



PROIECTE AERONAUTIC INTEGRAL



ÍNDEX

AGRAÏMENTS	4
INTRODUCCIÓ	6
MATERIAL I METODOLOGIA	8
COS DEL TREBALL	10
1.- HISTÒRIA DE L'AVIACIÓ	10
2.- TIPUS DE NAUS AERONÀUTIQUES.....	13
2.1.- Helicòpters.....	13
2.2.- Coets	14
2.3.- Avions	16
2.4.- Aeròstat o globus aerostàtic.....	18
2.5.- Dirigible	19
3.- FÍSICA AERODINÀMICA D'UN AVIÓ.....	20
3.1.- Principi de sustentació	25
3.2.- Principi d'impuls	33
4.- PROPULSIÓ DELS AVIONS.....	36
4.1.- Motors d'èmbol o pistó	36
4.2.- Motos a reacció.....	37
4.3.- Sistema de combustible	41
4.4.- Seguretat en els motors	41
4.5.- Estudi econòmic de dos motors	44
5.- MATERIALS I CONSTRUCCIÓ DELS AVIONS	51
5.1.- Fuselatge	53
5.2.- Part exterior	57
5.2.1.- Ales	57
5.2.2.- Superfícies de comandament i control	61
5.2.3.- Sistema estabilitzador.....	65
5.2.4.- Tren d'aterratge	66
5.3.- Motors.....	67

5.4.- Material elèctric i electrònic	70
5.4.1.- Sistema elèctric	71
5.4.1.1.- Circuit d'accionament d'un tren d'aterratge....	72
5.4.1.2.- Circuit d'accionament dels flaps de l'ala	73
5.4.1.3.- Sistema d'il·luminació.....	73
5.4.1.3.1.- Exterior	73
5.4.1.3.2.- Interior	75
5.4.2.- Components electrònics	75
5.4.2.1.- Enlairament.....	76
5.4.2.2.- Comunicacions.....	76
5.4.2.3.- Aerovies	76
5.4.2.4.- Vol.....	77
5.4.2.5.- Aterratge	81
6.- PILOTATGE DE L'AVIÓ	83
6.1.- Titulació necessària	84
6.2.- Tripulació	85
6.2.1.- Comandant	85
6.2.2.- Pilot	85
6.2.3.- Copilot	87
7.- CONTROL I SEGURETAT	87
8.- MANTENIMENT I COSTS.....	90
9.- VIABILITAT ECONÒMICA D'UN AEROPORT	94
RESULTATS I DISCUSSIÓ.....	109
CONCLUSIONS	122
BIBLIOGRAFIA	125
a.- Llibres	125
b.- Articles periodístics.....	126
c.- CD-ROM	127
d.- Webs	127
e.- Text electrònic	136
f.- Articles periodístics electrònics.....	137
g.- Correu electrònic	138

ANNEXOS.....	140
1.- VISITA A TOULOUSE	140
2.- CONSTRUCCIÓ D'HÈLIXS	142
3.- PROPULSIÓ DEL COET	144
4.- EXPERIMENT REGLE-FULL	146
5.- SHELL WATER DETECTOR	148
6.- MAPES "ETOPS"	150
7.- DIAGRAMES DE SUBMINISTRAMENT D'ENERGIA ELÈCTRICA	152
8.- SISTEMES DE COMUNICACIONS.....	153
9.- ENTREVISTA A UN PILOT	154
10.- VISITA AL CENTRE DE CONTROL DE VOL DE BARCELONA (Gavà).....	163
11.- FITXES DE VOL.....	168
12.- EXPERIÈNCIA A L'AEROPORT DEL PRAT (Manteniment).....	169
13.- MAPA DE PISTA DE L'AEROPORT KENNEDY, NY	175
14.- RECURS AUDIOVISUAL	177

AGRAÏMENTS

De ben segur que la consumació d'aquest treball no hagués estat possible sense el recolzament o ajuda de diverses persones. He comptat amb gent molt propera a mi, els quals m'han ajudat a superar entrebancs i a madurar conjuntament amb el meu treball, ja que cada repte que em proposava, quan el finalitzava després de dures jornades de treball, ells se n'alegraven i a mi em feia sentir doblement feliç. A més, he gaudit de la genial ocasió d'endinsar-me dins del fascinant món de l'aeronàutica, fet que no esperava realitzar. Aquesta experiència no hagués estat possible si les persones que s'han ofert a donar-me un cop de mà, haguessin ignorat les meves peticions i consultes.

D'aquesta manera, vull aprofitar aquest apartat per agrair altra vegada les persones que m'han fet créixer aquests mesos de treball tot proporcionant-me uns coneixements que jo considero molt interessants.

En primer lloc, m'agradaria agrair al meu tutor, Santi Cornet i Colomina, per haver acceptat la meva sol·licitud de tutor de Treball de Recerca i més encara, per haver-me dirigit l'índex, així com un seguiment de trobades on sempre em feia consolidar coneixements sobre el tema que li duia mig plantejat.

En segon lloc, em dirigiria a Jordi Buixadera i Miró, enginyer en telecomunicacions i pilot privat, per debatre temes aeronàutics d'actualitat i facilitar-me el model d'estudi econòmic general d'una empresa per poder-lo aplicar a les despeses aeronàutiques, així com els seus beneficis. També dirigir-me a ell com el possible futur soci de la nova patent Nadal-Buixadera!

A continuació, voldria oferir un gran agraïment a Antoni Vidal i Simó, pilot de l'Airbus A330 a AirEuropa, per mostrar-se totalment interessat en el meu treball i estar disposat a respondre una entrevista. A més, per les oportunitats que m'ha generat de conèixer en profunditat aquest món i dirigir-me a altres companys del sector.

Així doncs, igualment donar les gràcies a David Alibau Pavón, tècnic de manteniment a l'Aeroport de Barcelona, per proporcionar-me una visita completa de les seves tasques a pista, a més de fer-me sentir per uns moments, pilot d'un Boeing 767 estacionat a pista.

També agrair a Maria Ojer i Ferrer, estudiant de 2n curs d'enginyeria aeronàutica, per proporcionar-me una xerrada interessantíssima sobre la

carrera, el canvi de vida, la genialitat dels estudis, així com proporcionar-me documents i apunts entenedors al meu abast.

Encara em queda donar les gràcies a Maria Rosa Piñol i Raurich, per interessar-se en el treball i mantenir una llarga conversa telefònica sobre els aeroports i les seves dades; a Eduardo Manuel Fortes i Galera, enginyer tècnic aeronàutic especialitzat en aeronavegació, treballador pel departament tècnic d'Aeroports de Catalunya, per posar-se en contacte amb mi una vegada m'havia donat a conèixer amb el meu treball; i a Rogelio Pérez i Liñán, controlador aeri del Centre de Control de Barcelona (Gavà), per permetre'm l'accés a la Sala de Control del Centre i oferir-me unes molt interessants explicacions.

Finalment, em queda donar les gràcies al Servei d'Aeroports i Transport Aeri de la Generalitat de Catalunya, per dirigir-me cap a diferents organismes d'una manera concisa i ràpida, a l'igual que Rolls-Royce, qui també em va encoratjar a seguir desenvolupant el meu treball amb èxit.

Per acabar, citar la família, concretament el pare i la mare, a més del meu germà que quan em trobava a l'ordinador i volia jugar, em preguntava: "Que estàs fent TdR?" i jo li responia que sí, i em deia, "doncs ja pujaré més tard!". Tot i que sigui, per alguns, una mica "cursi" citar els pares, per mi han estat molt importants. Em preguntaven com el duia, s'interessaven pel meu estat d'ànim quan estava encallada en algun punt, em van dur a Altafulla per entrevistar el pilot i a Barcelona, n'estic molt orgullosa i crec que és l'espai adequat per agrair-los-hi, així com als meus amics, tant els d'Almacelles, com gent de Sant Llorenç de Morunys, del Conservatori de Lleida, amigues coincidents a Oxford,... perquè m'han demostrat que si les coses es comenten i uns als altres ens anem donant ànims, el camí es fa més curt, més dinàmic i fins i tot, resulta sent més satisfactori.

A totes les persones aquí citades, com també aquelles que no ho estan però que han intervingut en aquest Treball, moltíssimes gràcies de tot cor.

INTRODUCCIÓ

El treball de recerca "Projecte Aeronàutic Integral" ha estat elaborat amb la finalitat de poder investigar en el camp de l'aeronàutica i, més concretament, en el món de l'avió. D'aquesta manera, he pogut descobrir nous conceptes de l'avió que desconeixia i aprofundir en aquells que sempre em cridaven l'atenció i no trobava resposta.

El motiu de l'elecció del tema d'aquest treball és, si més no, curios. Fa pràcticament un any, durant el juny de l'any 2008, vaig tenir la gran oportunitat de poder volar amb una avioneta des de Reus fins l'aeròdrom d'Alfés passant i voletejant per sobre d'Almacelles, veient tot el municipi a vista d'ocell, a l'igual que Lleida, tot sobrevolant la Seu Vella. Aquella experiència, tot i que no sabia a què em duria, va despertar la meua curiositat per saber com i per quin motiu érem



Reus - Juny 2008

capaços de volar amb seguretat a una certa altura. Però no va ser fins que en un viatge a Oxford, amb un avió de grans dimensions, em vaig adonar que seria molt interessant conèixer amb exactitud les qüestions que em ballaven pel cap. D'aquesta manera, a poc a poc vaig anar descartant altres possibles temes de treball i quan es va donar a conèixer el nou Aeroport d'Alguaire vaig decidir-me per aquest tema.

Així doncs, aquest treball abasta des dels primers vols dels germans Wright, passant per les diferents naus que existeixen o han existit, i la física que permet que un aparell tan pesat com l'avió pugui desenvolupar trajectes d'uns 10.000 quilòmetres sense realitzar escala. La propulsió dels avions i els seus materials, els càrrecs dins la tripulació d'un avió o els controls i mecanismes de seguretat que han de superar, així com el manteniment i cost del seu funcionament ens aportaran, a més, una visió més completa del que requereix aquesta meravellosa màquina voladora.

Un cop esmentada l'estructura que seguirà aproximadament aquest treball cal comentar que es tracta d'un tema molt ampli que es podria derivar cap a molts altres camins, però que ha estat delimitat per tal que a partir de voler saber com s'aguantava l'avió, s'hagi citat també el fet que necessita uns motors concrets

que es diferenciaven dels altres, la seva estructura i seguretat, a més d'una contextualització important en els dos primers apartats, la història de l'aviació i els diferents tipus de naus existents. Així doncs, s'han sintetitzat els principals interrogants que passaven per la meua ment com ara on es creava la sustentació de la nau i per quin motiu, quina diferència podíem trobar entre una nau de quatre motors o una de dos, què succeïa a la nau en cas de la fallada d'un motor, entre d'altres.

Una nova concepció del món ha sorgit recentment gràcies a aquest transport, el qual ens permetrà a les generacions futures prendre vols des del mateix costat de casa, a més d'interessar-nos per obtenir un canvi de visió de la resta de Catalunya pel que fa a les Terres de Ponent, sovint poc qualificades. Per tot això, he encaminat el meu Treball de Recerca cap aquest sector aeronàutic i més precisament, al rei d'aquest camp, l'avió.

MATERIAL I METODOLOGIA

El treball configurat, degut al gran abast que presenta, m'ha permès treballar amb diferents materials i a organitzar-me des del primer moment per tal de que tots els procediments a efectuar, entressin dins dels terminis marcats a la programació. Aquest doncs, m'ha garantit un aprenentatge que, sense aquest treball, no hauria realitzat, ja que es tracta de procediments i eines que si no els descobreixes *in situ*, no els requereixes.

D'aquesta manera, pel que fa al material emprat, trobem des de llibres, webs, vídeos, cd's, fins a visites a aeroports. Bé, especifiquem.

La majoria de llibres consultats han estat prestats per la Biblioteca Pública de Lleida, però al tractar-se més aviat d'una Biblioteca de lletres, els únics llibres amb contingut aeronàutic es trobaven a la secció infantil i juvenil. Així doncs, vaig haver de buscar altres recursos per obtenir informació contrastada. Tres llibres d'una col·lecció de formació de pilots i uns grans dossiers d'apunts de primer curs d'enginyeria aeronàutica van constituir els meus pilars d'informació escrita. Tot i així, cercant per la xarxa, he trobat molts webs interessants i completament estructurats. M'han servit molt a l'hora de contrastar webs entre ells i per tant, em feien reflexionar i adquirir els conceptes. Una altra font molt important en aquest treball són els CD's i els vídeos que he aconseguit. Pel que fa als CD's, tres me'ls van proporcionar a la visita de l'Aeroport de Barcelona i tracten sobre tots els sistemes que presenta el Boeing 737-600/700/800/900, així com representacions gràfiques de circuits i dibuixos per a una millor comprensió. L'altre CD, proporcionat també en mà, és de l'Aeroport de Barcelona, produït per Aena. Els vídeos en canvi, a part de veure diferents experiments a la gran cadena YouTube, també han estat d'un gran interès. TV3 i 3/24 van oferir dos reportatges sobre l'aviació i la projecció catalana en el camp de l'aeronàutica. Com es pot intuir, en moltes d'aquestes fonts, la llengua que les desenvolupava era l'anglès, i gràcies a diccionaris, traductors on-line i certs coneixements de la llengua, he pogut avançar i superar aquestes dificultats d'idioma.

A més a més, he disposat d'informació directa, d'explicacions fabuloses, com en la visita a l'Aeroport del Prat, on un tècnic de manteniment em va explicar detalladament, cada procediment, cada apartat d'una nau. La visita al centre

aeronàutic de Toulouse, amb la corresponent explicació de l'Airbus A380, va influir molt en la meua capacitat d'atenció sobre el tema.

Així doncs, el meu treball s'ha fonamentat en aquest material, però també n'ha emprat d'altres, com les equacions del programa informàtic Word, o els gràfics i taules per representar les dades, els experiments i els seus materials corresponents, aparells d'enregistrament, ... Tot això m'ha permès, alhora, progressar dins de la informàtica i adquirir conceptes nous i difícils.

La metodologia emprada en la realització d'aquest treball de recerca es basa en un control per mi mateixa des dels seus inicis.

Un cop vaig tenir l'índex configurat, em vaig proposar un pla de treball amb una planificació des dels voltants de maig fins a setembre. Dins d'aquest pla de treball, em vaig marcar uns terminis per anar configurant la redacció de la majoria dels apartats. Al costat, m'escrivia les dificultats sorgides i la manera de solucionar-les. Així doncs, efectuava una recerca d'informació a les diferents fonts anteriorment citades, anotava allò que em costava esforç i subratllava la informació necessària. Un cop obtenia tota la informació, l'estructurava en parts i n'efectuava un esbós. A partir dels esquemes i l'orde, vaig començar a redactar.

Un cop arribats al primer termini del pla de treball, vaig efectuar una primera impressió del cos fins llavors elaborat. Això em va permetre una reestructuració de la informació desordenada o incoherent i una millor correcció de faltes.

A partir d'aquí, anava afegint nou material i ajustant l'anterior. Mentrestant, efectuava els càlculs, fotografies, experiments, establia converses i enviava correus electrònics a diferents aeroports per demanar informació o sol·licitar una visita. Així, combinava l'elaboració amb la continuïtat de la recerca.

Quan ja disposava de diferents apartats bastant elaborats, em vaig dedicar al muntatge d'aquests. Quan disposava d'un primer esborrany en brut, amb apartats contrastats d'informació, li ensenyava al tutor els passos seguits per saber si eren ajustats a l'índex establert. I així successivament fins a arribar a la realització completa d'aquest treball que, com ja he esmentat, ha procurat concebre tota la informació el màxim d'acurada i contrastada possible.

1.- HISTÒRIA DE L'AVIACIÓ

La història de l'aviació es remunta al dia en què l'home prehistòric es va detenir a observar el vol dels ocells i altres animals voladors. De fet, el desig de volar ha estat sempre present en la humanitat des de fa segles, i al llarg del temps, el ser humà a intentat volar imitant els ocells, tot utilitzant un parell d'ales



Ícar i Dèdal

elaborades amb fusta i plomes, per exemple. S'havia arribat a considerar el vol fins i tot, com un acte impossible per als humans, però tot i així, es coneixen llegendes, com la famosa d'Ícar i Dèdal, on intentaven desplaçar-se pel cel.

Si ens situem al voltant de l'any 400 aC, Arquitas de Tarento, un estudiós de la Grècia Antiga, ja va construir un artefacte de fusta designat com "Peristera", en grec, Colom, en forma d'au i capaç

de volar a uns 180 metres d'altura. Utilitzava un raig d'aire per aixecar el vol, però no es té constància de què era el que el produïa.

Cent anys més tard, els xinesos van inventar l'estel, considerat un tipus de planejador i van desenvolupar tècniques per fer-lo volar en l'aire.

Però no és fins l'any 852 d.C que tornem a tenir novetats aèries. L'andalusí Abbàs Ibn Frirnás, es va llençar des del minaret de la Mesquita de Còrdova amb una gran lona per amortir la caiguda, tot sofrint ferides lleus, però passant a la història com a precursor del conegut paracaigudes.

I no ens aturem fins el 3 de gener de 1496, quan Leonardo da Vinci va assajar una de les seves màquines inventades per volar, sense èxit. El que cal destacar d'aquest geni, és que va ser la primera persona que es va dedicar seriosament a projectar una màquina capaç de volar. Va dissenyar planejadors i ornitòpters, els quals utilitzaven els mateixos mecanismes que els ocells per volar, a través d'un moviment constant

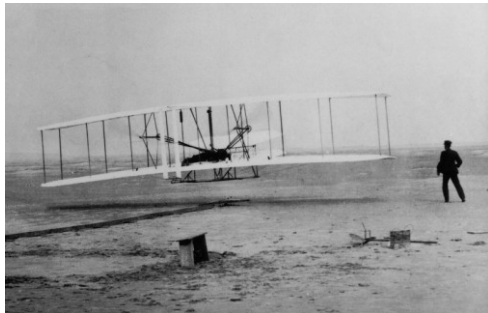


Model d'avió de L.da Vinci

de les ales ascendent i descendent. No es va tornar a crear cap més invent dels plantejats, però ja als segles XIX i XX, es van estudiar els seus dissenys i es va veure que el seu planejador hagués pogut volar.

A partir de llavors, les millores es van anar succeint i cada vegada s'aconseguien millores substancials que ajudaven a desenvolupar l'aviació.

El primer vol realitzat en globus aerostàtic es va dur a terme l'any 1783, en creuar el canal de la Mànega i el d'un avió, va arribar l'any 1903 gràcies als germans Wright, que des de ben petits somiaven amb poder volar amb els seus

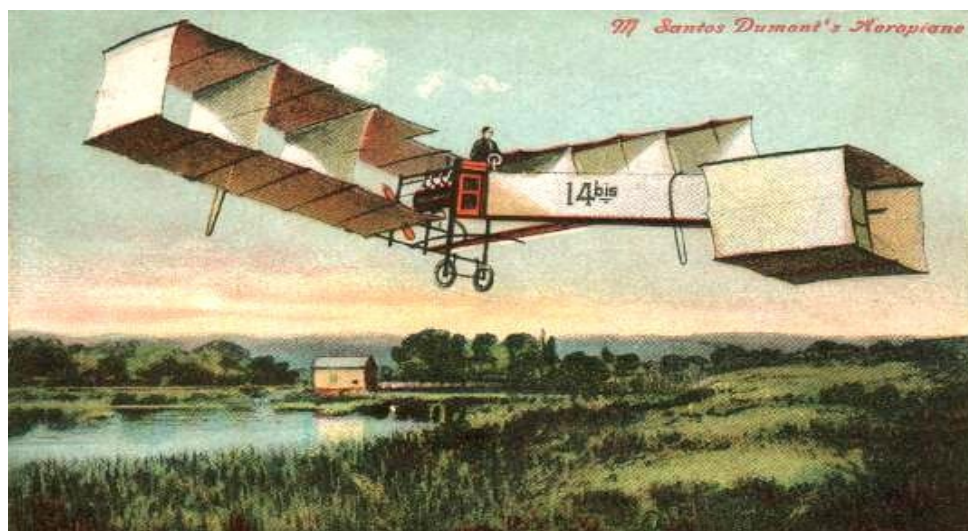


1r vol dels germans Wright

aparells. Després de diversos intents i invents, van aconseguir crear el biplà Flyer (Volador). El pilot se situava sobre l'ala inferior de l'avió, mentre que el motor se situava a la dreta d'aquest i feia girar dues hèlixs localitzades entre les ales. La tècnica d'alabeig, és a dir, d'inclinar l'avió

lateralment, s'aconseguia mitjançant unes cordes unides a les puntes de les ales, de les quals el pilot podia estirar o alliberar. El Flyer va ser considerat el primer avió de la història, dotat de maniobrabilitat longitudinal i vertical.

Tot i així, existeix certa controvèrsia entre si realment van ser els germans Wright els primers de la història o Alberto Santos Dumont. Aquest últim va realitzar el vol del 14-bis a París, sense la necessitat d'utilitzar rails i catapultes com van fer els germans Wright. El vol de Dumont es fa efectuar l'any 1906, però tot i així, també pot ésser considerat el pilot del primer artefacte volador encara que se situï posteriorment al Flyer dels germans Wright.



14-bis de Dumont

Mentre s'intentaven enlairar els primers models d'avió, els dirigibles van avançar-los i el primer vol de zèppelin es va efectuar l'any 1852.

L'helicòpter i l'hidroavió van tardar una mica més de temps. L'helicòpter va efectuar el primer vol l'any 1907 mentre que l'hidroavió, tres anys més tard.

Ja situats a la Primera Guerra Mundial, l'aparell més utilitzat va ser l'avió i amb diferència. El primer país que va utilitzar-lo amb aquesta finalitat va ser Bulgària, per defensar-se dels otomans durant la Primera Guerra dels Balcans. A partir de llavors, els dissenyadors es van continuar esforçant per millorar la capacitat i les característiques d'aquestes naus, així com l'autonomia, la velocitat, la capacitat de càrrega, la facilitat de maniobra o seguretat, entre altres detalls. Juntament amb aquestes millores sorgeixen les primeres línies aèries, sobre l'any 1918. El motor a reacció dels avions va néixer a finals dels anys quaranta, proporcionant així una major velocitat i millor transport als passatgers de l'època. Vint anys més tard apareixen els primers vols supersònics, adquirint velocitats elevadíssimes gràcies als seus dissenys i característiques.

Finalment queda destacar el futur d'aquests aparells. A mesura que s'avançava en tot aquest camp, els materials s'anaven modificant, passant de la fusta a l'alumini i materials compostos; els dissenys, ara es realitzen amb ordinador; però res comparat amb l'era creada a partir de la dècada de 1990, on l'aviació comercial ha investigat i creat nous sistemes de vol, com el de llançament reutilitzable capaç de ser enviat a l'espai més d'una vegada, naus propulsades amb noves fonts d'energia més netes, com l'etanol, l'electricitat i inclús, energia solar.

Així doncs, tot i els problemes amb què s'ha enfrontat l'aviació, es creu que el segle XXI serà un segle d'avenços dins del seu món. Avions i coets oferiran capacitats úniques pel que fa a la velocitat i la capacitat de passatgers i càrrega. I mentre les persones tinguin la necessitat de posseir un transport que els dugui d'una punta a l'altra del planeta en qüestió d'hores, l'aviació romandrà entre nosaltres, formant part de la nostra vida quotidiana.



Model d'avió solar

2.- TIPUS DE NAUS AERONÀUTIQUES

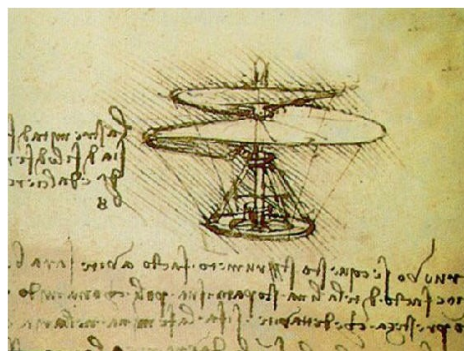
Existeixen diferents tipus de naus aeronàutiques, des de l'helicòpter fins al dirigible, passant pel coet, l'avió i el globus aerostàtic. Les seves diferències es basen, principalment, en la forma i el mecanisme de vol. Tot seguit s'explicarà en major detall.

2.1.- HELICÒPTER

L'helicòpter és una aeronau capaç de sustentar-se mitjançant un conjunt d'ales giratòries, denominades hèlix o rotor, situades a la part superior de l'aparell. És propulsada per un motor i vola horitzontalment per mitjà de la inclinació del rotor i la variació de l'angle d'atac de les seves aspes.

De fet, la seva pròpia paraula ens designa aquesta definició. Del grec *helix* (hèlix) i *pyteron* (ala), va ser Gustave Ponton d'Amécourt, pioner de l'aviació francesa, qui va fixar al 1863 aquest mot: *hélicoptère* («ala a l'hèlix»).

El primers helicòpters que es van construir van prendre idees del geni italià Leonardo da Vinci, però el primer que es va pilotar i motoritzar va ser el de l'eslovac Jan Bahyl.



Helicòpter de L.da Vinci

Però el futur de l'helicòpter hagués pogut esdevenir ben diferent si s'hagués desenvolupat, en el seu lloc, l'autogir inventat per l'espanyol Juan de la Cierva, de

semblança externa amb l'helicòpter. De fet, els primers helicòpters van pagar la patent i drets d'utilització del rotor articulad, original de l'enginyer espanyol. Així doncs, l'autogir constava d'ales fixades en un rotor que al girar, la pròpia sustentació l'elevava. Aquest nou invent volador, creat sobre l'any 1920, va irrompre en el panorama de l'aviació tan sols vint anys després de la invenció de l'avió dels germans Wright.

Però l'helicòpter es va avançar a l'autogir i l'any 1942 es va fabricar el primer aparell controlable totalment en vol per mitjà del sistema de producció en cadena.

A diferència del que molts poden imaginar, l'helicòpter és més complex i té un major cost de fabricació, utilització i mantenició que l'avió, per exemple. És

relativament lent, té menys autonomia de vol i menor capacitat de càrrega. Tanmateix, la seva gran capacitat de maniobra i de mantenir-se estàtic a l'aire, a més de girar sobre sí mateix i enlairar-se i aterrar fa que sigui un aparell realment pràctic i útil. Així doncs, si no fos per aspectes com haver de repostar o les limitacions de càrrega i altitud que posseeix, un helicòpter podria viatjar a qualsevol indret i aterrar a qualsevol lloc sempre i quan hi hagués suficient superfície (dos vegades la ocupada per l'aparell).

2.2.- COET

El coet és un vehicle o aeronau que, gràcies a la reacció de la ràpida expulsió de gasos de la combustió des d'un motor-coet, obté l'empenta necessària per poder despegar. Aquesta combustió, a diferència de la d'un motor a reacció convencional que aspira aire de fora, utilitza només les substàncies existents dins del motor. Com a resultat, el coet pot operar en l'espai exterior on no hi ha gairebé gens d'aire. A més, un coet pot produir més potència per les seves dimensions que qualsevol altra classe de motor. Per exemple, el motor dels coets principals de la llançadora espacial, sospesa la mateixa fracció de pes que un motor d'avió comercial, però caldrien 39 d'aquests motors per a produir la mateixa potència.

Existeixen diferents mides de coets, com els que es disparen als focs artificials (60cm) o els petits models de joguina; els utilitzats a la guerra, també denominats míssils (de 15 a 30m); o els destinats a ser enviats a l'espai, com l'enorme Saturn V llençat al programa Apol·lo (111m).

Pel que fa la propulsió dels coets, destaquem que funcionen en base al principi enunciat per primera vegada per Isaac Newton (1642-1727), la tercera llei de moviment (a tota acció li correspon una reacció igual i de sentit contrari). En els motors dels coets, l'acció és representada per un flux de partícules produïdes per mitjà de processos químics i/o físics de diversos tipus, que són expulsades a altíssimes velocitats

Saturn 5,
U.S.



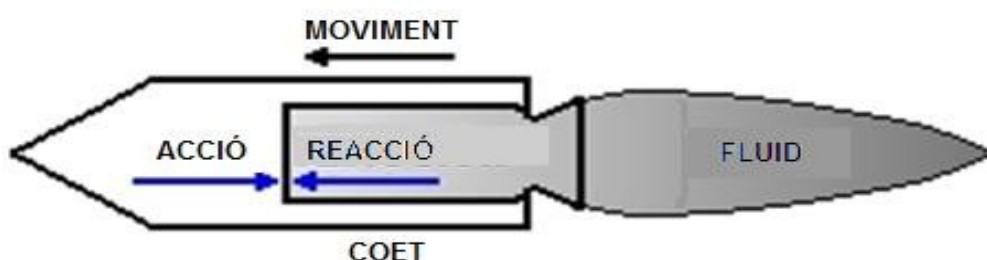
Saturn 5, U.S.
Va llençar Neil Armstrong a l'espai. Aquest va protagonitzar en primera persona l'arribada a la superfície lunar l'any 1969. (111 metres)

en una determinada direcció; la reacció, en canvi, és representada pel moviment del vehicle en la direcció oposada a aquella en què són expulsades les partícules. Esquemàticament, un motor d'un coet, està constituït per una càmera on es duu a terme la producció de les partícules a expulsar, pels aparells necessaris per alimentar aquesta producció i per una vàlvula, o tovera de descàrrega, a través de la qual les partícules produïdes són expulsades a altíssima velocitat. Si el coet s'ha de posar en òrbita, en pocs minuts ha d'aconseguir assolir una velocitat de 28.000 km/h., mentre que si es vol dirigir cap un planeta exterior, haurà de ser de 40.000 km/h. Per realitzar això, l'impuls d'un coet, que es mesura en kilograms, ha de ser del 30 al 50% superior al pes de tot el vehicle.

Tanmateix, les altes velocitats necessàries per vols astronàutics que parteixen de terra no acostumen a assolir-se, habitualment, amb un sol coet, encara que sigui gran i potent. Utilitza llavors, la tècnica del coet multiseccions, és a dir, dos o més coets col·locats un sobre l'altre de manera que, una vegada esgotat l'impuls de la primera secció, s'encén la segona i així successivament. Naturalment, les seccions següents a la primera tindran més avantatge perquè partiran, en lloc de velocitat zero, amb la velocitat final adquirida per la secció anterior.

Però si només ens fixem en el motor de la nau, podem diferenciar-lo del d'un avió pel fet que a més de dur el combustible també porta un oxidant o comburent, és a dir, un compost químic necessari per poder cremar el combustible fins i tot en el buit de l'espai, on no hi ha oxigen. Aquesta propulsió química, a la vegada, pot ser de dos tipus diferents: de propulsor sòlid i líquid. En els coets de propulsor sòlid, el combustible i l'oxidant es barregen conjuntament en forma de pols compacta i solidificada, anomenada gra. Aquest s'acumula a la càmera de combustió adherint-se perfectament a les parets i deixant un forat cilíndric central. L'ascensió del gra es duu a terme mitjançant un impuls elèctric. Una de les combinacions més utilitzades per propulsors sòlids és la barreja de poliuretà (un combustible plàstic) amb perclorat d'amoníac com a oxidant.

Els coets de propulsor líquid solen portar el combustible i l'oxidant en dos dipòsits separats. Els dos líquids són enviats, per mitjà d'una bomba, a la càmera de combustió on, a l'entrar en contacte, desenvolupen el procés químic que dona lloc a un potent flux de partícules gasoses. Una de les combinacions més utilitzades per aquest tipus de motors és la d'hidrogen líquid (combustible) amb oxigen líquid (oxidant). Aquesta ha estat adoptada, per exemple, per alimentar alguns dels nombrosos motors del Saturn V.



La diferència entre els coets de propulsió sòlida i líquida és que en els primers, la combustió i per tant, l'impuls, dura fins l'extenuació del propulsor; en canvi, en els segons, és possible bloquejar-la tot interrompent el flux d'alimentació del propulsor líquid contingut en els dipòsits, per mitjà d'una vàlvula.

La funció dels coets rau en accelerar, modificar les òrbites o òrbites de reentrada per l'aterratge si no hi ha atmosfera (a la Lluna), o per suavitzar un aterratge amb paracaigudes just abans d'impactar amb el terra.

Amb tot això, cal destacar que els coets són els únics vehicles prou potents per transmetre gent i equips a l'espai. Des de l'any 1957, els coets han instal·lant centenars de satèl·lits artificials en òrbita al voltant de la Terra i han transmès instruments científics per explorar i estudiar nous planetes.

2.3.- AVIÓ

L'avió (mot provinent de la forma augmentativa del llatí avis, ocell) es defineix



com aeronau més pesada que l'aire, provista d'ales i un cos de càrrega, capaç de volar sent propulsada per un o més motors.

Els avions poden ésser classificats segons el seu ús en avions civils (de càrrega, de transport de

Avió comercial

passatgers, d'entrenament, sanitaris, contra incendis, etc.) i avions militars (de càrrega, de transport de tropes, caces, bombarders, de reconeixement o espies,...)

També poden estar classificats en funció de la seva potència. Així doncs, trobem avions propulsats per motors de pistons i motors de reacció o propulsors. Aquesta classificació esdevindria la comunament coneguda com avionetes i avions, que si considerem un model de cadascuna, ràpidament podem comprovar les principals diferències. Pel que fa a l'avioneta de combustió interna Tecnam 96 Golf, és capaç d'enlairar-se amb màxim 526kg, mentre que el Boeing 787-9 Dreamliner, ho fa en 244.940 Kg. Ràpidament s'aprecia la diferència de dimensions de l'avió en concret i més si sabem que l'envergadura alar de l'avioneta és de 8,5 metres i la del Boeing, de 63 metres. Així doncs, és molt



Tecnam P-96 Golf 100

diferent parlar d'una avioneta, amb les seves limitacions a l'hora de volar (amb una velocitat màxima de creuer de 235 km/h) i un avió capacitat per dur més de 800 passatgers (en el cas de l'Airbus A380, únicament transportant en classe turista) i efectuar vols intercontinentals a una velocitat màxima de creuer de 1041,25km/h (encara que aquest valor no es podria considerar exacte ja que la velocitat màxima s'hauria de prendre respecte la velocitat de l'aire i varia segons la temperatura, tal com ens afirma el pilot Antoni Vidal. Tot i així, és convenient saber que el fet que sigui un motor de combustió interna no ens classifica directament les naus, ja que aquests poden subministrar fins a 600 CV de potència i cal recordar que les primeres naus que transportaven passatgers duien motors de combustió interna.

Tot i així, el principal sistema de funcionament d'ambdues es basa en la força aerodinàmica que actua sobre les ales, aconseguint que aquesta produeixi la sustentació necessària per tal d'efectuar un vol correcte. Aquesta força s'origina gràcies a la diferència de pressions que es generen entre la part superior i inferior de l'ala, efecte que s'explicarà en l'apartat 3.0.

2.4.- AERÒSTAT O GLOBUS AEROSTÀTIC



Un aeròstat o globus aerostàtic és una aeronau no propulsada que es basa en el principi dels fluids d'Arquímedes per volar, considerant l'aire com un fluid. Així doncs, d'acord amb aquest principi, tot cos submergit en un fluid rep una força ascendent

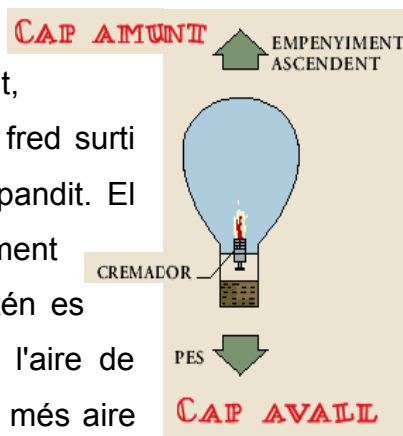
equivalent al pes del fluid desplaçat. D'aquesta manera, un cos immers en una barreja de gasos (l'aire), rebrà una força ascensional resultant (P) equivalent al pes d'aire ocupat pel seu volum (V) menys el pes de la seva estructura i càrrega (Q); sent γ el pes específic del gas utilitzat per omplir els dipòsits del globus, i τ el de l'aire:

$$P = V(\tau - \gamma) - Q$$

Els globus estan formats per un embolcall que conté una gran massa de gas més lleuger que l'aire, per això es coneixen popularment com globus. A la part inferior d'aquest embolcall, sol anar una estructura sòlida denominada barqueta on és possible lligar-hi qualsevol tipus de cos, com per exemple, llasts.

Com que no tenen cap mena de propulsió, els aeròstats es deixen endur per les corrents d'aire, encara que n'hi ha alguns que poden controlar la seva elevació.

El funcionament dels aeròstats es basen en l'escalfament d'aire (al voltant d'uns 100 °C) a la base del globus. Com que l'aire calent és menys dens que l'aire fred del voltant, s'eleva i infla l'embolcall. Això produeix que l'aire fred surti per la base, empès per l'aire calent que s'ha expandit. El pes total del globus esdevé inferior a l'empenyiment ascendent i el globus s'enlaira. Si el que es pretén es descendir amb el globus, s'apaga el cremador i l'aire de l'embolcall es refreda. Com que es contrau, entra més aire per la base. Aquest aire augmenta el pes del globus perquè superi l'impuls ascendent, aconseguint així que baixi.



2.5.- DIRIGIBLE

Un dirigible (la denominació original del qual era globus dirigible, encara que amb el temps es deixés d'utilitzar el terme globus) és un aeròstat autopropulsat i amb capacitat de maniobra per ser governat com una aeronau. La seva sustentació aerostàtica s'aconsegueix mitjançant dipòsits plens de gas d'una densitat inferior a la de l'atmosfera circumdant i és conduït a través de timons. Utilitza com a propulsor hèlixs o altres mecanismes.

El dirigible és considerat molt important dins de l'aeronàutica ja que va ser el primer artefacte volador capaç de ser controlat en un vol llarg. La seva utilització comprèn des del primer vol al 1852 fins actualment, però només com a suport publicitari, com a plataformes de càmeres per a esdeveniments esportius i com a observació aèria i plataformes d'interdicció.

No obstant això, el seu ús regular va ser substituït per avions i altres naus a partir del 1937, a causa de l'accident del Hindenburg, quan es va encendre per complet el dirigible omplert d'hidrogen prop de Lakehurst, Nova Jersey. Van morir 35 persones a causa de l'hidrogen, que té el perill de ser un dels gasos més inflamables que es coneixen i suposava la major causa d'inseguretat.



Accident del Hindenburg

Actualment, s'utilitza l'heli com a gas sustentador (7 vegades menys dens que l'aire) ja que es tracta d'un gas amb menys risc d'incendi.

Aquest tipus d'aeròstat es coneix també amb el nom de Zèppelin, ja que es tractava d'una marca que construïa aeronaus rígides. La companyia de

Zèppelin Luftschiff d'Alemanya o Zèppelin Goodyear dels EEUU n'eren les principals productores.

Tot i que els Zèppelin es van deixar d'utilitzar, tenien diverses qualitats interessants pel que fa a la capacitat de transport. Es tractava d'un transport



Dirigible actual

econòmic, tot posseint una bona taxa per tona i una millor autonomia, a més de contaminar menys i obtenir un vol més silenciós; podia transportar grans càrregues i els eventuais errors de motors eren menys crítics que els d'un avió; podien aterrar a pràcticament tots els indrets, sense requerir una infraestructura important. Tanmateix, corrien riscos

de sobrecàrrega per neu o rosada; la relació de volum total i volum de càrrega útil era molt desfavorable; tenien una escassa capacitat de maniobra i eren molt vulnerables als vents i a les condicions meteorològiques desfavorables, a més d'aconseguir una poca altitud pel vol.

