són bàsiques pel nostre *drone* i un error en elles podria suposar una gran pèrdua de precisió i control, entre d'altres.

Primerament s'ha de tenir clar que, de les quatre hèlix que utilitzen els quatre motors en un quadcòpter, dues giren en sentit horari i les altres dues giren en sentit antihorari, per aconseguir així l'estabilitat en l'aire i que les quatre propulsin l'aire cap a la mateixa direcció. Així doncs, es precisa de dos models diferents: un oposat de l'altre. Els models s'anomenen  $CW$ , que ve de l'anglès *clockwise*, i que significa sentit horari; i  $CCW$ , que ve de l'anglès *counter-clockwise*, que significa sentit antihorari.

Apart d'aquests dos models, hi ha dos paràmetres que són claus a l'hora d'escollir els *propellers* (hèlix en anglès) adequats. Són la llargada de l'hèlix, de punta a punta i mesurada en polsades ( $inch$ ) de forma més comuna i per altra banda el *pitch*, que és un valor que ens diu la distància que recorreria l'ala en



una revolució. Aquest valor està directament lligat amb el grau de curvatura de la peça, i per entendre-ho millor utilitzarem una imatge.

Fig. 47: En aquesta imatge podem veure el diàmetre, eix X i el pitch, eix Y.

En la imatge de dalt podem veure que la X pertany a la llargada de l'hèlix i la Y a la distància recorreguda per cada cicle (pitch). A la imatge inferior podem veure les diferències entre unes hèlix de gir horari i de gir anti-horari

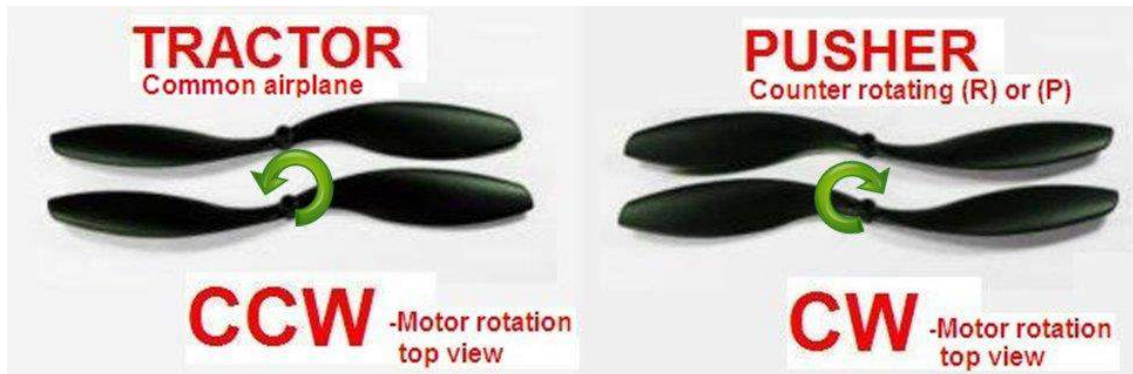


Fig. 48: En aquesta imatge podem veure els diferents sentits de rotació de les hèlix.

## EMISSORA I RECEPTOR

Com a últim punt, per controlar tot l'artefacte que s'ha muntat amb les altres peces es necessiten dues parts diferents: un emissor i un receptor. L'emissor és el comandament a distància, mitjançant el qual s'envien les dades al receptor, una petita placa amb una sèrie de ports de sortida que van connectats a la placa d control.

## ELEMENTS DE CONNEIXIÓ

Per acabar i no menys importants, això no són parts en sí, sinó que són totes aquelles connexions que utilitzem per connectar els cables, ports de sortida i entrada, etc.

La majoria de *drones* de la gamma del que s'està muntant utilitzen per connectar els ESC a la placa de distribució de corrent els anomenats *bullet connectors*, o traduït, connectors bala. També són els utilitzats per anar des dels ESC, o sigui que són els més utilitzats en aquest àmbit. Els avantatges són que quan estan connectats tenen una bona resistència però si es vol canviar qualsevol peça, es pot desendollar i substituir sense problemes.

Les altres connexions són mitjançant un cable anomenat *Servo* que té 3 entrades de pins a cada costat, per tant és de femella a ambdós costats, i serveix de connexió entre el receptor i la placa de control de vol.



Fig. 49: *Bullets connectors*



Fig. 50: *Cable servo de 3 pins*

### 3.2.2.- ELECCIÓ DE LES PECES ADEQUADES

#### MARC

S'ha utilitzat una impressora 3D per fabricar el marc (*frame* en anglès). La impressora que des de l'Institut Pere Alsius s'ha deixat és una BCN3D+ i es va utilitzar com a material plàstic el PLA (Poliàcid làctic). Aquesta impressora incorpora una base de 200x252 mm, fet que va condicionar a l'hora de plantejar el nostre quadcòpter, al no poder imprimir el marc sencer ja que la seva mida total és de 52x52cm. Per tant es va decidir imprimir-lo per parts: el cos central i quatre braços.

Al principi es van dissenyar peces senzilles per aprendre el funcionament bàsic de la impressora. També es va provar d'imprimir un encaix per veure la tolerància entre les dues peces. Finalment es va decidir dissenyar el *frame* que es presenta, que està format per dues peces diferents: el cos (amb les quatre potes a la seva part inferior, els seus quatre encaixos als extrems i amb una forma que afavoria a la seva lleugeresa) i el braç (amb el negatiu de l'encaix en un extrem i en l'oposat una ranura en forma de creu per col·locar-hi els motors).

Seguidament s'uniria el cos central amb els braços amb cargols, femelles i volanderes.

El disseny del quadcòpter es va realitzar amb el programa de disseny en 3D anomenat AUTODESK 123D Design. Un cop el disseny va estar acabat, es van realitzar els següents passos fins a obtenir el producte. Seguidament, es va exportar amb STL el nostre disseny a un segon programa anomenat Netfabb, el qual era l'encarregat de corregir la posició en els tres eixos respecte la base de la impressora i els errors que hi havia a les arestes dels objectes. A continuació es va exportar també amb STL a un tercer programa anomenat Cura 15.04 en el qual es distribuïen els objectes sobre la base, es podien veure les capes i temps d'impressió, ajustar algunes característiques com la mida de l'objecte, gruix de capa, brim (capes exteriors per assegurar la subjecció de l'objecte al vidre), estructures de sustentació, etc. i finalment es guardava l'arxiu en Gcode en una targeta SD, la qual s'introduïa a la impressora.

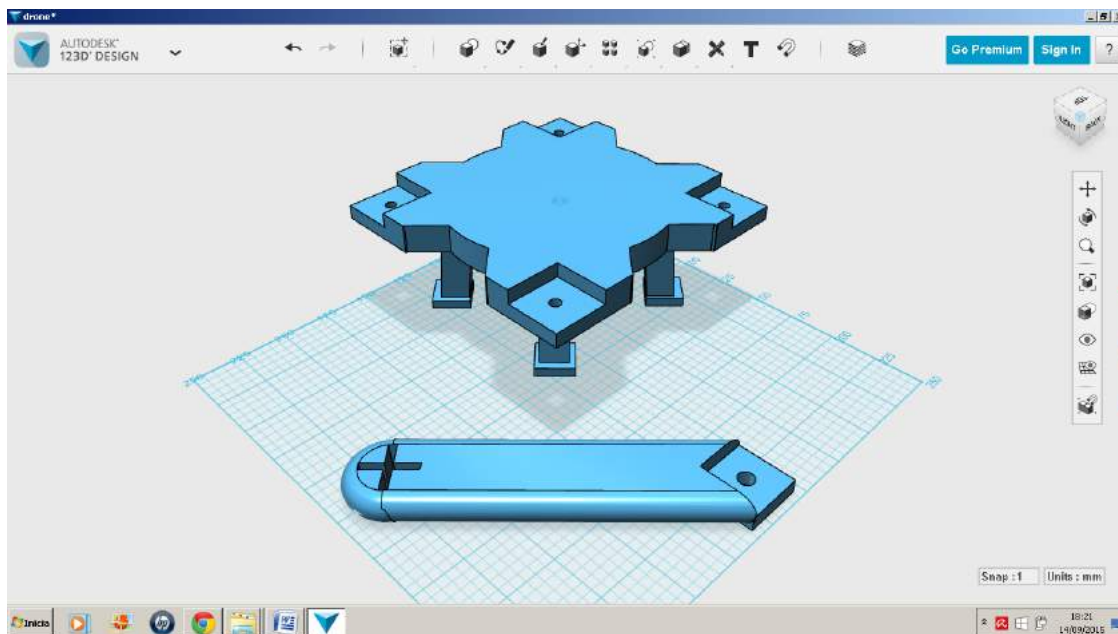


Foto pròpia del disseny definitiu en el AUTODESK 123D Design.



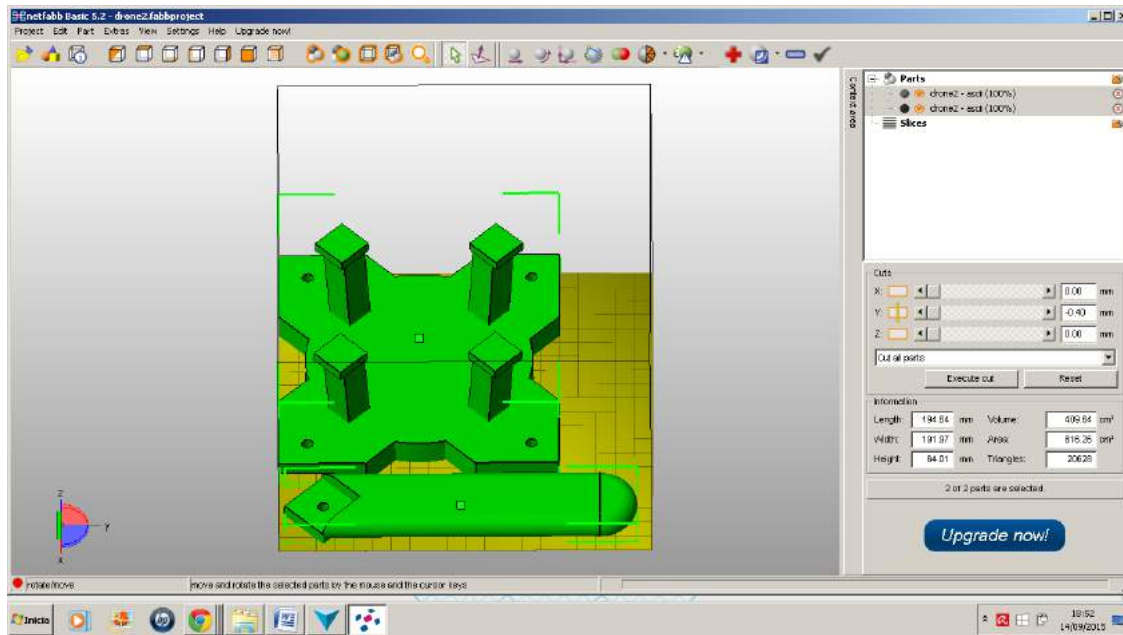


Foto pròpia del disseny definitiu exportat al Netfabb.