Pel que fa al seu funcionament, a l'igual que el globus aerostàtic, es basa en el principi d'Arquímedes.

3.- FÍSICA AERONÀUTICA DE L'AVIÓ

L'avió, tal i com s'ha esmentat en l'apartat anterior, és una aeronau capacitada per volar. Però el primer que cal esbrinar és com una màquina de centenars de tones, que viatja a més de 1.000km/h assolint unes altituds d'uns 12.000 metres és capaç de volar a unes temperatures d'uns -55°C . Aquesta és la qüestió que intentarem analitzar i sintetitzar en aquest apartat.

Primerament, cal saber què s'entén per volar. Volar consisteix en flotar, tot sostenint-se en l'aire i en desplaçar-se i viatjar de forma controlada sense estar en contacte amb el terra. Per mantenir aquest vol és necessari l'aire, ja que tot i que sembli molt poca cosa o un element inapreciable, en el camp de l'aviació ho és tot. Es pot notar l'aire quan es venta amb un vano o quan es circula amb cotxe per l'autovia a 120km/h i es treu la mà per la finestreta. Però encara pot ésser notada més la presència d'aire si es tragués la mà per la finestreta de l'avió de transport ($\sim 850\text{km/h}$). Generaria llavors, una força molt important a la mà. Per això l'aire és el medi que ens permet generar forces que permetran

volar correctament a les aeronaus, sempre i quant aquestes assoleixin velocitats, com ja hem vist en l'exemple anterior, elevades.

Les forces que es generen són:



- SUSTENTACIÓ

La sustentació és la força que exerceix l'aire sobre l'ala dels avions, on la força consisteix en establir una pressió per unitat de superfície.

Per entendre-la, només s'ha de col·locar un full de paper sobre un regle. Un cop situada la punta del paper sobre el regle, només l'has de posar a l'altura de la boca i bufar sobre el paper. Aquest s'aixecarà per efecte de la sustentació.

Un altre exemple seria deixar anar un full de paper arrugat des d'una certa altura i un full llis sencer. Veuríem com arribarien en diferent moment degut a la sustentació que generaria el full llis de paper.

A continuació mostrem la diferència de sustentació en aquest experiment:

1-. Prenem dos fulls de paper de la mateixa densitat i mida -en aquest cas, 80g/m^2 i tamany A4, $210 \times 297 \text{ mm}$ - i n'arruguem un com una bola.

2-. Els situem a una mateixa altura -1,50 m- i els deixem caure. Mitjançant un cronòmetre, mesurem el temps que tarden en prendre contacte amb el terra.

3-. Realitzem l'experiment 5 cops per obtenir una taula de valors.

	Full llis temps (s)	Full arrugat temps (s)
1	1'90	0'51
2	2'16	0'56
3	1'52	0'60
4	2'04	0'58
5	1'67	0'59
	$\bar{X} = 1'858$	$\bar{X} = 0'568$

La taula ens mostra la diferència de sustentació entre el full llis i l'arrugat, ja que com més sustentació (degut a la major superfície en contacte amb la trajectòria de l'aire) més temps triga a recórrer la mateixa distància.

- PES

El pes és la força generada per la gravetat. Dit d'una altra manera, el pes és l'atracció que sofreix un cos respecte la Terra i depèn de la massa d'aquests i de la distància que els separa: quant més gran sigui la distància, menor serà l'atracció entre ells, ja que la força gravitatòria és inversament proporcional al quadrat de la distància que els separa.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

on F és la força d'atracció gravitatòria, G és la constant de gravitació universal, amb un valor de $6,674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, m és la massa de l'objecte i d és la distància que separa els centres de gravetat dels dos cossos.

En efecte, per il·lustrar aquesta força, imaginem que llencem una pedra cap a dalt. Aquesta, degut a la força de la gravetat, tornarà a caure al terra en la mateixa direcció que ha pujat.

Si prenem com a model l'Airbus A380 per efectuar els càlculs del pes, sabent que la massa màxima de l'avió amb zero combustible és de 361 tones (361.000 kg), mitjançant la fórmula anteriorment citada, obtenim una força de :

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = G \frac{m_{terra} \cdot m_{avió}}{r_{terra}^2} = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \frac{5,9736 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 3,61 \cdot 10^5 \text{ kg}}{(6,371 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 3.545.800'79 \text{ N}$$

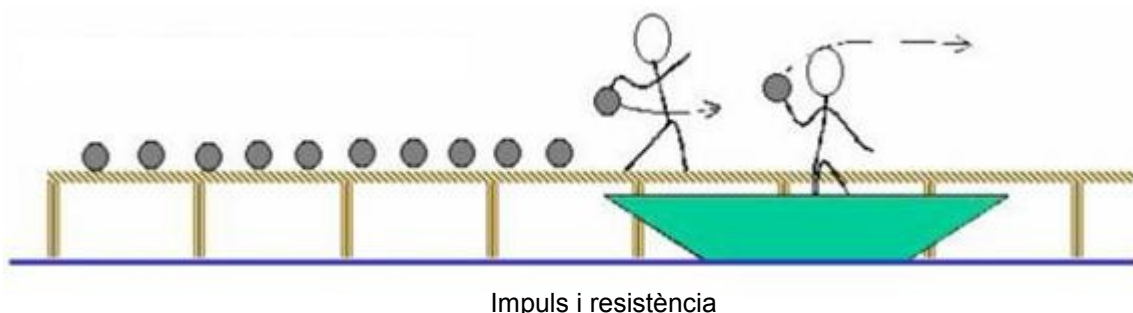
▪ IMPULS

L'impuls és la força que realitzen els motors i que empenten l'avió cap endavant.

Per captar la idea de l'impuls, podem prendre una barca com a referència per desenvolupar l'experiment. Es tracta d'imaginar-



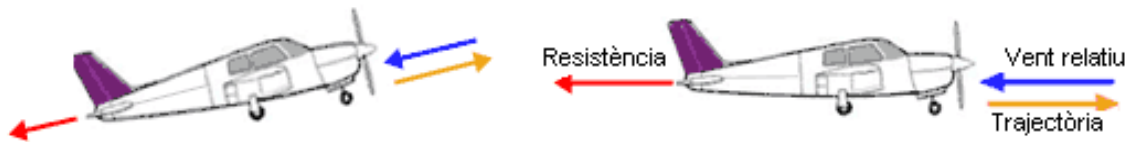
se que algú situat a terra ferma llença una pedra d'un considerat pes a la persona situada sobre la barca. La persona que rebria la pedra, pretén avançar cap a l'esquerra (en el dibuix adjunt) i quan rebé la pedra, transmetria el moviment a la barca i es mouria cap endarrere una sèrie de metres. Això seria el símil amb la resistència. Però si a continuació la persona situada a la barca llencés la pedra amb totes les seves forces cap endarrere (la fletxa ho indica), avançaria i no tan sols recuperaria els metres retrocedits, sinó que en guanyaria. Això es consideraria l'impuls. De fet, és el que realitzen els reactors amb l'aire.



També es podria equiparar l'impuls amb un globus unflat i sense nus. Si l'unfles i el deixes anar, es mourà durant un cert temps. Però si hi col·loques un tubet a la boqueta, l'aire, a l'igual que ho realitzarien els motors, sortiria per la part posterior i el globus avançaria endavant, com l'avió.

▪ RESISTÈNCIA

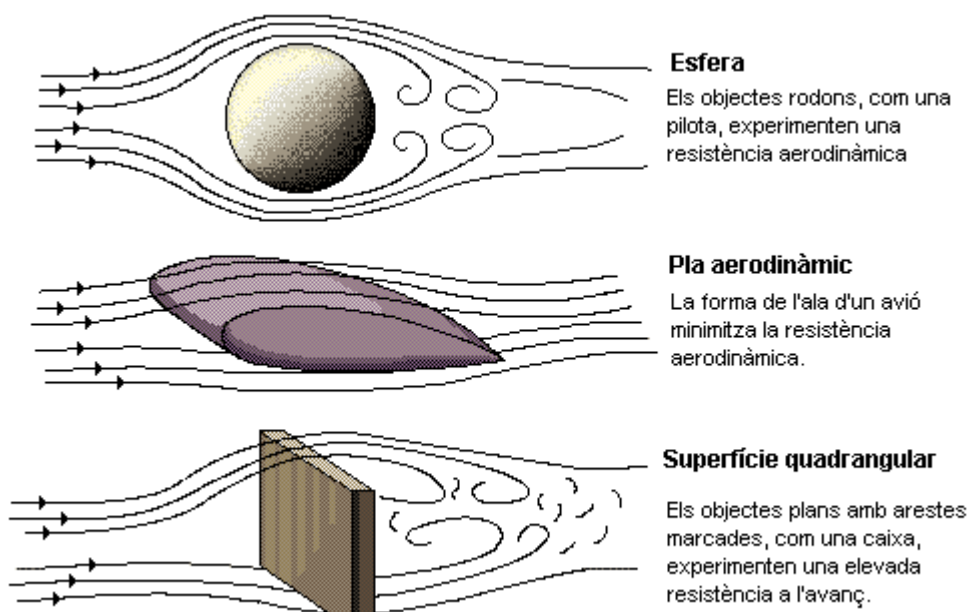
La resistència és la força de fregament contra l'aire, és a dir, la reacció a l'avenç de la nau que produeixen les partícules d'aire al friccionar amb tota l'estructura de l'avió. Aquesta resistència és major quant menor sigui l'altitud a la que voli i disminuirà a mesura que l'avió s'elevi, degut a que la densitat atmosfèrica és inversament proporcional a l'altitud.



Direcció i sentit de la resistència

Altura (m)	Densitat (g/dm^3)
0	1,226
1.000	1,112
2.000	1,007
3.000	0,910
4.000	0,820
5.000	0,736
10.000	0,413
15.000	0,194

La resistència es pot demostrar, a part de l'explicació donada en l'apartat d'impuls, simplement quan circulant en automòbil, situes la mà en posició vertical amb els dits units, aquesta es mourà cap endarrere, més que si la situessis horitzontalment. La força que la desplaçarà endarrere serà la resistència. Igual que un dia de vent que et ve per davant necessites més força per poder-lo superar.



Així doncs, un avió per poder volar, necessita crear artificialment les forces de sustentació i impuls o potència, amb la finalitat de contrarestar les de gravetat (equivalent al pes de l'avió) i la resistència, que s'oposarà respectivament a elles. Aquestes dues últimes forces són naturals i inherents a qualsevol objecte que s'elevi del terra i es desplaci a través de l'aire.

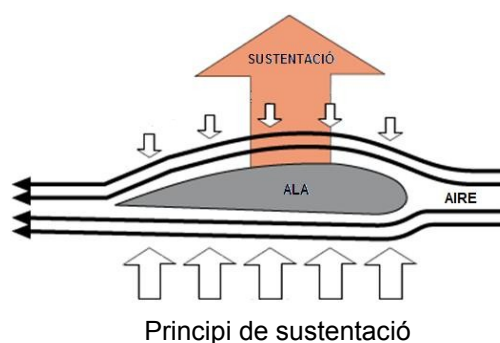
Un cop s'han considerat les quatre forces essencials per al desenvolupament del vol d'un avió procedim als dos principis bàsics que el fonamenten:

- PRINCIPI DE SUSTENTACIÓ (3.1.)
- PRINCIPI D'IMPULS (3.2.)

3.1.- PRINCIPI DE SUSTENTACIÓ

Principi que explica com una aeronau és capaç d'experimentar una força vertical ascendent venent el propi pes de la mateixa, i per tant, la força de la gravetat.

L'element que permet a l'avió mantenir-se a l'aire són les ales, i més concretament, el



disseny del seu perfil, que correspon a la secció resultant de l'ala quan és tallada per un pla paral·lel a l'eix longitudinal de l'avió.

A més, cal destacar que només és possible generar sustentació en presència d'un fluid, és a dir, gràcies a la massa d'aire que existeix dins l'atmosfera terrestre. Ni la sustentació ni la resistència es produïrien en el buit, per això les naus espacials no necessiten ales per moure's en l'espai exterior on no hi ha aire. Els únics que sí que en necessiten són els transbordadors per poder maniobrar a partir del moment que reingressen a l'atmosfera i poder aterrar.

Però si només ens centrem en els avions, hi ha diversos factors que s'han de considerar, com primerament, la forma del perfil de l'ala de l'avió. Generalment es construeixen de manera que la part superior estigui més corbada que la inferior ja que quant més gran sigui la curvatura del perfil a l'extradós (superfície exterior de l'ala d'un avió), més estrenyiment es produirà a la corrent d'aire que circula per sobre del mateix. D'aquesta manera, major serà la velocitat de les partícules i menor la pressió de l'extradós, pel que es determinarà una major sustentació. Tanmateix, malgrat el que s'ha exposat anteriorment, no convé que els perfils tinguin una excessiva curvatura, ja que llavors presenten una major resistència a l'avanç a l'enfrontar més superfície contra l'aire. Així doncs, caldria una fórmula intermèdia que proporcionés una major sustentació sense augmentar excessivament la resistència.

En segon lloc, trobem la superfície de les ales, que com més grans són, més sustentació genera gràcies a la gran superfície que abasta.

L'altura o la densitat de l'aire, juntament amb la temperatura, és un altre factor molt important. La densitat de l'aire disminueix amb l'altura i amb la temperatura, d'aquí que en un dia molt càlid i en un aeroport que es trobi a molta altura, la sustentació serà molt petita i l'avió necessitarà més velocitat per enlairar-se, i per tant, més longitud de pista.

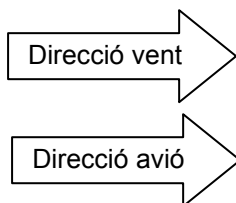
La velocitat de l'aire relatiu comportarà que l'avió adquireixi una major o menor sustentació, en funció de la fórmula de la sustentació

$$L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 S,$$

ja que la sustentació augmenta amb el quadrat de la velocitat. Per això, els avions sempre s'enlairen en sentit contrari al de la direcció del vent, aprofitant al màxim la velocitat que dugui aquest últim. De fet, aquesta és una curiositat que moltes vegades es desconeix i es creu al contrari. Perquè un avió pugui

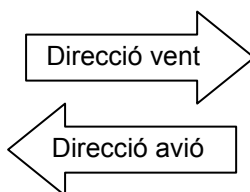
enlairar-se amb major facilitat, necessita que el vent xoqui contra el morro i no contra la cua, és a dir, enlairar-se contra el sentit del vent. Això es deu precisament a la fórmula de la sustentació. Hem comentat que la sustentació augmentava amb la velocitat. Si l'avió s'enlaira amb el vent de cua, mentre roda, augmenta la velocitat per enlairar-se, però en realitat no hem de considerar la velocitat respecte el terra, sinó respecte l'aire. És per això que després de recórrer uns metres de pista quan sembla que tenim molta velocitat, encara no podríem enlairar-nos perquè aniríem a velocitat 0 respecte l'aire. Per això quan ens enlairem de cara, amb el vent impactant al morro de l'avió, la velocitat que assolirem serà major que la del vent ja que s'oposarà la resta de la nostra velocitat amb la del vent i l'avió, amb menor quantitat de pista, oferirà una millor sustentació.

a)



En aquest cas, l'avió necessitaria una major longitud de pista ja que la velocitat que assoliria respecte l'aire, seria inferior degut als dos vectors de mateixa direcció. Per això, la sustentació que aconseguiria també seria inferior i d'aquí a que necessités emprendre més velocitat per poder enlairar-se sense problemes

b)

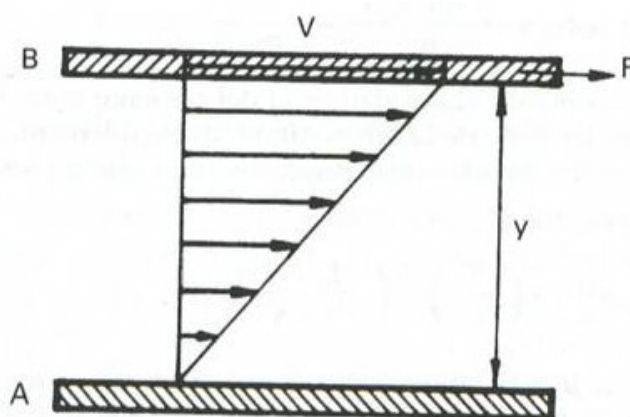


En aquest altre cas, com que les dues direccions són oposades, la velocitat que el pilot assolís, ja representaria la velocitat real respecte l'aire, perquè l'hauria vençut. Llavors, amb menor pista que el cas anterior seria capaç d'enlairar-se gràcies a la major sustentació que li suposaria gràcies a la major velocitat que aconseguiria. $L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 S$

L'angle d'atac, és a dir, l'angle que forma la corda aerodinàmica del perfil de l'ala amb la direcció del vent relatiu, provocarà l'estrenyiment necessari per tal d'accelerar les partícules de l'extradós i generarà una major sustentació.

Tanmateix, caldrà controlar l'angle d'atac ja que podria trencar la capa límit i produir una pèrdua total de sustentació. De fet, quan s'efectuen acrobàcies, com que l'angle d'atac hem citat que comprèn l'espai entre la corda aerodinàmica i el vent relatiu, quan un avió es troba perpendicular a la trajectòria habitual d'un avió, creiem que el seu angle d'atac és de 90° però en realitat és de 0° , ja que si l'avió es dirigeix cap amunt, la seva corda també es troba en aquesta posició i l'aire que entra al morro de l'avió és en sentit contrari, però en la mateixa direcció. Per tant, l'angle que formen aquestes dues direccions és de 0° i la nau no cau.

Per concloure els factors de consideració en un vol, resta citar l'efecte de la viscositat. Per explicar aquest efecte, necessitem dues làmines de fluids (aigua o aire) paral·leles. La placa inferior es troba en repòs mentre la superior es mou



a una certa velocitat i entre elles, trobem un altre fluid. Experimentalment es comprova que la capa de fluid situada just a sota de la capa superior posseeix una velocitat lleugerament inferior a aquesta. Això és degut a l'efecte de fregament que produeix el lliscament entre les dues capes. Aquest procés s'efectua entre totes les altres capes i degut a la viscositat, la velocitat va disminuint a mesura que s'aproximen a la capa inferior quieta. Així doncs, no només l'ala té viscositat, sinó que també existeix un fregament entre les partícules de les diferents subcapes. Aquest fregament fa que les partícules es frenin i perdin velocitat, disminuint així la sustentació.

Destacar només que un excés de pes en un vol, mai podrà ser aixecat de terra independentment dels factors anteriorment esmentats.

Amb tot, existeixen dues possibles teories que tracten el principi de sustentació. Encara que cap de les dues es considerin perfectes, ajuden a comprendre aquest fenomen que, d'altra manera, necessitaria una demostració matemàtica molt complexa. Dins del camp de l'aeronàutica s'utilitza la Teoria de Bernoulli, ja que és molt més útil per resoldre casos.

Teoria de Bernoulli

La teoria del científic suís Daniel Bernoulli (1700-1782) es basa en relacionar l'augment de velocitat del flux de fluid amb la disminució de pressió i viceversa. Ell mateix va citar el següent enunciat:

"Si dins d'un tub determinat, la velocitat del fluid que el recorre es incrementada en algun punt, la pressió es reduirà en aquell punt".

A més, Bernoulli va comprovar experimentalment que la suma de la pressió i de la velocitat roman constant, és a dir:

$$P + v = constant$$

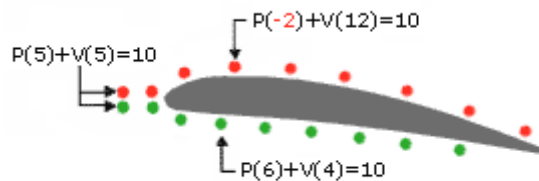
Això significa que, en un punt qualsevol d'un fluid en moviment, la suma de la pressió atmosfèrica (pressió estàtica P_e) i del quadrat de la velocitat, multiplicat pel factor de densitat (dv^2), anomenat pressió dinàmica (P_d), és sempre constant i igual en qualsevol altre punt del fluid considerat. Aquesta suma, denominada pressió total és doncs, sempre constant en qualsevol punt:

$$P = P_e + P_d = constant$$

O bé, sent P_1 i P_2 la pressió estàtica en els punts 1 i 2 respectivament, v_1 i v_2 les velocitats respectives en els punts i d la densitat de l'aire, resulta que:

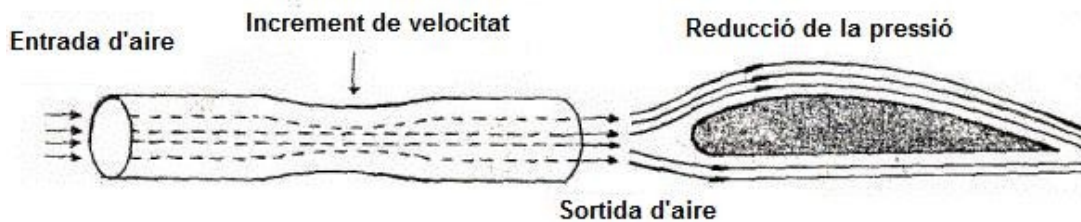
$$P_1 + \frac{1}{2}dv_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}dv_2^2$$

De manera que si una partícula d'aire té una pressió i una velocitat en un punt (1) del fluid, la suma d'aquesta pressió i aquesta velocitat en ell serà la mateixa que la suma de la pressió i la velocitat d'aquesta mateixa partícula en un altre punt (2) qualsevol. Per exemple, si en el punt (1) la partícula té una velocitat de sis unitats i una pressió de dues unitats, i en el punt (2) aquesta velocitat disminueix a tres unitats, la pressió haurà d'augmentar a cinc unitats en el punt (2) per tal de que la suma de la pressió i velocitat sigui igual en els dos punts (com es veu en la fotografia inferior).



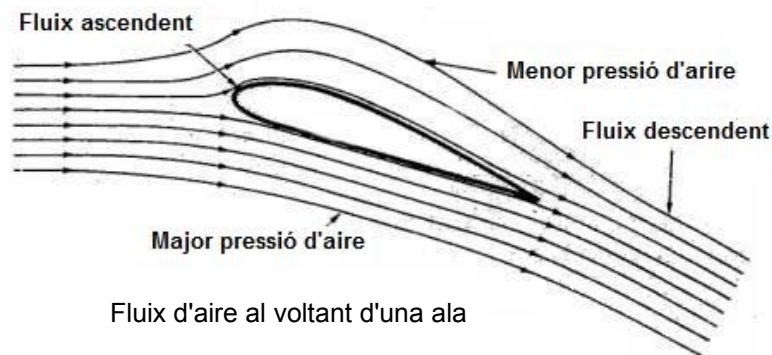
Teoria de Bernoulli: $P + v \text{ cnt.}$

Igualment però, un altre científic, Giovanni Battista Venturi, italià, va demostrar l'any 1797 que les partícules d'un fluid augmenten la seva velocitat al travessar un estrenyiment, és a dir, una zona de secció menor, disminuint així la pressió. Aquest efecte Venturi s'explica per mitjà del Principi de Bernoulli anteriorment exposat i el principi de continuïtat de massa. Si el cabal d'un fluid és constant però la secció disminueix, necessàriament la velocitat augmenta.



Així doncs, si reprenem la teoria de Bernoulli pel que fa a la sustentació de l'avió, quan les partícules pertanyents a la massa del fluid d'aire xoquen contra la vora d'atac d'un pla aerodinàmic en moviment, la superfície del qual és corba i la part inferior plana, aquestes se separen. A partir d'aquest moment, unes partícules es desplacen per la part superior del pla aerodinàmic, mentre que les altres ho realitzen per sota. Teòricament, per tal que les partícules d'aire que es

movent per la part corba superior es retrobessin amb les que es desplacen per la part inferior, com que han de recórrer un camí més llarg, hauran de desenvolupar una major velocitat per aconseguir aquest retrobament. Aquesta diferència de velocitat provoca que per damunt del pla aerodinàmic s'origini una àrea de baixa pressió, mentre que per sota apareixerà, de manera simultània, una zona d'alta pressió. Com a resultat, aquesta diferència de pressions provocarà que la baixa pressió succioni el pla cap amunt, generant una força d'aixecament o sustentació. En el cas de l'avió, com ja hem esmentat, aquesta força actuarà principalment a les ales.



També podem explicar, no obstant, aquest mateix fenomen de succió ascendent per mitjà de considerar, ara, dues partícules d'aire pertanyents a una corrent en moviment, que es desplacen a una mateixa velocitat i que posseeixen una mateixa pressió. Si s'introdueix un perfil alar dins aquesta corrent, s'originarà una pertorbació sobre les dues partícules i sobre la massa d'aire que envolta el perfil. Així, on es trobi l'estrenyiment degut a la forma del perfil, la partícula A d'aire augmentarà la seva velocitat i disminuirà la seva pressió, al contrari que la partícula B, situada sota el perfil. En conseqüència, les partícules de sota exerciran una pressió major sobre l'intradós de l'ala que les partícules de sobre l'extradós, resultant que l'alta pressió existent de sota, forçarà a aquesta a pujar cap a l'àrea de baixa pressió situada a sobre. D'aquesta manera, tornem a obtenir una succió ascendent. Aquesta succió, forma un angle de 90° amb la direcció del vent relatiu, és a dir, amb la direcció del moviment de l'avió.

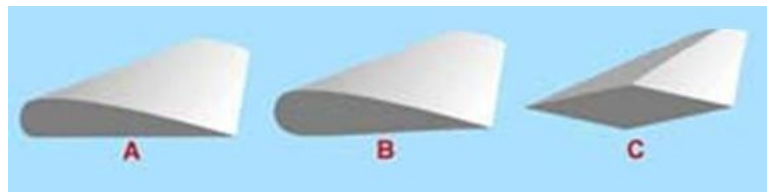
La fórmula matemàtica que expressa la sustentació i les variables de què depèn és la següent:

$$L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 S$$

sent L la sustentació; C_L el coeficient de sustentació, constant per cada tipus de perfil i que depèn només de l'angle d'atac; ρ la densitat de l'aire, V la velocitat de l'avió o aire relatiu i S la superfície alar.

Cal recordar que aquesta força de sustentació haurà de ser sempre suficientment superior a la força de gravetat (pes) que s'endu l'ala cap avall.

Tanmateix, aquesta teoria, tot i ser l'explicació més acceptada, falla en un punt. Si els avions només s'aguantessin per aquest principi, els caces militars no podrien volar de cap per avall com ho fan ni els avions d'acrobàcia aèria podrien desenvolupar les seves acrobàcies, ja que al volar de forma invertida no es crearia la força de sustentació necessària per mantenir-lo a l'aire. De fet, les ales d'aquests tipus d'avions, tenen un perfil simètric.



Seccions transversals de tres tipus diferents d'ales: (A) ala estàndard. (B) perfil típic de l'ala d'un avió d'acrobàcia aèria. (C) ala d'un caça de combat.

Igualment, cal destacar que la Teoria de Bernoulli no és desajustada per complet, ja que durant el vol d'un avió, és cert que l'aire sempre es mou més ràpid per la part superior que per la part inferior, independentment de la forma de la seva secció transversal.

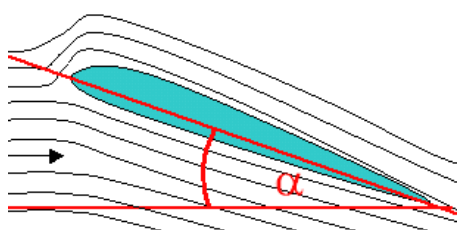
Teoria de Newton

La teoria de Newton proposa que la sustentació es basa en la Llei d'acció i reacció, tercera llei de Newton, que estableix el següent enunciat:

"Per cada acció hi ha una reacció del mateix valor i de sentit contrari".

Així doncs, quan un raig d'aire impulsat a gran velocitat és desviat cap avall per un objecte, gràcies a aquesta llei, l'objecte és impulsat cap a dalt. D'aquesta manera, quan l'aire s'impulsa cap avall amb les ales, l'avió s'eleva. Així, l'empenta d'aire cap avall es l'acció que s'oposa a una reacció, o sigui, la sustentació.

Per demostrar aquesta teoria, utilitzarem altra vegada el cotxe. Si tenim l'oportunitat de viatjar per una autovia, on es puguin superar els 100 km/h, per a



fer més evident, només hem d'obrir la finestreta i treure la mà sempre i quan no hi hagi perills. Si la mantenim el més horitzontal possible, és a dir, plana, gairebé no notarem res. Però un cop l'inclinem una mica, notarem

una força que intentarà moure-la cap amunt o cap avall, en funció de la direcció de la inclinació. Com més inclinem la mà, més força sentirem. A més, l'aire ens intentarà tirar la mà cap endarrere, com ja s'ha esmentat. Si inclinem massa la mà, no sentirem gairebé cap força ni en direcció ascendent ni descendent, sinó simplement cap endarrere. Així, veiem que quan nosaltres inclinem la mà lleugerament vertical, l'aire és desviat cap avall per la nostra mà i, per la llei d'acció i reacció, la nostra mà s'eleva. El mateix cas succeiria igualment al revés. Quan nosaltres baixéssim la mà inclinant-la amb el polze cap avall, l'aire ens la impulsaria cap avall, ja que ell hauria estat derivat cap a dalt.

3.2.- PRINCIPI D'IMPULS

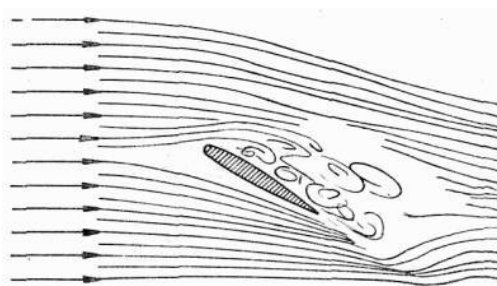
Principi que explica com una aeronau és capaç d'avançar en l'aire vencent la resistència creada per la mateixa en la seva interacció amb l'atmosfera.

La força d'impuls que proporcionarà l'avenç necessari a la nau procedeix dels motors de l'avió, tant d'hèlix com de reacció. En el cas específic dels motors a reacció, els quals prenen l'aire de la part anterior a ells, l'introdueixen al propi motor, formant part del procés de combustió interna per tal de poder descarregar-los per la part posterior a una velocitat més gran que la que tenia l'aire a l'entrada del motor. Aquesta diferència de velocitat entre l'aire que entra al motor i la que surt, provoca una força d'impuls horitzontal que permet contrarestar la resistència a l'aire creada pel propi avió.

Aquests dos principis exposats ajuden a comprendre els mecanismes de sustentació de l'avió, però si l'ala no estigués dotada de dos components imprescindibles, tampoc es podria sustentar en l'aire. Es tracta de l'angle d'atac i la curvatura.

L'angle d'atac fa que la pressió de l'extradós sigui menor que a l'intradós. Els avions posseeixen uns "flaps" manipulables pel pilot que poden variar l'angle d'atac sense la necessitat d'inclinar tot l'avió.

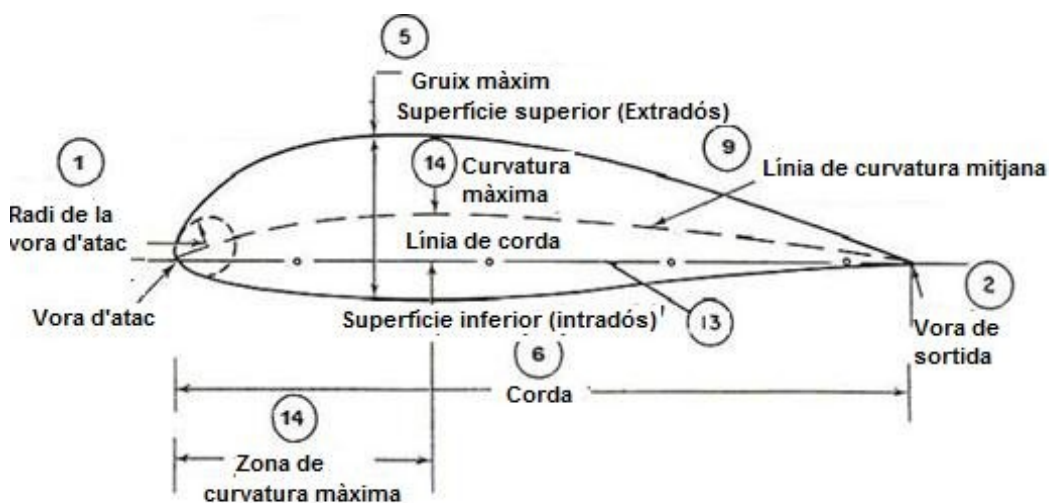
Si recordem l'experiment del cotxe i la mà per la finestra, la inclinació que aconseguim amb la mà, no és més que l'angle d'atac en un avió. Com major sigui aquest angle, major serà la sustentació. Així continuarà fins arribar a l'angle límit (normalment uns 20°) respecte la corrent



Pèrdua de sustentació de l'ala

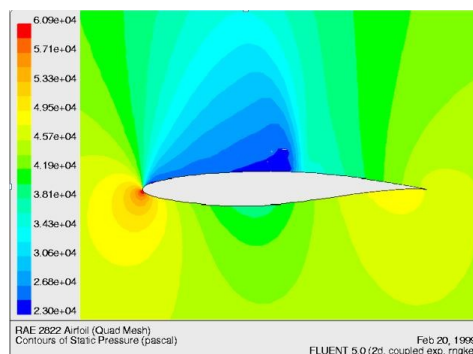
relativa de l'aire, en el qual si seguim augmentant la inclinació, la sustentació disminuirà en lloc de seguir augmentant. Aquesta disminució de sustentació és conseqüència de la ruptura del flux d'aire sobre el perfil alar, ja que ara, en lloc de mantenir un pas continuat d'aire, es presenta una turbulència en forma de bombolles, que lògicament, no genera les condicions de sustentació requerides. D'aquesta manera, la pèrdua de l'avió sempre serà produïda per un excessiu angle d'atac, independentment de la velocitat que dugui l'avió.

La curvatura fa que la pressió de l'extradós sigui inferior a la de l'intradós i per tant, l'avió és capaç de sustentar-se.



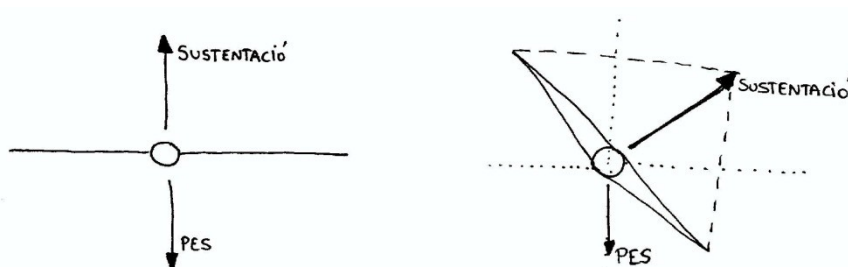
Parts de l'ala que afecten la sustentació

Des d'un punt de vista numèric, però, la sustentació s'estudia mitjançant equacions que regeixen el comportament del fluid que envolta als avions. Es resolen gràcies als ordinadors i s'empren les equacions de Navier Stokes. Aquestes defineixen les condicions de velocitat i geometria de l'avió, la sustentació i la resistència que assoleix, entre altres.



Equació de Navier Stokes.

Finalment, si relacionem la sustentació amb l'energia que arriba a consumir el vol d'un avió, trobem que tant la velocitat com l'altitud on vola l'avió és energia. Aquestes dues variables es poden intercanviar, però s'ha de conèixer amb exactitud el moment i lloc adequat. Si volem ràpid, podem convertir part de la velocitat en altitud, elevant el morrió de l'avió. De la mateixa manera que si pretenem augmentar la velocitat, podem descendir en un alt grau. Una altra manera de consumir energia és mitjançant els girs, concretament els girs tancats. Això es deu al vector sustentació.



La fotografia ens mostra que quan intervé un gir, la sustentació augmenta, però la resistència passa a tenir un paper important. Com més sustentació, més resistència obtindrem i això pot fer consumir més energia fàcilment.

Així doncs, com que l'impuls no és infinit, haurem de cuidar els nostres estats d'energia. Per això si un avió pesa més del normal, necessitarem més sustentació, i per tant, més angle d'atac, fet que generarà més resistència. Això

ens durà a que necessitem un major impuls per poder assolir les mateixes velocitats que si voléssim sense pes.

4.- PROPULSIÓ DELS AVIONS

Els avions poden ésser propulsats per diferents tipus de motors sempre i quan es tinguin en compte el pes, la mida de l'avió i la velocitat que es pretén aconseguir. Tot i així, és imprescindible que l'avió almenys, posseeixi un motor per poder enlairar-se. Així doncs, d'acord amb la seva mida, els avions poden tenir des d'un motor (monomotor) fins a sis (hexamotor), passant pel bimotor, trimotor i quadrimotor o tetramotor. No existeixen avions que volin amb cinc motors incorporats.

Els avions monomotors són, generalment, petits i duen el motor situat al morrió. Tot i així, podem trobar algun model monomotor que el porti invertit i col·locat darrere de la cabina del pilot amb la hèlix enfrontada a la vora de l'estabilitzador vertical de la cua.

Els avions que disposen de més d'un motor, a diferència dels anteriors, els duen penjats en pilons sota les ales o col·locats a la part final del fuselatge, a la zona de la cua.

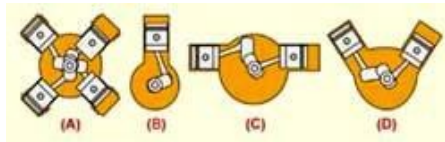
Si ens fixem en els sistemes de tracció que els permet volar, distingim dos tipus de motors, els motors de combustió interna (d'èmbol o pistó) i els de reacció. Existeixen aeroplans que utilitzen una hèlix per dur a terme el seu vol. Aquestes poden ser accionades pels dos tipus de sistemes.

4.1.- MOTORS D'ÈMBOL O PISTÓ

Els motors de combustió interna, també anomenats d'èmbol o pistó, poden ésser de dues formes diferents. En primer lloc, trobem el motors de cilindres, on l'energia mou els pistons que treballen dins dels cilindres col·locats en línia, oposats horitzontalment o en estrella. Per refrigerar aquest tipus de motor, s'utilitza un aire o líquid refrigerant i com a combustible, empra diferents tipus de gasolina. Els avantatges d'aquest tipus de motor rau en l'alta fiabilitat i el baix consum.

En segon lloc, el motor que substitueix els cilindres per un mecanisme rotatori amb menor número de peces mòbils, és el motor rotatiu, anomenat motor Wankel. Al tenir menys peces mòbils, s'obté una menor vibració i per això és molt utilitzat en petits avions.

Els dos motors esmentats es poden trobar actualment en diversos avions i avionetes, però també van existir durant la II Guerra Mundial els motors turboalimentats, que disposaven d'un conjunt de cilindres i una turbina que s'accionava gràcies a l'energia cinètica dels gasos d'escapament. La turbina movia alhora un compressor que augmentava la pressió d'entrada del combustible a la càmera de combustió. Això compensava en part la pèrdua deguda a l'altura i permetia al motor operar amb suficient potència a grans altituds.



Tipus de motors d'èmbol o pistó utilitzats en aviació: (A) Radial, (B) Lineal, (C) Oposats, (D) En "V".

4.2.- MOTORS A REACCIÓ

Els motors a reacció es basen en el principi exposat per Newton d'acció i reacció. A partir d'aquesta teoria, l'avió és capaç d'emprendre grans velocitats mentre els gasos s'expulsen per la part posterior al motor, és a dir, per la part posterior de l'ala de l'avió en direcció oposada a la del vol de l'avió.

Actualment, existeixen quatre tipus bàsics de motors a reacció. Aquests són el turboreactor, el turbopropulsor, el turboventilador i el ramjet. S'escolliran els diferents motors en funció de les velocitats que adquireixin els avions on seran acoblats i aquesta decisió es trobarà en mans dels enginyers encarregats dels motors.

Els quatre motors abans mencionats tenen la característica de poder generar una força propulsora superior a la d'un avió propulsat per una hèlix convencional i tots consten dels mateixos components, excepte el ramjet que té certes particularitats. Així doncs, trobem una entrada d'aire, un compressor, un combustor, una turbina i un difusor de sortida en cadascun d'ells. El ramjet, no

disposa de compressor ni de turbina, funciona únicament amb els altres tres elements.

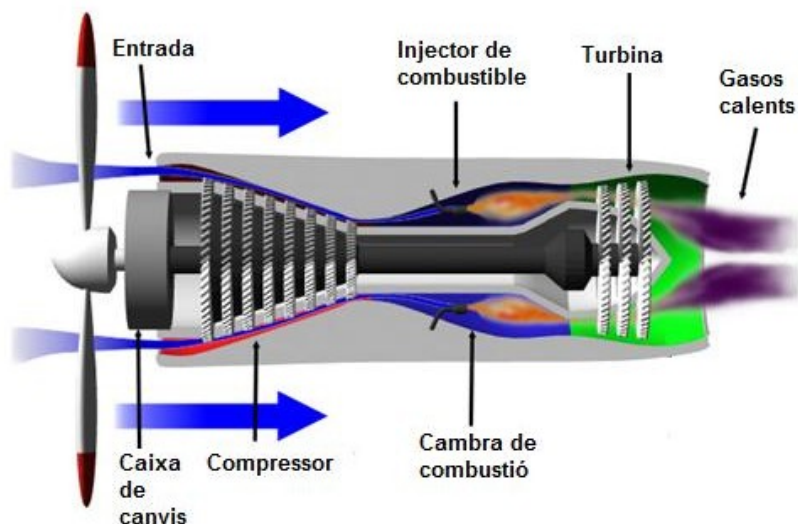
Aquests motors són capaços de generar altes potències, però si encara no fossin suficients i es necessités generar més, hi hauria la possibilitat d'afegir un dispositiu de postcombustió (afterburner). Tanmateix, aquest requeriria la utilització de molt combustible i només podria ésser utilitzat en poc temps.

A continuació destacarem les característiques principals de cada motor a reacció.

▪ Turbopropulsor

Motor capacitat per generar dos impulsos seguits, fet que donarà més rapidesa a l'aparell. El primer impuls sorgeix d'una gran propulsió accionada per la turbina. El segon, consisteix en llençar un raig de gasos per la part posterior del motor a una gran velocitat per tal d'empènyer l'avió cap endavant mitjançant el moviment de l'hèlix.

Un turbopropulsor és capaç de volar a velocitats molt elevades però inferiors a la del so. Així, trobem models que desenvolupen velocitats d'entre 480 i 640 km/h. L'impuls generat pel propulsor i una gran caixa de velocitats ajuden a que el consum de combustible es mantingui baix. Els avions de mida mitjana empren aquest tipus de motor.

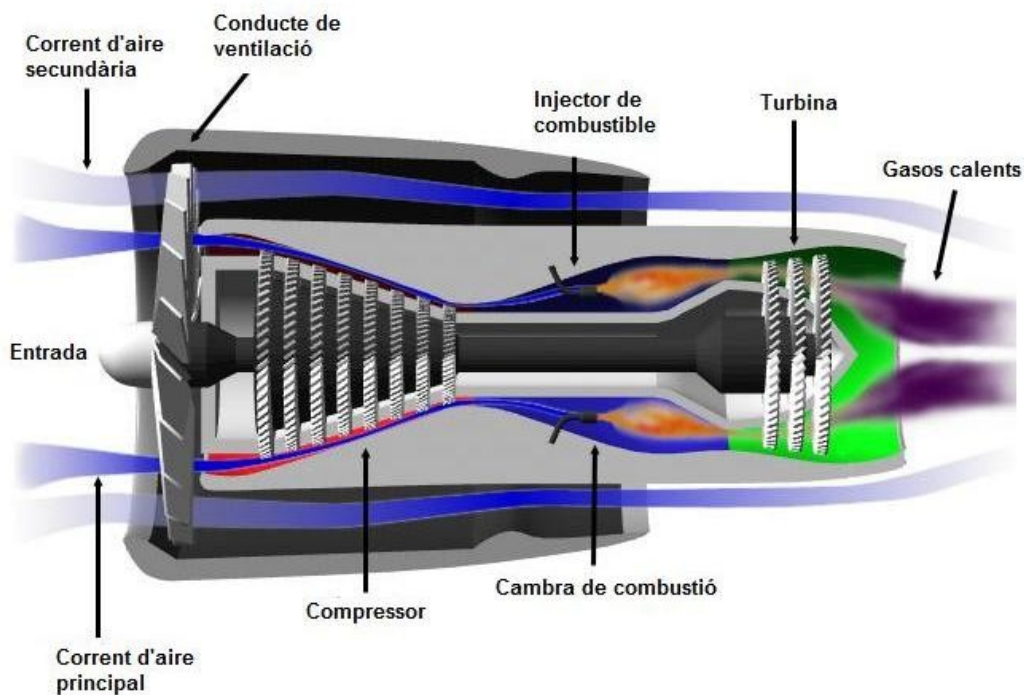


▪ Turboventilador

Motor dotat d'un propulsor o ventilador intern. Aquest, es troba dins d'un conducte o tub especial. Aquesta característica fa que es produeixi molt més impuls, més que el que aconseguim amb el trubopulsor que es troben a la part exterior.

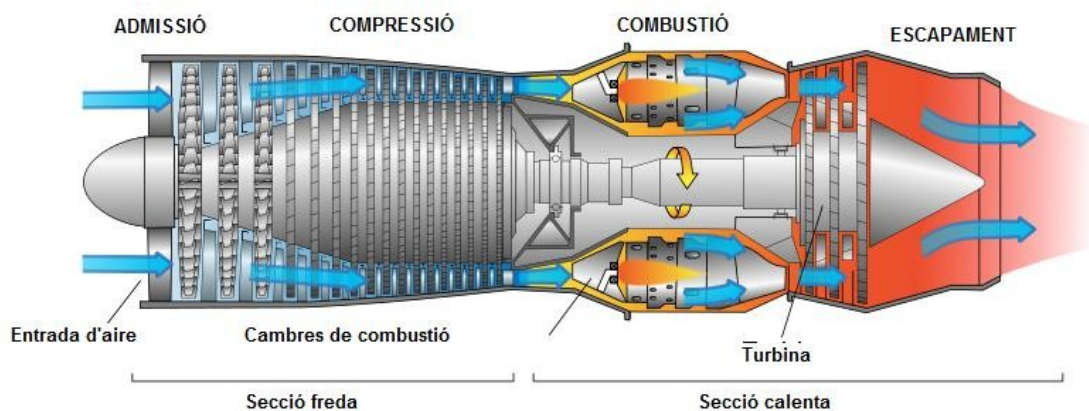
El turboventilador permet als avions que l'utilitzen, aconseguir viatjar gairebé a la velocitat del so. Per això, es considera més veloç que el turbopulsor, però més lent que el turboreactor. Si seguim comparant-lo amb el trubopulsor, trobem que el turboventilador també produeix dos impulsos diferents, un provinent del ventilador i l'altre dels rajos d'ejecció. La caixa de velocitats, però, al ser més petita que en l'altre model de motor, fa que hi hagi menys possibilitats que algun element es trenqui i per tant, més segur.

Troben instal·lat el turboventilador en avions comercials subsònics d'alta velocitat.



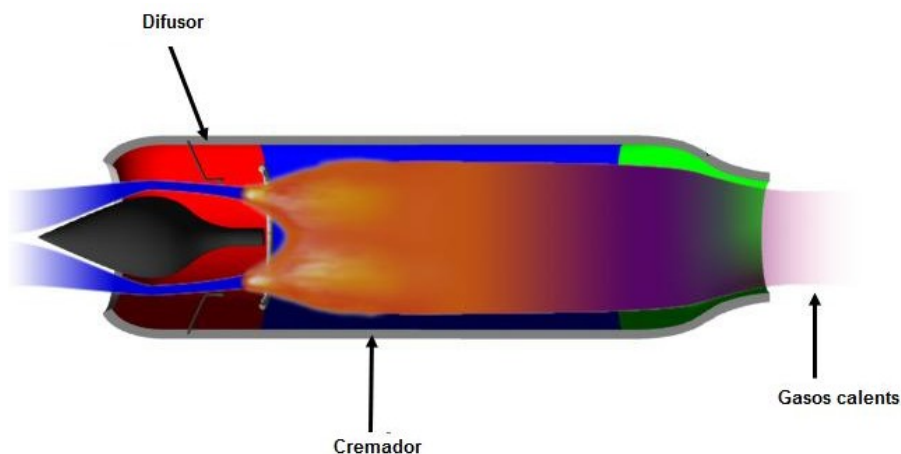
▪ Turboreactor

El turboreactor és un motor que pot assolir velocitats molt elevades. És capaç d'adquirir aquestes velocitats gràcies a que l'aire que entra al motor passa a través d'un compressor, on augmenta la seva pressió. Un cop a la càmera de combustió, se li afegeix el combustible, que al cremar-se, augmenta la temperatura i el volum dels gasos. Després, els gasos de la combustió passen per la turbina, que a la vegada mou el compressor de l'entrada i surten a l'exterior a través de la tovera d'escapament, dissenyada per augmentar la seva velocitat, produint d'aquesta manera, l'impuls desitjat.



▪ Ramjet

Aquest últim tipus de motor, només funciona a velocitats superiors a Mach 1.0 (340 m/s ó 1.224 km/h). Un avió d'aquestes característiques, primer necessita ser impulsat per un turboreactor per arribar a assolir la velocitat del so i és precisament després, quan el ramjet assumeix el control de la propulsió. Aquest tipus de motor pot ser utilitzat per volar a velocitats de fins a 6 vegades la velocitat del so (Mach 6.0, 2040 m/s ó 7.344 km/h). El ramjet però, consumeix molt combustible i generalment, només s'empra en avions de caça.



4.3.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible consta bàsicament de dipòsits, situats a les ales o al fuselatge; el selector de dipòsits, necessari per escollir el tanc desitjat de combustible; les bombes, en cas que siguin necessaris per impulsar el combustible al carburador amb la pressió necessària i els indicadors de pressió i de nivell existent als dipòsits. Caldrà revisar, abans de l'enlairament, que aquests tancs no tinguin gens d'aigua al seu interior, ja que podria provocar un error durant l'enlairament.

El combustible que utilitzen els avions, depenent del tipus d'avions, pot ser molt divers. Per començar, el combustible és la substància, rica en carboni i hidrogen que crema al combinar-se amb l'oxigen alliberant gran quantitat de calor. Tots els combustibles han de reunir una sèrie de requisits per tal de poder ésser utilitzats en l'aviació. Ha de cremar ràpidament, la seva combustió ha de ser regulable i una vegada iniciada ha de continuar espontàniament, ha de desprendre gran quantitat de calor i no generar productes tòxics al cremar.

Així, trobem tres tipus de combustibles que s'utilitzen en funció del motor que tinguin. Si es tracta de motors de pistons, normalment empren aeronafeta. En canvi, si estan motoritzats amb turbines, el combustible més utilitzat és el querosè. El querosè és més barat que l'aeronafeta, ja que el consum específic d'una turbina és molt superior al d'un motor d'explosió i seria antieconòmic i inútil utilitzar turbines que consumissin un combustible fi, més car. De fet, a data de setembre de 2009, el preu del querosè es troba entre 290 i 300 cèntims de dòlar per galó, o, el que és el mateix, entre 51 i 53 cèntims d'euro per litre.

4.4.- SEGURETAT EN ELS MOTORS

La seguretat de l'avió, tot i no raure únicament en els motors, aquests solen ser un dels elements que més preocupen als passatgers. Bé, cal esmentar que la majoria d'accidents no s'han produït per culpa dels motors, sinó d'altres elements.

De fet, la creença de que un avió quadrimotor és més segur que un bimotor, és completament errònia. Són igual de segurs tinguin dos, tres o quatre motors.

Els sistemes de seguretat dels avions bimotors permeten a l'aparell aixecar el vol amb un únic propulsor, és a dir, que són capaços de volar amb un sol motor

durant un llarg període de temps, i les rutes de llarga distància, tenint en compte possibles aeroports d'aterratge en cas d'emergència. La possibilitat de que tots dos motors fallin alhora és d'una entre 100.000 milions d'hores de vol, la qual cosa significa un $1 \cdot 10^{-9}\%$ o 0,000000001%. Per això la seguretat dels avions es calcula sempre amb la pitjor de les hipòtesis.

Si, a diferència de l'anterior, es tracta d'un avió quadrimotor, els càlculs s'efectuen pensant en què falla un dels propulsors exteriors, averia que causa més asimetria que la que genera l'apagada d'un dels motors més propers al fuselatge. Tot i així, ambdós seran capaços de permetre el seu funcionament, seran manejables i podran aixecar el vol o aterrar. De fet, actualment tots els avions han de superar la prova ETOPS (Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards), que consisteix en apagar un dels seus motors al mig de l'oceà Atlàntic. Segons la fiabilitat de l'avió comprovada en anys d'experiència de vol o segons les antigues proves ETOPS, se'ls concedeixen uns minuts en els quals han d'aterrar en algun aeroport. Per fer-ho més entenedor, se'ls estableixen unes distàncies basades en temps. Aquests temps poden ser des de 60 minuts en els quals el pilot haurà d'apagar un motor i arribar a qualsevol aeroport dins d'aquest marge, els 120 minuts, 138 minuts i finalment, el màxim de 180 minuts. Així doncs, aquesta prova determina companyies o models d'avió pel que fa la configuració de la seva ruta, ja que si per algun motiu algun motor deixés de funcionar durant un vol ordinari, l'avió hauria de ser capaç d'aterrar i per això només disposa aquests minuts. Per tant, si per exemple s'ha d'efectuar el vol Madrid-Cancun, l'avió que té concedits els 180 minuts podrà volar per sobre l'Atlàntic sense cap problema seguint una trajectòria pràcticament recta, ja que en cas de la fallada d'un motor seria capaç d'arribar a altres aeroports en aquests 180 minuts. Però si es tracta d'una companyia que només té els 60 minuts concedits, haurà de volar per sobre de terra i per tant, el seu vol serà més llarg i això comportarà més consum i per tant més despeses, ja que depèn de les hores de vol, com es pot comprovar a l'apartat 4.5.

Abans que aquests problemes de motors succeeixin a l'aire, cada avió ha tingut un procés de manteniment on els motors són molt controlats. Amb una càmera de vídeo s'enregistra l'interior de l'aparell per procedir al desmuntatge d'aquest

en funció de les necessitats de l'avaria. Acabat aquesta primera anàlisi, el motor se situa al costat d'un panell en el qual se situen les peces en funció de la silueta que es representa. D'aquesta manera, s'eviten els extraviaments i es pot procedir a la reparació. Un cop acabada la reparació total del motor es duu al banc de proves, on a pocs metres de distància, es prova el motor en una sala insonoritzada, on es posa al límit la seva capacitat. Si la supera, torna a l'hangar, on és establert a l'avió que l'havia després per la seva reparació.

Tot i així, els accidents d'avió molt rarament es produeixen per un fet aïllat, ja que estan dissenyats per que siguin capaços de compensar aquests errors. Normalment es produeixen per un cúmul de circumstàncies. Així doncs, la fallada d'un motor durant l'enlairament no constitueix per si sol un motiu d'accident. Els pilots s'entrenen cada sis mesos en un simulador per reaccionar amb la rapidesa necessària i si hi ha hagut un accident, és perquè s'ha produït una segona fallada que, unida a la baixa altura, ha contribuït a empitjorar el problema.

Un motiu de la fallada d'un motor i el consegüent accident de l'avió podria ser el trencament d'algun disc de la turbina, fet que generarà metralla que podrà afectar a la cua de l'avió o als altres motors. En aquest cas, el pilot és incapaç de controlar l'avió i la pèrdua d'impuls, faria que l'avió caigués al terra sense temps per reaccionar.

També podem trobar que hi hagi una sobre temperatura a la gòndola del motor. Llavors, un trencament en alguna canonada d'aire, com el sistema antigèl, es podria sobreescalfar i reduir les propietats mecàniques de les peces que componen el motor. Però això suposaria que un altre component tingués ja algun tipus de dany important que hauria estat agreujat per la sobre temperatura.

La rebentada d'una roda de l'avió podria afectar l'apagada del motor, ja que els fragments serien ingerits per aquest, o l'absorció d'un simple ocell.

En el cas concret del Concorde, una peça sobre l'asfalt va provocar la rebentada d'un pneumàtic, que va acabar penetrant als tancs de combustible, incendiant l'avió i fent que els motors s'apaguessin un per un a causa de la ingestió de gasos calents. L'avió, en absència de potència, va acabar estavellant-se. Tot el procés, però, va durar alguns minuts, no va ser immediat.

4.5 ESTUDI ECONÒMIC DE DIFERENTS MOTORS

- Model d'avió: MS-893A Rallye 180
- Capacitat: 2 passatgers
- Motor: Textron Lycoming A-360-A3A
- Potència del motor: 180 CV
- Velocitat de creuer: 200 Km/h
- Autonomia de vol: 5h
- Combustible màxim: 180 l en 2 dipòsits alars
- Consum: 35 l/h
- Pc aeronafeta AVGAS-100: 43,5 MJ/Kg
- Densitat AVGAS-100: 700-720 Kg/m³

Consum de combustible cada 100 kilòmetres recorreguts.

$$\frac{35 \text{ l}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{200 \text{ Km}} = 0,175 \frac{\text{l}}{\text{Km}} \rightarrow 17,5 \text{ l}/100 \text{ Km}$$

Distància que ens permetrà recórrer 1l de combustible.

$$\frac{17,5 \text{ l}}{100 \text{ Km}} \cdot \frac{1 \text{ l}}{x} \rightarrow x = \frac{100 \cdot 1}{17,5} = 5,71 \text{ Km}$$

Si per efectuar els càlculs sobre el consum de combustible i la quantitat necessària que n'utilitza considerem 3 hores de vol, ens apareixen les següents dades:

$$180 \text{ CV} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ CV}} \cdot \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ W}} = 132,48 \text{ KW}$$

$$E = P \cdot t = 132,48 \text{ KW} \cdot 3 \text{ h} = 397,44 \text{ KW} \cdot \text{h}$$

$$397,44 \text{ KW} \cdot \text{h} \cdot \frac{1000 \text{ w}}{1 \text{ KW}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ ws}} \cdot \frac{1 \text{ MJ}}{1.000.000 \text{ J}} = 1.430,784 \text{ MJ}$$

$$\frac{E}{Pc} = \frac{1.430,784 \text{ MJ}}{43,5 \text{ MJ/Kg}} = 32,89 \text{ Kg}$$

Per tant, si desitgem volar durant 3 hores amb el model d'avioneta MS-893A Rallye 180, consumirem 32,89 Kg d'AVGAS que ens proporcionarà una energia de 1.430,784 MJ per poder obtenir l'impuls necessari que desitgem.

Ara bé, el consum en litres ens permetrà obtenir el rendiment del motor, tal com mostren els càlculs següents:

$$\frac{35 \text{ litres}}{\text{hora}} \cdot 3 \text{ hores} = 105 \text{ litres}$$

$$105 \text{ litres} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ l}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} \cdot \frac{710 \text{ Kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{43,5 \text{ MJ}}{1 \text{ kg}} = 3.242,925 \text{ MJ}$$

$$\eta = \frac{Eu}{Ec} = \frac{1.430,784 \text{ MJ}}{3.242,925 \text{ MJ}} = 0,4412$$

$$\eta\% = 0,4412 \cdot 100 = 44,12\%$$

Així doncs, el motor de la nau MS-893A Rallye 180 té un rendiment del 44,12%. Aquest percentatge sol ser el valor mitjà de rendiment pel que fa a les avionetes.

Si a més pretenem conèixer quina distància podria recórrer en 3 hores de vol i si això ens suposaria molta despesa, intentarem trobar el seu consum total a partir del consum per hores, la relació de distància en punts geogràfics i proporcionarem un preu aproximat del què ens suposaria realitzar aquest vol.

$$\frac{35 \text{ l}}{\text{h}} \cdot 3\text{h} = 105 \text{ l}$$

$$105\text{l} \cdot \frac{5,71 \text{ Km}}{\text{l}} = 600 \text{ Km}$$

$$105\text{l} \cdot \frac{3,05\text{€}}{1 \text{ l}} = 320,25 \text{ €}$$

Així doncs, trobem que l'avioneta MS-893A Rallye 180 té un consum de 105 litres en tres hores de vol i ens permet recórrer 600 Km, distància equivalent a

sortir, per exemple, de Barcelona i aterrar a Cagliari, al sud-est de Sardenya. En relació passatger-preu, si l'avioneta duu els dos membres, el viatge en avioneta surt a 160,13€, una bona xifra si no considerem les despeses que comporta l'adquisició d'una nau o el seu lloguer. A continuació citem aquestes despeses fixes en l'aeronau.

- Assegurança: és obligatòria. En el nostre cas, suposem que es contracta la pòlissa obligatòria a tercers, amb Responsabilitat Civil i assegurança de passatger. Descartem, en aquest cas, assegurar l'avió a tot risc. Aquests, multiplicarien el cost i no són obligatoris.

- Manteniment. Dividim el manteniment en dues parts, el cost de la mà d'obra i el cost de les peces de recanvi.
Per la mà d'obra, apliquem la mitjana dels costos de les tres revisions típiques a les aeronaus, la de 50, 100 i 200 hores. Aquesta mitjana, la multiplicarem pel número d'hores anuals de vol dividides entre 50, xifra que determinarà el nombre de revisions realitzades a l'any.
Pels recanvis, estimarem una quantitat fixa anual orientativa i la multiplicarem pel nombre de revisions anuals.
Aquests dos factors se sumaran.

- Hangar. Multipliquem el cost típic d'una plaça d'hangar per 12 mesos de l'any. Aquest és un cost fix i no depèn del nombre d'hores que es voli.

- Taxes. Per trobar el cost que ens suposaran les taxes aeroportuàries, estimarem una duració mitjana de vol de 2 hores i dividirem el nombre total d'hores de vol entre ella. El resultat el multiplicarem pel cost de la taxa mitjana, que se situa al voltant dels 5€.

- Depreciació de l'aeronau. Aquest és un concepte discutible. A l'Aviació, la depreciaió dels avions lleugers és molt variable i depèn de diversos factors, com el tipus d'aeronau, l'any de fabricació, les condicions del mercat, etc. A més, aquesta depreciaió no és la mateixa tots els anys.

En alguns models històrics, no només l'avió no perd valor, sinó que es revaloritza, amb el qual aquest cost seria zero. Tanmateix, és un dels costos més importants en la propietat d'un avió i és necessari quantificar-lo.

El model que hem considerat d'avioneta MS-893A Rallye 180 és un avió no històric, d'edat corrent en el mercat i de models convencionals, amb el qual suposarem una depreciació anual del 5%.

Si no desitgem adquirir la nau i només volem volar unes hores, podem llogar-la. Per calcular el cost del lloguer, només cal multiplicar el nombre d'hores de vol que es pretenen realitzar pel cost de l'hora de lloguer, en el qual van inclosos totes les despeses: combustible, assegurança, hangar, etc...

A partir de les despeses d'adquisició de la nau anterior, anem a incloure els valors per a cada variable:

- Assegurança obligatòria: 2.000€
- Hangar (cost anual): 1.440€
- Depreciació (5%): 3.750€
- Recanvis: $600 \times (\text{nombre d'hores volades}/50)$
- Mà d'obra: $1.044 \times (\text{nombre d'hores volades}/50)$
- Taxes: $(\text{nombre d'hores volades}/2) \times 5$

Així doncs, en el nostre càlcul econòmic a més del preu del combustible i el seu consum, li haurem d'adjuntar aquests factors.

- (C) Combustible: 320,25 €
- (A) Assegurança obligatòria: 2.000€
- (H) Hangar (cost anual): 1.440€
- (D) Depreciació (5%): 3.750€
- (R) Recanvis: $600 \times \left(\frac{3}{50}\right) = 600 \times 0,06 = 36€$
- (M) Mà d'obra: $1.044 \times \left(\frac{3}{50}\right) = 1.044 \times 0,06 = 62,64€$
- (T) Taxes: $(3/2) \times 5 = 7,5€$

Evidentment, l'hangar està considerat en preu anual, igual que la depreciació i l'assegurança. Però si durant tot l'any només féssim aquest vol de tres hores BCN- Cagliari (Sardenya) ens suposaria un cost total de:

$$C + A + H + D + R + M + T = \\ 320,25 + 2.000 + 1.440 + 3.750 + 36 + 62,64 + 7,5 = 7.616,39\text{€}$$

Aquest cost, cal puntualitzar que ha estat calculat per a un motor i una nau de 180 CV, si la nau fos més potent, aquest preu augmentaria, principalment pel consum de la nau, ja que hauria de suportar més pes.

També cal remarcar que a aquest cost total, si la nau fos de propietat, se li hauria de sumar el preu de la nau a l'hora de comprar-la i el podem considerar, per les característiques de motor i de passatgers, d'uns 75.000€.

Per això, si només haguéssim d'efectuar aquest vol de 3 hores durant l'any, ens resultaria molt més econòmic llogar la nau ja que només hauríem de pagar el lloguer, d'uns 120€ per hora de vol, és a dir, aquest vol ens resultaria per 360€.

En segon lloc, intentarem descobrir si amb les mateixes hores de vol, un avió comercial capacitat per realitzar molts quilòmetres a una velocitat de creuer de 900 Km/h, consumeix més o menys que una avioneta, així com identificar les diferències de motor i de potència.

- Model d'avió: Airbus A380-900
- Capacitat: 525 passatgers
- Motor: 4 turbines Rolls-Royce Trent 900
4 turbines Engine Alliance GP-7200 - General Electric Pratt & Whitney
- Potència del motor: 900CV
873 CV
- Velocitat de creuer: 900 Km/h
- Autonomia de vol: 16.200 Km
- Combustible màxim: 298 tones de querosè
- Consum: 2,9 l/100Km per passatger

- Pc querosè: 46 MJ/Kg.
- Densitat querosè: 806,4 Kg/m³

Per trobar la potència en KW, utilitzem dos factors de conversió, igual que en l'altre model d'avió i després, calculem l'energia que ens subministra, així com la quantitat de querosè, en aquest cas, que gasta. Hem de recordar, que utilitza quatre turbines i que, per tant, la potència serà molt més elevada. Emprarem com a model de motor els Trent 900, ja que tenen una major potència i els GP-7200 del G.E, encara estan en fase de proves.

$$900 \text{ CV} \cdot 4 \text{ motors} = 3.600 \text{ CV}$$

$$3.600 \text{ CV} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ CV}} \cdot \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ W}} = 2.649,6 \text{ KW}$$

$$E = P \cdot t = 2.649,6 \text{ KW} \cdot 3h = 7.948,8 \text{ KW} \cdot h$$

$$7.948,8 \text{ KW}h \cdot \frac{1000 \text{ w}}{1 \text{ KW}} \cdot \frac{3600s}{1h} \cdot \frac{1J}{1ws} \cdot \frac{1MJ}{1.000.000J} = 28.615,68 \text{ MJ}$$

$$\frac{E}{Pc} = \frac{28.615,68 \text{ MJ}}{46 \text{ MJ/Kg}} = 662,08 \text{ Kg}$$

Per analitzar, com en el cas de l'avioneta, el rendiment del motor de la nau Airbus A-380-900, calcularem l'energia consumida en el trajecte de les 3 hores de vol i n'analitzarem breument el resultat.

Així doncs, considerant un consum de 2,9 litres per cada 100 km de vol i passatger, sabent que aquest model d'avió pot transportar uns 525 passatgers en un mateix vol, obtenim un consum de 41.107,5 litres com mostren les següents operacions:

$$\frac{0,029l}{Km} \cdot 2.700 \text{ Km} = 78,3 \text{ l/passatger}$$

$$\frac{78,3 \text{ l}}{\text{passatger}} \cdot 525 \text{ passatgers} = 41.107,5 \text{ l}$$

$$41.107,5 \text{ litres} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ l}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} \cdot \frac{806,4 \text{ Kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{46 \text{ MJ}}{1 \text{ kg}} = 1.524.858,048 \text{ MJ}$$

$$\eta = \frac{Eu}{Ec} = \frac{28.615,68 \text{ MJ}}{1.524.858,048 \text{ MJ}} = 0,01876$$

$$\eta\% = 0,01876 \cdot 100 = 1,876\%$$

Aquesta dada ens està demostrant la relació entre l'energia útil i la consumida en el vol d'un avió i la podríem considerar com a bona, ja que dins del trajecte es desenvolupen milers i milions de Megajoules.

Si desitgem trobar la distància que recorre aquest Airbus A380 en 3 hores, només hem de multiplicar, a partir de la velocitat de creuer, les 3 hores de vol.

$$900 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \cdot 3\text{h} = 2.700 \text{ Km}$$

Durant aquestes tres hores, és capaç de recórrer 2.700 Km que geogràficament equivaldria a volar des de Barcelona fins a Sant Petersburg.

Si considerem el consum total del motor, de 0,029 l/Km i per passatger, obtenim:

$$\frac{0,029\text{l}}{\text{Km}} \cdot 2.700 \text{ Km} = 78,3 \text{ l/passatger}$$

Determinant que l'avió transporta a màxima capacitat:

$$\frac{78,3 \text{ l}}{\text{passatger}} \cdot 525 \text{ passatgers} = 41.107,5 \text{ l}$$

Durant aquest trajecte, consumeix 41.107,5 l i el galó de querosè a data de 10 d'agost, marca 290'6 cèntims de dòlar.

Mitjançant les conversions adients, entre galó i litre, i dòlar i euro, obtenim que el litre de querosè aproximat és de 0,53€.

El cost del trajecte, per exemple, BCN - Sant Petersburg, suposaria un total, sense considerar el manteniment ni les taxes de la nau, únicament pel consum total de les turbines del motor de:

$$41.107,5 \text{ l} \cdot \frac{0,53 \text{ €}}{\text{l}} = 21.786,98 \text{ €}$$

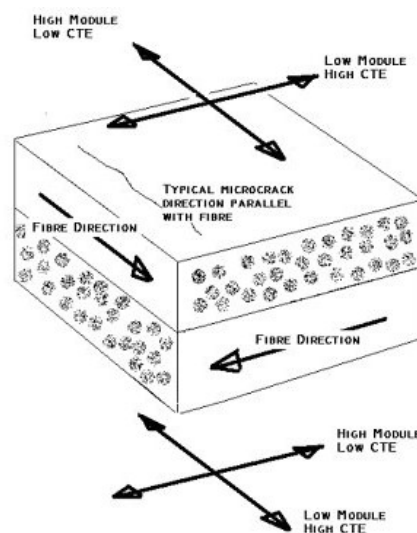
D'aquesta manera, observem ràpidament que les diferències entre un motor d'avioneta i d'avió, deixant a part el seu funcionament individual, també es distingeixen econòmicament, a més del temps en efectuar un trajecte o inclús la comoditat que permeten assolir. Només si ens fixem en la part econòmica de volar durant 3 hores, observem que l'avioneta MS-893A Rallye 180 té un cost de combustible de 320,25€, mentre que l'Airbus A380 és de 21.786,98€. La relació entre una i l'altra és de gairebé 70 vegades el cost, però hem de recordar que un Airbus A380 pot dur 525 passatgers, mentre que l'MS-893A Rallye 180 com a màxim en pot dur dos. Així doncs, si només considerem el preu per passatger en relació a combustible, sense manteniment ni despeses d'hangar ni taxes, obtenim que l'avioneta MS-893A Rallye 180 suposa 160,13€ per passatger mentre que l'Airbus A380 és de 40,50€. En relació una a l'altra, individualment, l'avioneta sense les comoditats i sense poder arribar a Sant Petersburg des de Barcelona en tres hores aproximadament, és més cara, és a dir, el seu motor és menys rendible que el de l'Airbus i per tant, té un consum molt més elevat que el Trent 900 o el GP-7200.

5.- MATERIALS I CONSTRUCCIÓ DELS AVIONS

Els avions, com molts altres aparells, han anat evolucionant tant tècnicament com pels materials amb què són fabricats des de l'antiguitat fins avui dia. Els germans Wright van dissenyar un avió capaç de volar utilitzant bàsicament fusta, però actualment seria impossible realitzar trajectes amb aquest model. Per això, gràcies a d'utilització de nous materials, com la fibra de vidre o

l'alumini, podem gaudir d'unes màquines voladores dotades de moltes utilitats i seguretat. En aquest apartat, també analitzarem les parts de l'avió, des de la seva estructura i part exterior fins al material elèctric i electrònic que trobem dins de cada avió, però abans, considerem oportú explicar la combinació innovadora de materials pels avions. Si molts fins ara pensaven que l'avió era un mitjà de transport molt contaminant, cal que sàpiguen que s'està desenvolupant un material que permetrà consumir menys combustible i reduirà els costos de manteniment, conduint així cap un estalvi de recursos a nivell mundial.

La fatiga és un fenomen que afecta als materials que han suportat durant un llarg període de temps la exposició a una càrrega cíclica. La fractura d'aquests materials és el que s'obté com a resultat de les càrregues variables. Les noves construccions utilitzant un material nou anomenat CentrAl, resulten ésser d'una qualitat superior. Són més resistents que les produïdes amb plàstic reforçat amb fibra de carboni (CFRP), recentment utilitzades a les ales d'avions com el Boeing 787. Quan s'utilitzen aquestes ales construïdes amb CentrAl, el pes es pot reduir un altre 20% comparat amb el dels fabricats amb CFRP. A més, els costos de fabricació i manteniment són considerablement més baixos. Aquest nou material, a part de ser robust i fort, té la capacitat de ser insensible a la fatiga i permet ésser reparat d'immediat. Aquest nou concepte patentat és un dels resultats d'una col·laboració intensiva entre la companyia GMT Advanced Structures, fundada a La Haya al 2004 i especialitzada en nous materials per l'aviació i altres construccions, i la Facultat d'Enginyeria Aeroespacial de la Universitat Tecnològica de Delft, als Països Baixos.



Secció de fibra de carboni

Per això les rares qualitats d'aquest material especial poden significar una contribució significativa al desenvolupament d'un verdader avió energèticament eficient, un avió "verd".

5.1.- FUSELATGE

El cos principal de l'estructura d'un avió s'anomena fuselatge i la seva principal funció rau en proporcionar l'espai suficient i necessari a la tripulació, als passatgers i a la càrrega, a més de servir de suport principal de la resta de components.

Actualment es tracten de fuselatges monocascos, capaços d'integrar en un sol cos l'estructura i el seu recobriment. Però no sempre va ser així, ja que antigament, el fuselatge consistia en una estructura oberta que suportava els altres components. Aquest model actual, però, permet pressuritzar l'interior per volar a altituds elevades, cosa que no podia realitzar l'antic.

El fuselatge es pot dividir en tres seccions, la secció davantera o de proa, habilitada per allotjar la tripulació i portadora dels instruments de vol i navegació, així com els comandaments de vol; la secció central, destinada a allotjar als passatgers i a la càrrega; i la secció posterior o de popa, que suporta la cua de l'avió, podent disposar de les entrades de càrrega o de passatgers. A més, el fuselatge esdevindrà l'estructura central on s'acoblaran la resta d'elements, com les ales o el tren d'aterratge.

El seu disseny, a part d'estar adaptat a aquestes condicions, ha de proporcionar un rendiment acceptable segons el propòsit a què es destini l'avió. El compromís entre la resistència aerodinàmica i el volum interior determinarà la capacitat de càrrega i la forma exterior de l'avió. Així doncs, per exemple, els fuselatges que ofereixen una menor resistència aerodinàmica són els de secció circular, el·líptica o oval, i de forma allargada. Això es basa en l'esveltesa de l'avió (λ_f). Es tracta de la relació entre la longitud del fuselatge i la longitud característica transversal, normalment el diàmetre.

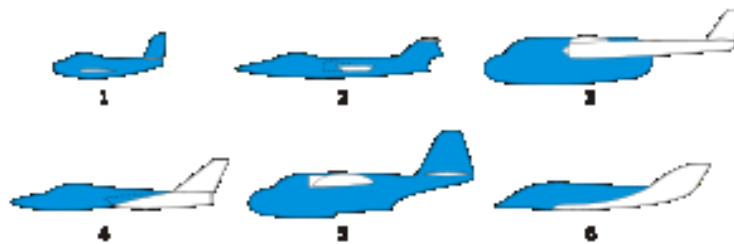
$$\lambda_f = \frac{l_f}{d_f}$$

Les esvelteses típiques se situen entre 8 i 12. Per sota, trobem problemes de resistència aerodinàmica i per sobre, apareixen problemes estructurals .

Així doncs, si prenem com a model l'Airbus A380, comprovem que està dissenyat per no patir cap mena de problema estructural ni de resistència, ja que la seva esveltesa se situa entre 8 i 12.

$$\lambda_f = \frac{l_f}{d_f} = \frac{73 \text{ m}}{7,14 \text{ m}} = 10,2241$$

En un avió comercial, gran part del volum de l'avió envoltat pel fuselatge estarà destinat a la cabina de passatgers, la disposició de la qual dependrà de diversos factors com la duració del vol, els serveis a bord, els accessos a l'avió, les sortides d'emergència, la tripulació auxiliar,... En canvi, en un avió de càrrega, la mercaderia se sol transportar a les bodegues dels avions de transport de persones, situades sota la cabina de passatgers i a la cua de l'avió. Això fa que el fuselatge d'aquests tipus d'avions sigui diferent dels comercials i que, per tant, s'hagi d'estudiar en detall cada tipus d'avió i la seva finalitat en particular. Segons aquesta finalitat encara destaquem dos tipus d'avions de transport diferent, com els exclusivament de càrrega, que són construïts expressament per transportar càrregues. Aquests necessitaran un major suport de pes i el fuselatge haurà d'estar dissenyat per poder-lo suportar en qualsevol circumstància. Els avions "combi" destinen una part de la cabina de passatgers al transport d'aquests i, separats mitjançant una mampara, al transport de càrrega.