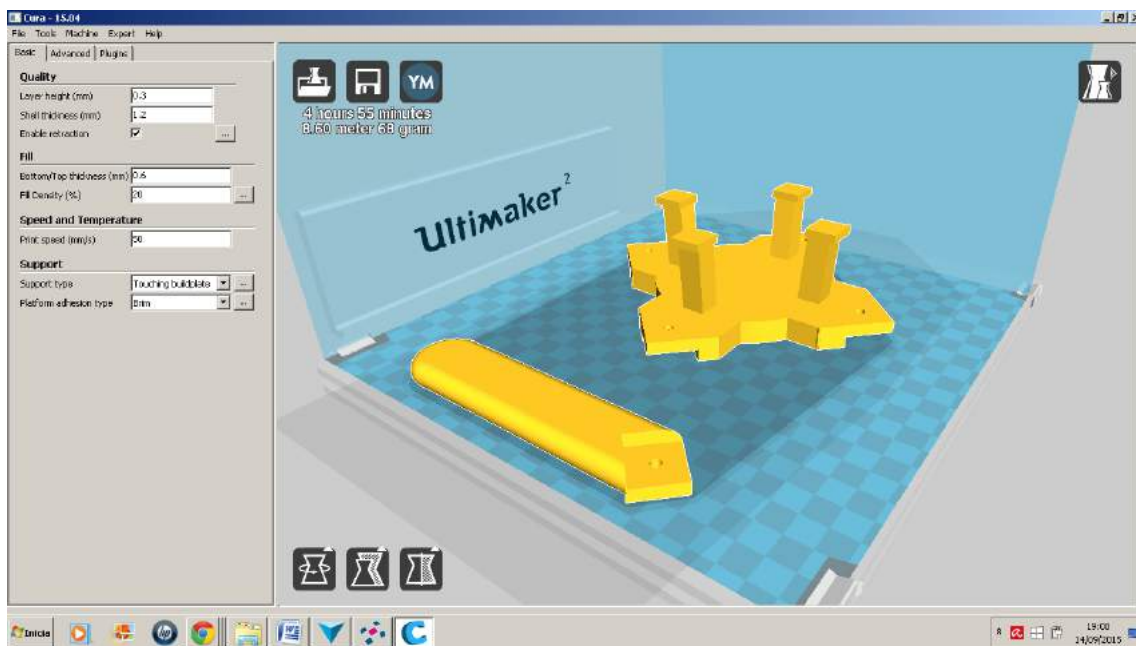


Foto pròpia del disseny en el Cura 15.04.

Finalment es va començar imprimint una maqueta a escala 1:3 per veure que tal encaixava, la seva resistència i el seu aspecte. A continuació es va imprimir a escala real. Aquesta tasca va portar molt de temps, força més del que



s'havia previst per problemes de la impressora i la nostra inexperiència en aquest camp. Aquests problemes i les seves respectives solucions estan a l'annex: Guia d'impressió en 3D. També la impressió en sí va ser molt lenta a causa de la magnitud de l'objecte. El cos va tardar aproximadament 14h i 10h els quatre braços.

Foto pròpia de la maqueta del quadcòpter a escala 1:3.

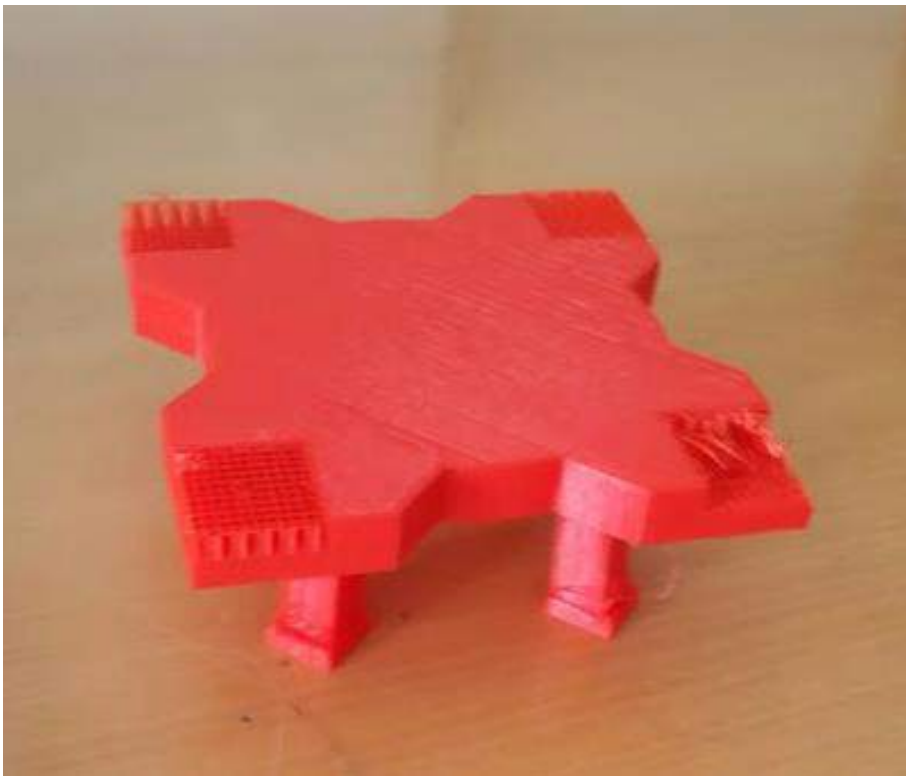


Foto pròpia del cos del quadcòpter recent imprès.

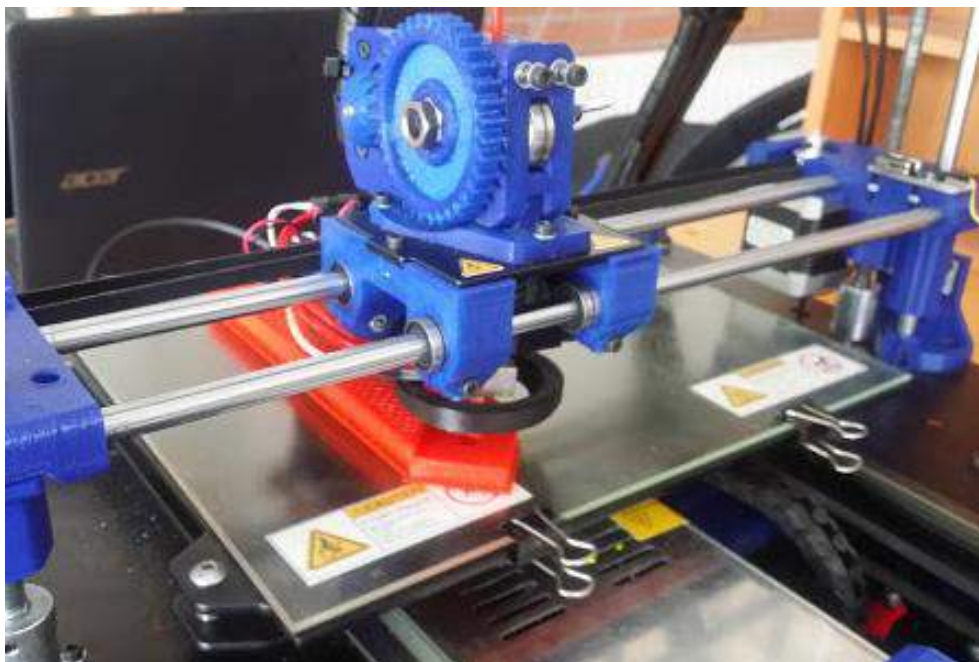


Foto pròpia del braç del quadcòpter a mitja impressió.



Foto pròpia del *frame* d'escala real muntat.

## PLACA DE CONTROL DE VOL

Es va haver de buscar molta informació abans d'escollir la placa, ja que sabíem que aquesta era un element molt important. Finalment es va escollir la Hobbyking KK2.1.5, ja que compte amb una pantalla LCD molt útil a l'hora de navegar pels menús d'ajustament i els que s'utilitzen per calibrar els diferents



components. Cal destacar que és força econòmica, va costar 21,18€.

Una cosa que es va tenir en compte abans de comprar la placa va ser la gran comunitat que hi ha darrere d'aquesta placa. En el YouTube s'hi poden trobar diferents vídeos on ens s'ensenya com ajustar i calibrar els components.

Imatge pròpia de la KK2.1.5.

## CABLES DE DISTRIBUCIÓ DE CURRENT

Pel que fa als cables de distribució de corrent, no té massa importància quins s'agafin ja que la seva finalitat és repartir l'electricitat de la bateria als diferents elements del quadcòpter. En un dels extrems originalment portava el connector XT60 el qual va ser substituït pel Y20 posteriorment, ja que és el que incorporava la bateria, i en els altres extrems, connectors *bullet* 3.5 i un clip de dos pins per la placa base. El preu d'aquests cables de distribució és de 2,15€.

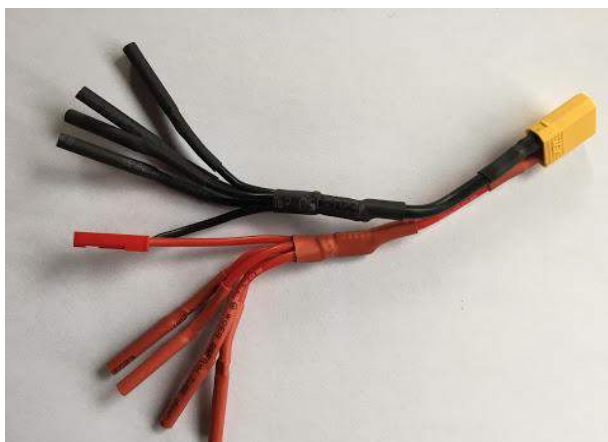


Foto pròpia dels cables de distribució de corrent.



## BATERIA

La bateria és un tema força delicat ja que s'ha de tenir en compte el seu pes, i la seva capacitat. Si s'agafés una bateria de molta capacitat, en el nostre cas l'UAV no volaria per excés de pes però la seva durada seria major. Tenint en compte això, es va agafar una bateria de 2200mAh de tres cel·les que tenen sumades 11.1V, amb un connector Y20, amb un pes de 183g i amb 25C. Aquesta bateria té un preu de 22,99€.



Fig.s 51 i 52: Bateria Gens 2200mAh amb el connector Y20.

Aquest tipus de bateria de li-po necessita un carregador especial per a les



seves condicions; el nostre té diferents opcions per exemple: càrrega, càrrega ràpida, càrrega lenta amb repartidor de cel·les, etc. El preu del carregador és de 42,70€.

Foto pròpia del carregador IMA B6 Li-po balance charger.



## ESC

Pels ESC se n'han escollit uns de la marca Turnigy amb una intensitat màxima de 25A, ja que va relacionat amb la potencia dels motors utilitzats. No hi ha tingut cap problema ja que 25A és un valor bastant gran i compatible amb moltes potències de motor diferents, incloent-hi la nostre de 820Kv. Ara bé, no és un element econòmic i menys si es té en compte que se'n necessiten quatre. El preu per unitat és de 11.05€ i el seu total de 44,20€.



Foto pròpia dels ESC Turnigy plush 25A.

## MOTORS

Pel que fa als motors, es va comprar un Turnigy 2300Kv. Es va veure que aquest motor tenia poc parell motor però podia anar a una gran velocitat angular (rpm). A continuació, i veient que eren insuficients per a un UAV de 52x52 cm i 1250g., es van haver de comprar uns motors amb més parell, i per tant menys Kv, aquesta vegada de 820Kv i d'una altra marca, aquesta vegada Emax. La veritat és que amb uns motors menys potents també hagués estat suficient, però així hi hagué la possibilitat d'afegir-hi més pes i amb el 50% del seu rendiment és capaç de mantenir-se a l'aire. També s'ha de dir que aquests nous motors són més cars, 16,70€ cada un, i la seva totalitat és de 66,80€.



Foto pròpia del motor, suport i suport d'hèlix.

## HÈLIX

En els fòrums que vam llegir, es va veure que l'hèlix adequada per les característiques del nostre quadcòpter havien de tenir entre 8.5 i 10 polzades de llargada i un pitch entre 3.5 i 5.5 polzades.

Finalment, vam escollir unes hèlix fabricades amb fibra de carboni, de 9 polzades de llargada i un pitch de 4,7 polzades. Les vam agafar de fibra de carboni ja que el preu no era molt elevat, (6,50€ la parella) i són més resistents als cops. Tot i així, vam agafar tres parelles d'hèlix (tres amb direcció de gir CW i tres a la inversa CCW) ja que teníem por de que es poguessin trencar.



Foto pròpia d'una hèlix CW i una hèlix CCW.

## COMANDAMENT I RECEPTOR

Nosaltres hem elegit el comandament i receptor Turnigy 5x. Aquesta emissora conta de cinc canals que utilitzen una radiofreqüència de 2,4GHz amb un abast de 250 metres, més que suficients pel nostra ús i té un interruptor per elegir entre *mode 1* i *mode 2*. És totalment compatible amb la nostra placa la KK2.1.5 i per descomptat no cal oblidar que el seu preu es de 25€, un preu molt baix per les característiques que aquest model ofereix.



Imatge pròpia de receptor Turnigy 5X.



Imatge pròpia del comandament Turnigy 5X.

## ELEMENTS DE CONNEXIÓ

Finalment com a elements de connexió, s'han comprat els dos que s'han esmentat en la part teòrica: els connectors de bala o *bullet connectors* i els connectors servo, els dos per preus inferiors a 2€



Foto pròpia dels connectors utilitzats al *drone*.

### 3.3.- COMPRA

#### 3.3.1.- LLOCS DE COMPRA i EXPERIÈNCIA

El lloc on es van comprar més components va ser a la botiga xinesa

Hobbyking. Aquesta botiga online està especialitzada en vehicles de radio control, tant venen el vehicle complet com els diferents components per separat. La seva pàgina web està molt ben estructurada en diferents vehicles: Cotxes, avions, helicòpters, multicòpters i vaixells. Disposen d'un catàleg enorme que va des dels vehicles més senzills fins els més complexos. El gran avantatge de Hobbyking són que els preus són fins un 50% més econòmic que la competència, però l'enviament val 60€ en cas que el pes del paquet sigui superior a 1,5 kg, aquest preu no es mostra fins que s'està apunt de confirmar

la compra. Aquest preu és molt elevati trobo que ho haurien de posar abans de realitzar la compra. També ens vam trobar que el carret de la compra s'esborrava de cop hi s'havia de tornar a fer tota la llista de components. Finalment el paquet va arribar al cap de dues setmanes i tot estava molt ben empaquetat.



Fig. 53: Imatge del logotip de Hobbyking.

També es va comprar en una botiga física, que es troba a Girona, aquesta s'anomena Girodrons. En aquesta botiga s'hi van comprar els motors, els bullets, la bateria i el carregador. A la botiga ens van assessorar molt bé a l'hora d'elegir els motors per el nostre UAV, com soldar els *bullets* i també se'ns va ajudar a escollir la bateria ambt una bona capacitat i pes i el corresponen carregador. Estem molt contents del tracte i tornariem a anar-hi si ens fes falta.



Fig. 54: Logotip de Girodrons.

El comandament i el receptor els vam comprar per Ebay. S'ha de dir que es nota que és una botiga online amb molta experiència, ja que tot va ser molt fàcil, ràpid i sense problemes. El producte va arribar al cap d'una setmana i el paquet estava intacte.



Fig. 55: Imatge del logotip d'Ebay.

Per últim a la ferreteria Manxa hi vam comprar: cargols, femelles, volanderes, brides, estany, cable termoretràctil i velcro. També se'ns va atendre molt bé i



ens van ajudar amb els dubtes que vam tenir alhora d'elegir els cargols i l'estany.

Fig. 56: Imatge del logotip de la ferreteria Manxa.

### 3.3.2. - PRESSUPOST

Al principi el nostre pressupost era d'uns 250€. Aquest era el pressupost si sumaven tots els preus dels components.

Finalment, després de comprar-ho tot, canviar un motor perquè es va trencar i que els *bullets* i altres connectors ens van costar més del que ens pensavem, van fer que el preu pugés fins els 325€. Sense comptar el material que són uns 10€ de més.

El que hem après és que no sempre surt tot com es té previst i que a l'hora de calcular un pressupost sempre és millor tirar a l'alça. Sempre poden sortir imprevistos com la ruptura d'algunes peces, la compra de peces de recanvi i el cost d'enviament.



### 3.4.- MUNTATGE I PROGRAMACIÓ DEL QUADCÒPTER

Un cop vam tenir el cos del quadcòpter imprès vam unir els braços al cos amb l'ajuda de l'encaix, quatre cargols, quatre femelles i vuit volanderes. A continuació, ens vam proposar muntar i col·locar la part electrònica i mecànica del UAV. Vam col·locar totes les peces sobre la taula, els variadors, els motors, les hèlix, la placa base, etc. però al principi no sabíem ni com unir-les entre sí. Es vam centrar i vam començar a col·locar-los per l'ordre que creiem que anaven: als extrems els quatre motors seguits dels seus variadors, a continuació la placa o cables de distribució de corrent el qual finalment connectava a la bateria, i els variadors també connectaven a la placa base de control. Aquesta era la teoria, però no ens connectava res o quasi res. Després de preguntar i mirar fòrums per internet vam veure que necessitàvem els connectors *bullet* per unir els motors amb els variadors i els variadors amb els cables de distribució de corrent. Els vam soldar i protegir amb cable termoretràtil.

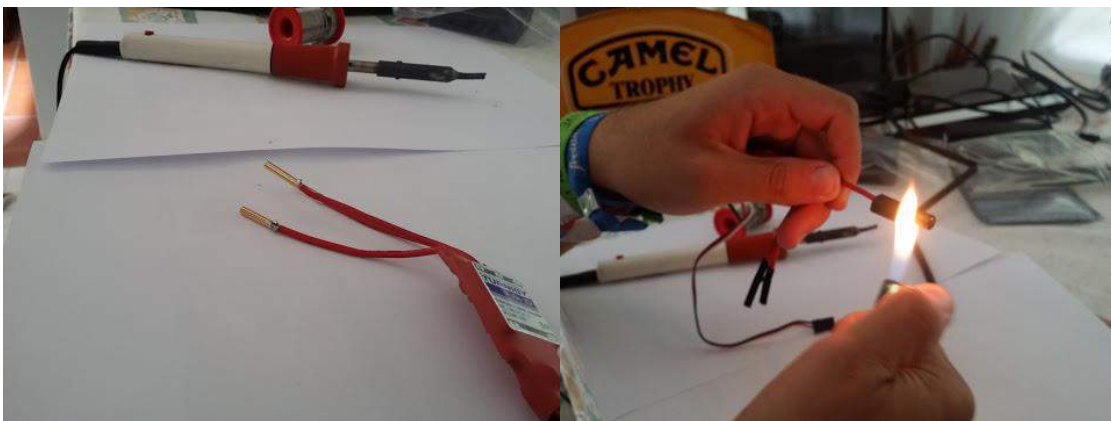


Foto pròpia soldant els *bullets* i posant el cable termoretràtil.