Exemples de fuselatge:

- | | |
|--|---|
| 1. Vol subsònic (velocitat inferior a 0'7 Mach ó 856'8 Km/h) | 3. Vol subsònic amb gòndola de gran capacitat |
| 2. Vol supersònic d'alta velocitat (entre 1'2 i 5 Mach, és a dir, entre 1.468'8 Km/h i 61.20 Km/h) | 4. Vol supersònic de gran maniobrabilitat |
| | 5. Hidroavió |
| | 6. Vol hipersònic (velocitat superior a 5 Mach, més de 6.120 Km/h.) |

Tots aquests tipus de fuselatge, no obstant, tenen una característica comuna: el material amb què estan fabricats. L'alumini, juntament amb els seus aliatges, es podrien considerar els materials més importants pel que fa al fuselatge. Són aplicats tan en els esquelets de l'aeronau, com a l'estructura del fuselatge i el seu revestiment. Però també la fibra de vidre té un paper molt important per al bon funcionament de l'aparell, ja que permet fabricar el radom, és a dir, la coberta de protecció dels sistemes d'antenes i ràdios de manera que permet el pas de les ones de radiació electromagnètica sense provocar cap mena de distorsió. A més, el fuselatge sol estar també revestit de fibra de carboni.

Considerant el fuselatge com un dels sistemes de l'avió més importants per a la correcta operació d'aquest aparell volador, és necessari destacar que ha de complir una sèrie de mesures de seguretat incloses dins de la normativa internacional. Així doncs, el fuselatge ha de disposar d'un número determinat de sortides d'evacuació davant d'una emergència, a més d'incloure la instal·lació de rampes, tobogans inflables, etc. El fuselatge també ha de disposar d'una sèrie de registres i accessos que permetin la inspecció i revisió de l'avió.

Segons si els avions posseeixen un o dos passadissos, es consideraran de fuselatge estret o de fuselatge ample (menys de 200 passatgers). A partir de 500 passatgers, s'hauria de dissenyar un sistema de fuselatge que permetés establir dos pisos.

Un paràmetre important que ha de considerar el fuselatge és el volum per passatger, ja que la sensació de confort ve influïda per l'aparença claustrofòbica de l'estança. Els terres dels avions comercials estan reforçats amb cartró en forma de bresca d'abella juntament amb plàstic.

Pel que fa a la normativa d'amplitud de fuselatge, el nombre màxim de seients entre paret i passadís és de 3. Un avió amb fuselatge estret, com a màxim podrà estar proporcionat de 6 seients, tot estant configurats de diverses formes (2+1, 2+2, 2+3,...). Si es tracta de fuselatge ample, seran necessaris 2 passadissos i 3 seients a la finestreta amb un bloc central d'un màxim de 6, encara que mai se solen superar els 5.

Els passadissos no superaran mai el mig metre d'ample, normalment uns 45 cm. L'altura dels passadissos varia entre els 2 metres i els 2,5m.

Un altre paràmetre a controlar des del punt de vista del fuselatge és la longitud. Segons l'amplitud del seient i el pas entre les files o "pitch", s'establiran les classes de passatgers. Així doncs, trobem les mesures a la taula següent. Cal destacar, per últim, que la separació mínima entre els seients és de 76 cm.

	Primera	Business	Turista
Pas entre files	1.5m	92 cm	85 - 76 cm
Amplitud del seient	50 cm	43.5 cm	43.5- 40 cm

D'aquesta taula deriva el conegut efecte relacionat amb el poc espai dels seients. Es tracta de la "síndrome de la classe turista", també anomenada "síndrome del viatger immòbil" pel fet de no estar tan lligada a la limitació d'espai entre seients d'un avió com al fet de tenir una reduïda mobilitat en un avió. Aquesta nomenclatura s'empra des de fa uns trenta anys i si bé les limitacions d'espai són més aparents a la classe turista, no s'ha de creure que aquest fenomen no es pugui desenvolupar també en viatgers de classe preferent o primera classe. Fins i tot aquesta síndrome s'ha desenvolupat en viatges prolongats en automòbil, autobús o tren.

La "síndrome de la classe turista" consisteix doncs, en l'aparició d'una trombosis venosa profunda (TVP) o de la seva complicació més greu, l'embòlia pulmonar (EP), en persones que han realitzat un viatge superior a quatre hores. La TVP consisteix en la formació de coàguls de sang a les venes profundes de les extremitats inferiors. Aquests coàguls, formats durant la fase de mobilitat reduïda del viatge, poden desplaçar-se cap altres zones llunyanes com els pulmons i provocar una EP. L'EP és l'oclusió parcial o total de les artèries dels pulmons, per coàguls que han emigrat de llocs distants com les cames. La particularitat més important d'aquest fenomen és que la EP és una malaltia potencialment letal, d'aquí la importància de la seva prevenció i detecció. Per això a continuació, oferim algunes de les mesures bàsiques que s'haurien de dur a terme un viatge prolongat, amb independència del mitjà de transport. Així doncs, establim que el passatger ha de tenir una hidratació adequada durant el vol, pel qual es recomana ingerir uns 150/200ml d'aigua cada hora; s'ha d'abstenir de prendre alcohol, a causa dels seus efectes deshidratants; hauria

de caminar pels passadissos de l'avió, però si és difícil per la limitació d'espai, es recomana moure els bessons de la cama mitjançant una compressió manual o consultant exercicis específics; i finalment, utilitzar mitges o mitjons elàstics de compressió, per tal d'afavorir una millor circulació i evitar així, la formació de coàguls. Tanmateix, les companyies aèries disposen a les seves pàgines d'Internet de seccions específiques relacionades amb la salut, on es revisen les mesures de prevenció de la TVP. És molt recomanable, abans de prendre un vol de llarga duració, revisar-les i estar informat.

Els factors desencadenants d'aquesta malaltia estan relacionats amb el fet que a les cabines d'avions comercials s'hi desenvolupen uns factors que poden generar aquest problema. Alguns d'ells són, en primer lloc, la pressió de la cabina, que es troba a una pressió atmosfèrica reduïda. En segon lloc, trobem una humitat relativa ambiental reduïda, així com la pressió d'oxigen degut als sistemes de renovació de l'aire de l'ambient. Aquests factors afavoreixen la deshidratació i si a més li sumem la limitació d'espai que ens duu a una immobilitat, el retorn de la sang a través del sistema venós és més lent i s'efectua un estancament de la sang. Finalment, un dels factors més importants i que té una relació més directa amb la creació d'aquests coàguls, és la duració del vol. A major duració del viatge, més risc de problemes d'aquest tipus trobem. En estudis analitzats per obtenir una estadística observem que en viatges inferiors a 5.000km, la incidència era baixa i per sobre dels 10.000km, ja s'incrementava quatre vegades el nombre d'afectats per la TVP.

5.2.- PART EXTERIOR

La part exterior està composta per les ales, les superfícies de control i comandament com els flaps, slats, alerons, spoilers i slots. A més, el sistema estabilitzador tan horitzontal com vertical i el tren d'aterratge, també configuren l'exterior de la nau.

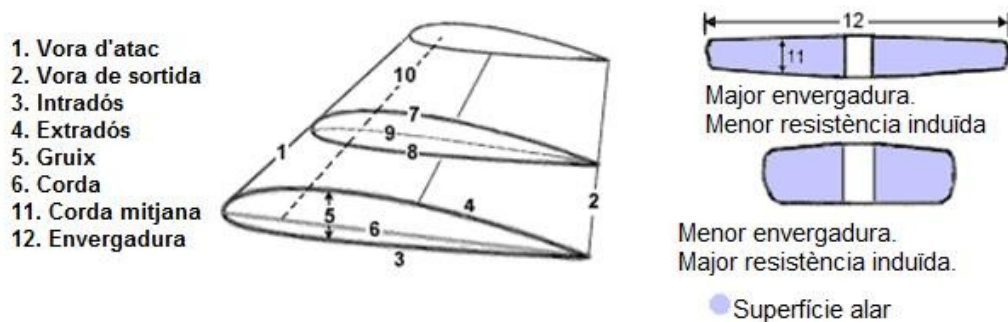
5.2.1.- Ales

Les ales són l'element primordial de qualsevol aeroplà. És precisament aquesta part de l'avió que permet que s'originin les forces que faran possible el vol. Per tal de poder enlairar-se, el disseny de les ales ha de tenir en compte

nombrosos aspectes, com el pes màxim a suportar, les resistències generades, el comportament en l'entrada a pèrdua, etc.. o sigui, tots aquells factors que proporcionin el rendiment òptim per compaginar la major velocitat amb el millor abast i el menor consum de combustible possibles.

Però no sempre es van construir les ales de la forma que les coneixem avui dia. Els pioners de l'aviació de l'antiguitat, construïen artefactes dotats d'ales articulades que generaven corrents d'aire. Només quan es van construir màquines amb ales fixes que solcaven l'aire en lloc de generar-lo, va ser possible el vol de màquines més pesades que l'aire.

L'ala d'un avió està composta per molts elements que si no s'ajusten a la perfecció entre ells, no permetrien l'enlairament a l'avió. Per tant, a l'hora de la seva construcció, és indispensable assegurar la seva perfecta realització.



Terminologia general dels elements de l'ala

Una ala consta d'onze parts, les quals citem a continuació:

1. Vora d'atac: es tracta de la vora davantera de l'ala, és a dir, la línia que uneix la part anterior de tots els perfils (forma de la secció de l'ala) que la formen. Més senzillament, podríem dir que és la part de l'ala que primer es troba en contacte amb el fluid d'aire.
2. Vora de sortida: consisteix en la vora posterior de l'ala o, el que és el mateix, la part de l'ala per on el fluid d'aire pertorbat per l'ala retorna al corrent lliure.
3. Intradós: part inferior de l'ala compresa entre la vora d'atac i de sortida.

4. Extradós: part superior de l'ala compresa entre la vora d'atac i de sortida
5. Gruix: distància màxima entre l'extradós i l'intradós.
6. Corda: línia recta imaginària traçada entre les vores d'atac i sortida de cada perfil.
7. Envergadura: distància entre els dos extrems de les ales. Per simple geometria, si multipliquem l'envergadura per la corda mitjana (corda considerada com a general per tots els perfils), obtindrem la superfície alar.
8. Allargament: Es tracta del quocient entre l'envergadura i la corda mitjana. Aquesta dada ens ofereix la relació existent entre la longitud i l'amplitud de l'ala. Per exemple, si el quocient fos 1, estaríem davant una ala quadrada, d'igual longitud que amplitud. Òbviament, a mesura que aquest valor es va fent cada vegada més elevat, l'ala és més llarga i més estreta. Aquest quocient afecta a la resistència induïda de manera que a major allargament, menor resistència induïda.

Les ales curtes i amples, no obstant, són més fàcils de construir que les llargues, però generen molta resistència. Les més llargues, com ja hem citat, generen poca resistència però presenten dificultats de construcció i problemes estructurals. Generalment, l'allargament sol estar comprès entre 5:1 i 10:1.

Si prenem com a model l'Airbus A380, confirmem que l'allargament comprèn entre 5:1 i 10:1, ja que després d'efectuar els següents càlculs, la relació que obtenim és de 7,67:1.

$$\text{Allargament} = \frac{\text{envergadura}}{\text{corda mitjana}} = \frac{79,8 \text{ m}}{10,4 \text{ m}} = 7,67$$

9. Fletxa: és l'angle que formen les ales respecte l'eix transversal de l'avió. La fletxa pot ésser positiva (extrems de les ales orientats cap al darrere respecte l'arrel o encastat, que és l'habitual), neutra, o negativa (extrems avançats). Per tenir una idea més gràfica, posem per cas el nostre cos. Si situem els braços en forma de creu, horitzontalment a l'altura de les espatlles, com si fossin les ales, aquesta posició representaria la fletxa neutra. Si en canvi tirem els braços cap endarrere, estem dibuixant la fletxa positiva de l'avió i si els movem cap endavant, obtindrem la fletxa negativa. A l'avió, l'angle de fletxa influeix tant en la seva velocitat com sobre les resistències originades per ell mateix.



10. Díedre: és l'angle en forma de "V" que formen les ales respecte l'horitzó si veiem l'avió des de davant. L'angle pot ser positiu, neutre o negatiu. Si retornem a l'exemple dels nostres braços, situats en creu, en posició normal, obtindrem el díedre neutre; si els pugem, en díedre positiu i si els baixem, negatiu. Aquest angle ens influirà fonamentalment en l'estabilitat de l'aparell.



11. Forma: Les ales poden tenir les formes més variades, segons si pretén aconseguir una major velocitat o una menor resistència. També caldrà definir la forma de l'ala en funció de les característiques de pèrdua que tingui.

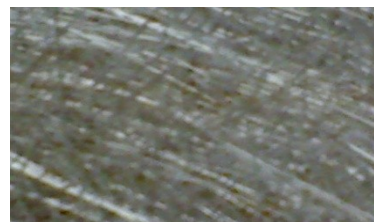


Les ales tenen un centre aerodinàmic o de pressions que és el punt on s'aplicarà la sustentació de la nau. Aquest punt, però, es pot desplaçar dins d'uns límits depenent de la sustentació en cada moment del vol. El marge de posicions on es desplaça sol estar comprès entre el 25% i el 60%, comptant a partir de la vora d'atac. Aquest moviment del centre aerodinàmic es mourà endavant a mesura que creixi l'angle d'atac de l'avió.

Amb tot, pel que fa als dissenys de les ales s'ha invertit molt temps d'investigació, de proves i errors, però encara no s'ha arribat a l'ala ideal. Les ales de cada aeroplà són producte d'un compromís dels dissenyadors amb les possibles combinacions de factors (forma, longitud, col·locació,...). A més d'adaptar-se a les característiques, qualitats i ús pel que es dissenya l'aeronau, el seu disseny les farà més o menys sensibles a les pèrdues, a l'amortiment de ràfegues de vent, a la estabilitat/inestabilitat, etc.

Si ens fixem amb els materials amb què estan formats tots aquests elements que configuren les ales, trobem que la seva estructura consisteix en una carcassa de llarguers i costelles característiques cobertes amb planxes metàl·liques unides i subjectes al mateix mitjançant rebladures i altres mitjans.

Als avions petits el recobriments pot ser de lona i a vegades de contraxapat o de fibra de vidre impregnada de resina. Els llarguers i les costelles s'estenen des del fuselatge fins a la punta del pla.



Fibra de vidre

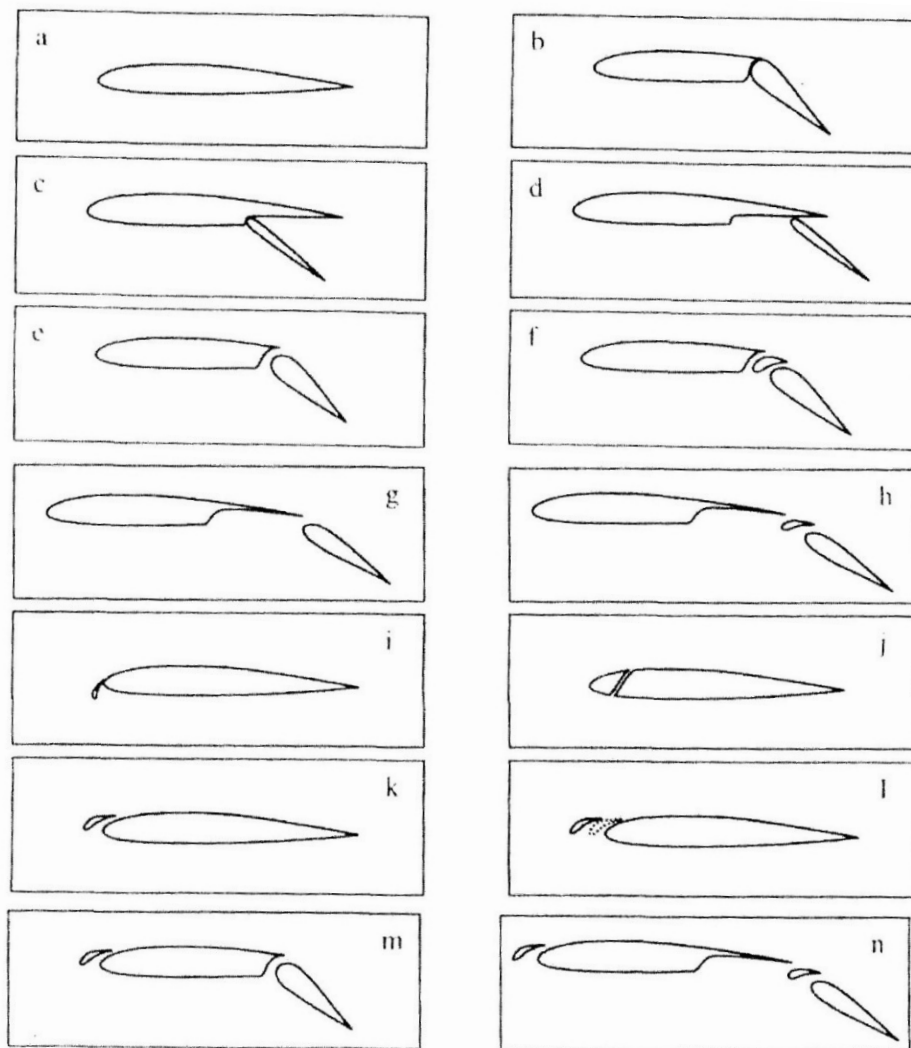
Es pot utilitzar un o diversos llarguers, però el disseny més corrent és el de dos. Les costelles, en canvi, van perpendiculars a ells i li donen a l'ala, la seva forma exterior. Si el recobriments és de planxes metàl·liques, també participen a l'esforç que suporta l'ala. Aquest tipus de recobriments s'utilitza als grans avions, encara que cada vegada més, s'utilitzen plàstics reforçats, d'alta resistència, tant en el recobriments d'algunes parts de l'ala com de l'estructura.

5.2.2.- Superfícies de comandament i control

Es tracta de les superfícies movibles situades a les ales i a la cua de l'avió, les quals responen als moviments dels comandaments existents a la cabina,

provoquen el moviment de l'avió sobre qualsevol del seus eixos (transversal, longitudinal i vertical). També formen part d'aquest grup unes altres superfícies de control la funció de les quals rau en proporcionar millores addicionals relacionades generalment amb la sustentació (flaps, slats, aerofrens,...).

Els **flaps** són dispositius hipersustentadors que se situen a la vora de sortida de l'ala. Quan estan retrets, formen un sol cos amb l'ala, però quan s'estenen cap endarrere i cap a sota de l'ala en un determinat angle, ajuden a maniobrar tant a l'enlairament com a l'aterratge. A causa d'aquesta forma que adquireix el flap, es provoca una reacció en l'aerodinàmica de l'ala i es genera encara més sustentació, ja que fa recórrer més distància al flux laminar des de la vora d'atac fins a la vora de sortida.

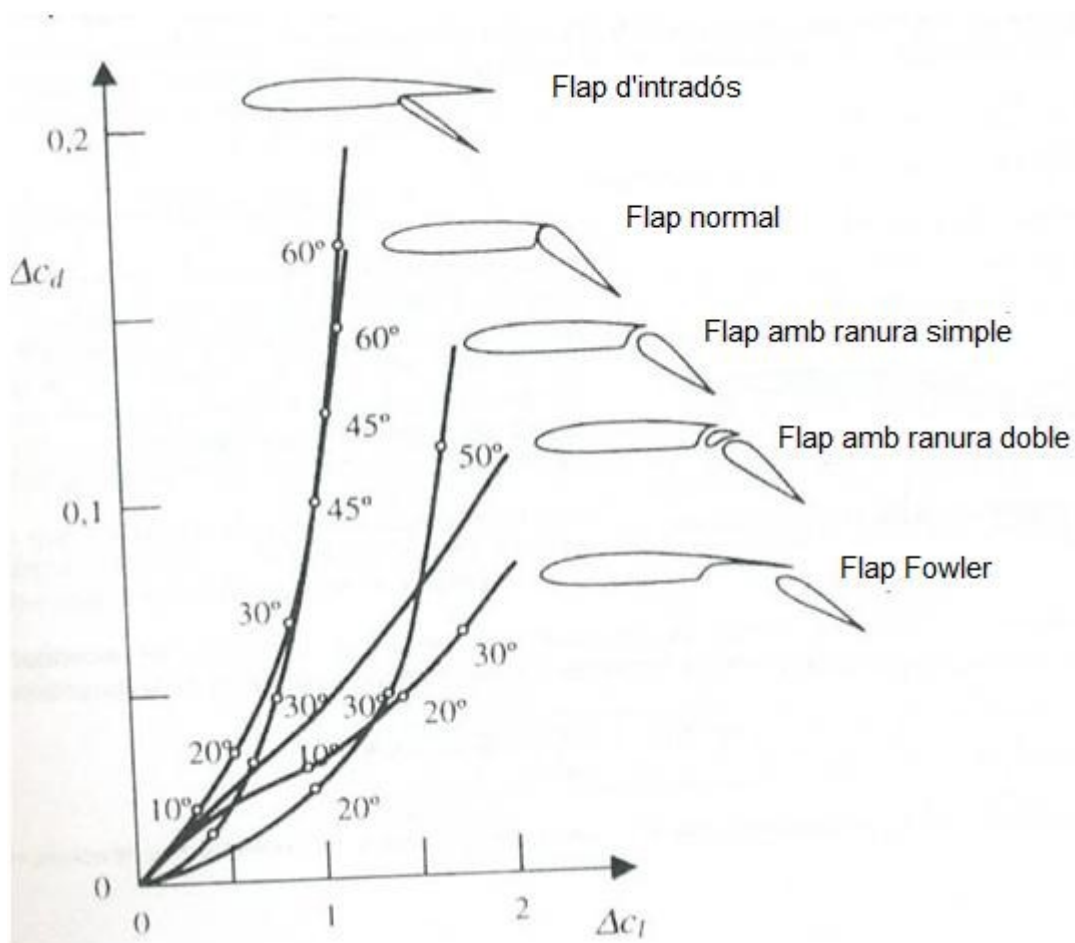


Tipus de dispositius hipersustentadors.

Per exemple, en avions reals, s'utilitzen combinacions d'aquests dispositius, com l'slat i flap Fowler monoranurat (Figura m) o triranurat; slat i flap Fowler biranurat (Figura n), etc.

Al mateix temps, aquest mecanisme del flap, proveeix més sustentació a les baixes velocitats i alts angles d'atac, però això suposa una major resistència, pel que és necessari contrarestar-la aplicant més potència als motors o picant el morro de l'avió. Per això se solen emprar, sobretot, en enlairaments i aterratges.

La seva deflexió es controla des de la cabina a través d'una palanca que la transmet mitjançant un sistema de cables i politges als flaps per mitjà d'uns interruptors que actuen sobre uns motors elèctrics que mouen els cables que mouran els flaps o actuaran directament deflectint la superfície sustentadora.



Increment de la resistència vers l'increment de sustentació.

Els **slats**, també es defineixen com dispositius hipersustentadors, però, a diferència dels flaps, es troben ubicats a la vora d'atac. Quan són estesos, augmenten encara més la curvatura de l'ala, generant encara més sustentació. Aquests dispositius, quan es deflecteixen, deixen una ranura oberta entre si i

l'ala, canalitzant sobre l'extradós una corrent d'aire d'alta velocitat que contribueix a l'augment de sustentació.

Els **alerons**, podrien confondre's amb els flaps i slats de l'avió, a causa de la seva situació en l'ala, però la seva funció és totalment diferent. Són els encarregats de provocar el desplaçament de l'avió sobre el seu eix longitudinal i de crear una descompensació aerodinàmica de les ales, fet que permet a l'avió girar, ja que quan girem el timó cap a l'esquerra, l'aleró dret baixa, creant més sustentació a l'ala dreta i l'aleró esquerre puja, desprenent artificialment el flux laminar de l'ala esquerra i provocant una pèrdua de sustentació en aquesta.

Els **spoilers** són superfícies mòbils unides a la part superior de l'ala, la funció de les quals consisteix en reduir la sustentació generada per l'ala. Quan son estesos, separen el flux d'aire que recorre l'extradós provocant que l'ala entri en pèrdua, tractant-se però, d'una pèrdua controlada. La diferència entre els spoilers i els "Airbrakes" (frens d'aire) és que els frens d'aire disminueixen la velocitat de l'avió en generar una major resistència sense afectar la sustentació i els spoilers, en canvi, afecten la sustentació, ja que a l'augmentar l'angle d'atac de l'avió, es generarà una major resistència i per tant, una disminució de la velocitat. Els spoilers no haurien de ser emprats en condicions de vol adverses com turbulències, vents creuats, o altres tipus de fenòmens atmosfèrics, ja que podrien afectar la seguretat del vol.

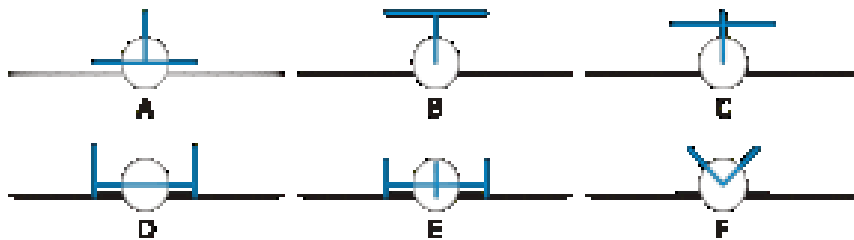


Els **slots** són ranures situades prop de la vora de les ales que deixen passar el raig d'aire quan està canviant l'angle d'atac. La seva funció és reduir també les turbulències que provoquen els remolins que es generen sobre la superfície de l'ala.

Per finalitzar amb les superfícies de comandament queda esmentar els compensadors, els quals s'encarreguen de permetre que les altres superfícies de control es mantinguin en la posició de pujada, baixada, vol anivellat, correcció del vent, etc, que el pilot seleccioni. Aquests compensadors s'actuen des de la cabina per mitjà d'unes rodes i, al ser girades pel pilot, transmeten el moviment a l'aleta compensadora que desitja deflectir a través d'un sistema de cables i politges.

5.2.3.- Sistema estabilitzador

El sistema estabilitzador està format, en general, per un estabilitzador vertical i un altre d'horitzontal. Com els seus propis noms indiquen, la seva missió és contribuir en la estabilitat de l'avió sobre els seus eixos verticals i horitzontals.



Tipus de cua d'avió: (A) estàndard. (B) en forma de "T". (C) en forma de creu. (D) amb dos estabilitzadors verticals. (E) amb tres estabilitzadors verticals. (F) en forma de "V".

L'estabilitzador horitzontal consta de dos aletes més petites que les ales, situades en posició horitzontal, generalment a la part posterior de l'avió. Depenent de les diferents posicions i formes de disseny, proporcionen una major estabilitat i recolzen l'enlairament i l'aterratge. En aquests estabilitzadors es troben unes superfícies de control molt importants anomenats elevadors o timons de profunditat, amb els quals es controla l'altitud del vol mitjançant l'ascens i descens d'aquestes superfícies, que inclinaran l'avió cap endavant o endarrere, és a dir, l'avió pujarà o baixarà a una determinada altitud i es trobarà en una determinada posició respecte l'horitzó. A aquest moviment se'l coneix amb el nom de capcineig.

L'estabilitzador vertical, a diferència de l'horitzontal, es troba en posició vertical a la part posterior superior del fuselatge. La quantitat d'estabilitzadors verticals i

la seva forma han de ser determinats a partir de càlculs aeronàutics segons els requeriments aeronàutics i de disseny, que li proporcionaran l'estabilitat a l'avió. Aquest estabilitzador conté també una superfície de control molt important, el timó de direcció, amb el qual es té controlat el curs del vol mitjançant el moviment cap un costat o cap a l'altre d'aquesta superfície, girant cap el costat determinat sobre el seu propi eix degut als efectes aerodinàmics. A aquest efecte se'l denomina com moviment de picada.

5.2.4.- Tren d'aterratge

La funció d'amortir l'impacte de l'aterratge i permetre el rodolament i el moviment de l'avió un cop ha tocat a terra la realitza el tren d'aterratge. A més, aquest mecanisme permet dirigir la trajectòria de l'avió un cop ha aterrat. Un tren d'aterratge pot ser fix o retràctil, de tricicle (dues rodes principals i una de morro) o de patí de cua (dues rodes principals i un patí o roda a la cua). Existeixen trens adaptats a la neu (amb patins) i a l'aigua (amb flotadors). L'aterratge més fàcil s'efectua, doncs, amb el tren tricicle, ja que permet un millor frenat degut a que no existeix risc de tocar amb el morro de l'avió al terra. També millora la maniobrabilitat i visibilitat durant el rodatge per la pista.

El tren d'aterratge sol ser un dels mecanismes més complicats d'un avió. Entre els seus components s'inclou l'amortidor principal, que és una pota amb una estructura molt resistent, on la seva part inferior i abans de l'acoblament de les rodes, porta un amortidor hidràulic per absorbir l'impacte de l'aterratge. Va subjecte als llarguers de l'ala o al fuselatge. Un mecanisme d'accionament del tren permet estendre'l i repleure a l'accionar des de la cabina de pilots la palanca de comandament. Generalment, s'actua mitjançant energia hidràulica.



Tren d'aterratge d'un Airbus A380

Els frens també solen ser hidràulics i previstos d'un sistema antilliscant. Solen dur un mecanisme detector de medi, aire o terra, que activa o desactiva diversos sistemes de l'avió, segons si està volant o a terra.

Amb el propòsit de reduir la velocitat de l'avió durant l'aterratge i les maniobres de

rodatge, el tren d'aterratge està dotat d'un sistema de frens hidràulics. Situats a les rodes dels trens principals, els frens s'encarreguen de transformar la velocitat en calor aplicant un fort fregament mitjançant pastilles de frens. Els frens actuen, generalment, a la part exterior d'un disc de les rodes, fet que afavoreix la ventilació; però també en trobem que ho fan a l'interior de la llanta, rebent el nom de frens d'expansió. Per últim, destaquem que els frens, siguin del tipus que siguin, sempre van ubicat a les rodes del tren principal i mai a les del morro.

5.3.- MOTORS

Com ja s'ha vist a l'apartat anterior de "Propulsió dels avions" (apartat 4.-), existeixen diversos tipus de motors, cadascun especialitzat en proporcionar a l'avió unes característiques concretes segons la seva finalitat. En aquest apartat, intentarem descobrir de què estan fabricats aquests grans motors i si, tal i com ha succeït amb altres màquines, s'han anat modificant i millorant materials. A més, comentarem el procés d'explosió del motor, així com els passos que segueix el combustible dins la turbina i els elements que ajuden a que tota l'operació surti a la perfecció.



Motor d'avió

Potser el més interessant seria començar per qüestionar-nos com un avió, encara no faci ni un minut que ha encès els motors a la màxima potència, ja accelera al màxim i enlaira el morro, tot aixecant les seves més de dues-centes tones per l'aire. Aquesta aparent facilitat amb què realitzen l'enlairament és, sovint, digne d'admiració i, si més no, de sorpresa. El cert és que durant aquests instants d'enlairament, els motors estan desenvolupant un impuls de gairebé quaranta tones. La major part d'aquest esforç el suporta el "fan", és a dir, el gran rotor de gairebé tres metres de diàmetre, amb moltes pales, que s'aprecia quan s'observa el motor des de davant.

Les companyies constructores d'avions comercials, entre els quals destaquen Boeing i Airbus, deleguen el treball de desenvolupar i produir motors capaços d'adquirir aquesta potència necessària per un bon i ràpid enlairament a Pratt &

Whitney, General Electric o Rolls-Royce. El comprador de l'aeronau serà qui decidirà a qui proveirà la planta motriu del seu avió. Ja que la competència és forta, s'estudia qui aconseguix dissenyar el motor més eficient, que tingui un major impuls amb el mínim consum de combustible, ja que aquest incideix decisivament als costos de les companyies que operen amb avions. Per aquest motiu, l'aspecte clau que s'està desenvolupant és l'ús de nous materials, més resistents als esforços i a la fatiga, més lleuger i que tolerin altes temperatures sense perdre les seves qualitats. Per exemple, si posem per cas que analitzem un motor turboreactor, com el GP700 de Pratt & Whitney o el Trent 900 de Rolls-Royce, els dos utilitzats per impulsar el nou Airbus A380, consta de quatre etapes successives. Funcionant en un règim estable, absorbeix 1.2 tones d'aire cada segon per efecte del "fan". El 87% d'aquest aire és llançat directament cap endarrere. La resta d'aire ingressa a l'etapa de compressió del motor, on una successió de discs provistos amb pales a la perifèria, giren veloçment, el comprimeixen i redueixen el seu volum 39 vegades (relació de compressió). Al final d'aquesta etapa, l'aire comprimit i calent es barreja amb el combustible per ingressar a la càmera de combustió. Allí, la barreja s'encén i és expulsada a gran pressió i temperatura a la tovera posterior, passant prèviament per les turbines.



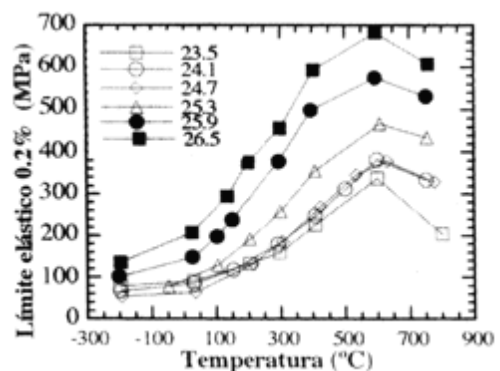
Turbines

Les turbines, tanmateix, requereixen electricitat per poder iniciar la seva arrencada. Pot ser obtinguda a través de les bateries del mateix avió o bé per mitjà de grans generadors de corrent. Aquests generadors poden ésser externs com els GPU (Ground Power Unit) o propis, com els APU (Auxiliary Power Unit). Els GPU són uns generadors que subministren tan corrent continua com alterna a l'avió quan està a terra per tal que funcionin tots els equips i l'APU és una mini turbina que porten com accessori la majoria d'avions comercials. La seva funció és la mateixa que la del generador de corrent (GPU) però a més proporciona aire condicionat i calefacció a terra.

Com més gran sigui el diàmetre del "fan", la relació de compressió i la temperatura a la càmera de combustió, més eficient serà el motor. El problema

és llavors, disposar dels materials que resisteixin aquests esforços i temperatures. Tornant a l'exemple dels motors Rolls-Royce, els seus grans motors Trent els fabriquen amb un aliatge molt especial de titani i les seves pales no son massisses, sinó buides i farcides d'un entramat de suports semblant a un rusc d'abelles amb una biga creuant per la zona central. L'extraordinari del cas és que no només cada una d'aquestes pales sigui d'una sola peça, sense reblons ni soldadures, sinó que totes elles i el disc central que les uneix, formen una única unitat. Però com s'aconsegueix fabricar una estructura tan complexa d'una sola peça? La resposta la trobem en les extraordinàries propietats de certs aliatges anomenat superplàstics. La superplasticitat és un curiós fenomen que succeeix fins i tot en aliatges molt durs i resistents. Per exemple, el titani, un metall lleuger però dur i resistent a temperatures molt elevades. Per això mateix és difícil i costós donar-li forma o perforar-lo. La seva duresa deteriora ràpidament broques, rebladures i perns. Tanmateix, si l'aliem amb un 6% d'alumini i un 4% de vanadi, aconseguim un titani extremadament dúctil a relativament poca temperatura (900 - 950 °C). És en aquesta temperatura que es deixa modelar com si de plàstic es tractés. Sense perdre la duresa, pot ésser estirat més de quinze vegades la mida original, i es poden unir seccions diferents amb una simple pressió. La explicació científica d'aquesta curiosa propietat no és simple, ja que neix de la complexa dinàmica dels àtoms que conformen l'aliatge. Els científics han publicat molt sobre aquest tema i s'han reunit en gran quantitat de congressos sense arribar a cap acord sobre la causa física de la superplasticitat, ni tan sols els seus aspectes qualitius. A l'any 2000, però, es va publicar un article al Physical Review Letters proposant una primera teoria per aquest fenomen (veure annex)

Per les característiques que acabem d'esmentar, actualment, més de la meitat del motor d'un avió està constituït per aliatges superplàstics i la tendència és de construir-lo íntegrament amb aquest tipus de material. Corporacions com Boeing, Pratt & Whitney, General Electric, Rockwell, General



Superplasticitat en funció de la temperatura

Dynamics i U.S.Air Force ja han mostrat el seu interès cap aquest tipus de material per a la construcció dels seus motors.

Però fa cosa de sis mesos, la Universitat de Santiago de Compostel·la, ha creat nous materials més resistents a altes temperatures destinats al revestiment dels motors, de turbines i avions. Un dels socis de la nova empresa naixent va indicar que la seva tecnologia es basava en el descobriment de noves fibres que van ser trobades accidentalment mentre buscaven un altre element. A base de barrejar aquestes fibres amb altres materials com el titani i l'alumini, s'ha pogut ja aconseguir un nou material destinat a la producció industrial. Ja que les turbines dels motors dels avions assoleixen temperatures molt altes amb l'inconvenient de que al produir-se vapor d'aigua a la combustió, esdevé extremadament corrosiu fins al punt que altera i desgasta molts materials, amb aquest nou material derivat de la fibra mono cristal·lina, es redueix el desgast i augmenta la resistència a temperatures elevades i la duresa del material.

Així doncs, ens trobem davant un gran canvi de concepció dels típics motors totalment metàl·lics cap a motors construïts amb nous materials, ja siguin superplàstics per poder-ne dissenyar la seva estructura i aconseguir un gran volum com el seu revestiment amb la nova fibra descoberta.

5.4.- MATERIAL ELÈCTRIC I ELECTRÒNIC

El món de l'aviació és molt complex i a vegades, molta gent no entén el motiu pel qual els avions poden volar tant de dia com de nit, entre núvols sense visibilitat, etc. sense que xoquin i sobretot, que arribin a la seva destinació on tenien previst arribar, encara que sigui l'aeroport més remot de la Terra.



Elements elèctrics

Els elements de caire elèctric i electrònic són els encarregats de que això sigui possible i més encara, que permetin ésser a l'avió, un dels mitjans de transport més segurs. També és igualment important la coordinació que existeix entre els aeroports per tal de garantir aquesta seguretat, ja que sempre notifiquen

les entrades i les sortides de les aeronaus de la seva zona de control, així com les hores a les que es realitzen totes les maniobres. L'espai aeri es divideix en

zones de control que uneixen diversos aeroports, complementant-los amb les zones de vigilància i control per radars de terra que tenen a totes les naus controlades. Altra vegada destaquem aquests mecanismes de control basats en l'electricitat i l'electrònica per transferir informació i dades de les naus. I si ens fixem amb l'ajuda que proporcionen els satèl·lits instal·lats amb la finalitat de fer funcionar uns receptors molt petits anomenats G.P.S, ens adonem de l'avenç que hem creat en aquest camp tan innovador, encara que l'aviació els hagi utilitzat des del principi de la seva existència.

Per últim, els equips tan sofisticats que s'instal·len als avions per tal que el pilot pugui comprendre tota la informació que els serveis existents a les estacions de terra i aire envien per tal que la integritat de la nau i el vol siguin segurs. La coordinació entre aquestes estacions i la tripulació de l'avió s'efectua mitjançant aquests equips elèctrics i electrònics, els quals citarem a continuació. Evidentment no podem analitzar-los tots a causa de la gran varietat que n'existeix, però sí que podem detallar informació bàsica sobre aquests elements per tal d'entendre millor la navegació dels avions.

5.4.1.- Sistema elèctric

L'energia elèctrica és molt necessària en un avió per tal de transmetre-la als aparells que ens permetran comunicar amb les zones de control de terra. Per això en aquest apartat destacarem els principals components elèctrics de l'avió a més de detallar alguns circuits d'accionament.