Seguidament els vam connectar. Semblava que anàvem pel bon camí. A continuació vam intentar connectar el cable que connectava amb la bateria però els connectors eren diferents, un incorporava el XT60 i l'altre el Y20. Ens vam decantar pel connector Y20 ja que així no havíem de canviar-lo de la bateria ni del carregador. Seguidament vam connectar els variadors amb la placa base que, inicialment, no presentaven problemes ja que eren connectors



de 3 pins, va resultar ser més difícil del que semblava ja que no sabíem la posició correcte d'ells, igual que els cables servo de 3 pins que connectaven la placa base amb el receptor de l'emissora.

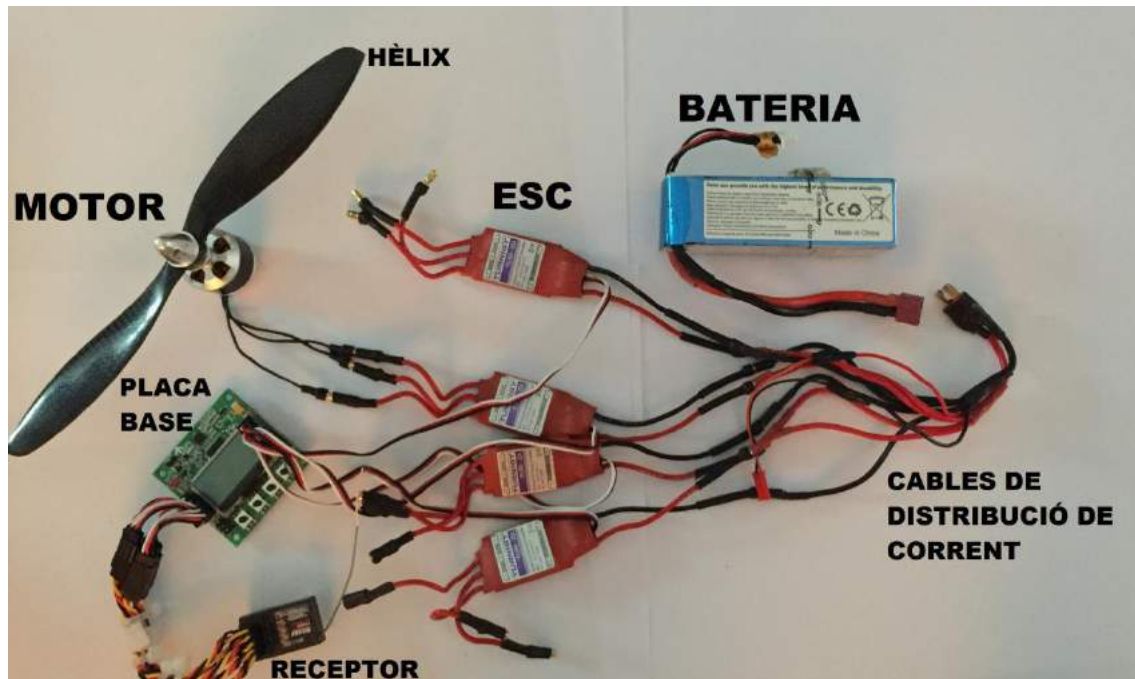


Foto pròpia de l'esquema dels components del *drone*.

Un cop vam tenir aquest plantejament fet vam començar a col·locar-ho al cos del quadcòpter. Vam començar amb els motors, que ens va costar bastant trobar la manera de que quedessin ben fixes. En segon lloc vam col·locar, amb brides, els quatre variadors i els vam connectar als motors. En tercer lloc vam fixar la bateria a la part inferior del cos amb velcro i bandes fixadores i vam col·locar a la part superior del cos la placa base i el receptor. Ho vam connectar tot i vam provar d'encendre'l.

A continuació ens vam decidir a programar la placa base. Aquesta placa porta ja de sèrie un software el qual ajustant-lo a les característiques del nostre quadcòpter no era necessari connectar-ho a l'ordinador.

Primer de tot vam ajustar el tipus de UAV que teníem, en el nostre cas un quadrcòpter:

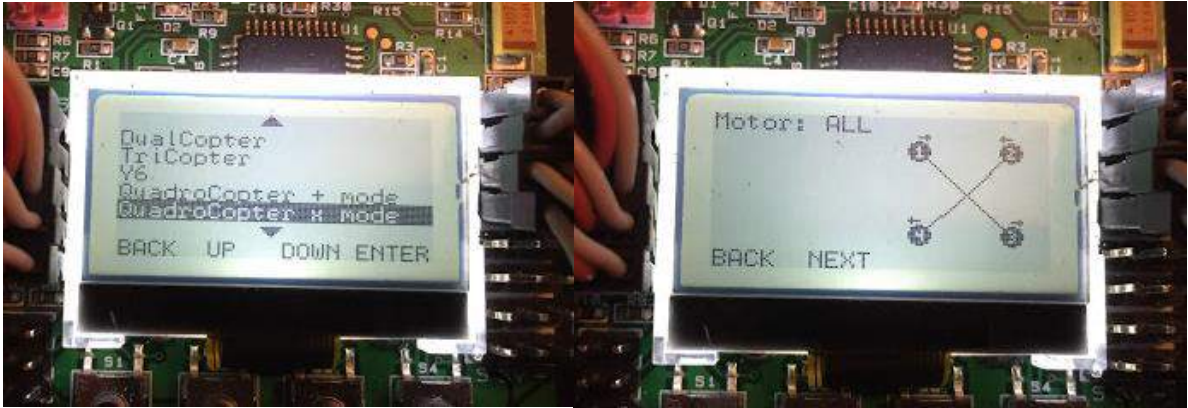


Foto pròpia de la placa de control kk.2.1.5

En segon lloc vam calibrar els ESC per tal de que els quatre variadors i els quatre motors anessin alhora.

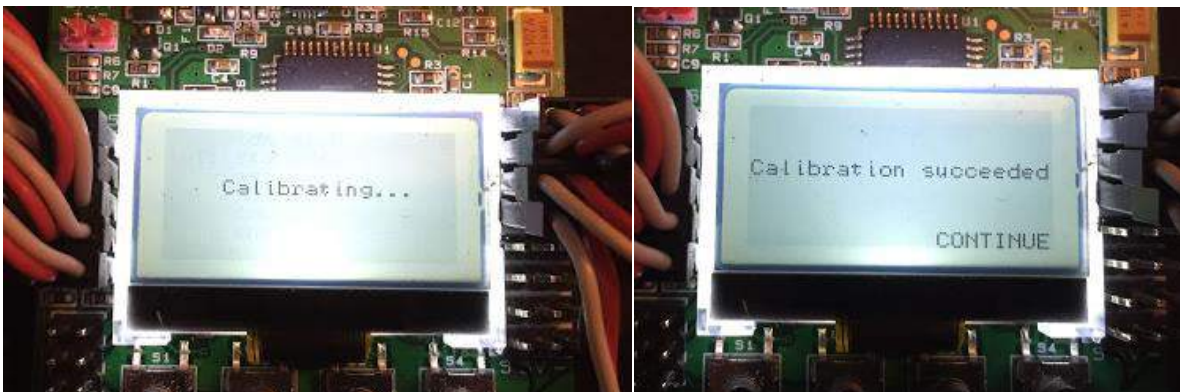


Foto pròpia de la placa de control kk.2.1.5

En tercer lloc vam mirar els recorreguts de les palanques del comandament de radio control per veure si estava ben calibrat.

Cap a la dreta:



Foto pròpia de la placa de control kk.2.1.5

El gas totalment obert:

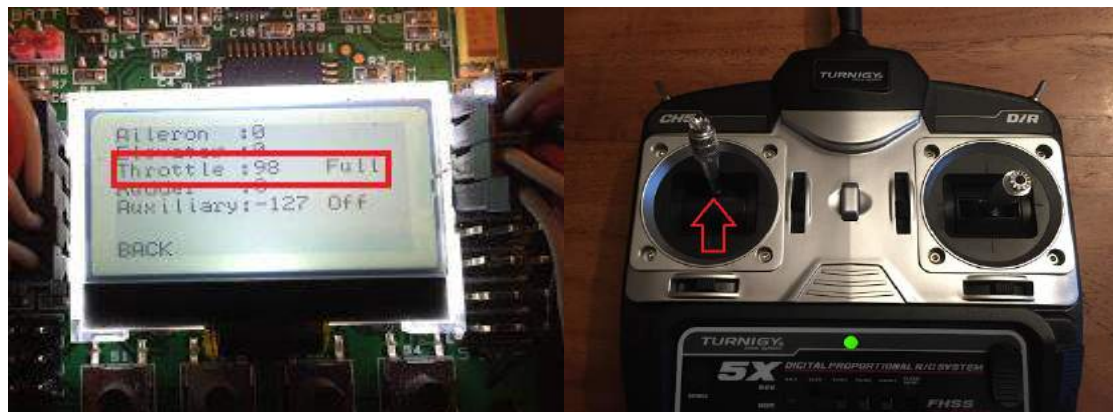


Foto pròpia de la placa de control kk.2.1.5

Finalment vam col·locar les hèlix i ens vam decidir a fer la primera prova de vol. Per tal d'activar el quadcòpter es col·loca la palanca esquerra cap a l'esquerra i el UAV queda "armat".

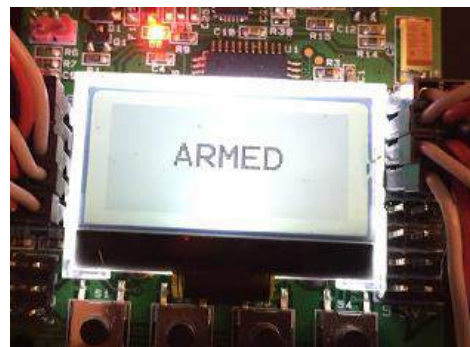


Foto pròpia de la placa de control kk.2.1.5



La veritat és que el UAV va volar, però poc i inestable i a conseqüència d'això va patir tres xocs, el tercer va trencar un motor i parcialment un braç. Vam arreglar el braç i vam substituir el motor i vam demanar ajuda en David Riera, un dels cofundadors de l'empresa barcelonina Hemav per tal de que ens aconselles i ajudes. Sincerament creiem que va ser una tarda molt productiva ja que ens va aconsellar una redistribució de les peces i un segon calibratge fins a obtenir la versió 2.0 del nostre quadcòpter.



Versió original del quadcòpter, foto pròpia



Versió 2.0 del quadcòpter, foto pròpia

La primera prova de vol amb el quadcòpter 2.0 va ser molt millor que la primera amb el *drone* original. Aquest cop volava molt més estable i era molt més manejable. A conseqüència d'això els vols realitzats amb aquesta versió són més llargs i segurs. No obstant això, després de realitzar un seguit de proves de vol, el *drone* va xocar contra el terra i un dels seus braços es va trencar. Per sort no va patir més danys i substituint-lo ja tornàvem a tenir el UAV operatiu.



Foto pròpia del braç truncat.



Foto pròpia del quadcòpter amb el nou braç.

Seguidament, en David Riera va tornar a ajudar-nos per trobar els errors del quadcòpter per tal de millorar-lo i de que el vol fos més estable i més llarg. Vam



provar de fer-lo volar i vam detectar que estava amb "self mode off", és a dir, l'estabilitzador està aturat. Al detectar-ho vam iniciar-lo "self mode on" i vam tornar a provar què tal volava. El vol era molt millor, era molt més controlable i estable, fet que ens va permetre començar a fer vols més llargs. Això ens va fer que agaféssim confiança amb el UAV i el féssim volar més, fins que se'ns va trencar novament, aquest cos se'ns va trencar dues potes i un encaix del cos.

Seguidament, vam incorporar la gopro al nostre *drone*. Per tal de fer-ho vam fer un petit suport amb peces metàl·liques que subjecten la càmera al cos del quadcòpter. No ens va portar molt de problema però a l'hora de fer-lo volar vam veure que necessitava molta més potència per elevar-lo a causa de l'augment de pes. Per tal de solucionar-ho vam canviar-hi les hèlix per unes de 10 polsades, una més llarga que les anteriors que eren de 9. Gràcies a aquestes hèlix cedides per David Riera, cofundador de Hemav, el UAV va recuperar l'agilitat i estabilitat del principi.



Foto pròpia del quadcòpter amb la gopro.

Per tal de millorar el nostre UAV creiem que hi ha dos aspectes principals. El disseny de les unions entre el braç i el cos del quadcòpter ja que és la part més dèbil. Segurament si haguéssim fet un encaix en vertical i no en horitzontal no se'ns hagués trencat d'aquesta manera. El segon aspecte a millorar seria el material utilitzat, el PLA, que és un plàstic biodegradable d'origen natural que té poca resistència i duresa. Si utilitzéssim el plàstic ABS, que és un material provinent del petroli, tindria molta més duresa i resistència als cops.

Gràcies a aquesta petita autoavaluació que ens vam fer del nostre disseny del quadcòpter, vam veure en què el podíem millorar. Primer vam provar de millorar els encaixos del *drone*, però això requeria dissenyar-lo de nou. Ja que això no era factible vam decantar-nos per el segon aspecte a millorar: el material amb el qual el vam imprimir. Aquest cop el vam imprimir amb una qualitat una mica inferior i amb el material ABS.

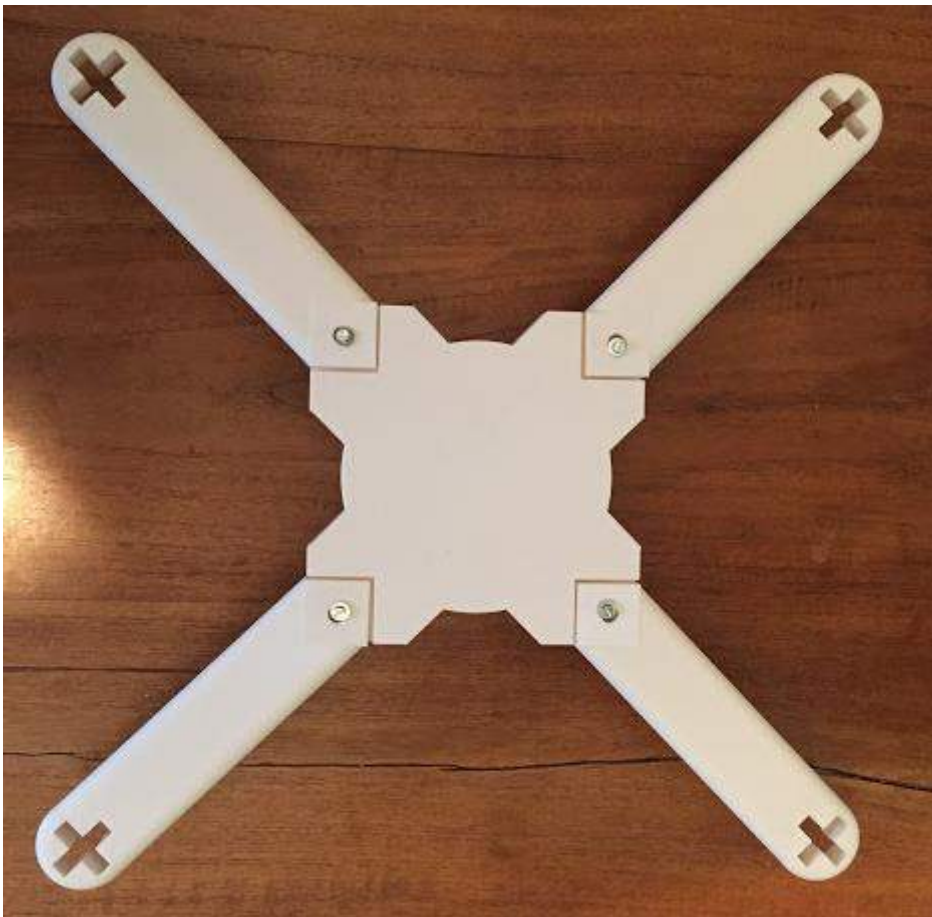


Foto pròpia del cos del *drone* imprès amb ABS.

### **3.5.- CRONOLOGIA**

El procés d'impressió i construcció del nostre quadcòpter ha estat llarg i laboriós. Tanmateix l'hem repartit en diferents etapes.

Primer ens vam centrar en aprendre com dissenyar i imprimir un objecte en 3D.

En segon lloc, quan ja sabíem com dissenyar i imprimir, ens vam dissenyar el nostre *drone*. Després de superar els molts petits problemes d'impressió, a principis d'agost vam aconseguir tenir el cos del quadcòpter llest.

Seguidament vam fer la compra de tots els elements necessaris per la construcció del UAV a Hobbyking. El fet de comprar-ho per internet va fer que no les rebéssim fins una setmana més tard.

Al llarg de la segona i tercera setmana d'agost, el vam voler muntar, però al veure que ens havíem equivocat en algunes peces, vam anar a Girodrons i vam comprar les correctes. Finalment el vam muntar.

Vam fer la primera prova de vol el dia 27 d'agost, la qual no vam poder considerar un èxit ja que es va trencar un motor i no vam poder continuar amb les proves fins a tenir-ne un nou.

El dia 25 de setembre, amb el motor nou, vam fer la segona prova de vol. La millora va ser notable però no suficient

Vam continuar treballant amb el quadcòpter per obtenir un millor resultat. Finalment el dia 27 de setembre en David Riera va fer-nos adonar que portàvem l'estabilitzador de vol desactivat. Un cop activat vam fer les proves de vol i el resultat va ser molt satisfactori.

Seguidament, vam incorporar-hi una càmera d'acció per tenir una visió *on board*.

La darrera millora va ser imprimir-lo de nou amb un material més resistent.

Per tal de millorar un dels punt febles del nostre *drone*, la fragilitat dels seus encaixos, vam imprimir un nou *frame* amb un material més resistent, l'ABS. Amb aquest aquesta impressió no hem realitzat cap prova de vol per comprovar la millora.

#### 4.- CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

Aquest treball de recerca ens ha permès conèixer diferents aspectes sobre el món de la impressora 3D, quelcom molt present en la societat actual, i sobre les aeronaus no tripulades, tan a nivell militar i industrial com a nivell domèstic.

A nivell metodològic, hem après molt sobre el procediment de com es realitza un projecte de recerca, a elaborar un índex ben estructurat, a citar correctament els autors en cas de saber qui són i a realitzar el projecte amb les seves parts adients.

Pel que fa a la impressora 3D, a nivell tècnic hem après que els manuals d'ús no eren prou concrets per realitzar una impressió satisfactòria. A causa d'això hem esmerçat molts esforços i temps en la recerca dels petits problemes que dificultaven el seu correcte funcionament. Això ens ha portat a la necessitat d'elaborar la nostra pròpia guia de consells pel seu bon funcionament.

En referència al material utilitzat per elaborar el cos del *drone*, en un principi vam utilitzar el PLA perquè era el que hi havia a l'institut i ens va semblar correcte. A l'hora de muntar el quadrcòpter i realitzar les primeres proves de vol, vam adonar-nos de la seva fragilitat i poca resistència als cops. Després vam imprimir amb ABS, un plàstic més tenaç i ens vam adonar que realment la millora era notable.

En relació al disseny, el fet que la impressora tingués una base petita no ens va permetre d'imprimir el cos d'una sola peça, per tant vam haver de dividir-lo en un cos central i quatre braços. A causa d'això, aquests punts d'unió es van convertir en els punts més febles per on se'ns va trencar més d'una vegada al caure. Aquesta insuficiència que hem detectat pensem que es podria solucionar redissenyant les unions, fent-les verticals enlloc d'horizontals. Aquest podria ser un possible treball de recerca.

Hem après el funcionament dels diferents components electrònics bàsics, els motors, ESC, placa de control de vol, bateria, emissor, etc. i la funció que realitzen en el *drone*.



Pel que fa el muntatge de l'UAV, ha estat un llarg camí ple de dificultats que hem anat superant. Coses tan simples com la unió dels components, ha estat un dels majors reptes que hem tingut, superat gràcies a la cerca per internet i a les nostres ganes d'aconseguir-ho.

Gràcies a l'experiència d'haver construït el nostre propi quadcòpter hem après que s'ha de deixar un marge en els pressupostos ja que sempre surten imprevistos. En el nostre cas, per exemple, al trencar-se un motor en la primera prova de vol, vam haver-ne de comprar un de nou. El mateix passa en el cas del temps al realitzar compres per internet perquè es pot preveure el temps dels enviaments però no el temps real d'arribada.