L'interruptor principal o Master és l'encarregat de controlar tot el sistema elèctric de l'avió, excepte el d'encesa que pren la corren necessària dels circuits electromagnètics.

La barra de corrent distribueix el corrent a tots els circuits de l'avió i simplifica molt els sistemes de cablejat elèctric. En conjunció a la barra de corrent, s'utilitzen fusibles o interruptors de circuits, per tal de protegir els diferents circuits de danys causats per un mal funcionament de l'alternador, curtcircuits,...

Els generadors que trobem en un avió, els quals són màquines que transformen l'energia mecànica en elèctrica, poden ser alternadors o dinamos,



segons proporcionin corrent altern o continu, respectivament. Posem per cas que un avió només posseeix un alternador i els seus components elèctrics necessiten corrent continu per funcionar. Els transformadors rectificadors s'encarregaran de reduir el voltatge de 115 a 28 volts i transformar-lo en corrent continu. Serà a partir de 1.000 o 1.200 r.p.m que el generador començarà a carregar la bateria. Les bateries solen estar formades per plaques de plom banyades d'àcid sulfúric o de níquel cadmi i solen aportar uns 60A·h. De fet, les segones van substituint gradualment a les primeres gràcies a la seva seguretat i eficàcia.

5.4.1.1.- Circuit d'accionament d'un tren d'aterratge

Els elements que configuren aquest circuit han d'estar dissenyats per permetre a l'avió aterrar sense cap mena de problema garantint la màxima seguretat possible. És necessari:

- un motor reversible amb fre electromagnètic
- una caixa de "relays" (tren superior, tren inferior)
- microinterruptors de seguretat a terra
- clau de tren de dues posicions
- clau d'anul·lació de seguretat a terra
- protectors (fusibles i disjuntors)
- clau de tall del sistema elèctric pel tren d'emergència
- llum d'alarma vermella i indicador de posició de tren
- llums vermelles i verdes.

El sistema d'accionament és electromecànic. La clau del tren de dues posicions, acciona el motor reversible fins que l'alimentació d'aquest és finalitzada per la clau límit al final del recorregut. Els microinterruptors de seguretat a terra responen a l'accionament del tren, i en cas d'emergència, la clau anul·la els microinterruptors. La emergència d'aquest sistema és manual, però l'accionament del tren d'emergència acobla una palanca i actua la clau de tall del sistema elèctric, impedit així una alimentació elèctrica al motor.

5.4.1.2.- Circuit d'accionament dels flaps de l'ala

Aquest circuit consta de dos mecanismes electromecànics al circuit de control, que alhora, estan interconnectats mecànicament mitjançant un eix flexible per tal de sincronitzar el seu moviment.

Els interruptors de control són accionats per una palanca des de la cabina. Existeixen diversos models d'interruptors.

Components del circuit elèctric:

- Disjuntor protector
- Barra primària 28 VCC
- Conjunt de 4 interruptors
- Clau límit de càrrega
- Actuador model Hoover
- Actuador model Oster
- Fre electromagnètic

Un únic actuador és capaç de fer funcionar els flaps, però a una velocitat inferior.

5.4.1.3.- Sistema d'il·luminació

El sistema d'il·luminació d'un avió compleix dues funcions principals: il·luminar l'exterior i l'interior de l'avió. Pel que fa a l'interior, s'ha d'il·luminar els instruments, equips, cabina de pilotatge, allotjament del passatger, etc.. mentre que a l'exterior, s'utilitzen els llums per aterrar, com a operació de formació, per seguretat, etc.

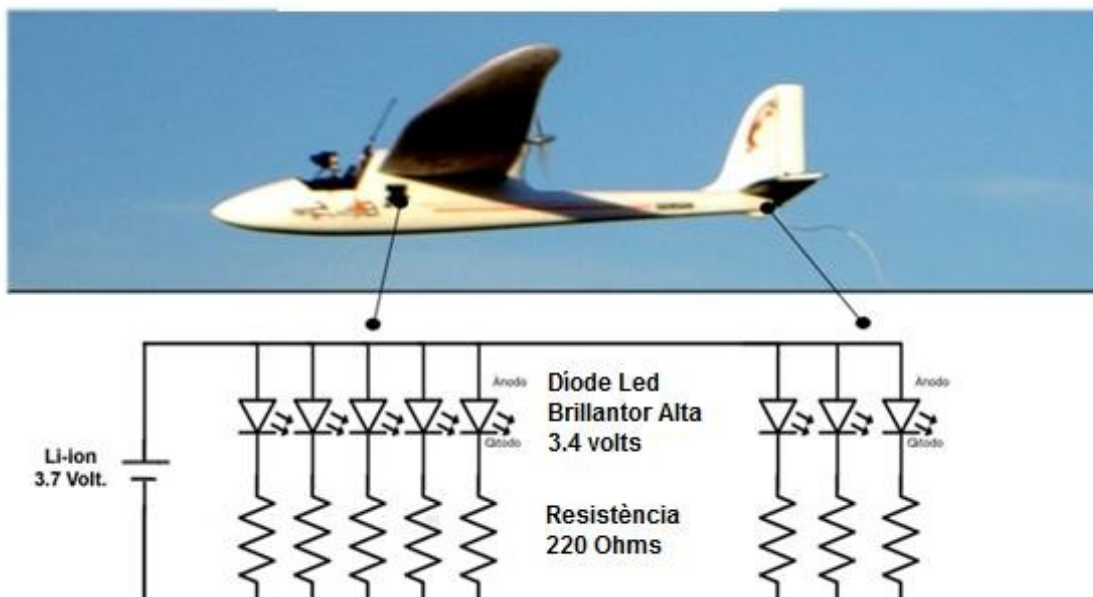
5.4.1.3.1.- Il·luminació exterior

Els llums de navegació, d'identificació, de formació d'aterratge i de pas són els elements que esdevenen necessaris per il·luminar la part exterior de l'avió. Els circuits que utilitzen són molt senzills i semblants entre ells. Les làmpades estan connectades en paral·lel, a les quals se'ls afegixen elements de protecció. La regulació de la tensió es realitza a través dels reòstats. Per produir intermitència entre les llums, s'intercalen unitats de centelleigs.

Si tenim en compte que l'atenció del pilot està dividida entre l'observació dels instruments i els objectes de fora de l'avió, sobretot en un vol nocturn, la marcató molt brillant dels instruments podria fer perdre durant un cert temps la capacitat de veure els objectes de fora de la cabina. Per altra banda, si les marcacions no són suficientment nítides i brillants, perdrà temps mirant els instruments i sofrirà un cansament de la vista i fatiga general. Així doncs, tenint en compte aquestes consideracions, els sistemes d'il·luminació solen ser de tipus dual, utilitzant dues classes de llums, vermelles i fluorescents. Tanmateix, els llums únicament exteriors han de ser vermells a la part externa de l'ala externa; verda a la part externa de l'ala dreta i blanca a la cua, amb una major obertura de llum. Aquests llums de colors no són més que làmpades clares amb filtres dels colors adequats.

L'accionament del circuit es realitza mitjançant una clau bipolar de dues posicions: brillant i opaca. També se sol utilitzar un commutador amb les posicions contínua i intermitent. Quan se situa en la segona posició, s'intercala al circuit una unitat de làmpada.

Sistema d'il·luminació nocturna



5.4.1.3.2.- Il·luminació interior

La il·luminació interior comprèn l'enllumenat dels instruments i les llums de cabina i passadissos. Pel que fa a l'il·luminació d'instruments se solen utilitzar, en àmbit general, llums roges i blanques, amb panells reflectors que distribueixen el flux lluminós sobre el taulell. També se sol il·luminar cada instrument en particular amb llums vermelles o fluorescents.

La llum de la cabina i passadissos s'obté de làmpades incandescentes ubicades al sostre de l'avió o als laterals.

5.4.2.- COMPONENTS ELECTRÒNICS

Actualment, l'avió posseeix una gran quantitat d'equips electrònics destinats a ajudar al pilot a situar-se i a garantir una major seguretat tant a l'aeronau com als passatgers i tripulants. En aquest apartat descriurem els essencials per tal de comprendre com és capaç un avió de trobar la seva ruta i el seu destí amb



Components electrònics

tanta facilitat, a més d'aconseguir resoldre el dubte sobre l'enlairament i l'aterratge segur de l'avió, gràcies precisament, a aquests aparells.

Cal destacar a més, que tots aquests aparells són molt importants pel bon control de l'avió i garantir una seguretat, i per això passen uns controls tècnics molt especials d'efectivitat i durabilitat. De fet, a la part inferior de l'avió, sota la cabina, existeix una petita sala on es troben tots els microprocessadors de tots els components electrònics de l'avió. A més, aquests són individuals, és a dir, un per cada component, sense formar un cervell electrònic. Tots els avions disposen d'un mínim de dos microprocessadors per component, connectats en paral·lel, per si es detecta alguna avaria o s'espatlla. Aquest fet doncs, augmenta la seva eficiència i seguretat.

Els components electrònics de l'avió estan fabricats amb materials específics que els fan robusts, lleugers i ignífugs. Si a més unim aquesta tecnologia a les mans expertes d'un pilot i al grup de personal professional que treballa a terra, assegurarem tenir una bona seguretat al vol.

5.4.2.1.- Enlairament

Abans de d'efectuar l'enlairament, tots els avions complimenten el pla de vol i tots els tràmits legals per efectuar el vol. Una de les dades més importants que anota el pilot és un número de quatre xifres que haurà d'introduir a l'equip comunicador per tal d'ésser localitzat a les pantalles radars de terra (SSR) una vegada s'hagi enlairat, amb la finalitat de poder ésser controlat en qualsevol moment.

5.4.2.2.- Comunicacions

Les comunicacions verbals entre les tripulacions dels avions, els operadors de terra, els controladors, etc. s'efectuen mitjançant tres equips bàsics com són el VHF (Very High Frequency), UHF (Ultrahigh Frequency) i HF (High Frequency). El transceptor o transmissor-receptor de VHF és el més utilitzat, ja que totes les torres de control dels aeroports i aeròdroms disposen d'un o diversos canals en aquesta banda de freqüències per control, enlairament, aterratge, rodatge o aparcament dels avions.

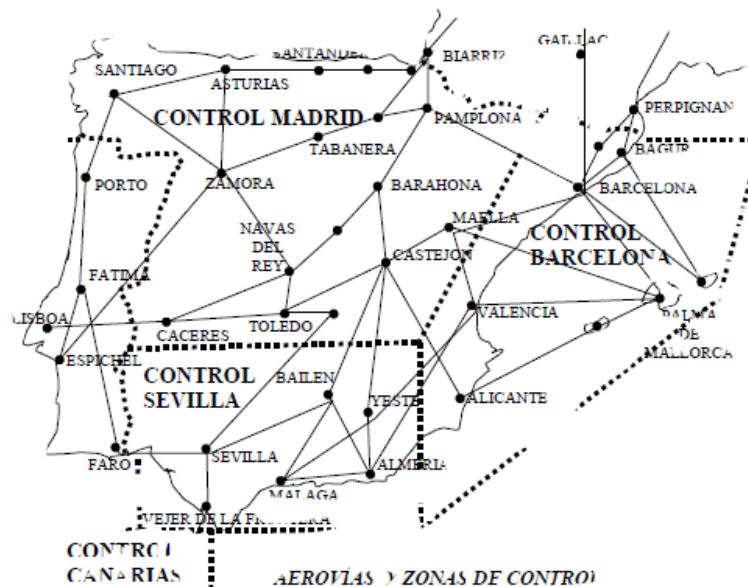
Per establir comunicacions a llarga distància, sense obstacles i a una gran altura, és més efectiu, no obstant, el transceptor d'UHF, per això els avions de caça militars l'utilitzen per comunicar-se entre ells i per conversar amb les torres de control.

Les comunicacions en HF s'utilitzen per comunicacions aire-terra, terra-terra o aire-aire quan existeixen obstacles entre ells, per exemple, muntanyes entre l'aeronau i la estació de terra. Aquest tipus de transceptor però, està molt limitat per les condicions atmosfèriques.

5.4.2.3.- Aerovies

Així com els cotxes circulen per carretera o autopista i els trens per ferrocarrils, els avions utilitzen vies aèries o aerovies, que son com autopistes descrites en l'espai aeri i que uneixen diferents punts de la superfície terrestre. Aquests punts tenen uns equips que transmeten contínuament senyals de rumb, proporcionant al pilot una referència del radial o camí on es troba en tot moment. Els equips que permeten al pilot adquirir aquesta informació es denominen Radiofars Omnidireccionals de VHF (VOR).

Amb la finalitat que diversos avions utilitzin la mateixa aerovia, quan es realitza el pla de vol, se'ls assigna una altura sobre el nivell del mar o nivell de vol que haurà de portar cadascú, proporcionant a cada avió una altura diferent. L'instrument mecànic que mesurarà l'altura per diferència de pressions es denomina altímetre. A la següent figura d'aerovies i zones de control es poden veure algunes de les estacions de VOR d'Espanya, així com les quatre zones de control més importants: Madrid, Barcelona, Sevilla i Canàries. Cada estació de VOR té establerta una freqüència diferent de transmissió de la seva pròpia senyal d'identificació en codi Morse. El pilot ha de sintonitzar una freqüència concreta segons l'estació desitjada amb que vol contactar.



5.4.2.4.- Vol

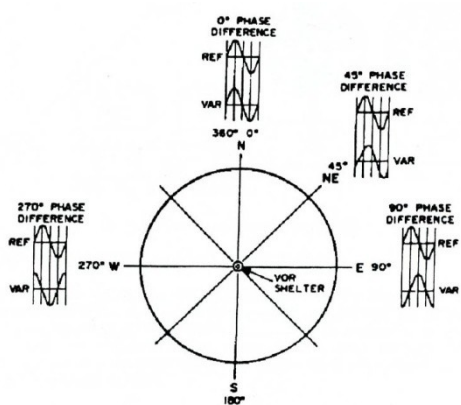
Un avió està dissenyat per volar i per tant, els equips de a bord han d'estar suficientment capacitats per facilitar aquesta tasca. En aquest apartat n'analitzarem algun d'ells, com el VOR, l'ADF, el GPS, el DME i el Pilot Automàtic.

- **VOR** (VHF Omnidirectional Range): Es tracta d'un aparell que facilita la navegació a les aeronaus quan pretenen seguir durant el vol una ruta preestablerta. Aquest receptor rep els senyals de radiofreqüència VHF que emet l'antena dels diferents aeroports, ja que generalment es troba una estació

VOR a cada un d'ells. Aquests senyals són rebuts per qualsevol aeronau que es trobi dins de la zona d'abast (màx. uns 240km) i tingui sintonitzada la freqüència de la mateixa estació (que varia entre 108.00 i 117.95 MHz modulada en AM).

La radiofreqüència emesa per un VOR està modulada en tres senyals. Un és la identificació de l'estació mitjançant el codi Morse, que permet al pilot identificar l'estació. Els altres dos són ones sinusoidals, les fases de les quals varien entre si. Se'ls anomena senyal de referència i de variable, respectivament. El de referència manté sempre la seva fase constant, mentre que el variable canvia la seva fase segons la direcció en el que sigui emès. Aquesta direcció es mesura com un azimuth, és a dir, es divideix en 360° al voltant de l'antena VOR en el sentit horari a partir del nord magnètic terrestre, punt en el qual el senyal de referència i de variable tenen fase idèntica. D'aquesta manera es pot visualitzar una antena VOR com el punt des del qual parteixen 360 línies de direcció, a les quals se les anomena radials.

L'equip VOR de l'aeronau rep el senyal VOR i desmodula els dos senyals. Compara el senyal de referència amb el de variable i determina la diferència de fase entre els dos. D'aquesta manera pot conèixer amb exactitud en quin radial de VOR sintonitzat es troba l'aeronau respecte el nord magnètic terrestre. De fet, calcula l'angle que formen els dos radi vectors amb origen al VOR, un que apunta al Nord i l'altre que apunta a l'avió. A la següent fotografia es poden apreciar les diferències de les fases:



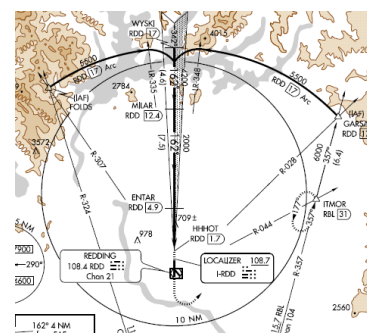
Diferència de fase entre la senyal de referència i de variable.

La precisió previsible d'un VOR és d'uns $1,4^\circ$. Tanmateix, diverses dades proven que el 99.94% del temps amb un sistema VOR té menys d'uns $0,35^\circ$ d'error. Els sistemes VOR estan internament monitorats i comuniquen qualsevol error de l'estació que excedeixi 1° .

De fet, la norma ARINC 711-10 del 30 de gener de 2002 estableix que qualsevol receptor hauria d'estar dins del marc de $0,4^\circ$ amb una probabilitat estadística del 95% sota diverses condicions.

Actualment però, com succeeix amb altres formes de radionavegació aèria, el sistema VOR es va reemplaçant per sistemes satel·litzats com el GPS (Global Positioning System), que és capaç de localitzar la posició horitzontal d'una aeronau amb un error de només 20 metres. Si a més es combina amb el WAAS (Wide Area Augmentation System), l'error es redueix a un cub de 4 metres de costat. Aquesta precisió instrumental s'aproxima a la categoria I dels sistemes ILS actuals (Instrument Landing System). Refinaments posteriors inclouen el LAAS (Local Area Augmentation System) que s'utilitza per aterrar pràcticament amb zero visibilitat.

- **ADF** (Automatic Direction Finder): És un receptor de radio que processa els senyals de radiofreqüència modulats en amplitud AM entre els marges de 190 a 1750 KHz. Consta de dues antenes, una de quadre i una altra de sentit. L'antena de sentit rep el senyal omnidireccionalment de l'equip de terra, així com l'indicatiu de la estació en codi Morse. L'antena de quadre dona una mostra angular entre l'estació de ràdio i l'avió. Amb la barreja dels dos senyals i un altre procedent de l'oscil·lador local de l'equip, es calcula la resultant de la direcció de l'avió cap a l'estació. L'indicador que mostra al pilot la direcció cap a la que està l'estació és el RMI.
- **DME** (Distance Measuring Equipment): es tracta d'un receptor-transmissor que proporciona la distància que existeix entre l'avió i la estació de terra sintonitzada, dins d'un radi d'acció d'aproximadament 450Km. Aquesta distància, però, és la distància directa, no la distància vertadera. A més, indica la



Arc DME.

velocitat de l'avió respecte el terra o el temps estimats a la estació en minuts. Cada estació de DME transmet contínuament un senyal d'identificació en Morse, rebuda per aquest equip a l'avió i aplicada al seu sistema d'àudio perquè el pilot pugui identificar-lo.

- GPS (Global Positioning System): És un sistema de navegació, a diferència dels anteriorment mencionats, que es basa en la recepció de senyals de 24 satèl·lits que giren al voltant de la Terra dos vegades al dia, en sis òrbites diferents cadascun a una altura d'uns 20.000 km. L'exactitud amb què situa l'aeronau a l'espai la devem a la tecnologia tant aplicada als satèl·lits com al receptor, que realitza un càlcul entre els senyals rebuts dels diferents satèl·lits en aquell moment, les distàncies entre ells i a la que es troben de la Terra i un rellotge atòmic d'alta precisió (treballa amb nanosegons). El receptor, que també està equipat amb un rellotge electrònic d'alta precisió, es sincronitza amb el dels satèl·lits a l'hora de rebre els senyals. El càlcul de les distàncies el realitza mitjançant la simple fórmula de:

$$\text{distància} = \text{velocitat} \cdot \text{temps}$$

Si sabem que la velocitat de la llum és de 300.000Km/s, com que els rellotges estan sincronitzats entre ells, quan els satèl·lits envien els senyals d'identificació, el receptor GPS calcula el retard fins que arriben a ell, els compara amb la d'altres i calcula el punt exacte on es troba.



Tanmateix, per determinar les coordenades del punt fixat, el receptor ha de rebre com a mínim, els senyals de tres satèl·lits i per saber la seva altura, un mínim de quatre. A més, el GPS dóna marcacions de velocitat en fraccions de segons mitjançant el càlcul de desplaçament de punts. Utilitza una base de dades interna per detallar al pilot la posició de mils d'aeroports, VORs i interseccions. Cada punt està emmagatzemat amb la seva pròpia latitud i longitud així que una vegada seleccionat l'aeroport, la base de dades ofereix

informació de la ciutat on es troba, l'elevació sobre el nivell del mar en peus o metres, la longitud, superfície, orientació i il·luminació de les pistes, llista dels tipus de combustibles disponibles a l'aeroport, mapes de la zona i àrees de pistes, etc..

Altres funcions que pot realitzar són les de determinar el rumb i la distància fins al punt de destí, distància total del pla de vol i altres informacions útils abans de l'enlairament (Pla prevol) o si coneix les coordenades del punt de destí, realitzar un vol directe a aquesta posició (Navegació directa). També permet definir un pla de vol amb més de quaranta punts determinats portant l'avió automàticament per la ruta seleccionada (Navegació amb Pla de Vol) o monitoritzar el consum de combustible i el l'hora d'arribada amb exactitud.

- PILOT AUTOMÀTIC: Aquest sistema controla els comandament d'altura, l'alabeig, la direcció i el compensador de profunditat.

Està format per un ordinador i tres servosistemes. L'ordinador processa la informació rebuda del model d'operació seleccionat pel pilot. Un sensor de velocitat li proporciona la informació per tal de mantenir-la quan estigui operatiu. A partir de les dades rebudes dels diferents equips que mesuren l'altura, la direcció i l'alabeig, l'ordinador genera uns senyals que envia als tres servosistemes. El de direcció actua sobre l'eix del timó de direcció, movent els pedals i mantenint el rumb. El d'altura actua sobre el timó de profunditat movent la palanca i el tercer s'encarrega de moure els alerons, sincronitzats amb el mateix moviment que la palanca de profunditat.

5.4.2.5.- ATERRATGE

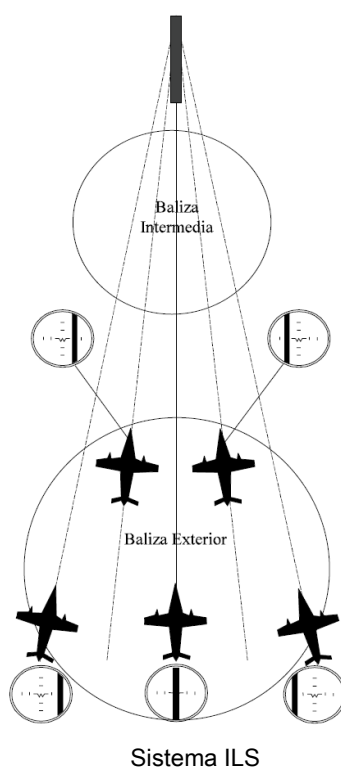
L'aterratge consisteix en la fase final d'un vol, és a dir, és el procés que realitza una aeronau que culmina amb el contacte de l'aparell amb el terra, contacte que es perdé en el moment d'enlairar-se per efectuar el vol. Un bon aterratge s'aconsegueix després d'haver efectuat un descens en l'altitud del vol, haver reduït la velocitat d'aquest, seguint un patró d'aproximació, d'inclinació, de planatge i d'haver identificat el lloc exacte on s'haurà d'efectuar l'aterratge.

Per tot això, és necessari que l'avió dugui uns components electrònics especials per determinar totes aquestes variables i efectuar un aterratge completament segur.

El sistema d'ILS i la radiobalisa són dos d'aquests instruments que ajudaran al pilot a efectuar la maniobra d'aterratge.

- ILS (Instrument Landing System): aquest sistema forma part del mateix equip del VOR. Consta de dues parts fonamentals, el Localitzador (LOC) i la Senda de Planatge (GS, Glide Slope). Dins d'aquest sistema s'engloben també les radiobalises. La missió d'aquest equip rau en indicar al pilot com ha d'aproximar l'avió fins a la pista d'aterratge amb una altura i una desviació correcta quan es troba dins del lòbul de radiació de l'equip de terra. Les figures LOC i GS mostren la visió del pilot en un instrument quan l'avió es troba en diferents posicions del lòbul de radiació, indicant que ha de centrar l'avió si aquest es troba desviat del rumb i l'altura correcta cap a la pista.

Finalment, el controlador, des de l'aeroport, és qui decideix quina pista ha d'utilitzar per aterrar un determinat avió, depenent sempre del vent regnant a la zona, tot i que als grans reactors no els afecti gaire el vent, també obeeixen aquesta regla bàsica i fonamental de l'aviació.

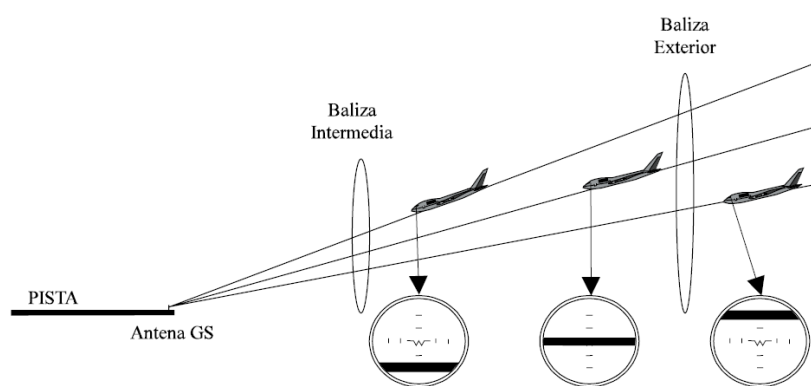


- **Radiobalisa:** aquest sistema està associat al VOR i a l'ILS i s'utilitza per subministrar als pilots indicacions visuals a través de tres làmpades (blanca, àmbar i blanca), acompanyades de tons audibles.

La llum blava s'encén quan l'avió passa sobre la balisa exterior, donant un to de 400 Hz en sèries de 2 ratlles per segon.

L'àmbar s'activa quan l'avió passa sobre la balisa intermèdia, acompanyada d'un to de 1.300 Hz en sèries de ratlles i punts alternatius.

La de color blanc s'encén quan l'avió passa sobre una balisa d'aerovia, juntament amb un to de 3.000 Hz.



Sistema Radiobalisa

6.- PILOTATGE DE L'AVIÓ

Si hi ha alguna cosa que fascina a l'ésser humà és volar. Així que no resulta estrany que es trobin moltes persones interessades en esdevenir pilot. Si a més, el món de l'aviació s'envolta de glamour i sous astronòmics, ser pilot es pot convertir en el somni de qualsevol que desitgi volar alt. Però no és tan senzill arribar a ser-ho. Tot i que cada vegada la gent viatja més i la competència ha permès l'aparició de noves companyies a tota Europa, els estudiants de pilot han de superar moltes proves i exàmens per determinar si són capaços de dirigir una nau amb seguretat.

En aquest apartat intentarem veure què necessiten i a què poden aspirar els pilots a base de complir hores i hores de vol.

6.1.- TITULACIÓ NECESSÀRIA

Per ingressar a qualsevol centre de formació de pilots, caldrà haver complert els 18 anys, tenir l'antic COU, l'actual batxillerat o una titulació similar, i haver superat un reconeixement mèdic del Centre d'Investigació i Medicina Aeroespacial (CIMA) de l'Exèrcit de l'Aire, a Madrid. En alguns països està permès que els pilots utilitzin lents de contacte o ulleres amb un màxim de tres diòptries.

La persona que desitgi ser pilot comercial haurà d'aprovar assignatures referents a l'aeronàutica, com la meteorologia, cartografia, navegació, principis de vol, anglès, tenir certes nocions de Dret Aeri... a més de dominar les matemàtiques i la física. També hauran de completar una quantitat determinada de teoria, vol simulat i vol real (avions monomotors i bimotors). Després, finalitzada aquesta preparació de mínim 200 hores de vol, l'aspirant s'haurà de presentar davant les autoritats aeronàutiques de cada país a exàmens per obtenir la llicència.

Tot i així, com que la formació de pilot depèn de la Direcció General d'Aviació Civil, es pot accedir al títol de pilot comercial per dues vies: cursant estudis en una escola o preparant-se per lliure.

Si es forma en aquests centres, obtindrà el títol de pilot comercial, però per aconseguir la llicència per volar, restarà completar la formació teòrica amb 1.500 hores de vol. Això permetrà accedir a comandant, ja que si només pretén treballar en aerolíniees comercials, no li cal aconseguir la llicència. Quan el pilot ho ha assolit, la seva titulació esdevé com una diplomatura universitària. Llavors només quedarà passar una última prova definitiva de la Direcció General d'Aviació Civil.

Si s'accedeix de manera lliure, l'habitual és viatjar als Estats Units, on els cursos solen ser més barats. Un cop s'ha obtingut el títol, s'ha de convalidar presentant-lo a la Direcció General d'Aviació Civil, però aquest no és un tràmit senzill i sovint suposa uns anys, ja que després serà necessari volar durant més hores o realitzar algun altre curs.

Així doncs, per accedir a pilot íntegre, s'haurà de superar els cursos de pilot privat i pilot comercial, i si es vol ampliar les possibilitats d'accedir a una línia

aèria, els cursos de pilot comercial, instructor de vol i TLA (Transport de Línia Aèria) ho facilitaràn.

6.2.- TRIPULACIÓ

La tripulació és el conjunt de Tripulants Tècnics i la de Cabina de Passatgers o Tripulació Auxiliar, és a dir, la tripulació de vol i els/les hostesses.

El número i la composició de la tripulació de vol no serà menor que l'especificat al Certificat Tipus, al manual de vol de l'avió o en un altre document relacionat amb el certificat d'aeronegabilitat. Dependrà sobretot, del nombre de portes que tingui la nau, ja que si es produís una emergència i s'hagués d'evacuar els passatgers, almenys un membre de la Tripulació Auxiliar hauria de situar-se a cada porta per ajudar a l'evacuació. Normalment, solen haver-hi vuit hostesses, encara que podem trobar-ne sis, ja que les portes del mig de l'avió (situades a les ales) poden ésser controlades per una mateixa hostessa.

D'acord amb això, existeixen diverses categories dins la tripulació de vol, que citem tot seguit.

6.2.1.- Comandant

El comandant de l'aeronau és l'encarregat d'assegurar que les llicències de cadascun dels membres de la tripulació de vol han sigut atorgades o convalidades per l'Estat de matrícula; que estan degudament habilitades i són de validesa actual, i comprova que els membres de la tripulació mantinguin les seves competències.

Aquest comandant és, doncs, un pilot en possessió de títol, llicència i habilitacions corresponents al tipus d'aeronau utilitzada, que un cop ha estat considerat apte per la Direcció d'Operacions per desenvolupar qualsevol funció de pilotatge i comandament a la nau, és designat expressament per exercir aquesta funció.

6.2.2.- Pilot

El pilot és l'encarregat de dirigir l'aeronau. En condicions normals, això significa que ha de manejar l'avió de tal manera que ha de sortir de l'aeroport de partida i ha d'arribar a la destinació, tot realitzant operacions d'enlairament, vol i

aterratge. Per això cal que tingui un coneixement profund sobre tots els sistemes de l'avió i els procediments a realitzar als diferents aeroports i davant diverses situacions meteorològiques. Ha d'estar capacitat per manejar i solucionar una situació d'emergència i davant una determinada fallada tècnica, ha de saber respondre correctament.

Distingim a més, dues variants de pilots, el PF i el PNF. Aquestes sigles corresponen a "Pilot Flying" i "Pilot Not Flying". Aquesta nomenclatura es deu a que cada avió duu dos pilots, ja que la clau de la seguretat a l'aviació és tenir-ho tot per duplicat. Per això, ja que l'avió conté tants aparells (des de motors, ràdios, sets d'instruments de vol, etc.) ha de tenir dos pilots com a mínim per poder-se repartir el set de controls independent que els permet operar l'aeronau. Però encara que el pilot arribés a tots els punts i controls de la cabina, l'avió n'hauria de dur dos, obligatòriament.

Normalment acostumen a ser dos pilots amb categoria de comandant i primer oficial o copilot. En vols llargs, però, poden ser més.

Les categories en què es divideixen els pilots segons la possessió de diferents llicències se situen a continuació:

- PPL. Llicència de Pilot Privat.
Constitueix l'habilitació de poder pilotar aeronaus que no tenen finalitats comercials.
- CPL. Llicència de Pilot Comercial.
Permet comandar aeronaus comercials que no estiguin destinades al tràfic de passatgers. Tanmateix, es pot volar amb aquesta llicència en aquest tipus d'avions sempre i quan no sigui com a comandant, sinó com a copilot.
- ATPL. Pilot de Transport de Línia Aèria.
Habilita al pilot conduir qualsevol tipus d'aeronau, incloent les dedicades al tràfic de passatgers.

A més, el pilot de relleu accedirà al control de la nau quan el comandant, o el pilot que duu l'aeronau, per requisits legals, hagi de procedir al descans durant el vol.

6.2.3.- Copilot

El copilot és també pilot però la diferència entre ells rau en l'experiència, tot i que tal com comenta el pilot Antoni Vidal, aquest fet depèn de les companyies. El grau de responsabilitat a l'aeronau i la seva ubicació dins del "cockpit" també configuren diferències ja que, per exemple, el pilot se situa a l'esquerra i el copilot a la dreta.

7.- CONTROL I SEGURETAT

L'estampa d'un avió solcant el cel s'ha convertit en una imatge habitual, no només pel viatger, sinó pràcticament per qualsevol. Una estela de fum a gran altura esquinçant el cel blau o un parell de llums parpellejants movent-se sota la lluna poden ésser contemplades amb certa facilitat. L'avió s'ha convertit, amb el pas dels anys, en un dels transports més ràpids i més segurs. Tanmateix, darrere les fines esteles deixades pels aparells s'amaguen milers d'hores de treball que asseguren el correcte funcionament d'aquests ocells d'acer.

Volar s'ha convertit en una acció relativament normal per l'home, inclús molts han passat centenars d'hores dins del fuselatge de l'avió. No obstant això, aquesta normalitat esdevé recolzada en els alts nivells de seguretat que ofereix l'aviació actual, en la que els accidents són cada vegada més estranys i, en general, no responen a fallades tècniques.

En aquest apartat analitzarem els controls que segueixen els tripulants de la nau abans de què succeeixi algun desastre i com actuar quan algun accident s'ha produït.

Per començar, res s'improvisa en un avió. Tot està escrit i preparat, és a dir, el primer pas que realitza la tripulació abans de pujar a l'avió és recollir tota la documentació. Aquesta documentació conté des del pla de vol i el comunicat meteorològic fins l'informe d'averies que pugui tenir l'avió. Per exemple, si existeix alguna deficiència amb l'aire condicionat, l'aparell no podrà volar a la mateixa altitud amb què ho realitzaria si estigués totalment correcte.

De fet, qualsevol avió que es revisa a la pista abans d'enlairar-se documenta l'averia tècnica en un manual del qual es tenen tres còpies. Una es queda a l'avió, l'altra la guarden els tècnics de manteniment i la tercera, s'envia a la seu central de la companyia aèria.

Els encarregats de controlar la seguretat de la nau són tant el pilot com el comandant, l'únic que el comandant assumeix la responsabilitat. L'examen del primer vol del dia és el més exhaustiu i abans de cada vol, un dels pilots fa una inspecció visual a la part exterior de l'avió, la qual és admesa com a vàlida per l'Aviació Civil. Si abans de l'enlairament es detecta alguna anomalia i el comandant decideix avortar l'operació, l'aeronau torna a la terminal per esmenar només la incidència detectada. La reparació se sol realitzar amb el menor temps possible per evitar trastorns als passatgers, encara que si la incidència és superior, la aerolínia pot arribar a canviar d'avió. Si l'anomalia es presenta durant el transcurs del vol, mentre el pilot controla i intenta combatre la incidència, el comandant comunica a la torre de control totes les incidències produïdes.

Tot i així, la inspecció per part de la tripulació no és suficient per garantir la seguretat dels passatgers a bord d'un avió. Per això un bon manteniment de l'avió (apartat 8) és indispensable per una companyia aèria i consisteix en un dels treballs més complicats dins del sector de l'aeronàutica. Per exemple, dins dels tallers de manteniment, si les rodes han perdut pressió, es tornen a inflar. Mitjançant un sistema especial, se sotmeten els pneumàtics del tren d'aterratge a una determinada pressió orientada per suportar el cop que sofreixen les rodes de l'avió en el moment de tocar terra. Una enorme gàbia metàl·lica evita que qualsevol descuit a l'hora d'aplicar pressió al pneumàtic derivi en un disgust. Així, la seguretat es pot arribar a mesurar gairebé al mil·límetre en tots els àmbits.

Aviació Civil serà l'encarregada de verificar que tota l'operació de manteniment sigui realitzada correctament i els passatgers podran rebre la garantia que el seu viatge a bord d'un avió serà el suficientment segur, encara que mai es pot evitar un accident per un problema tècnic imprevisible. Actualment, hi ha problemes pel fet que certs vols o avions estan pressionats per arribar a temps a l'aeroport a causa del gran nombre de vols que ha d'assumir.

La seguretat d'un avió, a més, està controlada des de tres dependències fonamentals en un aeroport. En primer lloc trobem la Torre de Control, des d'on se supervisen les naus en tot moment, des que l'avió posa en marxa els motors fins que aterra, així com certs accidents. Quan això succeeix, activen la intervenció dels serveis de rescat; en segon lloc, el Centre de Comandament Principal de l'Aeroport, des d'on es manté actualitzada tota la informació sobre les tasques que es realitzen; i finalment, el Centre de Comandament Avançat, des d'on es coordinen les actuacions dels diferents col·lectius que intervenen en el rescat.

A més de totes aquestes mesures de control i seguretat, existeix la Llei de Seguretat Aèria i cada companyia desenvolupa un manual d'operacions ampliant aquesta Llei. I encara se li han de sumar els manuals que deixa el fabricant quan fa l'entrega de l'avió. En aquests documents s'explica detalladament el funcionament de l'avió i en quines circumstàncies no es pot enlairar. Davant de qualsevol dubte, el pilot truca als mecànics, que consulten aquests manuals. El fonamental d'ells és el MEL (Minimum Equipment List), que detalla les condicions mínimes que ha de complir l'avió per poder enlairar-se. Per damunt de l'Aviació Civil de cada país, trobem l'Agència Europea de Seguretat Aèria (AESA), que promou els nivells comuns més elevats de seguretat i de protecció del medi ambient en l'aviació civil a Europa i al món. De fet, és la clau d'un nou sistema normatiu que instaura un mercat únic europeu en el sector aeronàutic.

Pel que fa als accidents aeris, destacar que gairebé mai es deuen a un sol i únic motiu, sinó que el 67% dels sinistres protagonitzats per avions es produeixen per diversos factors durant l'enlairament i l'aterratge, els moments clau amb més risc.

Tot i així, és necessari desmentir el mite que un llamp caigut sobre l'avió mentre aquest està efectuant el vol pot causar-li un accident greu. És cert que pugui succeir, però serà a causa dels diferents desencadenants d'aquest llamp, no el llamp en si mateix, ja que l'avió està dissenyat per tal que actuï com la gàbia de Faraday.

Aquesta gàbia, dissenyada pel químic i físic britànic Michael Faraday, té la propietat d'aïllar el seu interior de la influència dels camps electromagnètics

exterior, és a dir, la tela metàl·lica del seu voltant genera un camp electromagnètic que s'anul·larà amb l'exterior, ja que tindran sentits oposats i per tant, la suma dels dos camps dins del conductor serà igual a 0.