Pel que fa a les mancances del nostre treball, creiem que els consells per imprimir amb 3D que hem elaborat i que valorem de gran importància per facilitar l'ús de la impressora 3D, els podríem haver col·locat com a complement del manual d'ús propi de la impressora. Tot en un sol document.

Per nosaltres la millor part del treball han estat les proves de vol realitzades al parc de la Draga. Veure volar el nostre *drone* ens ha permès observar les seves mancances i fortaleces, i així poder-lo millorar. L'última prova de vol ens ha demostrat que tota la feina feta anteriorment no ha estat envà.

Finalment, voldríem destacar que s'ha demostrat la viabilitat de la impressió 3D aplicada a la construcció d'un *drone* operatiu. A partir d'aquí proposem investigar en la realització de nous dissenys per aconseguir una ampla gama de *drones* especialitzats que donin resposta a la demanda dels serveis actuals: gravacions audiovisuals, mapes topogràfics de precisió, inspeccions industrials, etc.

“Los que aseguran que es imposible, no deberían interrumpir a los que lo estamos intentando.”

Thomas Alva Edison

## 5.- ANNEXOS

### 5.1.- CONSELLS PER IMPRIMIR EN 3D (basat en l'experiència personal)

Vam imprimir el cos del nostre UAV amb la impressora 3D que l'INS Pere Alsius ens va cedir.

Aquí intervé la segona part del procés d'impressió. L'arxiu era el definitiu amb Gcode, llegible per la impressora. Amb tot a punt ens vam disposar a imprimir el nostre *drone*. Va ser un procés feixuc i gens fàcil que es va allargar tot el més de juliol. No vam poder imprimir satisfactòriament el nostre quadcòpter. Al llarg d'aquest mes vam haver d'aprendre molt sobre la impressora per tal de poder obtenir, després de molts esforços, un excel·lent funcionament d'aquesta. Moltes de les coses que vam modificar per obtenir aquest millor rendiment no estaven escrites al manual de la impressora, per tant, hem elaborat el nostre manual basant-nos en la experiència pròpia.

- Un dels primers problemes fou que el plàstic utilitzat, anomenat PLA, captava molt la humitat i això causava que fos més fràgil i es trencés durant la impressió.

Per tal de solucionar-ho, el nostre tutor Joan Carol va comprar un deshumidificador que vam posar dins d'una caixa juntament amb la bovina de PLA.

- El problema més freqüent que teníem era que la boquilla de l'extrusor se'ns embussava, a causa d'això imprimia malament o no imprimia.

Per arreglar-ho vam intentar fondre el PLA que quedava al seu interior amb un fogonet, però enlloc de fondre'l el cremava, això no va funcionar. Després vam intentar fer un forat nou amb un trepant però la broca era massa grossa, per tant continuàvem tenint el problema. Finalment vam comprar una boquilla nova i per solucionar el problema de l'embussament vam recórrer a la prevenció d'aquest. Per l'embussament vam canviar el nostre procediment de preparació per a la impressora. A partir de llavors primer escalfàvem l'extrusor i

seguidament introduïem el plàstic i no viceversa. Gràcies a això vam resoldre satisfactòriament el problema.

- El problema de l'embussament estava resolt, però el tornar a muntar l'extrusor ens vam trobar amb dos problemes secundaris: l'extrusor tocava al llit calent, per tant no estava a l'altura que havia d'estar i, a més a més, estava desnivellat.

Aquest cop vam demanar ajuda al tutor del treball de recerca per com solucionar el problema. No era difícil però sí requeria paciència. Per calibrar l'alçada calia cargolar o descargolar un cargol que accionava el sensor i regulava el recorregut de l'extrusor. Per calibrar les altures del llit amb l'ajuda d'un paper vam modificar-la per tal que estigues ben anivellada.

- Un altre problema l'elevada potència del motor. Això feia que aquest s'escalfés en accés i també s'escalfés l'eix. Aquest augment de temperatura va deformar l'engranatge petit, que és de PLA, per tant té una resistència tèrmica bastant baixa.

Aquest problema ens va costar força d'identificar i més de resoldre. Ens mancaven coneixements. Finalment vam demanar ajuda al fabricant de la impressora, Joan Palliser. Ell ens va baixar la potència del motor i ens va substituir l'engranatge per un de nou. Finalment teníem la impressora llesta per imprimir el *drone* amb èxit.

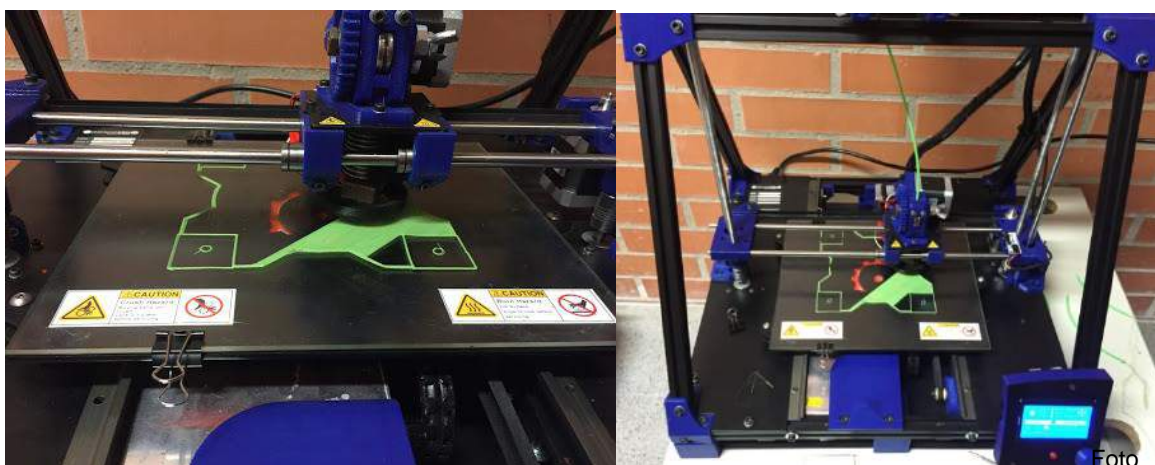
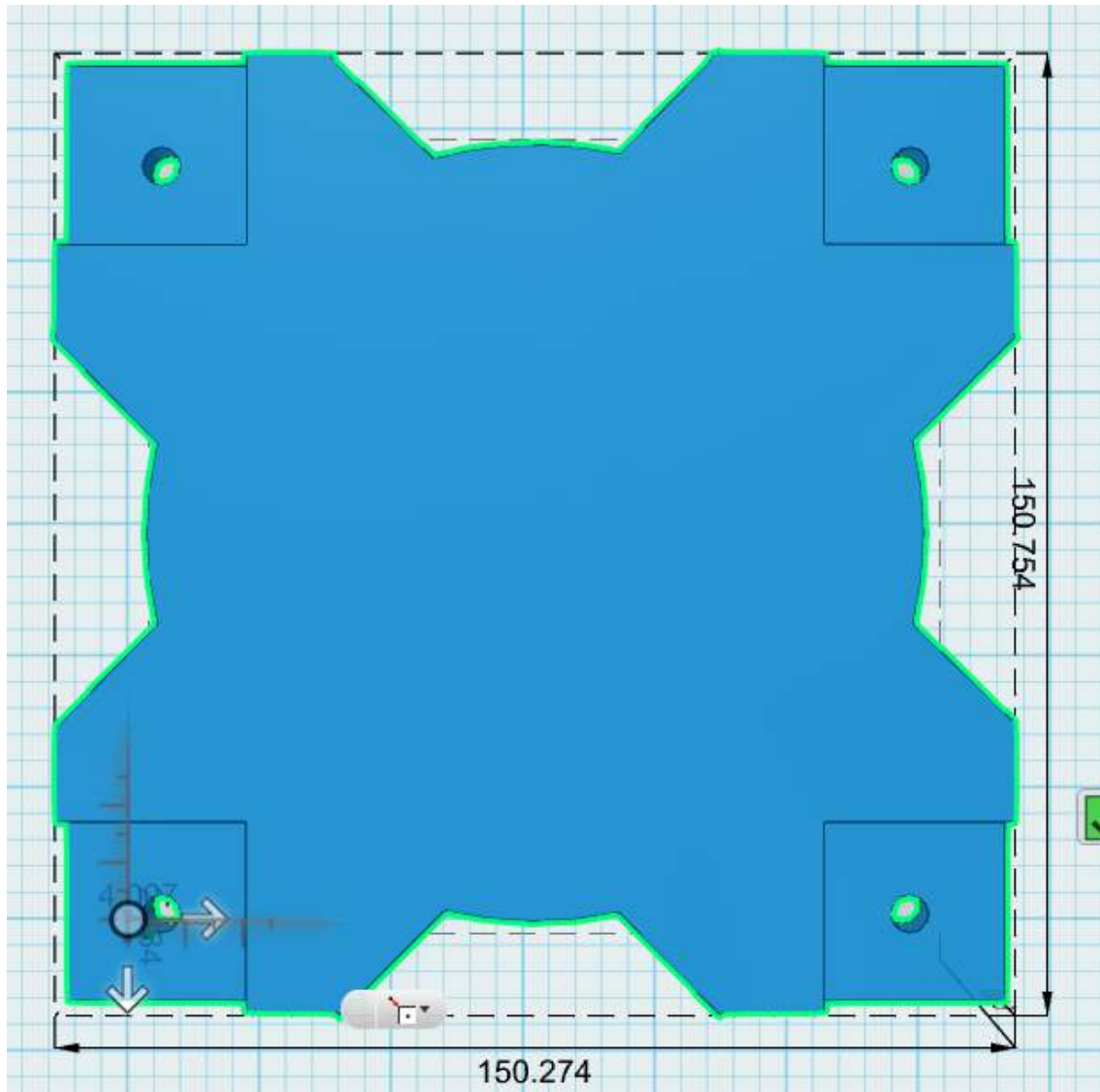


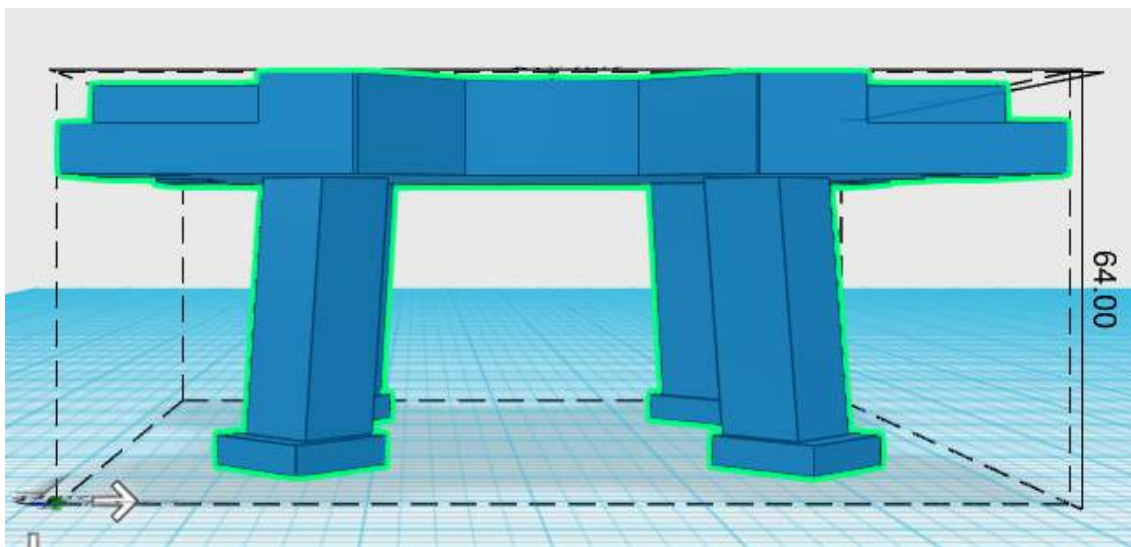
Foto pròpia de la Impressora 3D imprimint el cos de quadrcòpter

## 5.2.- PLÀNOLS

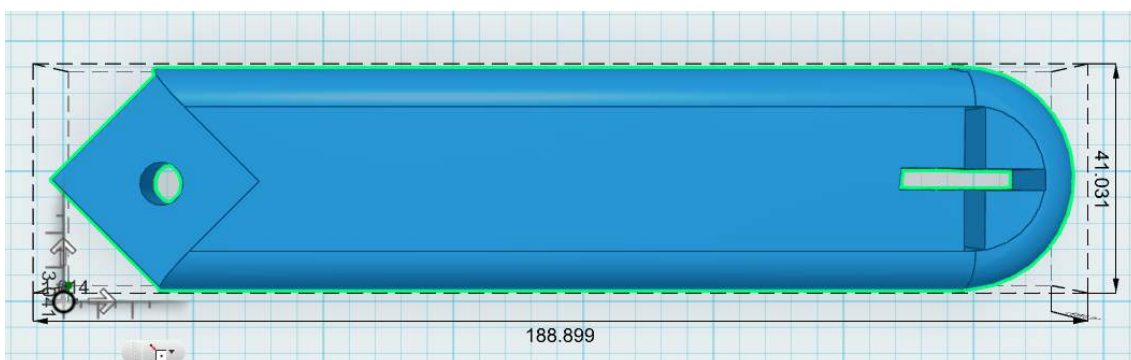
Planta del cos del *drone*.



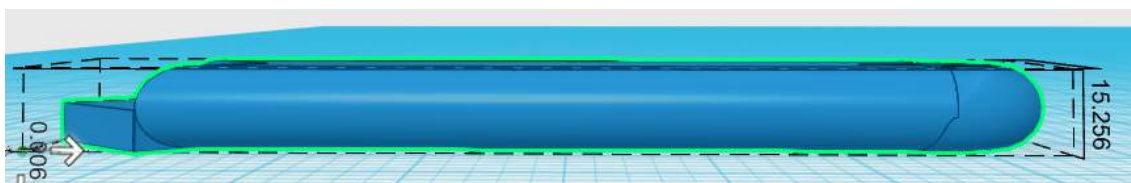
Alçat del cos del *drone*.



Planta del braç del quadcòpter.



Alçat del braç del quadcòpter.





### ***5.3.- FOTOGRAFIES***













### **5.4.- VIDEO**

Per tal de poder veure el vídeo resum de l'evolució del vol del nostre quadcòpter, feu clic al link que hi ha a continuació:

<https://youtu.be/mOOfgpXMPS4>

## 6.- BIBLIOGRAFIA

Tota la informació d'aquest treball esta treta d'Internet. Per tant, no vam treure informació de llibres ni de qualsevol font en format físic.

### Revistes en format digital

- Revista Quo (Versió online) "El drone español ha despegado" De la Torre Calvo, Iñaki (20/03/2013) (consulta juliol 2015).

<http://www.quo.es/tecnologia/drone-espanol>

- *Revista Española de Defensa, Noviembre de 2012* (Versió PDF) (consulta Agost 2015).

<http://www.defensa.gob.es/Galerias/documentacion/revistas/2012/Red-289.pdf>

### Pàgines web

- Blog Sandglass Patrol per G, José Manuel (aka Gizmo) (consulta juliol 2015)

<http://blog.sandglasspatrol.com/index.php/articulos/53-historia/652-conversacion-conmigo-mismo-sobre-la-aviacion-del-futuro>

<http://blog.sandglasspatrol.com/index.php/articulos/41-militar/683-profetas-del-poder-aereo>

- Blog Por Tierra, Mar y Aire (Bolgs ABC) "Homsec (II): Los UAV españoles comienzan a volar" per Villarejo, Esteban (19/02/2013) (consulta juliol 2015)

<http://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/public/post/homsec-ii-los-uav-espanoles-comienzan-a-volar-15721.asp/>

- Wikipedia en català, castellà i anglès (consulta agost de 2015)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned\\_aerial\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Consumer\\_Electronics\\_Show](https://es.wikipedia.org/wiki/Consumer_Electronics_Show)

[https://es.wikipedia.org/wiki/INTA\\_SIVA](https://es.wikipedia.org/wiki/INTA_SIVA)

[https://es.wikipedia.org/wiki/INTA\\_Milano](https://es.wikipedia.org/wiki/INTA_Milano)

- Pagina web de Hemav, empresa de drones y proyectos (consulta agost de 2015)

<http://hemav.com/empresa-de-drones/>

<http://hemav.com/proyectos/>



## 7.- ÍNDEX D'IL·LUSTRACIONS

**Figura 1.** Quadrcòpter DJI Phantom 3 (Consulta Juny 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=dji+phantom+3&imgdii=wpx\\_qvEZfCYxCM%3A%3Bwpx\\_qvEZfCYxCM%3A%3B11rV5cb5d-2yqM%3A&imgrc=wpx\\_qvEZfCYxCM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=dji+phantom+3&imgdii=wpx_qvEZfCYxCM%3A%3Bwpx_qvEZfCYxCM%3A%3B11rV5cb5d-2yqM%3A&imgrc=wpx_qvEZfCYxCM%3A)

**Figura 2.** UGV BigDog (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=big+dog+robot&imgrc=oVUJ-YS7r92CyM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=big+dog+robot&imgrc=oVUJ-YS7r92CyM%3A)

**Figura 3.** UGV Curiosity (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=curiosity&imgrc=d0w695kjaqe\\_PM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=curiosity&imgrc=d0w695kjaqe_PM%3A)

**Figura 4.** USV Protector (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=usv+protector&imgrc=MeQGocvx4T8ciM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=usv+protector&imgrc=MeQGocvx4T8ciM%3A)

**Figura 5.** UUV Double Eagle MK III (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=double+eagle+mk&imgrc=2pYBkkqeQdzRRM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=double+eagle+mk&imgrc=2pYBkkqeQdzRRM%3A)

**Figura 6.** Preparació del Globus de Perley (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=charles+perley&imgrc=qXh0vgohHsHIJM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=charles+perley&imgrc=qXh0vgohHsHIJM%3A)

**Figura 7.** Funcionament Globus de Perley (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=charles+perley&imgrc=xSkV1E6m995ohM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=charles+perley&imgrc=xSkV1E6m995ohM%3A)

**Figura 8.** Rostre d'Abner Eddy i el seu estel (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=abner+eddy&imgsrc=ZI8T9FJwNN4Q1M%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=abner+eddy&imgsrc=ZI8T9FJwNN4Q1M%3A)

**Figura 9.** Kettering Aerial Torpedo (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=kettering+aerial+torpedo&imgsrc=avWEToj1cm4VIM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=kettering+aerial+torpedo&imgsrc=avWEToj1cm4VIM%3A)

**Figura 10.** Sperry-Curtis Aerial Torpedo (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=sperry+curtis+aerial+torpedo&imgsrc=KmfXJyObKb3QZM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=sperry+curtis+aerial+torpedo&imgsrc=KmfXJyObKb3QZM%3A)

**Figura 11.** TDN-1 en ple funcionament (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=tdn+1&imgsrc=-liSOZYN8f4MQM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=tdn+1&imgsrc=-liSOZYN8f4MQM%3A)

**Figura 12.** Rèplica del V-1 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=v-1&imgsrc=FETzsFURjCA\\_xM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=v-1&imgsrc=FETzsFURjCA_xM%3A)

**Figura 13.** Junkers Ju88 en ple vol (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=junkers+ju+88&imgsrc=WGLoHWHnim5a9M%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=junkers+ju+88&imgsrc=WGLoHWHnim5a9M%3A)

**Figura 14.** Radioplane Q-1 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=radioplane+Q-1&imgsrc=remksUTgQ54PJM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=radioplane+Q-1&imgsrc=remksUTgQ54PJM%3A)

**Figura 15.** McDonnell ADM-20 Quail (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=mcdonnell+adm+20&imgrc=38SiO\\_XoVwPeFM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=mcdonnell+adm+20&imgrc=38SiO_XoVwPeFM%3A)

**Figura 16.** Northrop MQM-36 Shelduck (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=northrop+mqm+36&imgrc=Rf5Zp5xdZLPtM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=northrop+mqm+36&imgrc=Rf5Zp5xdZLPtM%3A)