Si exemplifiquem aquesta explicació amb l'avió, obtenim que sent una carcassa metàl·lica "buida" per dins, quan li és aplicada una gran quantitat d'electricitat (com en aquest cas el llamp), aquesta només es manté únicament a la superfície del fuselatge, és a dir, a la part externa de l'avió. Tot l'interior, el combustible i tot el contingut es manté intacte, sense alterar ni tan sols la temperatura. D'aquesta manera, els Airbus tenen, per exemple, un sistema sota la pintura que permet que tot llamp que entri pugui sortir; però tots els avions estan suficientment preparats per rebre un llamp.

Tanmateix, que un llamp impacti en un avió no és un fet excepcional, sinó que es calcula que tots els avions són víctimes d'un llamp cada 1.000 hores de vol. Així doncs, el llamp no és perillós per l'avió en sí, però pot malmetre el radar meteorològic i deixar-lo inoperatiu, fet que implica que el pilot hagi d'anar a cegues enmig de les turbulències i entrar en una tempesta de calamarsa, la qual podrà introduir-se als motors i apagar-los. Cada motor també duu un generador elèctric, que, immediatament, deixarà de funcionar.

Així doncs, el llamp no pot desestabilitzar l'avió, però pot ser el desencadenant d'un accident. Si l'avió es queda a fosques, s'alimenta de les bateries que porta a bord. Encara que l'aeronau hagi perdut els dos generadors dels motors a causa de la tempesta, està provista d'un tercer generador, addicional, situat a la cua. El pilot, però, pot tardar fins a cinc minuts en posar-lo en funcionament i mentrestant, ha d'intentar recuperar el control de l'avió, que s'ha quedat amb els motors parats i es precipita al buit.

Resta destacar que els accidents que es produeixen a l'avió, queden registrats a la coneguda caixa negra, però després cal recuperar-la dels oceans profunds o dels indrets on pugui haver impactat, ja que contindrà tota la informació de l'accident.

8.- MANTENIMENT I COSTS

Milers d'hores de vol, enlairaments, aterratges, frenades, milions de passatgers que reclinen seients, despleguen les seves safates, tanquen fort els maleters,

accionen l'aire condicionat, manipulen el volum de la música que arriba als seus auriculars,... Tot necessita ser revisat amb certa periodicitat i totes aquestes revisions fan desplegar una important indústria en el sector de l'aeronàutica: el manteniment i assistència dels avions. Una indústria que camina en paral·lel a la rutinària tasca que els pilots han de realitzar abans d'efectuar qualsevol vol.

En aquest apartat intentarem destacar els diferents processos de manteniment d'un avió, així com els costos que això comporta.

Les diferents accions de manteniment que es duen a terme en un avió qualsevol es converteixen en treballs minuciosos d'entreteniment i fan dels grans aparells, un gran mecano que es munta i es desmunta cada cert nombre d'hores de vol. Les revisions poden arribar a ser tan profundes que, fins i tot inclouen el decapat de la pintura de l'avió amb l'objectiu de comprovar que les rebladures de les unions de les planxes del fuselatge i les ales estan correctes. Posteriorment, l'aparell torna a ser pintat tot utilitzant materials específics, ja que un excés de pintura pot augmentar el pes de l'aeronau i afectar la seva maniobrabilitat o capacitat.

En el cas d'Iberia, per exemple, el manteniment afecta tots els seus aparells, la qual cosa suposa una llarga llista d'activitats i models. Els principals treballs fan referència al manteniment complet d'avions, motors i components dels models Boeing, Airbus i MC Donnel Douglas. Pel que fa als motors, ajusta els P&W, DFM International, Rolls Royce i Allison. A més, als hangars d'Iberia es procedeix a la pintura dels avions; la reparació i modificació d'interiors; el disseny de sistemes informàtics aplicables al manteniment i a la formació de tècnics i especialistes de manteniment aeronàutic.

Amb tot, els diferents processos de manteniment, venen determinats per una estricta planificació que es desenvolupa en funció de la utilitat i les hores de vol de l'avió. En principi, es poden distingir dos tipus de manteniment: el Programat i el No Programat. La diferència entre aquests tipus es basa en què el No Programat només es realitza quan ha sorgit una avaria en un punt i moment determinat, mentre que el Programat té com a finalitat mantenir l'aeronavegabilitat dels avions i restaurar el nivell específic de fiabilitat. El manteniment Programat consta d'un programa concret, dividit en capítols i

subcapítols, segons la especificació de l'ATA 100, norma que recull una breu descripció de les tasques a realitzar i dels intervals corresponents en què s'han d'efectuar.

Així doncs, el manteniment programat es divideix en tres categories diferents que cobreixen inspeccions determinades, els intervals i tasques dels quals van sent progressivament més extensos.

En primer lloc, es desenvolupa un Manteniment en Línia dividit en tres apartats:

- Trànsit: consisteix en una inspecció ràpida que es realitza sempre abans de cada vol i el més a prop possible de la sortida de l'avió, per tal de comprovar l'estat general del mateix, com danys estructurals, registres i panells d'accés, serveis a l'aeronau, etc.
- Diària: es tracta d'una revisió que s'ha d'efectuar abans del primer vol del dia, sense excedir en cap cas les 48 hores, durant les que es comprova l'estat general de l'avió, però disposant de temps suficient i addicional per dissenyar una acció correctiva si fos necessari.
- Revisió S: aquesta revisió inclou també la diària, s'executa cada cent hores de vol. Durant la mateixa, es comproven tots els aspectes relacionats amb la seguretat al voltant de l'avió, es desenvolupen instruccions específiques, es corregeixen possibles anormalitats i es realitza un servei a l'avió, amb comprovació dels nivells de fluids necessaris pel vol.

En segon lloc, s'elabora un Manteniment Menor, integrat per quatre inspeccions més, denominades R, A, B i C. La revisió R consisteix en un manteniment de rutina i inspecció de seguretat al voltant de l'avió, revisió d'alguns elements específics i correcció d'aquells que ho necessitin.

La Revisió A inclou una inspecció general de sistemes, components i estructura, tant des de l'interior com des de l'exterior, per tal de verificar la seva integritat. S'efectua cada 600 hores de vol.

La Revisió B desenvolupa, amb major intensitat que l'anterior, una comprovació de la seguretat de sistemes, components i estructura, juntament amb el servidor de l'avió i la correcció dels elements que ho necessitin.

La Revisió C, en canvi, consisteix en una inspecció completa i extensa, per àrees, de totes les zones interiors i exteriors de l'avió, incloent els sistemes, les instal·lacions i la estructura visible. Se sol realitzar cada 18 mesos aproximadament.

Per últim, les aeronaus se sotmeten a l'anomenat Manteniment Major, amb el què es cobreix completament el Programa d'Inspecció Estructural. Aquest programa defineix inspeccions interiors i exteriors de tots els elements estructurals. Aquest manteniment es realitza cada 5 anys o 30.000 hores de vol.

Així doncs, aquesta revisió es coneix amb el nom de "La gran parada", ja que es tracta de la revisió més completa que es pot realitzar a un avió. Aquest procés comença desposseint l'avió de tots els seus accessoris, inclosa la pintura, per revisar tots els panells i rebladures que els uneixen. Al mateix temps, es desmunten i revisen els motors, trens d'aterratge, comandaments de vol i la resta d'elements tècnics. També es desmunten totes les butaques, vidres de les finestretes, rètols interiors i els exteriors i tots els panells de revestiment interiors, tant el dels laterals com els del terra. En total, cada revisió precisa més de 1.400 eines i es revisen centenars de quilòmetres de cables.

Una vegada revisat el fuselatge i els components de l'avió, i posteriorment substituïts pels necessaris, es reconstrueix i es torna a pintar l'avió. L'exterior necessita més d'una tona de pintura, mentre que l'interior, només n'utilitza entre 120 i 150 kg. La necessitat de controlar la quantitat de pintura utilitzada, per tal de no excedir el pes de l'aparell, requereix la utilització de pistoles elèctriques d'alta precisió.

Tot i així, el treball dels enginyers i mecànics no acaba amb la revisió en sí. Després, es realitza un vol de proves per comprovar la seva efectivitat. Durant sis hores contínues, els pilots, el mecànic de vol i els enginyers de manteniment sotmeten l'avió a situacions límit que són gairebé impossibles que succeeixin en la realitat. Durant les proves, es paren els motors (mai simultàniament) i es tornen a posar en marxa en ple vol; es realitzen viratges pronunciats; es redueix la velocitat al mínim i s'eleva a la màxima permesa; i es proven els trens d'aterratge i la resta de sistemes i components.

Així doncs, la gran parada sotmet a l'avió a una revisió meticulosa de tots i cadascun dels elements o eines que conformen l'estructura d'un avió complint així amb les exigències requerides per la confirmació del bon estat de tots els aparells. És precisament aquest bon estat tècnic de l'avió el que garanteix, en gran mesura, la seguretat del vol.

Cada vegada que un avió s'enlaira després de superar aquesta revisió, ho fa amb tots els equips reparats, és a dir, com si hagués sortit recentment de la fàbrica. El temps necessari per dur a terme aquesta operació de manteniment s'aproxima al mes i mig i requereix més de 275 treballadors. El cost total de l'operació se situa sobre els 4.200.000€, dels quals 600.000 es destinen a l'adquisició de peces de recanvi.

9.- VIABILITAT ECONÒMICA D'UN AEROPORT

La recerca d'aquest treball finalitza en l'estudi d'un aeroport, més concretament en el nostre cas, en l'estudi dels ingressos i despeses que genera un aeroport en un any. Per començar, cal citar què es considera un aeroport. Un aeroport és una infraestructura del transport aeri, on comença i acaba aquest moviment aeri. El conjunt d'edificis, equips que permeten que l'avió tingui un moviment en terra; el seu manteniment; l'embarcament i el desembarcament de passatgers; mercaderies (càrrega) i equipatges necessiten vies d'accés per la mobilitat. Així doncs, un aeroport suposa l'intercanvi amb altres medis de transport, vies amb accés al moviment, principalment les carreteres. En un aeroport considerem clients, les diferents companyies aèries.

Un aeroport necessita un finançament important, ja que els criteris de viabilitat són sempre a llarg termini, degut a la inversió inicial molt elevada. En aquest aspecte, hem de distingir dues classes de gestió d'aeroport: la propietat pública i el gestionat privat. Espanya, de fet, és l'únic i atípic model de propietat pública, és a dir, és gestionat públicament. Per això és important veure que amb aquest model podem obtenir un bé social, desenvolupant una àrea concreta del territori espanyol sense obtenir uns beneficis molt elevats directament de l'explotació aeroportuària, o simplement, que el govern està interessat en obtenir uns beneficis alts d'aquella infraestructura. Així doncs, ja que a Espanya els aeroports no funcionen individualment, sinó que estan regits

per AENA, les dades que aportarem per a realitzar l'estudi mostren les despeses i els beneficis del conjunt, no tan sols d'un aeroport. És cert que cada aeroport, com després s'analitzarà, segons les seves dimensions i capacitat de transport de passatgers, obté una categoria i té unes despeses en funció d'aquesta.

Així doncs, l'anàlisi es basarà en les dades de la memòria de l'any 2007, ja que es tracta de l'última publicació editada a la qual hem pogut tenir accés.

Tanmateix he de fer referència que un cop analitzada la part aeroportuària en conjunt i la part de taxes individuals per aeroport i model d'avió, s'afegirà una part on indirectament es mostraran els beneficis per a la regió on es desenvolupa l'aeroport, com per exemple la construcció de noves carreteres que connectin l'aeroport amb altres ciutats o municipis, l'oferta de nous llocs de treballs, les comunicacions que pot comportar un servei com un aeroport, etc.

D'aquesta manera, procedim a l'estudi.

Com ja s'ha esmentat, un aeroport té uns ingressos importants que deriven dels ingressos purament aeronàutics i no aeronàutics, però també dels comercials, de navegació aèria i altres línies de negoci.

Primerament encetem els ingressos en el concepte d'ingressos aeronàutics.

Aquests, corresponen a les entrades de diners en base a:

- Aterratges: S'haurà d'abonar sempre que s'utilitzin les pistes i els serveis d'aterratge, considerant-los diferents de l'assistència a terra d'aeronaus, passatgers i mercaderies. Aquest cost serà per aeronau atterrada.
- Estacionaments: La utilització de les zones d'estacionament d'aeronaus habilitades als aeroports comporta aquesta tarifa. Per tal de considerar aquesta taxa és requisit indispensable que durant el període d'estacionament de la nau, aquesta no realitzi cap operació d'enlairament o d'aterratge i no estigui ocupant posició de passarel·la telescòpica o hangar.

- Utilització d'infraestructures: S'aplica per la utilització dels passatgers de les zones terminals aeroportuàries no accessibles als visitants, així com les facilitats aeroportuàries complementàries.
- Passarel·les telescòpiques: S'abonarà aquesta taxa si es pretén facilitar el servei d'embarcament i desembarcament de passatgers a través de passarel·les telescòpiques o a causa de la simple ocupació d'una posició de plataforma que impedeixi la utilització de la corresponent passarel·la a altres usuaris.
- Manipulació de mercaderies: La utilització del domini públic aeroportuari en operacions de càrrega i descàrrega de mercaderies suposa aquesta taxa.
- Taxa de seguretat: Consisteix en la prestació dels serveis d'inspecció i control de passatgers i equipatges en recintes aeroportuaris. Es cobra per passatger de sortida.

Amb totes aquestes variables d'ingrés és evident que qui ingressa és l'aeroport en qüestió, però que perquè això sigui possible, és necessari el pagament de les taxes per part de les companyies aèries en aquest cas i segons l'aeroport que es tracti i el tipus de nau que operi, com veurem més endavant, dependran i l'ingrés o el cost, segons per on es miri, variaran.

Per veure'ls en detall els conceptes anteriorment esmentats en concepte real per l'àmbit de tots els aeroports d'Espanya, configurem la taula adjunta:

INGRESSOS AEROPORTUÀRIS en l'àmbit espanyol

€

INGRESSOS AERONÀUTICS (IA)	
Aterratges	384.668.000
Estacionaments	7.368.000
Utilització d'infraestructures	449.918.000
Passarel·les telescòpiques	117.395.000
Manipulació de mercaderies	13.580.000
Taxa de seguretat	125.599.000
Altres	664.000
Subtotal	1.099.210.000

De la mateixa manera que l'aeroport disposa d'uns ingressos aeronàutics pròpiament de les activitats principals, dins de l'aeroport, considerem també uns ingressos a constatar. Es tracta dels serveis no aeronàutics.

- Serveis de menjar a bord: Tal com el seu nom indica, els ingressos sorgeixen del preu que paguen els passatgers que volen disposar de dinar o sopar a bord de l'avió.
- Lloguer de locals, terrenys i mostradors: És el lloguer pel qual ingressa l'aeroport al disposar de locals, terrenys i mostradors.
- Mostradors de facturació: Els concessionaris paguen una taxa per disposar de mostradors en funció dels m² i dels mesos que desitgen operar-lo.
- Serveis a concessionaris: Tots els serveis oferts als diferents concessionaris s'anoten per obtenir el benefici final del conjunt.

- Autorització de pas a zones restringides: Es consideren zones restringides l'àrea de càrrega i descàrrega de mercaderies, la plataforma d'estacionament d'aeronaus, la zona de moviments i en general, les vies d'accés restringides al públic. Aquesta taxa depèn del nombre de vehicles que hi accedeixen i del seu abonament anual (1.269,84€/vehicle), mensual (117,55€/vehicle) o únicament autorització d'accés (10,22€/vehicle).
- Utilització de sales i zones no determinades: Aquestes sales i zones no determinades consisteixen en sales VIP o el despatx CIP o la mateixa Sala Europa de l'Aeroport del Prat. Només poden accedir-hi l'usuari o la persona autoritzada.
- Handling de rampa: Existeix una taula anual per determinar el valor d'aquesta taxa. Aquesta taxa varia en funció del model d'avió i del tipus d'escala comercial (vol de passatgers, vol mixt i vol chàrter).

INGRESSOS AEROPORTUÀRIS en l'àmbit espanyol

€

INGRESSOS NO AERONÀUTICS (INA)	
Serveis de menjar a bord	11.854.000
Lloguer de locals, terrenys i mostradors	21.452.000
Mostradors de facturació	27.615.000
Serveis a concessionaris	21.943.000
Autorització de pas a zones restringides	824.000
Utilització de sales i zones no determinades	12.268.000
Handling de rampa	74.331.000
Altres	3.335.000
Subtotal	173.622.000

Així doncs, només en concepte d'ingressos aeronàutics i no aeronàutics, obtenim la suma de:

$$\begin{aligned} & \text{ingrés aeronàutic} + \text{ingrés no aeronàutic} = \\ & = 1.099.210.000 + 173.622.000 = 1.272.832.000 \end{aligned}$$

Però com ja s'ha citat amb anterioritat, no només es generen els beneficis amb aquests dos grups d'elements. El tercer bloc a analitzar serà el d'ingressos comercials, comprenent per exemple, el cost del carburant que paguen les empreses, el lloguer de locals i terrenys, així com la publicitat que s'ofereix a l'aeroport i que tot esdevé idea de benefici.

INGRESSOS AEROPORTUÀRIS en l'àmbit espanyol

€

INGRESSOS COMERCIALS (IC)	
Carburant	26.971.000
Lloguer de locals i terrenys	43.656.000
Explotacions comercials	207.497.000
Bars i restaurants	66.933.000
Cotxes de lloguer	70.632.000
Aparcament de vehicles	131.418.000
Publicitat	34.762.000
Serveis a concessionaris	13.357.000
Altres	238.000
Subtotal	595.464.000

En penúltim lloc resta citar un dels pesos més importants pel que fa al benefici aeroportuari del conjunt dels aeroports espanyols. Es tracta de la navegació aèria. Aquesta significa l'import extret de les ajudes a la navegació en ruta i en aproximació, a més de les publicacions sobre l'aeroport i altres serveis on el subjecte no deixa de ser el mateix aeroport.

- Navegació de ruta

A Espanya, aquest concepte es cedeix a EUROCONTROL, l'Organització encarregada de facturar i percebre les rutes de tots els vols que es gestionin dins de l'aeroport.

Aquesta taxa que obté l'aeroport és la remuneració dels costos incorreguts en concepte d'instal·lacions i serveis de navegació aèria en ruta.

Per tal de calcular-la, fem la fórmula d'aquesta tarifa en concret:

$$r_i = t \cdot N$$

on r_i , és la tarifa total; t , el preu unitari espanyol de tarifa i N , el número d'unitats de servei.

Aquesta N , alhora, s'obté de la igualtat següent:

$$N = d \cdot p$$

sent d el coeficient distància i p el coeficient de pes.

$$d = \frac{\text{distància ortodròmica}}{100}$$

$$p = \left(\frac{MTOW}{50} \right)^{0,5}$$

El preu unitari espanyol de tarifa és de 84,14€ a la península i de 68,30€ a les Illes Canàries.

- Navegació en aproximació

Aquesta tarifa que cobraran els aeroports ve retribuïda dels serveis de navegació aèria prestats per a la seguretat i fluïdesa dels seus moviments en aquesta fase de vol.

La tarifa d'aproximació és d'aplicació en tots els aeroports i bases aèries obertes al tràfic civil. Es consideren les operacions d'aproximació i enlairament com un sol servei a efectes d'aquesta tarifa.

La fórmula en què es basa és la següent:

$$R = t \cdot P_n$$

sent: R , el preu total a pagar per operació; t , la tarifa unitària i P_n , les unitats de servei.

La tarifa unitària d'aproximació rau en 5,063942€ en aeroports de la primera categoria; 4,557547€ per als de la segona i 3,797957€ per als de tercera.

INGRESSOS AEROPORTUÀRIS en l'àmbit espanyol €

NAVEGACIÓ AÈRIA (NA)	
Ajudes a la navegació en ruta	879.274.000
Ajudes a la navegació en aproximació	203.942.000
Publicacions i altres serveis	4.703.000
Subtotal	1.087.919.000

Per finalitzar amb els ingressos que obté un aeroport i passar a les despeses o costos que li suposa mantenir uns treballadors o les despeses financeres que ofereixen, tancarem amb altres línies de negoci que també ofereixen uns beneficis considerables.

INGRESSOS AEROPORTUÀRIS en l'àmbit espanyol €

ALTRES LÍNIES DE NEGOCI (ALN)	
Logística aeroportuària	22.182.000
Desenvolupament internacional	5.312.000
Activitats de consultoria	162.807.000
Subtotal	190.301.000

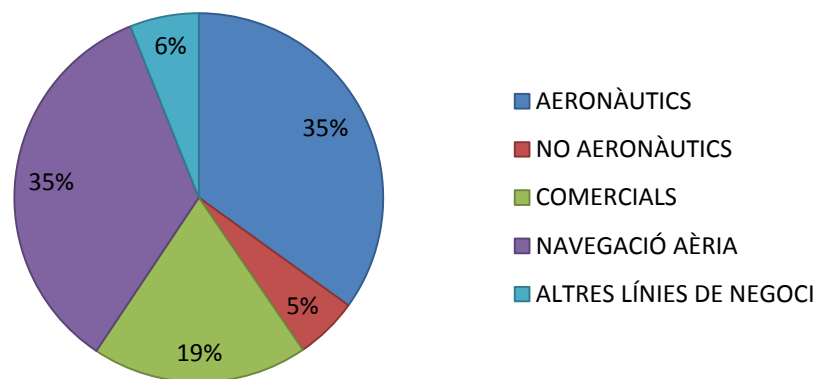
Si considerem tots els beneficis citats, el conjunt d'aeroports de l'Estat obté uns beneficis de:

$$\begin{aligned} IA + INA + IC + NA + OLN &= \\ &= 1.099.210.000 + 173.622.000 + 595.464.000 + 1.087.919.000 + 190.301.000 = \\ &= 3.146.516.000\text{€} \end{aligned}$$

D'aquesta manera, sense considerar pel moment els costos, amb el conjunt d'aeroports d'Espanya obtenim uns beneficis de 3.146.516.000€.

Per tal de veure quin dels conceptes de beneficis té més pes, realitzarem un gràfic que ens permeti veure-ho de manera visual.

INGRESSOS



En l'apartat de costos o despeses, per tal de fer fructífer el nostre treball, necessitem considerar almenys tres conceptes, els quals són els costos de personal, les despeses d'exploació o amortització i les despeses financeres.

Els altres dos conceptes que completen l'estudi econòmic general són els costos/beneficis variables (citats anteriorment en aquest mateix apartat) i el manteniment (expressat en l'apartat 8).

Per això ara ens endinsem dins del camp de les despeses i més concretament, dins del sector de personal.

Els costos de personal es poden desplegar en funció dels sous i salaris; indemnitzacions; la Seguretat Social dels treballadors, que rau a mans de l'empresa; les aportacions a compromisos laborals i altres despeses socials.

Així doncs, configurem la taula següent on es mostren les xifres gastades l'any 2007 en tot el conjunt espanyol per al sector de personal.

DESPESES EN PERSONAL	€
Sous i salaris	1.046.547.000
Indemnitzacions	318.000
Seguretat Social	133.424.000
Aportacions a compromisos laborals	13.742.000
Altres despeses socials	40.422.000
Total	1.234.453.000

Altres costos que presenta un aeroport són les despeses d'exploració. Aquestes no són més que cànonns que han de pagar els aeroports, reparacions de qualsevol tipus, la conservació d'elements i serveis dins de l'aeroport, el servei de vigilància i de seguretat, ...

A la següent taula ens podem fer a la idea de quina proporció adquireix cada concepte.

DESPESES D'EXPLORACIÓ	€
Arrendaments i cànonns	16.343.000
Reparacions i conservació	274.430.000
Serveis professionals independents	32.363.000
Primes de segurs	14.790.000
Publicitat i relacions públiques	18.744.000
Subministraments	88.787.000
Serveis de vigilància i seguretat	123.084.000
Taxa de seguretat	43.031.000

Altres serveis	183.118.000
Altres tributs	186.118.000
Altres despeses	57.065.000
Total	854.755.000

Per finalitzar l'estudi en l'àmbit espanyol d'entre tots els aeroports de l'estat, resta comentar les despeses financeres que té cada aeroport.

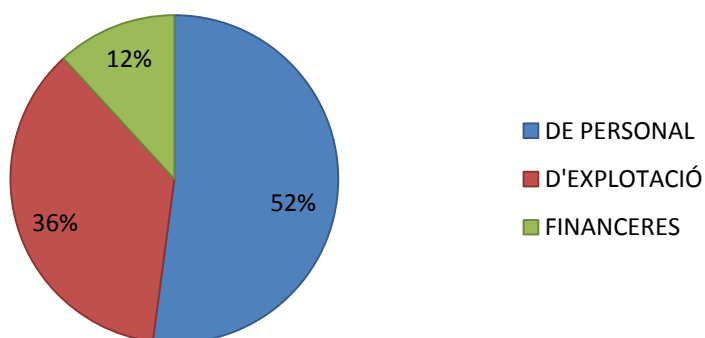
Per això, només ens fixarem en els costos financers negatius finals, encara que per donar les dades que es mostraran a continuació, s'haurien de valorar també les positives netes i els resultats extraordinaris.

DESPESES FINANCERES	€
Despeses financeres assimilats	279.283.000
Diferències negatives al canvi	802.000
Total	280.085.000

Aquests tres conceptes són doncs, sumats, la despesa total del conjunt d'aeroports i esdevé un valor de 2.369.293.000€. Les amortitzacions s'inclourien dins d'aquest apartat i varien en funció de la vida útil de l'aeroport, que sol ser d'entre 30 i 50 anys.

Si amb aquests costos realitzem també un gràfic que ens mostri els percentatges que ocupen cada concepte de despesa, n'obtidrem una consideració més clara i precisa.

DESPESES



Però aquestes dades encara no ens deixen obtenir cap resultat clau ja que el que necessitem ara és conèixer si els beneficis són majors a les despeses i per tant, obtenim una bona rendibilitat.

Per això:

$$\begin{aligned} \text{Benefici net} &= \text{Benefici} - \text{Despeses} = \\ &= 3.146.516.000 - 2.369.293.000 = 777.223\text{€} \end{aligned}$$

Aquests diners, tot i que semblin poc en relació als beneficis o despeses per separat, són només d'un any i per tant, en breu s'assoleixen quantitats elevadíssimes de beneficis nets.

Així doncs, vistos els beneficis nets que resulten d'un any en el conjunt d'aeroports de l'Estat, procedim a l'estudi concret de l'Aeroport del Prat de Llobregat, Barcelona amb l'Airbus A380 com a model d'avió.

Pel que fa a la taxa d'aterratge, com que l'aeroport de Barcelona està classificat a la primera categoria d'aeroports, juntament amb Madrid Barajas, Gran Canària, Palma de Mallorca, Tenerife Nord, etc. haurà d'abonar una taxa més elevada i a l'aterrar amb l'Airbus A380 que supera les 100 tones de pes (560 tones exactament), haurà d'abonar 6,9262€ per tona mètrica. Això suposa un cost per aterratge de:

$$6,9262 \frac{\text{€}}{Tm} \cdot 560 Tm = 3.878,672\text{€}$$

En addició a aquesta taxa, aeroports com Barcelona, Madrid Barajas, Málaga, Palma de Mallorca,... haurien de pagar un percentatge més de taxa segons la franja horària en la qual es produeixi l'aterratge. Aquest increment, però, depèn directament de la nau que s'empri i en el nostre cas, no hi hauria augment ja que l'Airbus A380 està considerat en la 4a categoria i té un increment del 0%.

La següent taxa, no és menys que la taxa de seguretat, que s'aplica segons el nombre de passatgers que realitzen el vol. Aquesta taxa, realitzant la sortida des de l'Aeroport de Barcelona, inclòs dins la península, obtindria un cost de 1,57€/passatger.

Considerant que l'Airbus A380 té una capacitat de 525 passatgers però que no va ple en la seva màxima capacitat (90%), resulta un transport per vol de:

$$90\% \text{ de } 525 \text{ passatgers} = \frac{525 \cdot 90}{100} = 472,5 \text{ passatgers}$$

Si procurem prendre nombres enters de passatgers, obtenim un resultat de 473 passatgers.

Així doncs, aplicant la taxa de seguretat, la companyia té una despesa de :

$$473 \text{ passatgers} \cdot \frac{1,57\text{€}}{\text{passatger}} = 742,61 \text{ €}$$

Seguim amb la tarifa d'estacionament d'aeronaus, que com es pot veure més amunt, es tracta del cost degut a l'estacionament de naus en zones especials amb aquesta funció.

Prenent l'Aeroport de Barcelona i l'Airbus A380 ens suposa una despesa de:

$$0,830771 \frac{\text{€}}{\text{Tona mètrica}} \cdot 560 \text{ Tm} = 465,23\text{€}$$

Per poder veure que també existeixen tarifes no només per a serveis de pista sinó també en l'aeroport i en l'energia de les naus, oferim la següent tarifa de sistema d'energia. Aquest consisteix en proporcionar 400Hz a les naus per les instal·lacions i equips d'aquesta.

Si l'Airbus A380, amb un pes de 560 tones, ha de rebre aquest subministrament, la companyia haurà d'abonar 40,76€ per la primera hora que hi estigui connectat i després, per cada quart d'hora, 10,19€.

Només amb aquestes taxes considerades, n'existeixen 28 de diferents, l'import que hauria de pagar la companyia aèria que operés un aterratge a Barcelona amb un Airbus A380, rebent 1 hora d'energia elèctrica seria de:

$$\begin{aligned} & \text{Taxa d'aterratge} + \text{taxa de seguretat} + \text{taxa d'estacionament d'aeronaus} \\ & \quad + \text{taxa de subministrament d'electricitat} = \\ & = 3.878,672 + 742,61 + 465,23 + 40,76 = 5.127,272\text{€} \end{aligned}$$

D'aquesta manera ens podem fer a la idea dels diners que suposa realitzar operacions aeroportuàries a Barcelona, però també a la resta d'Espanya i inclús a la resta del món. Tot i així, cal considerar que aquests diners no només es queden només dins dels paràmetres aeronàutics d'operacions sinó que a base d'adquirir un capital, es poden anar modificant aspectes dels aeroports i de les naus per fer-les més rendibles.

Igualment, és molt important reflexionar i pensar que un aeroport és més que una infraestructura on arriben i marxen naus cada dia, ja que és un centre capacitat per oferir milers de llocs de treball a persones del seu entorn i també d'altres països que els interessa operar en un país estranger. A més, un aeroport, necessita que estigui molt ben comunicat amb la resta de territori, ja siguin ciutats, ports o senzillament pobles de les seves rodalies. Perquè què seria un Aeroport del Prat si només per accedir-hi haguéssim d'efectuar operacions complicadíssimes amb el cotxe? Necessitem accessos directes per tal d'afavorir aquest mitjà de transport i precisament, els aeroports ens ajuden, a més, a afavorir-ne d'altres. Estic parlant de les autovies, autopistes, que ens ofereixen via a l'aeroport però que a més, ens permeten efectuar trajectes amb automòbil més còmodament. I si a més el nostre aeroport està situat en una posició favorable pel que fa a la seva situació geogràfica, rebrà més companyies aèries com a clients, generarà més beneficis i es desenvoluparà més ràpidament que una altre situat en una posició no estratègica sense flux d'intercanvi aeri.

En addició, moltes vegades es considera els aeroports com una infraestructura que ocupa moltes extensions de terrenys i que devasten flora, però si s'adeqüen al territori, com en el cas d'Alguaire, mitjançant els colors de la façana, la flora s'adaptarà als marges de l'aeroport i una nova entitat o servei econòmic s'haurà instal·lat a la zona.

Amb tot això vull arribar a la conclusió de que un aeroport és més que ell mateix. Necessita obrir-se, necessita eixamplar-se, però no només físicament obrint noves terminals i proporcionant més pistes, sinó guanyar obertura a la resta del món que un dia o altre aterrarà en aquell indret i podrà descobrir una nova part de planeta gràcies a aquestes instal·lacions.

Per això, després d'haver explicat el funcionament d'aquestes màquines voladores fabuloses, la seva propulsió tant especial i els materials que les formen, qui ens pilota quan efectuem un vol i la sèrie de controls i manteniments que aquestes requereixen, només em queda respondre una última pregunta que volta per la meva ment. Seríem capaços de renunciar a volar? Podríem seguir progressant tant en el camp de les telecomunicacions com simplement, els futbolistes, viatjar en tren o vaixell per tots els continents? Crec que no i per això encara m'apassiona més aquest món perquè qui sap, potser és el mitjà de transport que prevaldrà pels segles dels segles i a base de millores tecnològiques, enlloc de desplaçar-nos en cotxe d'hidrogen, volarem amb una nau capaç de mantenir-se a una certa altura consumint aigua directament. Ens és impossible saber-ho, però per imaginació, que no quedi. Per tot això, m'acompanyeu i disfrutem del pròxim vol? Ens enlairem?

RESULTATS I DISCUSSIÓ

En aquest apartat titulat "Resultats i discussió" el que pretendrem és donar una idea sintetitzada de tots els aspectes tractats al cos del treball. Per això, ens centrarem sobretot en els aspectes pràctics, però, en cas que un apartat tingui una base teòrica, n'obtidrem igualment resultats, encara que desenvolupats de diferent manera. Així doncs, cada punt representarà un apartat del treball i farà referència al contingut expressat en cada apartat, sense un desglossament general dels conceptes tractats. La finalitat d'aquest apartat rau en plasmar els punts clau del treball de manera que les posteriors conclusions, derivin d'aquests resultat.

Dit això, procedim a l'observació dels resultats obtinguts.

1.- Si iniciem l'anàlisi des del primer punt del cos del treball, "Història de l'aviació", de seguida hem de destacar les dades essencials que se'ns presenten. És important reflexionar sobre el que les dates de fites aeronàutiques ens mostren. Per començar, a la prehistòria, els humans ja observaven els ocells intentant comprendre el motiu pel qual ells podien volar i, en canvi, els humans, restaven de peus a terra. El salt temporal que obtenim després i que ens situa a l'any 400 aC, quan Àrquitas de Tarento construeix un primer model d'artefacte volador de fusta, ens ofereix una idea de com evolucionava tot en aquell moment, de manera lenta i pausada. Precisament, encara haurà de passar més d'un mil·leni per que un esdeveniment tingui lloc. L'any 852 dC, Abbàs IBn Frirnás es llença des del minaret de la Mesquita de Còrdova, constituint així el precursor del paracaigudes. Fins l'any 1496, no tornem a tenir constància de noves invencions en el camp de l'aeronàutica, però no ens hem d'estranyar si considerem que en aquella època, encara no s'havia produït la Revolució Industrial, i tots els processos eren molt lents. Així doncs, des de Leonardo da Vinci amb el primer model de màquina voladora capacitada per volar (1496) fins que intervindran els famosos Germans Wright (1903) amb el primer vol, passaran més de 400 anys. Arribats a aquest punt, topem amb la controvèrsia, moltes vegades omesa, de qui va ser el primer a volar, els Germans Wright o Albertos Santos Dumont, qui va ser capaç d'enlairar-se sense disposar de rails i catapultes, a diferència dels Germans

Wright? Bé, aquesta és una qüestió històrica que nosaltres només puntualitzem sense aprofundir en l'historicisme i documents de l'època.

Però és important veure com els motors de reacció, els quals tenim tan familiaritzats avui en dia, no van aparèixer fins l'any 1940 i que, per tant, el món aeronàutic i de portes obertes al món, no es va poder desenvolupar fins fa relativament molt poc, sobretot si ho comparem amb la història que els precedeix. Per això, precisament a partir de l'any 1990, quan tot aquest sector ja començava a desenvolupar-se rapidíssimament, va ser quan es van crear nous sistemes de vol, construccions amb diferents materials, etc. Per això, avui en dia, any 2009, estant capacitats per efectuar vols intercontinentals, hauríem de conèixer els nostres avenços anteriors per poder comprendre al màxim les facilitats de mobilitat que se'ns presenten actualment.

2.- Observant les informacions més significatives de l'apartat "Tipus de naus", hem pogut recollir dades importants per tal de situar l'avió entre els aparells voladors més comuns. D'aquesta manera, i seguint el mateix ordre que l'exposat en el cos del treball, iniciem la dissertació de resultats.

L'helicòpter, dotada de gran capacitat de maniobra, és l'encarregada, gràcies a les seves habilitats, d'oferir rescats, accions d'emergència, etc. Si ni Juan de la Cierva ni Leonardo da Vinci no haguessin optat per dissenyar un aparell volador com aquest, segurament no disposaríem d'una nau tan essencial en molts aspectes.

Pel que fa al coet, hem de destacar que la seva combustió, diferent de la resta de naus propulsades que consumeixen aire, es produeix dins del motor, per la qual cosa és capaç d'operar a l'espai exterior. El seu funcionament, es basa en el principi d'acció-reacció de Newton, i és capaç d'assolir els 28.000 km/h si pretén situar-se en òbita o els 40.000 km/h si s'ha de dirigir a un planeta exterior. Per assolir això, cal recórrer als coets multiseccions. Finalment, hem descobert que la funció dels coets, a part de transportar persones per un estudi de l'espai, és accelerar i modificar les òrbites de satèl·lits que envolten la Terra. L'avió, en constituir el centre del treball, serà analitzat en profunditat en els posteriors apartats, però com a tal, cal recordar que es pot establir una diferenciació molt clara dins de tots els avions, com els avions civils i els avions

militars. A més, si ens fixem en els motors, obtenim motors de pistons i motors de reacció, més comunament coneguts com avionetes i avions. El funcionament de l'avió es basa en la força aerodinàmica que actua sobre les ales, fet que provoca una diferència de pressions. Com ja he comentat, els resultats obtinguts sobre aquesta nau es desenvoluparan en els següents punts.

Si parlem d'una nau basada en el principi de fluids d'Arquímedes, ens podem estar referint a dos tipus de naus aeronàutiques: el globus aerostàtic i el dirigible. La diferència però, rau, principalment, en que el globus es deixa endur per l'aire, mitjançant un escalfament d'aquest, mentre que el dirigible duu uns dipòsits plens de gas, actualment heli degut a diversos accidents al llarg de la història, que en provoquen la sustentació. Mentre que el globus no pot ésser controlat, sinó que fluctua pels diferents corrents d'aire, el dirigible disposa d'hèlix i d'un timó per dirigir la nau, fet que li proporciona una capacitat de maniobra que no tenen els globus aerostàtics.

3.- Dins l'apartat "Física aeronàutica de l'avió", part indiscutiblement més pràctica que els dos punts anteriors, hem pogut comprovar molts dels conceptes i explicacions que s'expliquen en aquest. D'aquesta manera, per conèixer com l'avió és capaç de volar, el primer que hem verificat és la necessitat de la presència d'aire. Quan trèiem la mà per la finestreta del cotxe, circulant aquest a diferents velocitats, era per comprovar si, efectivament, existia aire al nostre voltant i si aquest, interferia en un grau important a mesura que augmentava la velocitat. Un cop, doncs, sabem que perquè un avió voli necessita aire, vegem les forces que hi actuen: la sustentació, contrarestada pel pes i l'impuls, oposat per la resistència. Aquestes quatre forces són les que permeten, o dificulten com en el cas de les segones, el vol d'una nau aeronàutica.