**Figura 17.** Northrop Ventura XGAM-67 Crossbow (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=northrop+xcgam+67&imgrc=4hGsAdHfwCBe7M%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=northrop+xcgam+67&imgrc=4hGsAdHfwCBe7M%3A)

**Figura 18.** Beechcraf MQM-61A o Model 1001 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=mqm+61a&imgrc=ZZZYuudgLjf1eM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=mqm+61a&imgrc=ZZZYuudgLjf1eM%3A)

**Figura 19.** AQM-38 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=aqm+38&imgrc=pbG4mAWEuymihM%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=aqm+38&imgrc=pbG4mAWEuymihM%3A)

**Figura 20.** Lockheed AQM-60 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=dji+drone&es\\_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=aqm+60&imgrc=jGkzfcoJ5v-S4M%3A](https://www.google.es/search?q=dji+drone&es_sm=93&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIh82h94iVyAIVhzgaCh1OIAMo&dpr=1.1#tbn=isch&q=aqm+60&imgrc=jGkzfcoJ5v-S4M%3A)

**Figura 21.** Northrop Q-4B (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMIxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbn=isch&q=northrop+q-4b&imgrc=0-wUEGY5EyCz5M%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMIxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbn=isch&q=northrop+q-4b&imgrc=0-wUEGY5EyCz5M%3A)

**Figura 22.** AQM-34 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=AQM+34&imgcr=r-3wjnbnoBqInM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=AQM+34&imgcr=r-3wjnbnoBqInM%3A)

**Figura 23.** Lockheed D-21 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=d+21&imgcr=-8IBOVtk7jIOPM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=d+21&imgcr=-8IBOVtk7jIOPM%3A)

**Figura 24.** QH-50 DASH (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=qh+50+dash&imgcr=lhi2x6Ke6bne-M%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=qh+50+dash&imgcr=lhi2x6Ke6bne-M%3A)

**Figura 25.** Ryan Firebee 1241 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=firebee+1241&imgcr=ctjNKB8xDo2vTM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=firebee+1241&imgcr=ctjNKB8xDo2vTM%3A)

**Figura 26.** Ryan SPA 147 (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=ryan+spa+147&imgcr=TXB3yQuD5-LX2M%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=ryan+spa+147&imgcr=TXB3yQuD5-LX2M%3A)

**Figura 27.** Pioneer (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=pioneer+uav&imgcr=qwovIG2RenCSfM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=pioneer+uav&imgcr=qwovIG2RenCSfM%3A)

**Figura 28.** Pioneer sent revisat (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=pioneer+uav&imgcr=qIVsO6dQn1f\\_aM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=pioneer+uav&imgcr=qIVsO6dQn1f_aM%3A)

**Figura 29.** UAV iranià Ababil (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=ababil&imgrc=yWXBIFGkbMg0gM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=ababil&imgrc=yWXBIFGkbMg0gM%3A)

**Figura 30.** UAV bomber (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=firebird+uav&imgrc=SbnFjHwuxHc1bM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=firebird+uav&imgrc=SbnFjHwuxHc1bM%3A)

**Figura 31.** Pathfinder 30m (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=uav+pathfinder&imgrc=p6\\_WxUXwzBf5jM%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=uav+pathfinder&imgrc=p6_WxUXwzBf5jM%3A)

**Figura 32.** Pathfinder 75m (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ\\_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=uav+pathfinder&imgrc=BapHMagOTWWm8M%3A](https://www.google.es/search?q=northrop+q4b&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoA2oVChMlxqScw5-VyAIVwgQaCh1hCwDa#tbm=isch&q=uav+pathfinder&imgrc=BapHMagOTWWm8M%3A)

**Figura 33.** Predator Nord-Americà (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=predator&es\\_sm=93&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAWoVChMIw4j7nZaayAIVih8aCh0WgQ9G&biw=1242&bih=603#tbm=isch&q=predator+uav&imgrc=kKKLHIHJYIUpIM%3Av](https://www.google.es/search?q=predator&es_sm=93&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIw4j7nZaayAIVih8aCh0WgQ9G&biw=1242&bih=603#tbm=isch&q=predator+uav&imgrc=kKKLHIHJYIUpIM%3Av)

**Figura 34.** Reaper llançant dos míssils (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+missiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9laCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=predator+UAV&imgrc=PHCH6-MkntTEiM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+missiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9laCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=predator+UAV&imgrc=PHCH6-MkntTEiM%3A)

**Figura 35.** Northrop-Grumman RQ-4 o Global Hawk (Consulta Juliol 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+missiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9laCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=rq4+global+hawk&imgrc=ld0ckpES0HTJKM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+missiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9laCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=rq4+global+hawk&imgrc=ld0ckpES0HTJKM%3A)



**Figura 36.** Aglomeració de gent en el CES 2015 (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=ces&imgsrc=S3qFGphJycYe7M%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=ces&imgsrc=S3qFGphJycYe7M%3A)

**Figura 37.** Estand de DJI al CES 2015 (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=dji+ces&imgsrc=cREo6ycqTbEyYM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=dji+ces&imgsrc=cREo6ycqTbEyYM%3A)

**Figura 38.** Estand Parrot al CES 2015 (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=parrot+ces&imgsrc=Z2X\\_vyQVQLz9cM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=parrot+ces&imgsrc=Z2X_vyQVQLz9cM%3A)

**Figura 39.** Inta Siva i la seva plataforma d'enlairament (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=inta+siva&imgsrc=8FvnZgX\\_6cb6BM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=inta+siva&imgsrc=8FvnZgX_6cb6BM%3A)

**Figura 40.** Construcció i desenvolupament del INTA Milano (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=inta+milano&imgsrc=xvyU\\_HDfrzKM7M%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=inta+milano&imgsrc=xvyU_HDfrzKM7M%3A)

**Figura 41.** ATLANTE en funcionament (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=atlante+UAV&imgsrc=u50bti0zE7efrM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=atlante+UAV&imgsrc=u50bti0zE7efrM%3A)

**Figura 42.** Pelícano de INDRA en ple vol (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=pelicano+uav&imgsrc=3jBKLrIr847UuM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=pelicano+uav&imgsrc=3jBKLrIr847UuM%3A)

**Figura 43.** Quatre exemplars del Centauro dins el seu hangar (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=centauro+uav&imgsrc=zaT3hVo-joivIM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=centauro+uav&imgsrc=zaT3hVo-joivIM%3A)

**Figura 44.** Fulmar i la seva plataforma d'enlariament (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=fulmar+uav&imgsrc=4glKmk5OzsfJGM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=fulmar+uav&imgsrc=4glKmk5OzsfJGM%3A)

**Figura 45.** Hexacòpter de HEMAV i logotip de l'empresa (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=hemav&imgsrc=TOUr0TRA1nyECM%3A](https://www.google.es/search?q=reaper+misiles&hl=es&biw=1242&bih=603&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6vjdrJeayAIVA9IaCh2wKA7w#hl=es&tbm=isch&q=hemav&imgsrc=TOUr0TRA1nyECM%3A)

**Figura 46.** Taula de moviments del quadrocòpter (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=funcionamiento+drones&espv=2&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAmoVChMIlpiDnNuhyAIVS1kaCh2Z7g4I#tbm=isch&q=funcionamiento+quadcopter&imgsrc=A\\_jY8aGVJcVeWM%3A](https://www.google.es/search?q=funcionamiento+drones&espv=2&biw=1242&bih=603&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAmoVChMIlpiDnNuhyAIVS1kaCh2Z7g4I#tbm=isch&q=funcionamiento+quadcopter&imgsrc=A_jY8aGVJcVeWM%3A)

**Figura 47.** Representació del diàmetre i pitch de l'hèlix (Consulta Agost 2015)

[http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_66686\\_Quantum\\_DJI\\_Style\\_Carbon\\_Fiber\\_Propeller\\_8x4\\_5\\_CW\\_CCW\\_2pcs\\_.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_66686_Quantum_DJI_Style_Carbon_Fiber_Propeller_8x4_5_CW_CCW_2pcs_.html)

**Figura 48.** Sentit de rotació de les hèlix (Consulta Agost 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=propellers+cw+ccw&imgsrc=jgsC9cPI57WprM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=propellers+cw+ccw&imgsrc=jgsC9cPI57WprM%3A)

**Figura 49.** *Bullet connectors* (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=bullet+connectors&imgsrc=ZAwg3MstPZSzM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=bullet+connectors&imgsrc=ZAwg3MstPZSzM%3A)

**Figura 50.** Cable Servo de 3 pins (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=cable+servo+&imgsrc=jC7BQVQlgK2Y5M%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=cable+servo+&imgsrc=jC7BQVQlgK2Y5M%3A)

**Figura 51.** Bateria Gens 2200 mAh (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=gens+2200&imgsrc=q4FMyJVeN3ZEYM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=gens+2200&imgsrc=q4FMyJVeN3ZEYM%3A)

**Figura 52.** Connector Y20 (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=gens+2200&imgsrc=zAKGE4Yy\\_gy2M%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=gens+2200&imgsrc=zAKGE4Yy_gy2M%3A)

**Figura 53.** Logotip de HobbyKing (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=hobby+king&imgsrc=lQ3g6AZDjjP8IM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=hobby+king&imgsrc=lQ3g6AZDjjP8IM%3A)

**Figura 54.** Logotip de Girodrons (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=girodrons&imgsrc=G2Rpr2Xv\\_BXqMM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=girodrons&imgsrc=G2Rpr2Xv_BXqMM%3A)

**Figura 55.** Logotip d'Ebay (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=ebay&imgsrc=BD\\_Qxu3FTYF1vM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=ebay&imgsrc=BD_Qxu3FTYF1vM%3A)

**Figura 56.** Logotip de la feerreteria Manxa (Consulta Setembre 2015)

[https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=manxa+industrial&imgsrc=6qprvcX\\_cfU0HM%3A](https://www.google.es/search?q=propellers+ccw&espv=2&biw=1242&bih=603&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI27C6uKWayAIVhFcaCh3BNwfU#tbm=isch&q=manxa+industrial&imgsrc=6qprvcX_cfU0HM%3A)