Precisament, quan vam realitzar l'experiment de llençar un mateix full de paper a terra des d'una certa altura (un arrugat i l'altre llis), era per comprovar si, en efecte, es produïa una força denominada sustentació. Al mateix temps, però, érem observadors d'una altra força que intervenia simultàniament, el pes, ja que els dos fulls arribaven a terra, en major o menor velocitat, però tots dos

estaven sotmesos a una força gravitatòria. O un símil, quan tiràvem una pedra enlaire i queia, aquesta també estava, òbviament, sotmesa a la força del pes.

Per comprovar l'existència de la força impuls, vam unflar un globus i, alliberant la part de la "boquilla", vam poder observar com el globus avançava en sentit oposat a l'expulsió de l'aire del seu interior. Per tant, només ens quedava comprovar la resistència, la qual està molt present en la nostra vida quotidiana, pel simple fet que quan fa vent o disposem d'una paret (cos no aerodinàmic), l'aire xoca contra ells oferint una força contrària al moviment o la força que aquell cos genera.

En descriure els dos principis que fonamenten el vol d'un avió, Principi de Sustentació i Principi d'Impuls, se'ns va ocórrer de provar tot allò que explicava les seves respectives teories. He d'avançar que, efectivament, totes es van complir i les vam poder comprendre en major grau.

Per això, crec convenient comentar en què consisteixen, ni que sigui breument, cadascun dels dos principis esmentats.

El Principi de Sustentació explica com l'aeronau és capaç d'exercir una força tot venent la de la gravetat. L'element que ho fa possible, són les ales dels avions, però tot i així cal considerar uns factors de vol perquè aquest principi es pugui desenvolupar correctament. D'aquest Principi, n'extraïem dos Teories, la Teoria de Bernoulli i la Teoria de Newton. La primera afirma, tal i com nosaltres hem comprovat, que la suma de la pressió estàtica i dinàmica és sempre constant i igual en qualsevol altre punt del fluid considerat.

La Teoria de Newton, en canvi, basa la sustentació en la Llei d'acció i reacció. Aquesta teoria, la vàrem experimentar anant en cotxe i comprovant la afirmació. Es compleix que quan nosaltres situàvem la mà tapant l'aire inferior a nosaltres, aquesta se'ns movia en una direcció ascendent. En canvi, quan la situàvem en direcció ascendent, l'aire ens la redirigia cap una posició descendent.

Pel que fa al segon principi, el Principi d'impuls, consisteix en avançar dins l'aire tot venent la resistència generada per la mateixa en la seva interacció amb l'atmosfera. Aquesta força d'impuls, prové dels motors de l'avió, que gràcies a la seva combustió i a les seves dimensions (el seu diàmetre és més gran que tota jo, com es pot veure a la portada del treball). Tot i així, intervenen

com a elements que poden fer variar el Principi d'impuls, l'angle d'atac i la curvatura de l'ala.

4.- Si exposem els resultats que hem obtingut en la recerca de la "Propulsió dels avions", trobem que els avions poden ésser propulsats per diferents tipus de motors en funció del pes i mida de l'avió, així com la velocitat que pretén aconseguir durant el vol. Pot dur des d'un fins a sis motors.

Existeixen dos sistemes de tracció, els motors d'èmbol o pistó i els motors de reacció. La diferència existent entre uns i altres rau en el fet que els motors d'èmbol estan proveïts de cilindres on l'energia mou els pistons que treballen dins o estan constituïts per motors rotatius mentre que els motors a reacció, es basen en el principi d'acció i reacció de Newton. Els gasos d'aquest tipus de motors són expulsats per la part posterior del motor i generen més potència que els anteriorment descrits. Dins dels motors a reacció, trobem quatre tipus de motors: motor turbopropulsor, turboventilador, turboreactor i ramjet.

El sistema de combustible de l'avió, que després l'injectarà al motor, està constituït per dipòsits, selector de dipòsits i bombes. Aquest combustible, ha de tenir la característica de cremar molt ràpidament creant alhora, una gran quantitat de calor, per tal d'alliberar més energia.

El combustible emprat en els motors de pistons sol ser l'aeronafta, mentre que en un motor a reacció, se sol utilitzar diferents variants de querosè.

Per definir una resposta al tema referent a la seguretat dels motors, he de desmentir la suposada hipòtesi que un avió quadrimotor és més segur que un bimotor. Ambdós són igual segurs. Per això, els avions bimotors realitzen les proves ETOPS, segons les quals les companyies tenen assignats un temps màxim de vol per aterrar a qualsevol aeroport en cas de l'aturada d'un motor. Cal destacar, a més, que el manteniment d'un avió, com es comunicarà més endavant, està molt controlat.

Finalment, en aquest apartat, hem pogut raonar els resultats obtinguts en l'estudi econòmic d'un motor. Aquest, ens rebel·la les diferències en xifres d'un motor de pistons i un a reacció, mostrant una diferència considerable entre l'energia que produeix un i l'altre, els quilograms consumits de combustible, el rendiment del motor, la despesa que un vol de les mateixes hores suposen,...

La conclusió que n'hem extret és que encara que el cost final d'un trajecte de tres hores sigui més elevat en un avió amb motors a reacció, si el dividim entre el nombre de passatgers, el cost final per passatger és gairebé quatre vegades inferior al cost del vol de la mateixa durada amb un motor d'èmbol o pistó.

5.- En el cinquè punt de resultats, constatarem aquells que hem obtingut de manera fructífera en la nostra recerca. En l'apartat "Materials i construcció dels avions", podem destacar que ja s'han dissenyat avions amb materials de nova creació que permeten reduir la fatiga d'aquests. També remarcuem les diferents parts de la construcció de les naus, obtenint així el fuselatge, les ales, les superfícies de comandament i control, el sistema estabilitzador, el tren d'aterratge, els motors i el material elèctric i electrònic. Ara emfatitzarem en aquestes parts tot consolidant els resultats obtinguts.

Pel que fa al fuselatge, cos principal de l'estructura d'un avió, actualment es construeixen en forma de monocasc, és a dir, que consta d'una unió entre estructura i recobriment que permet la posterior pressurització.

Les esvelteses, tal com s'han comprovat amb exemples reals d'avions, se situen entre 8 i 12 i el fuselatge, sol estar confeccionat mitjançant alumini i aliatges d'aquest, fibra de vidre en els elements de comunicació exteriors de la nau i fibra de carboni.

És molt important considerar les dimensions d'amplitud i de llargada del fuselatge, ja que sobretot en el cas de la llargada, si no es respecten les mesures mínimes, sorgeixen problemes com la coneguda "síndrome de la classe turista".

A la part exterior de la nau, situem, en primer lloc, les ales. Són les responsables de l'origen de les forces que permetran el vol. Requereixen una perfecta construcció dels seus elements: vora d'atac, vora de sortida, intradós, extradós, gruix, corda, envergadura, allargament (comprovat amb l'Airbus A380), fletxa, díedre i forma.

El centre aerodinàmic d'una ala és el punt on s'aplicarà la sustentació i variarà en funció d'uns paràmetres des de la vora d'atac.

La seva construcció, sol dependre de les dimensions de l'avió en qüestió. Si es tracta d'un avió gran, la seva estructura estarà formada per una carcassa de

llarguers i costelles amb planxes metàl·liques unides amb rebladures; però si és un avió petit, la coberta serà de lona, contraxapat o fibra de vidre impregnada de resina.

Les superfícies de comandament i control, també situades a la part exterior de la nau, són les responsables de provocar el moviment sobre qualsevol dels seus eixos. Existeixen cinc tipus de superfícies. Les primeres a comentar, són els flaps, els quals proporcionen més sustentació a la nau, ja que augmenten la superfície sustentadora de l'ala. Els slats, tenen la mateixa funció que els flaps, però a diferència dels anteriors, se situen a la vora d'atac.

Unes altres superfícies de comandament i control són els alerons, encarregats de crear una descompensació aerodinàmica de les ales mitjançant un desplaçament de l'avió sobre el seu eix longitudinal. Finalment, els spoilers redueixen la sustentació generada per l'ala i els slots, s'encarreguen de reduir les turbulències que provoquen els remolins que es generen sobre la superfície alar.

El següent sistema que trobem és l'estabilitzador. Hem comprès que n'existeixen dos de diferents, el vertical i l'horitzontal, i tots dos contribueixen en la estabilitat de l'avió. L'horitzontal, recolza l'enlairament i l'aterratge i és el responsable del capcineig de l'avió. El vertical, en canvi, és el responsable de la picada.

El tren d'aterratge, indispensable en un avió, amorteix l'impacte en l'aterratge i permet del moviment de l'avió un cop ha tocat a terra. Durant la visita a l'Aeroport del Prat, vaig poder veure amb total claredat com funcionava, a més de les diferents parts del tren, com l'amortidor principal activat mitjançant energia hidràulica i els frens hidràulics, que transformen la velocitat en calor.

Pel que fa als motors, i tancant en certa manera el tema anterior, queda deixar constància de que és el comprador de l'aeronau qui decideix quin motor desitja per aquella nau. D'aquesta forma, pot escollir entre motors Rolls-Royce, Pratt & Whitney i General Electric. Tots aquests compradors el que busquen en el seu motor és la màxima eficiència possible, generant així el màxim impuls amb el mínim consum de combustible. En l'anàlisi d'un motor Rolls-Royce, podem observar com absorbeix 1,2 tones d'aire per segon, una xifra bastant equiparada amb altres fabricants de motors.

Però és necessari també parar atenció en les turbines, les quals requereixen electricitat per poder iniciar la seva arrencada. Aquesta energia elèctrica l'obtenen de bateries del propi avió o de grans generadors de corrent (GPU i APU). Tindran més eficiència en funció del diàmetre del fan, la relació de compressió i la temperatura a la càmera de combustió.

L'exemple del motor Rolls-Royce, ens duu al concepte de materials superplàstics, ja que són precisament aquests materials els que estan destinats al recobriment de turbines i avions, tot augmentant la resistència a temperatures elevades, la duresa del material i reduint el seu desgast.

Pel que fa al material elèctric i electrònic, hem de considerar que tots els components elèctrics, requereixen energia elèctrica. Els avions, disposen d'un interruptor principal o master que controla tot el sistema elèctric de la nau, excepte el d'encesa de motors. A més, conté la barra de corrent, que distribueix el corrent a tots els circuits de l'avió i simplifica el cablejat. Tots els fusibles i interruptors de circuits estan connectats a aquesta barra.

En els circuits proposats en el treball, hem pogut veure la complexitat i la enorme quantitat que n'existeixen, encara que només n'haguem citat una petita part. De fet, durant la visita a l'aeroport del Prat de Llobregat, vaig tenir la fantàstica oportunitat de poder-me endinsar en una saleta situada a l'inferior de l'avió i apreciar la quantitat de quilòmetres de cables existents que comunicaven amb cada element del "cockpit", la cabina de l'avió.

Pel que fa als components electrònics, els hem de considerar per tal d'ajudar al pilot a situar-se i garantir una major seguretat a la nau. Precisament, aquesta experiència a la saleta, em va suposar fer-me a la idea de tot l'exposat en aquesta secció, ja que el tècnic de manteniment que m'acompanyava, m'ho explicava fil per randa. Cada component electrònic de la nau, estava connectat a dos o tres microprocessadors que el controlaven. Eren doncs, dos o tres, per tal de garantir una millor eficiència i seguretat.

Existeixen una gran quantitat de components electrònics, però si ens limitem a les resultes de la nostra recerca, disposem d'equips com el VOR, l'ADF, el DME, etc. A continuació, veiem què n'hem extret.

Per efectuar l'enlairament de la nau és necessari omplir el pla de vol i proporcionar unes xifres de control de la nau en ràdar.

Durant el vol, el VOR ens permet transmetre informació en VHF segons les diferències de fases que hem pogut comprovar en la fotografia del treball.

L'ADF, ens proporciona una mostra angular entre l'estació que emet i l'avió.

El DME; molt important en un vol, proporciona al pilot, la distància que existeix entre l'avió i l'estació de terra sintonitzada, a més d'indicar-li la velocitat respecte el terra, no des de l'aire.

A diferència dels equips citats anteriorment, n'existeix un, el GPS, que està basat en 24 satèl·lits. Només resta citar el pilot automàtic, que controla els comandaments d'altura, alabeig, direcció i compensador de profunditat. Està format per un ordinador i tres servosistemes.

Finalment, durant l'aterratge, es desenvolupen l'ILS, el qual forma part del VOR i li comunica al pilot com ha d'aproximar l'avió a la pista en funció d'una altura i desviació correcta, i la Radiobalisa, també associada al VOR, que comunica l'altitud mitjançant tres làmpades i tons audibles.

6.- En l'apartat "Pilotatge de l'avió" hem reconegut la titulació necessària per arribar a ser pilot d'un avió. Així doncs, actualment és necessari tenir com a mínim 18 anys amb títol de batxillerat o similar i haver superat el reconeixement mèdic del CIMA de l'Exèrcit de l'Aire a Madrid. Després, hauran d'efectuar classes teòriques i pràctiques (amb un mínim de 200 hores de vol) i uns exàmens finals per obtenir la llicència. D'aquesta manera, per esdevenir pilot íntegre, s'hauran d'haver assistit a cursos de pilot privat i comercial.

La tripulació que viatja en un avió consta dels tripulants tècnics i la cabina de passatgers o tripulació auxiliar, hostesses de vol. El nombre de tripulació auxiliar varia en funció del Certificat Tipus, però sol dependre del nombre de portes de la nau, per si s'hagués d'efectuar alguna emergència, que totes les portes poguessin estar cobertes amb algun tripulant auxiliar.

La tripulació tècnica, doncs, està formada pel comandant; el pilot (classificat en Pilot Flying o Pilot Not Flying) i el copilot. El pilot a més, segons la llicència que tingui, disposarà d'unes funcions o altres. Distingim tres tipus de pilots: els pilots amb possessió de la Llicència de Pilot Privat (PPL), la Llicència de Pilot Comercial (CPL) i el Pilot de Transport de Línia Aèria (ATPL).

7.- Del setè apartat, hem de destacar com a resultats finals, que res s'improvisa en un avió, és a dir, que tot està escrit i preparat. De fet, abans de pujar en un avió, es recull tota la documentació. Durant la visita al Prat amb el tècnic de manteniment, vaig poder ser testimoni i tenir a les meves mans un dels informes on es podia llegir tota la informació necessària d'aquell model d'avió en concret.

Per fer efectiu el control de l'aeronau i millorar en la seva seguretat, el pilot, abans d'enlairar-se, inspecciona visualment la part exterior de la nau, com bé ens va afirmar el pilot Simó. Si es donés el cas de que es detecta una anomalia a la nau mentre aquesta encara es troba a l'aeroport, s'intentarà canviar d'avió provocant però, les mínimes molèsties als passatgers, però si es produeixen durant un vol, es comunicarà amb la Torre de Control, com bé ens va explicar el senyor Pérez del Centre de Control de Barcelona.

L'encarregada de verificar que tota l'operació del manteniment sigui realitzada correctament és Aviació Civil, supervisada per AESA, que promou els màxims nivells comuns de seguretat i protecció del medi ambient a tota Europa. A més, cada companyia, disposa d'una Llei de Seguretat Aèria, i disposen del MEL, que són les condicions mínimes per poder-se enlairar. D'aquesta manera veiem la quantitat de controls que han de superar les naus abans d'enlairar-se.

Tanmateix, si es produís un accident, encara que gairebé mai es generin per un motiu aïllat, el pilot seria qui, juntament amb el Centre de Control, hauria de dominar la situació d'emergència.

Cal desmentir, gràcies a l'explicació de l'experiment de la Gàbia de Faraday, que un llamp pugui fer caure un avió del cel. Mirant vídeos es veu perfectament com l'avió actua com la gàbia, deixant circular l'electricitat pel fuselatge sense afectar el seu interior. Tot i així, si l'avió es queda sense subministrament d'energia, encara es pot alimentar de les bateries.

Per últim, totes les actuacions i processos duts a terme durant un vol queden registrats a la caixa negra (que de fet és de color taronja).

8.- Si prenen l'exemple d'Iberia, podem fer-nos a la idea del contingut que suposa el "Manteniment i costos d'una aeronau". Aquest manteniment, ve delimitat per una estricta planificació que es desenvolupa en funció de la utilitat

i les hores de vol de l'avió. En primer lloc, distingim entre un manteniment programat i un no programat, el qual només s'efectua quan ha sorgit una avaria en un punt i moment determinat. El programat, en canvi, manté l'aeronavegabilitat dels avions i restaura el nivell específic de fiabilitat.

El manteniment programat, es divideix en tres tipus de manteniments: el Manteniment de Línia, dividit en revisió de Trànsit, Diària i Revisió S (cada 100 hores de vol); el Manteniment Menor, amb quatre inspeccions diferents: Inspecció R, de rutina, on es revisen elements específics; Inspecció A, cada 600 hores de vol; Inspecció B, sistemes manteniment de components i estructures més intenses; i Inspecció C, més completa i extensa, cada 18 mesos aproximadament. Finalment, s'efectua el Manteniment Major o "Gran Parada", cada 5 anys o 30.000 hores de vol.

Els costos que deriven del nostre estudi són d'aproximadament uns 4 milions d'euros on uns 600.000€ es destinen exclusivament a l'adquisició de peces de recanvi.

9.- Finalment, de l'estudi realitzat en l'últim apartat "Viabilitat econòmica d'un aeroport", hem de dir que hem obtingut uns resultats molt interessants. En primer lloc, però, abans de procedir a l'esmenta dels resultats en si, tal i com em va puntualitzar la Sra. M^a Rosa Piñol, és molt important i necessari per al posterior anàlisi de dades i xifres referents a la viabilitat econòmica d'un aeroport tenir clar els conceptes següents:

Un aeroport és una infraestructura del transport aeri, on comença i acaba aquest moviment aeri i que els clients, són les diferents companyies aèries.

Per analitzar els resultats del nostre estudi, és convenient també, puntualitzar en l'existència de dues classes de gestió aeroportuària. Per una banda, trobem la gestió pública, on un govern gestiona tots els aeroports del país, com en l'exclusiu cas mundial d'Espanya, mentre que a la resta del món, les gestions són de caire privat.

Una vegada hem destacat aquests dos paràmetres, seguim en l'anàlisi dels resultats pròpiament de l'estudi.

En base als conceptes aeronàutics (aterratges, estacionaments, utilització d'infraestructures, passarel·les telescòpiques, manipulació de mercaderies i

taxa de seguretat), hem obtingut una representació, en el conjunt d'ingressos, del 35%.

En quant als ingressos no aeronàutics (serveis de menjar a bord, lloguer de locals, terrenys i mostradors, mostradors de facturació, serveis a concessionaris, autorització de pas a zones restringides, utilització de sales i zones no determinades i handling de rampa), la representació en el conjunt és del 5%.

Pel que fa als ingressos comercials com el carburant el lloguer de locals i terrenys, explotacions comercials, bars i restaurants, cotxes de lloguer, aparcaments de vehicles, publicitat i serveis a concessionaris, aquests han obtingut un resultat en el conjunt global d'ingressos del 19 %.

Però els pesos més importants dels beneficis aeroportuaris del conjunt d'aeroports espanyols, provenen bàsicament de la navegació en ruta, la navegació en aproximació i les publicacions i altres serveis, amb un pes del 35%, com tots els beneficis aeronàutics.

Altres línies de negoci, com la logística aeroportuària, el desenvolupament internacional i les activitats de consultoria han representat un 6% en els beneficis aeroportuaris del conjunt d'aeroports gestionats per AENA.

Però a part d'aquests beneficis, també hem de considerar unes despeses, basades principalment, en base a tres conceptes diferents, com són els costos de personal (amb un pes del 52%), les despeses d'explotació o amortització (amb un 36%) i les despeses financeres (en menor proporció 12%).

Però aquestes dades no ens serien d'utilitat si no establíssim una comparativa entre els beneficis adquirits i les despeses. Per això, l'estudi ens mostra que, efectivament, el conjunt d'aeroports de l'Estat, ha obtingut l'any 2007 més beneficis que despeses i per tant, ha rendibilitzat les operacions econòmiques.

Per altra banda, en el cas particular de l'Aeroport del Prat de Llobregat a Barcelona, amb una nau considerada com l'Airbus A380, hem obtingut els resultats següents:

La suma de les despeses econòmiques de les companyies aèries que operen en aquest aeroport amb aquesta nau, considerant tan sols quatre de les 28 possibles taxes, ha esdevingut d'uns aproximadament 5.000 euros en concepte

de taxa d'aterratge, taxa de seguretat, tarifa d'estacionament d'aeronaus i tarifa de sistema d'energia.

Per això, amb aquest resultat, ens podem fer a la idea del cost que suposa a les companyies aèries realitzar operacions aeroportuàries totalment necessàries si volen efectuar vols. Tanmateix, hem de pensar que reben diners dels passatgers que es mouen amb elles i que per tant, elles mateixes han de trobar la màxima rendibilitat dels seus serveis.

CONCLUSIONS

El Treball de Recerca "Projecte aeronàutic integral" ha desenvolupat un tema centrat en l'avió, tot ajustant-lo en el seu context històric, diferenciant-lo d'altres tipus de naus i considerant-lo com a element indispensable en un aeroport i la seva gestió.

Per aquest motiu, les conclusions que extraurem de tot el treball, no contestaran una sola hipòtesi, sinó que esdevindran respostes derivades d'una única pregunta que circulava per la meva ment, tal com vaig indicar a la presentació del treball. Així doncs, què involucra un avió dins del seu camp, potser seria la forma més adient de sintetitzar el centre del treball.

D'aquesta manera, enunciem les conclusions obtingudes:

- La història de l'aviació pren com a punt de partida la prehistòria.
- El desenvolupament d'una nau tan important avui en dia, va esdevenir lent i pausat fins l'any 1903.
- Encara no es coneix amb exactitud si el primer vol s'hauria de considerar el dels Germans Wright o el d'Alberto Santos Dumont.
- A partir del motor a reacció (voltant de 1940), la indústria aeronàutica va desenvolupar-se plenament.
- L'helicòpter permet obtenir una capacitat de maniobra més gran que un avió.
- El coet, a diferència de l'avió, pot operar a l'espai exterior.
- Tant el globus aerostàtic com el dirigible funcionen gràcies al Principi d'Arquímedes.
- És necessària la presència d'aire per tal que un avió voli.
- Les forces que actuen en un avió durant un vol són la sustentació, el pes, l'impuls i la resistència.
- L'avió vola gràcies al Principi de Sustentació i al Principi d'impuls.
- El Principi de Sustentació es basa en la Teoria de Bernoulli o en la de Newton.
- Els avions poden ésser propulsats per motors d'èmbol o pistó o per motors a reacció.
- Existeixen quatre tipus de motor a reacció: turbopropulsor, turboventilador, turboreactor i ramjet.

- El combustible utilitzat en un avió ha de tenir un gran poder calorífic per alliberar molta energia en la combustió.
- La seguretat en els motors no ve determinada en funció del nombre de motors que dugui.
- El cost per passatger d'una avioneta és aproximadament quatre vegades superior al vol de la mateixa durada d'un avió.
- Els materials de nova creació ja estan esdevenint implantats en els avions.
- És necessària l'estructura de monocasc del fuselatge per tal d'aconseguir una correcta pressurització.
- Cal respectar les dimensions de longitud de l'avió per no generar als passatgers l'anomenada "Síndrome de la classe turista".
- Les ales són les responsables de l'origen de les forces que permetran el vol de l'avió.
- Les superfícies de comandament i control són les responsables del moviment sobre qualsevol dels eixos de l'avió.
- El tren d'aterratge és l'element indispensable per efectuar un aterratge en terra.
- Els compradors d'un avió, a part de determinar la marca dels motors, busquen la màxima eficiència possible, aconseguida generant un impuls màxim amb un consum de combustible mínim.
- Un avió està dotat de milers de components elèctrics i electrònics amb quilòmetres de cablejat per tota la nau.
- Els sistemes de comunicació més utilitzats en una nau durant el vol són el VOR, ADF, DME, GPS, ILS i Radiobalisa.
- Per esdevenir pilot d'una companyia aèria, ha de tenir més de 18 anys, posseir títol de batxillerat o similar i el reconeixement mèdic del CIMA de l'Exèrcit de l'Aire i cursar classes teòriques i pràctiques.
- La tripulació està formada per tripulants tècnics i tripulació auxiliar.
- Res del que s'efectua en un avió s'improvisa.
- Aviació Civil, supervisada per AESA, verifica tota l'operació de manteniment.
- Un llamp no pot ser l'únic i exclusiu culpable de l'accident d'un avió.
- Totes les actuacions i processos duts a terme durant un vol queden registrats en l'anomenada caixa negra, que és de color taronja.

- El manteniment d'un avió ve delimitat en funció de la utilitat i les hores de vol de l'avió.
- Les naus passen tres manteniments essencials: Manteniment de Línia, Manteniment Menor i Manteniment Major o "Gran Parada".
- La gestió d'un aeroport pot ser de caire privat o públic.
- Per determinar la viabilitat econòmica d'un aeroport haurem de considerar per un costat els ingressos aeroportuaris i per l'altre, les despeses de l'aeroport en conceptes de personal, financers,... Però alhora, s'hauran de tenir en compte altres factors com són els medioambientals, el desenvolupament de les infraestructures, o el desenvolupament futur del territori en què s'ubica.
- Les companyies aèries han d'abonar a l'aeroport unes taxes regulades en conceptes aeronàutics necessaris per la efectuació d'un vol.

BIBLIOGRAFIA

LLIBRES

- CARMONA, A.I. (2007). *Aerodinàmica y actuaciones del avión*. 12ª. Thomson Paraninfo. ISBN 978-84-283-2888-3
- CROSBIE, D. (2008). *Héroes del aire*. Madrid: Bruño. ISBN 978-84-216-8149-8
- DE LA FUENTE, D.; PINO, R. (2000). *Teoría de líneas de espera: modelos de colas*. Universidad de Oviedo. ISBN 84-83172-48-8
- DE RUS, G.; CAMPOS, J.; NOMBELA, G. (2003). *Economía del transporte*. Antoni Bosch. ISBN 84-95348-08-X
- ERN, A. (2009). *Tot sobre els avions*. Elfos. ISBN
- GARCÍA, M. (2001). *Descubrir: Los pioneros de la aviación*. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea ISBN 84-96456-00-5
- GIANCOLI, D.; CAMPOS, V. (2006). *Física: principios con aplicaciones*. 6ª. Pearson Educación. ISBN 97-02606-95-0
- GRAHAM, I. (1996). *Aviones*. Folio. ISBN 84-7583-835-9
- GRAHAM, I. (2007). *Los Hermanos Wright y la ciencia de la Aviación*. Barcelona. Tayrona. ISBN 978-84-841-8303-7
- GRAN ENCICLOPEDIA LAROUSSE. Planeta.
- JEFFENIS, D. (1994). *Los aviones a través del tiempo*. Madrid: ANAYA (2). ISBN 978-84-207-5638-7
- JOHNSTONE, M. (1995). *Descubre todos los secretos de un avión*. Ediciones B. Grupo Z. ISBN 978-84-406-5236-2
- LÓPEZ, D. (1995). *Volar*. Madrid. Debate. ISBN 84-7444-895-6
- MARCHAND, P. (1995). *Volar com els ocells*. Barcelona. Cruïlla. ISBN 84-7629-945-1
- REAL AEROCLUB DE ESPAÑA. (ed.) (1994). *Piloto privado: curso de formación teórica*. Madrid. RACE I. ISBN 84-89004-01-3
- REAL AEROCLUB DE ESPAÑA. (ed.) (1994). *Piloto privado: curso de formación teórica*. Madrid. RACE II. ISBN 84-89004-02-1

- REAL AERoclUB DE ESPAÑA. (ed.) (1994). *Piloto privado: curso de formación teórica. Derecho aeronáutico*. Madrid. RACE III. ISBN 84-89004-03-X
- SIMONS, D.; WITHINGTON, T. (2003). *Historia de la aviación: desde los pioneros hasta la exploración del espacio*. Parragon Books Ltd. ISBN 978-1-4054-8951-5
- THE BOEING COMPANY (2007). *AERO:QTR_0107*. Seattle, Washington, 98124-2207, USA. AERO QUARTERLY 07.
- THURSTON, D. (2000). *The World's Most Significant and Magnificent Aircraft: Evolution of the Modern Airplane*. SAE International. ISBN 0-7680-0537-X

ARTICLES PERIODÍSTICS

- AYMERICH, R. (19 de juliol 2009). "*BAIE cambia de marcha*". *La Vanguardia. Economía*: pàg. 70.
- BEL, G.; FAGEDA, X. (20 de setembre 2009). "*Aeropuertos modelo*". *La Vanguardia. Dinero*. pàg. 15
- CORBELLA, J. (4 d'octubre 2009). "*Catalunya impulsa un proyecto para enviar una misión a la Luna antes del 2012*". *La Vanguardia. Tendencias*: pàg. 37.
- MALLAGÓN, E. (19 de setembre 2009). "*Duelo en el aire*". *La Vanguardia. Economía*: pàg. 72
- MONTILLA, R. (2 d'octubre 2009). "*Vista al cielo*". *La Vanguardia. Vivir*: pàg. 1-3.
- MUR, R.; URÍA, LL. (6 de juny 2009) "*La velocidad del avión levanta sospechas*". *La Vanguardia. Internacional*: pàg. 32.
- ORTEGA FIGUEIRAL, J.; GARCIA, A. (4 d'octubre 2009). "*Diabluras en el aire*". *Magazine*: pàg. 30-33.
- PELÁEZ, N. (4 d'octubre 2009). "*Una galaxia de oportunidades*". *La Vanguardia. Dinero*: pàg. 27.
- R.R. (13 d'octubre 2009). "*Lleida negocia vols xàrter de Rússia, Alemania i el Regne Unit a l'aeroport*". *Segre*. pàg. 3
- "*Adiós al más anciano*". (10 de juliol 2009). *La Vanguardia*.

- "És l'hora de Lleida". (26 de setembre 2009). *La Vanguardia*. Páginas especiales: pàg. 73.

CD-ROM

- AENA (1998). Aeroport de Barcelona [cd-rom]. Acompanyat per 1 fullet.
- BOEING (15 de juny 2008). Technical documents [cd-rom].
- BOEING (26 d'agost 2008). Technical documents [cd-rom].
- BOEING DIGITAL (15 d'octubre 2008). Technical documents. [cd-rom].

WEBS

- AERO LATIN NEWS (2009, 16 d'abril). *Aero Latin News* [en línia]: aviation intelligence update. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.aerolatinnews.com/index.php?sector=noticias_sec¬icia=5981
- AEROPORTS DE CATALUNYA (2009). *Aeroport de Lleida-Alguaire* [en línia]: Aeroports de Catalunya. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aeroportlleida.cat/index.html>
- AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA (2009, 14 de juny). *Seguridad aérea* [en línia]. Administración electrónica. [Consultat: 14 de juny 2009]. Disponible a Internet: http://www.seguridadarea.es/AESA/LANG_CASTELLANO/SEGURIDADAREA/SISTEMA/PORQUE
- AIRSHIP HERITAGE TRUST (2007). *The Airship Heritage Trust* [en línia]. [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aht.ndirect.co.uk/>
- ALAS2300 (2009). *How aircraft fly* [en línia]. [Consultat: 6 juny 2009]. Disponible a Internet: <http://howaircraftfly.atspace.org/index.html>
- ALAS DE PLOMO (2008, 28 de juliol). *Alas de plomo* [en línia]: Puesta en marcha de motores. [Consultat: 1 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://alasdeplomo.com/2007/07/27/puesta-en-marcha-de-motores/>
- ASIFUNCIONA S.L (2007, abril). *Así funciona el avión* [en línia]. José Antonio E. García Álvarez. [Consultat: 14 de juny 2009].C.I.FB-84988369 Disponible a Internet: http://www.asifunciona.com/aviacion/af_avion/af_avion6.htm

- ATOUT FRANCE (2009). *France Guide* [en línia]: Nuevas medidas de seguridad en los aviones. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://es.franceguide.com/Nuevas-medidas-de-seguridad-en-los-aviones.html?NodeID=1&EditoID=71504>
- AVIACIÓN AZUL PARA LOS FANÁTICOS DE LOS AVIONES. *Motores de propulsión* [en línia]. [Consultat: 18 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.thecrazybug.com/cieloazul/avionpropulsion.html>
- AVIACIÓN CIVIL. *Seguridad en vuelo* [en línia]. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aviacionulm.com/seguridad.html>
- AVIADORES (2008). *Aviadores* [en línia]: Temas de aviación. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aviadores.net/compraalquiler.html>
- AVIATION PUBLISHING GROUP (1998, 6 de setembre). *AVweb, Word's Premier Independent Aviation News Resource* [en línia]: DME Basics. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.avweb.com/news/avionics/183230-1.html>
- AVION REVUE (2009, 13 de maig). *AvionRevue* [en línia]: Microsiervos. [Consultat: 1 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://avion.microsiervos.com/sabias/sabias-diferencia-comandante-capitan-avion-comercial.html>
- BRIAN DUNBAR (2007, 29 Novembre). *NASA* [en línia]. [Consultat: 6 juny 2009]. Disponible a Internet: http://www.nasa.gov/worldbook/rocket_worldbook.html
- BRIAN DUNBAR (2009, 13 de juny). *NASA* [en línia]. Jim Wilson. [Consultat: 6 juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.nasa.gov/home/index.html>
- BUGRE, ZRH/LSZH ZURICH (2009, 13 de juny). *Planesvideo.cz* [en línia]. Letecká videa planes video. Praga. [Consultat: 13 de juny 2009]. <http://www.planesvideo.cz>
- CARLOS A. MESTRES (2008, 2 de juny). *Forumclínic* [en línia]: Programa interactivo para clientes. [Consultat: 4 de setembre 2009]. Disponible a Internet: <http://www.forumclinic.org/actualidad/el-sindrome-de-la-clase-turista>

- CÉSAR BUSTO (juny 2009). *NavegÀrea* [en línia]: Àera de ajudas a la navegació y servidumbres aeronàuticas. [Consultat: 6 de juliol 2009].
Disponible a Internet: <http://www.navegarea.tk>
- CETILL/AETILL (2009, 6 de juliol 2009). *Col·legi / Associació Enginyers Tècnics Industrials de Lleida* [en línia]. Carrer Aribau, nº8 Lleida. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.cetill.cat>
- CISLUNAR AEROSPACE (1998, 19 d'agost). *Propulsión* [en línia]: Tipos de motores de propulsión a chorro. [Consultat: 18 de juny 2009]. Disponible a Internet:
<http://wings.avkids.com/Libro/Propulsion/intermediate/types-01.html>
- CISLUNAR AEROSPACE (1998, 15 de juny). *Principios del Vuelo* [en línia]: Cómo se mueve el aire alrededor de los objetos. The National Business Aviation Association. [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://wings.avkids.com/Libro/Flight/advanced/move-01.html>
- COIAE (2003). *Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España* [en línia]. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.coiae.com/>
- COLUMBUS TRAVEL MEDIA LTD (2009). *Guía mundial de viajes* [en línia]: Guía mundial de aeropuertos. England & Wales. Company nº. 2970942. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.guiamundialdeaeropuertos.com/>
- CRASH-AERIEN (2009). *Crash Aerien* [en línia]: *Les 10 derniers accidents aériens*. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.crash-aerien.com/index.php>
- DANIEL GROSSMAN (2009). *Airships: A Hindenburg and Zeppelin History Site* [en línia]: The Graf Zeppelin, Hindenburg, U.S. Navy Airships, and other Dirigibles. [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.airships.net/>
- DANIEL UMAÑA (2009). *AviaciónCR.net* [en línia]. [Consultat: 6 juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aviacioncr.net>
- DARPA (2009). *Defense Advanced Research Projects Agency* [en línia]. [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.darpa.mil/index.html>

- DEMAND MEDIA, INC (2009). *The wings of the web* [en línia]: airliners.net. [Consultat: 7 de setembre 2009]. Disponible a Internet: <http://www.airliners.net/>
- DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES (2008, 9 de desembre). *L'aeroport d'Alguaire* [en línia]. [Consultat: 15 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www10.gencat.cat/ptop/AppJava/cat/actuacions/departament/public/aeroports/alguaire.jsp>
- DIVISION OF CHEMICAL EDUCATION (2009, octubre). *Journal of Chemical Education Online* [en línia]. [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://jchemed.chem.wisc.edu/index.html>
- ECOPETROL S.A (2009). *Ecopetrol* [en línia]: Energia para el futuro. Bogotá D.C. Comutador 2344000. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.ecopetrol.com.co/>
- EET N°4 EL PALOMAR I BRIGADA AEREA. *¿Por qué vuela un avión?* [en línia]. [Consultat: 14 de juny 2009]. Disponible a Internet: http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/BUENOS_AIRES/62/tecnolog/porque.htm
- ENCICLOPÈDIA CATALANA. *EC* [en línia]. [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.enciclopedia.cat>
- ESCUADRON 111 (2001, abril). *Vuelo y combate aéreo* [en línia]. Capt. Roberto "Diablo" Pardeiro. [Consultat: 18 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://icemanweb.iespana.es/icemanweb/falcon/documentos/combate>
- EURORESIDENTES. ITY IS SIGLO XXI. (2000). *Viajar en avión* [en línia]: Miedo a volar en avión. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.euroresidentes.com/viajes/vuelos/miedo_a_volar_en_avion.htm
- FERNANDO MUJICA FERNÁNDEZ (2008, 15 d'octubre). *Servicios Aeronauticos del Sur* [en línia]: Aviación para niños. [Consultat: 14 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aviacion.cl/ninos.htm#tipos>
- FIERAS DE LA INGENIERÍA (2008, 24 de desembre). *Fieras de la Ingeniería* [en línia]: Proceso de construcción del Airbus A380.[Consultat: 1 de juliol 2009]. Disponible a Internet:

- <http://www.fierasdelaingenieria.com/proceso-de-construccion-del-airbus-a380/>
- FLIGHTGLOBAL (2007, 21 de febrer). *Aircraft* [en línia]: GE holds the key to power - Airliner delivery analysis 2007. Flight International. [Consultat: 20 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.flightglobal.com/articles/2007/02/21/212126/ge-holds-the-key-to-power-airliner-delivery-analysis.html>
 - FLYING PILOT PODCAST (2006, 11 d'abril). *Flying Pilot Podcast* [en línia]: Aviation News, Science and History form an Airline Captain! [Consultat: 14 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://flyingpilot.com/?p=24>
 - FRANCISCO DE ROJAS (2004). *Asdetour* [en línia]: Síndrome de la classe turista. Madrid. [Consultat: 4 de setembre 2009]. Disponible a Internet: <http://www.asdetour.com/php/sindrome-clase-turista.html>
 - FULL EXPRESS, S.L. (2004, 1 d'octubre). *FullExpress* [en línia]: Precios por aumento de combustible. Terrassa-Barcelona [Consultat: 21 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.fullexpress.es/combustible.html>
 - GENERAL ELECTRIC COMPANY (2008). *GE Aviation* [en línia]: The CF34 Engine Family. Worldwider Partner. [Consultat: 20 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.geae.com/engines/commercial/cf34/index.html>
 - GENERALITAT DE CATALUNYA (2004). *Aeròdrom d'Alfés* [en línia]: Generalitat de Catalunya. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www10.gencat.cat/ptop/AppJava/cat/aerotrans/aerodroms/aerodroms/alfes.jsp>
 - GUILLEM BORRELL (2006, 5 de novembre). *Wikilearning* [en línia]: Cálculo de aviones. [Consultat: 1 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.wikilearning.com/curso-gratis/calculo-de-aviones-diseno-de-alas-para-regimen-subsonico/19258-12>
 - IBERIA. *Iberia* [en línia]: Mantenimiento de aviones. [Consultat: 7 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.iberiamaintenance.com/portal/site/maintenance-iberia/menuitem.891b1ee9ab53c206b4ff2015f079c308/?jsessionid=GKpil0Oq2LjWtDRUz4H2bkLNcacfXirx7eRMCnm4mZwBosGQ52z!90096654?lang=es>

s

- IBERIA L.A.E.S.A (2009). *Iberia* [en línia]: glosario. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
<http://grupo.iberia.es/portal/site/grupoiberia/template.PAGE/menuitem.ee1a304ab1d2ced239bf93ead21061ca/>
- IDEAS Y PUBLICIDAD DE BALEARES, S.L (2009). Hosteltur [en línia]: *Ibersecurites*. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
http://www.hosteltur.com/noticias/50754_ibersecurities-alerta-situacion-caja-vueling.html
- IMAGIVERSE EDUCATIONAL CONSORTIUM (2004, 30 de desembre). *Archivo de preguntas y respuestas* [en línia]: Aviación. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
<http://imagiverse.org/questions/archives/aviacion1.htm>
- INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA (2009, 2 de maig). *Instituto de la ingeniería de España* [en línia]: Inventado un nuevo material más resistente para el motor de los aviones. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
http://www.iies.es/Inventado-un-material-mas-resistente-para-el-motor-de-los-aviones_a187.html
- JESÚS ENCINAR (2006, 25 d'octubre). *JesusEncinar.com* [en línia]: Seguridad en vuelos. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
http://www.jesusencinar.com/2006/10/seguridad_en_vu.html
- JOSÉ FEDERICO SAABI. *Abcmedicus* [en línia]: Artículos para pacientes. [Consultat: 4 de setembre 2009]. Disponible a Internet:
http://www.abcmedicus.com/articulo/pacientes/1/id/49/pagina/1/sindrome_clase_turista.html
- LIMES TRADING S.A. *Thundair* [en línia]: Aviones, Turbohelices, Avionetas. [Consultat: 11 d'agost 2009]. Disponible a Internet: <http://www.thundair.com/>
- LUIZ MONTEIRO LLC d/b/a. *LuizMonteiro.com* [en línia]: Aviation Education. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
http://www.luizmonteiro.com/Learning_VOR_Sim.aspx

- MACHTRES (2009, 10 de març). *Machtres liners* [en línia]: Airbus 380. [Consultat: 13 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.machtres.com/a380.htm>
- MALACIENCIA (2005, 14 de setembre). *¿Por qué vuela un avión?* [en línia]. [Consultat: 14 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.malaciencia.info/2005/09/por-qu-vuela-un-avin.html>
- MIGUEL A. CAJAL. *Motor y Potencia*. [en línia]. [Consultat: 18 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aeroclub-mendoza.com.ar/escuela/motorypotencia.html>
- MIGUEL ANGEL MUÑOZ. *Manual de Vuelo* [en línia]. [Consultat: 20 de juny 2009]. Disponible a Internet: <http://www.manualvuelo.com>
- MIGUEL BARCALA MONTEJANO, ÁNGEL A. RODRÍGUEZ SEVILLANO. (2007, 30 d'abril). *Open Course Ware* [en línia]: Universidad Politécnica de Madrid.[Consultat: 6 juny 2009]. Disponible a Internet: <http://ocw.upm.es/ingenieria-aeroespacial/helicopteros>
- MIGUEL LAGOS INFANTE (2009). *La Física está en todo* [en línia]: Superplasticidad, aleaciones en su punto. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.explora.cl/otros/metro/metrocotidiana/superplasticidad.html>
- NETMEDIAEUROPE (2009). *Gizmodo* [en línia]: Rayo impactando contra un avión en Osaka. [Consultat: 20 de juny 2009]. Disponible a Internet: http://www.gizmodo.es/2007/08/30/rayo_impactando_contra_un_avion_en_osaka.html
- NEW YORK STATE ENERGY RESEARCH AND DEVELOPMENT AUTHORITY (2008, 22 de setembre). *NYSERDA* [en línia]: Average Kerosene Prices. NY 12203-6399 [Consultat: 20 de juny 2009]. Disponible a Internet: http://www.nyserda.org/energy_information/nyeph.asp
- OFFICE DE TOURISME LE MANS (2006). *Office de tourisme "Le Mans"* [en línia]: Un siglo de cine. [Consultat: 14 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.lemanstourisme.com/dnn/menus/LaCit%C3%A9/Silenceontourne/Unsi%C3%A8cledecin%C3%A9ma/tabid/998/language/es-ES/Default.aspx>

- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *RAE* [en línia]: Diccionario de la Lengua Española. 22^a edició [Consultat: 2 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltGUIBusUsual?TIPO_HTML=2&TIPO_BUS=3&LEMA=globo#globo_aerost%C3%A1tico.
- RESPSOL YPF (2009). Repsol [en línia]: *Productos de aviación*. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.repsol.com/es/es/productos_y_servicios/productos/productos_de_aviacion/informacion_de_productos/avgas_100_II/
- ROLLS-ROYCE (2009, 14 de juny). *Rolls-Royce* [en línia]: Technology. 65 Buckingham Gate, London SW1E 6AT 1003142, UK VAT number GB 345 8860 22. [Consultat: 20 de juny 2009]. Disponible a Internet: http://www.rolls-royce.com/civil/products/largeaircraft/trent_xwb/technology.jsp
- STATE COMPENSATION INSURANCE FUND (2009). *SCIF* [en línia]: Seguridad en el Mantenimiento de Aviones. [Consultat: 7 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.scif.com/safety/safetymeeting/Article.asp?ArticleID=533>
- TECNAM AVIATION S.L. *Tecnam/P96 Golf* [en línia]. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.aviacionulm.com/htmlaviones/p96golf.html>
- THE ENGINEERING TOOLBOX (2005). *The Engineering ToolBox* [en línia]: Fuels - Higher Calorific Values. [Consultat: 1 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html
- TIENDAS ONLINE (2009). *Tustiendas.es* [en línia]: Seguridad en los aviones. Volar seguros. [Consultat: 8 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.tustiendas.es/blog/seguridad-en-los-aviones-volar-seguros/>
- TIM CARLSON (1998, 30 de setembre). *Tim's Air Navigation Simulator* [en línia]. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.visi.com/~mim/nav/>
- TUTIEMPO NETWORK, S.L. (2009). *Tutiempo.net* [en línia]: Calcular la distancia entre dos puntos de la tierra. [Consultat: 22 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.tutiempo.net/p/distancias/calcular_distancias.html

- U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2008, 21 de maig). *Federal Aviation Administration* [en línia]: Instrument Procedures Handbook (IPH). Washington, DC 20591. [Consultat: 6 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.faa.gov/library/manuals/aviation/instrument_procedures_handbook
- WORDPRESS (2007, 26 d'abril). *¿Cómo vuela un avión? El motor a reacción* [en línia]. [Consultat: 14 de juny 2009]. <http://blognota.wordpress.com/2007/04/26/%c2%bfcomo-vuela-un-avion-el-motor-a-reaccion>

TEXT ELECTRÒNIC

- BOE *Seguridad Aérea* [en línia]. Núm. 162. Martes 8 de julio 2003. Pág. 26368. [Consultat: 5 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/07/08/pdfs/A26368-26387.pdf>
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO BOE [en línia]. Núm. 63. Sábado 14 de marzo 2009. Sec.I. Pág. 25369 [Consultat: 5 de juliol 2009]. Disponible a Internet: <http://www.boe.es/boe/dias/2009/03/14/pdfs/BOE-A-2009-4259.pdf>
- DAVID PÉREZ JARA *Apuntes de Arquitectura y mantenimiento de aeronaves, EUITA*. [en línia]. [Consultat: 5 de juliol 2009]. Disponible a Internet: http://www.seelowe.4thperrus.com/IIGM_12oclockhigh/Materiales%20Aeronauticos.htm
- DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND DEPARTMENT OF DEFENSE. *Federal Radionavigation Systems* [en línia]. National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 22161 2002, 25 de març. [Consultat: 5 de juliol 2009]. DOT-VNTSC-RSPA-01-3.1/DOD-4650.5 Disponible a Internet: <http://navcen.uscg.gov/pubs/frp2001/frs2001.pdf>
- DIRECCIÓN DE TRÁNSITO AÉREO *Tripulación de vuelo del avión* [en línia]. ROA-GEN [Consultat: 4 de setembre 2009]. Disponible a Internet: <http://www.cra.gov.ar/dta/ais/documentos/docs/97.pdf>

- DISCORAMO S.A. *Queroseno (canfín)* [en línia]. 2003. [Consultat: 13 de juliol 2009]. RTCR 246, Decreto N° 25988-MEIC, Gaceta N° 84 del 5/V/97. Disponible a Internet:
<http://discoramo.com/docs/hojastecnicas/HOJA%20TECNICA%20QUEROS ENO.pdf>
- LIC. ZULEMA TOMASSETI DE PIACENTINI *Los costos marginales en el transporte aéreo. Aspectos teóricos y prácticos* [en línia]. Facultad de Ciencias Económicas UNCuyo. [Consultat: 5 de setembre 2009]. Disponible a Internet:
<http://www.revistakairos.org/k12archivos/tomasseti%20de%20piacentini.pdf>
- MANUEL ROMERO HERNÁNDEZ. *Análisis de economías de escala de la industria de transporte aéreo en Europa*. [en línia]. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Análisis Económico Aplicado, Grupo de Investigación de Economía del Transporte y las Infraestructuras. [Consultat: 4 de juliol 2009]. Disponible a Internet:
<http://www.revecap.com/encuentros/anteriores/veea/autores/R/romero.PDF>
- MIGUEL A. BARCALA MONTEJANO; ÁNGEL A. RODRÍGUEZ SEVILLANO. *Helicópteros*. [en línia]. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica. [Consultat: 15 de juny 2009]. Disponible a Internet:
http://ocw.upm.es/ingenieria_aerospacial/helicopteros/contenidos/material/estructura.pdf
- SHELL ESPAÑA, S.A. *Ficha de datos de seguridad*. [en línia]. Agost 1999. [Consultat: 13 de juliol 2009]. Primera edició. FDS-11SP Disponible a Internet: <http://www.shell.com/static/es-es/downloads/51275.pdf>
- UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA *Estructura de precios Ramsey para los derechos de aterrizaje* [en línia]. Biblioteca digital. 2003. [Consultat: 5 de setembre 2009]. Disponible a Internet:
http://bdigital.ulpgc.es/digital/texto/pdf/132271_0008.pdf

ARTICLES PERIODÍSTICS ELECTRÒNICS

- BARRENA, X. (2008, 21 d'agost). *"Los aviones pueden despegar pese al fallo de un motor"*. *El Periódico* [en línia]. [Consultat: 23 de juliol 2009].
- FRIDMAN, G. (2009, 5 de maig). *"¿Qué es el síndrome del viajero?"*. *Mía* [en línia]. [Consultat: 4 de setembre 2009]
- LLERA, F. (2008, 27 d'agost). *"Así son las revisiones de los aviones"*. *EcoDiario* [en línia]. [Consultat: 8 de juliol 2009].
- MEDIAVILLA, D.; MUNÁRRIZ, A. (2008, 23 d'agost). *"Chequeo a la seguridad del avión"*. *El Público* [en línia]. [Consultat: 8 de juliol 2009].
- NOCEDA, M.A (2007, 25 de febrer). *"España teme que el pacto franco-alemán en Airbus dañe al sector nacional"*. *El País* [en línia]. [Consultat: 15 de juliol 2009]
- OCITUR, S. (2009, 14 de gener). *"El gran mecano"*. *Revista Ibérica* [en línia]. [Consultat: 8 de juliol]
- REUTERS, A. (2001, 19 de març). *"Iberia inicia la última fase de su privatización con la compra de acciones"*. *Finanzas* [en línia]. [Consultat: 18 de juliol 2009]

CORREU ELECTRÒNIC

- AEROPUERTOS ESPAÑOLES Y NAVEGACIÓN AÉREA (2009, 3 d'agost). *Re: Solicitud de admisión a AIP España* [en línia]: AENA. [Consultat: 3 d'agost 2009]. Missatge electrònic.
- ALIBAU PAVÓN, D. (2009, 10 de setembre). *Re: dni* (Treball de Recerca) [en línia]. [Consultat: 10 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- ALIBAU PAVÓN, D. (2009, 11 de setembre). *Re: visita aeroport* [en línia]. [Consultat: 14 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- BERNIS CALATAYUD, J. (2009, 31 d'agost). *Re: 090831003E* [en línia]. Servei d'Aeroports i Transport Aeri Av. Josep Tarradellas, 2-4-6 08029 Barcelona. [Consultat: 9 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- BUIXADERA MIRÓ, J. (2009, 27 de juliol). *Re: llibres cèlia* [en línia]. [Consultat: 28 de juliol 2009]. Missatge electrònic.
- BUIXADERA MIRÓ, J. (2009, 1 de setembre). *Re: TdR* [en línia]. [Consultat: 2 de setembre 2009]. Missatge electrònic.

- CABALLÉ OLLÉ, M. (2009, 28 d'agost). *Re: petició (Treball de Recerca)* [en línia]. Secretaría de Dirección Aeropuerto de Reus Autovía Reus - Tarragona s/n 43204 Reus. [Consultat: 7 de setembre 2009]. Missatge electrònic: mcaballe@aena.es
- FORTES, E.M. (2009, 14 de setembre). *RE: aeroport - Treball de Recerca* [En línia]. [Consultat: 14 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- FORTES, E.M. (2009, 14 de setembre). *RE: treball de recerca* [En línia]. [Consultat: 14 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- FORTES, E.M. (2009, 15 de setembre). *RE: treball de recerca* [En línia]. [Consultat: 15 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- FORTES, E.M. (2009, 13 d'octubre). *RE: Re:treball de recerca* [En línia]. [Consultat: 13 d'octubre 2009]. Missatge electrònic.
- GENERALITAT DE CATALUNYA, DEPARTAMENT DE LA PRESIDÈNCIA, DIRECCIÓ GENERAL D'ATENCIÓ CIUTADANA. (2009, 28 d'agost) *Re: Sol·licitar informació - Mobilitat. Transports* [en línia]. [Consultat: 31 d'agost 2009]. Missatge electrònic: infocat@gencat.cat
- PÉREZ, R. (2009, 2 d'octubre). *RE: centre de control, cèlia* [en línia]. [Consultat: 6 d'octubre 2009]. Missatge electrònic.
- PIÑOL RAURIH, R (2009, 28 de setembre). *Re: Aeroports* [en línia]. [Consultat: 28 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- RAMIS BENNASSAR, A. (2009, 28 d'agost) *Re: Contacte Aeroport del Prat* [en línia]. [Consultat: 31 d'agost 2009]. Missatge electrònic: venegas@elprat.cat
- REMÓN FERNÁNDEZ, R. (2009, 2 de setembre). *Re: aeroport - treball de recerca* [en línia]. Gabinete Dirección del Aeropuerto de Barcelona. [Consultat: 2 de setembre 2009]. Missatge electrònic: bcngdir@aena.es
- RODRÍGUEZ, E. (2009, 1 de setembre). *Re: informació. treball de recerca* [en línia]. [Consultat: 2 de setembre 2009]. Missatge electrònic: web@castelldefels.com
- ROLLS-ROYCE (2009, 18 d'agost). *Re: Information about trent 1000* [en línia]. Customer Support Advisor, HR Shared Service Centre, Rolls-Royce plc, JH4, PO Box 31, Derby, DE24 8BJ. [Consultat: 18 d'agost 2009]. Missatge electrònic. HRSharedServiceCentre@rolls-royce.com

- VIDAL SIMÓ, T. (2009, 31 d'agost). *Re: model entrevista + treball de recerca* [en línia]. [Consultat: 31 d'agost 2009]. Missatge electrònic
- VIDAL SIMÓ, T. (2009, 4 de setembre). *Re: entrevista* [en línia]. [Consultat: 6 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- VIDAL SIMÓ, T. (2009, 17 de setembre). *Re: aeroport* [en línia]. [Consultat: 17 de setembre 2009]. Missatge electrònic.
- VIDAL SIMÓ, T. (2009, 25 de setembre). *Re: control* [en línia]. [Consultat: 25 de setembre 2009]. Missatge electrònic.

ANNEX

ANNEX 1

VISITA A TOULOUSE

El mes d'abril de 2009, tots els alumnes de 1r i 2n de batxillerat vam tenir l'oportunitat de viatjar a Toulouse, on vam visitar, entre altres pobles i monuments, la Cité de l'Espace i la seu d'Airbus.

Aquesta visita em va permetre descobrir un nou món tan desconegut per mi fins llavors.

A la Cité de l'Espace, vaig poder comprendre fenòmens com la gravetat zero existent a la lluna, les dimensions dels coets reals (gràcies a les seves rèpliques), veure una nau espacial per dins amb tots els seus components per poder viure durant mesos en ella, el funcionament dels satèl·lits que ens envolten i que tenen tantes aplicacions,... en fi, mil coneixements, que, de no haver-hi anat, segurament haurien tardat més en florir en el meu pensament.

D'altra banda, també vam tenir la genial ocasió de veure com funcionava el centre d'Airbus, amb els seus respectius hangars de manteniment, on vèiem a través d'unes vitrines elevades, com s'efectuava el Manteniment Major o "Gran parada". A més, la guia que ens acompanyava durant la visita, ens anava oferint dades molt interessants però que, he de reconèixer, que si no sabies de què anava el tema, et podies perdre en la immensitat de xifres i dades que comentava. Pel que fa al centre d'Airbus, al no permetre l'entrada de càmeres fotogràfiques, no tinc cap constància de la visita. Si que en tinc, però, de la Cité de l'Espace, les quals mostro, en petit detall, a continuació:



Coet (Ariane 5) en mida real al centre del Parc



Estació espacial KBAHT-2

Tot i així, al costat del centre de l'Airbus, es trobava una petita botiga amb diversos objectes relacionats amb la companyia aèria. D'aquesta manera, vaig adquirir dos objectes interessants al meu gust: una maqueta capaç de volar amb l'ajuda d'una goma elàstica i una postal on es veien Antoine de Saint-Eupéry, aviador i autor del famós llibre "El petit príncep" o més conegut en la seva versió castellana "El Principito" i Jean Mermoz, un altre aviador francès, davant d'un Latécoère 26.

Tot seguit, ofereixo les fotografies d'ambdós elements adquirits a Toulouse.

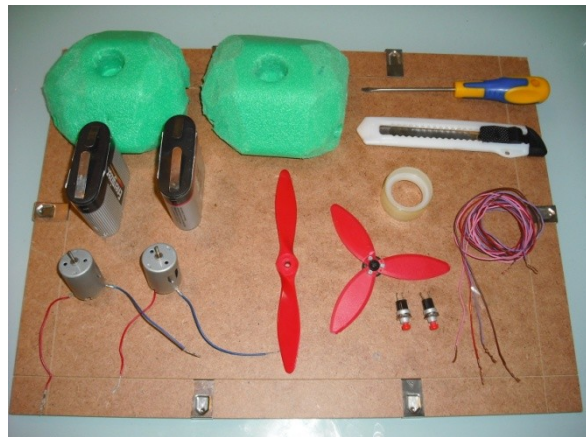


ANNEX 2

CONSTRUCCIÓ D'HÈLIXS

MATERIAL

- 2 motors (P: 3W)
- Hèlixs
 - 2 aspes (7,8 x 1,9 cm)
 - 3 aspes (5,5 x 2,1 cm)
- 1 tap de plàstic
- 2 generadors (4,5V)
- 4 fils conductors de coure
- 2 polsadors
- Suro
- Cinta adhesiva
- 3 cargols
- 1 tornavís pla
- 1 cutter



PROCEDIMENT

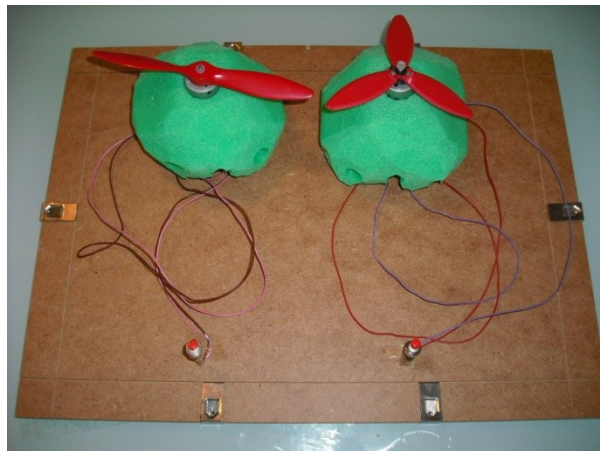
1. Es pren el motor i s'insereix l'hèlix per la seva obertura central a l'eix giratori del motor. A continuació, s'introdueix el tap de plàstic per tal d'impedir que l'hèlix surti de l'eix. En el cas de l'hèlix de 3 aspes, s'hauran de cargolar les aspes al cilindre que les sostindrà.
2. Es connecta la sortida del motor amb un cable llarg, alhora connectat amb el polsador i l'altre born del polsador, amb l'altre cable.
3. El cable de sortida del motor i el cable del polsador que resten es connecten al generador amb l'ajut de la cinta adhesiva.
4. Finalment, es talla el surto amb un forat al seu revés per tal d'emmagatzemar el generador i s'introdueix el motor.
5. Només queda prémer el polsador per tal de que l'hèlix comenci a girar.

OBSERVACIÓ

A simple vista i notant l'aire que mouen les hèlix observem que l'hèlix que més ràpid gira és la de 3 aspes. Tot i així, aquesta afirmació no és del tot certa. Els dos motors fan girar les aspes a la mateixa velocitat i per tant, realitzen el mateix nombre de voltes. Tanmateix, l'aspa de 3 aspes genera més quantitat d'aire perquè al ser més curtes però a l'haver-n'hi tres, dóna la sensació que es mouen més de pressa. Si deixem de polsar el botó que les activa, veiem clarament que des del moment en que alliberem el polsador fins que l'hèlix es para per complet, l'hèlix de 3 aspes tarda més en parar-se que l'altra.

CONCLUSIÓ

Totes dues hèlix es mouen a la mateixa velocitat per molt que la vista o el tacte ens pugui indicar al contrari. A l'hora d'oferir un vol, s'analitzaran altres característiques de les hèlix per tal de determinar si la nau ha de dur dues o tres hèlix.



ANNEX 3

PROPULSIÓ DEL COET

MATERIAL

- Ampolla d'aigua buida
- Cartolina
- Cartró
- Cinta adhesiva
- Pintura
- Tap de suro
- Cúter
- Tub de tinta de bolígraf buida
- Manxa
- Aigua
- Cola blanca



PROCEDIMENT

1. Es retalla una peça de cartolina per configurar el morro del coet. Com més aerodinàmic desitgem que sigui, més cartolina necessitarem, ja que s'haurà de dissenyar amb més punxa.
2. S'uneix el morro amb l'ampolla i s'hi afegeixen les potes de cartró. Es dobleguen cap a l'interior per tal d'aconseguir una estabilitat vertical.
3. A continuació, es lliguen les potes amb cinta adhesiva al cos de l'ampolla per garantir la seva perfecta unió i que, quan es produeixi l'impacte amb el terra, no es desmuntin.
4. Un cop situat en el lloc de l'enlairament, s'introdueix l'aigua com a combustible al coet i, juntament amb el tap i el tubet unit a la manxa, es tanca.
5. Finalment, manxem amb força fins que el tap, degut a la pressió interna, surt i el coet s'enlaira fins una altura considerable.

OBSERVACIÓ

En començar a manxar aire cap a l'interior del coet, l'aigua, impulsada per l'aire, es comença a moure. Seguim manxant fins que en un moment donat, el coet s'enlaira i el tap de suro, juntament amb el tubet, queden connectats a la manxa.

El coet s'eleva fins una considerada altura en posició vertical però arriba un punt, que canvia de sentit i torna cap a terra, caient amb la punta de dalt.

La punta queda una mica malmesa però és capaç de suportar un altre vol.

CONCLUSIÓ

La propulsió del coet s'aconsegueix mitjançant la forta pressió exercida dins del coet. En anar inserint aire al cos de l'ampolla, arriba un moment que la pressió és tan gran que impulsa el tap cap a fora. En aquest punt, és quan l'aigua surt propulsada cap al terra i, pel principi d'acció-reacció de Newton, el coet surt propulsat cap a l'aire.

El fet d'aturar-se lleugerament a l'aire abans de reprendre la direcció cap al terra és degut a la transformació d'energia, de cinètica a potencial. En caure per l'acció de la llei de la gravetat, altra vegada es converteix l'energia, però ara de potencial a cinètica.

ANNEX 4

EXPERIMENT REGLE-FULL

Per tal d'analitzar de manera pràctica la força de sustentació generada en un avió, després dels coneixements adquirits en l'apartat 3.-Física aeronàutica d'un avió, demostrarem com es comporta, de manera simplificada, l'ala dels avions i si és cert que es produeix aquesta força.

MATERIAL

- Regle
- Foli de paper



PROCEDIMENT

6. Prenem el foli de paper i un regle d'aproximadament uns 30 cm.
7. Situem el foli horitzontalment sobre el regle de manera que puguem subjectar la part superior del full al regle i la resta, pengi segons la llei de la gravetat.
8. Un cop disposem de la imatge inferior, l'únic que queda és bufar per la part superior del regle.



OBSERVACIÓ

Mentre estem bufant per la part superior del regle i el foli, aquest últim s'eleva i descendeix quan cessem.

CONCLUSIÓ

La força de sustentació que actua a les ales d'un avió constitueix el símil amb el foli, el qual varia segons l'aire que es desplaça per la part superior del full i gràcies a la depressió que aquest genera. L'alta pressió que es produeix sota el full, eleva aquest i permet, per tant, generar la força de sustentació que eleva el full.



ANNEX 5

SHELL WATER DETECTOR

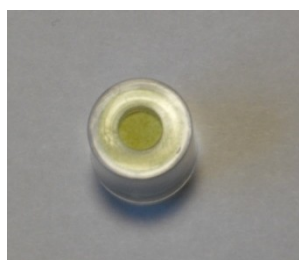
Gràcies a la visita realitzada a l'Aeroport del Prat, adreçada a veure in situ les naus i el manteniment d'aquestes, el senyor que introduïa el combustible en els seus tancs, al veure'm per allí com a estudiant, em va explicar en què consistia la seva tasca. Després, em va ensenyar que verificava l'inexistència d'aigua als tancs de combustible mitjançant unes petites pastilles que canviaven de color. Em va proporcionar un tubet amb diverses d'aquestes pastilles i, ara, a l'annex, comprovarem com funcionen.



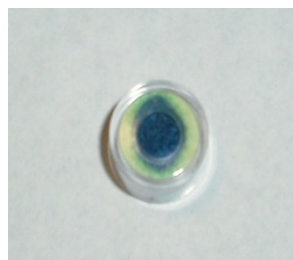
Tubet que conté les pastilles identificadores de la presència d'aigua als tancs de combustible

La pastilla, original de color groc, a l'entrar en contacte amb combustible pur, és a dir, sense aigua, no canvia de color, es manté de color groc. Per efectuar aquesta prova, el senyor ho realitzava amb una xeringa, tot xuclant 5 ml de combustible. Efectivament, tal com em va ensenyar, el combustible del tanc estava en perfectes condicions i la pastilla no va canviar de color.

Però, si en realitzar l'extracció de combustible, mesclat amb ell, hi hagués aigua, la pastilla groga ràpidament es convertiria en color blau fosc com es pot apreciar en les següents fotografies:



Sense presència d'aigua



En contacte amb l'aigua

Així doncs, mitjançant aquest detector, si el responsable d'introduir combustible als tancs abans de fer-ho detecta la presència d'aigua perquè la pastilla ha canviat a color blau fosc, ràpidament els tècnics de manteniment poden resoldre l' avaria produïda al tanc de combustible. Aquesta pot haver estat produïda per algun cop o impacte durant el vol, per un excés de gel a les parets de la cambra, etc. Si en canvi, el responsable no detecta cap anomalia i la pastilla continua essent groga, pot procedir amb la inserció de nou combustible a la nau.

ANNEX 6

MAPA ETOPS

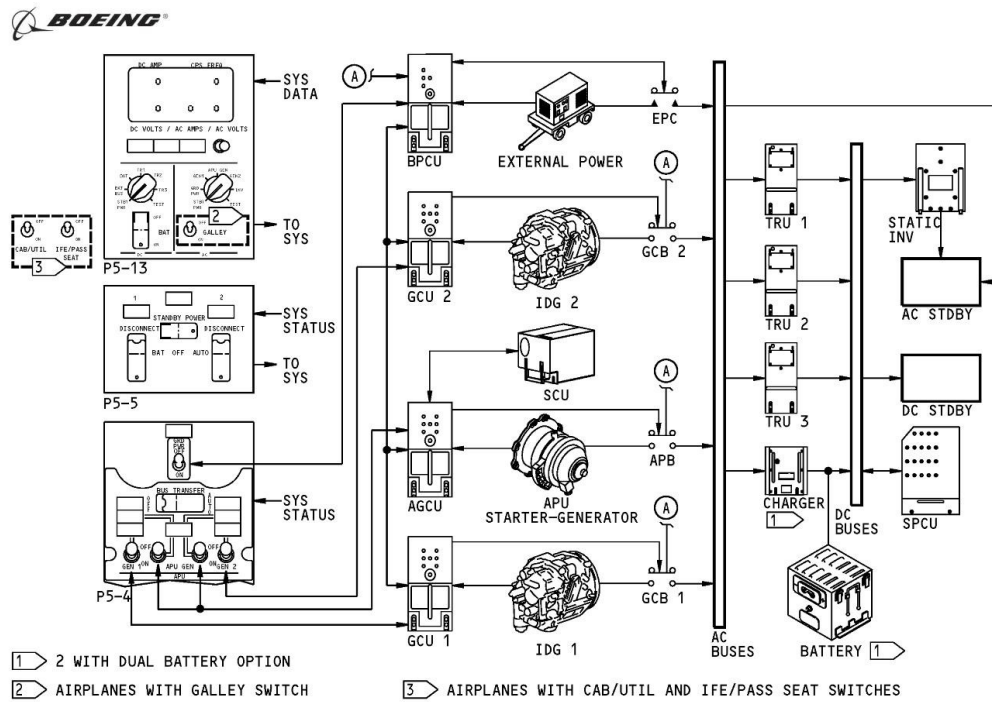
- El document original té una mida superior a DIN A3.

MAPA ETOPS 2

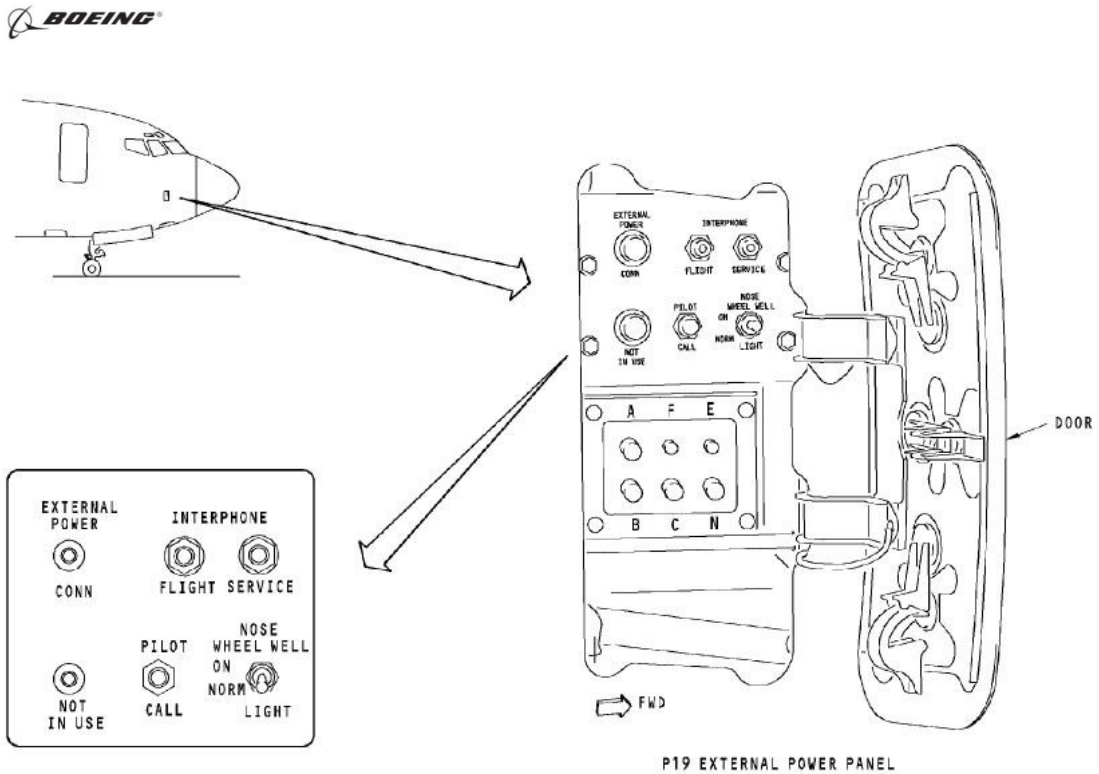
- El document original té una mida superior a DIN A3.

ANNEX 7

- Circuits de subministrament d'energia elèctrica en els avions:

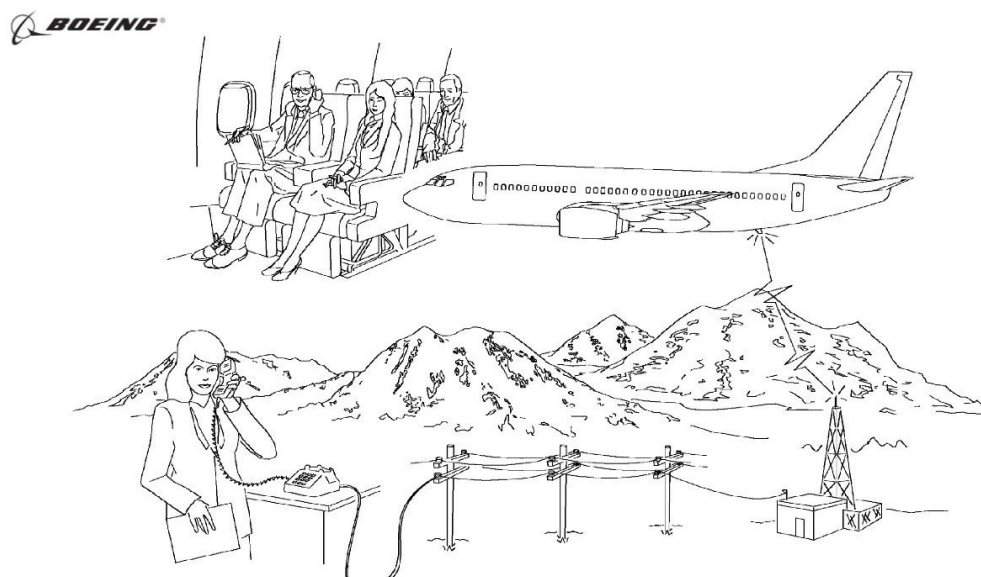


- Connexió de subministrament d'energia elèctrica externa.

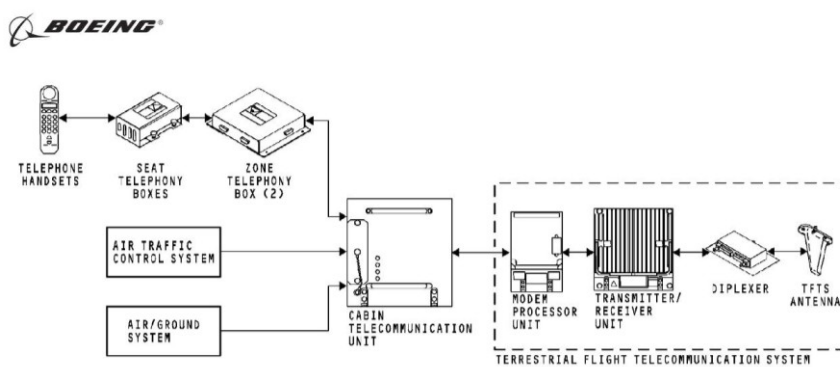


ANNEX 8

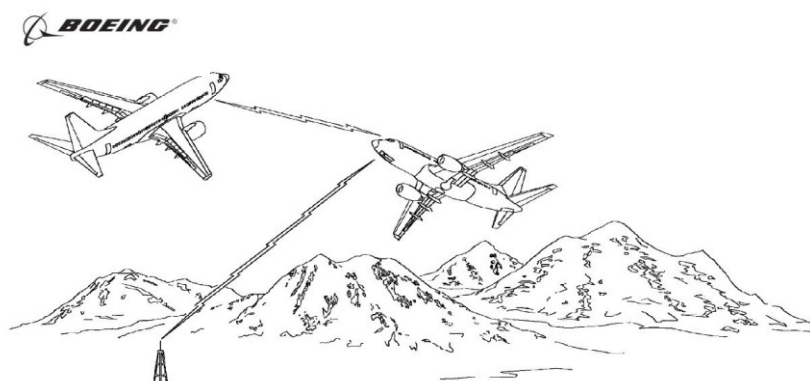
- Sistema de comunicació en una trucada convencional de telèfon:



- Circuits que ho fan possible:



- Comunicacions entre avions:



ANNEX 9

ENTREVISTA A UN PILOT

El Sr. Toni Vidal és un pilot transoceànic que actualment opera en la companyia aèria AirEuropa. Disposem de la genial ocasió de poder-li preguntar sobre el seu ofici i, de pas, sobre temes tractats en el treball.

Ens rep obertament a casa seva i entre uns festucs i unes "coca-coles", iniciem la nostra conversa. En aquest annex doncs, incloc la reproducció de l'entrevista, així com alguns petits comentaris d'expressió oral.

1. Actualment és pilot transoceànic, ha hagut de superar molts passos per arribar a aquesta posició?

Bé, la veritat és que sí. Primer em vaig fer pilot i vaig aconseguir la llicència. Llavors, aquí hi ha dos formes de fer-ho. Pots fer tot el curs complet, que ara deu costar uns 60.000 € aproximadament o fer-lo per parts. Jo vaig fer un mig i mig. Vaig treure'm una part sencera fins a ser pilot comercial i instrumental i vaig deixar pendent transports, instructor, MCC i diverses coses que cal fer després.

Com que quan acabes comercial ja pots treballar, vaig treballar del què podia per pagar un crèdit del curs precisament, i després ja em vaig fer instructor. A partir d'aquí, al ser instructor vaig començar a treballar a Lleida, i hi vaig estar dos anys i mig. Després ja comences a ingressar, encara que no sigui gaire, perquè a aviació general es guanya relativament poc i en males condicions, sense pràcticament assegurar-te, però anava guanyant els diners per hores, i tot el que podia estalviar anava cap a un altre curs, i un altre curs, fins que acumules tots els cursos, transport, MCC (curs per aprendre a volar amb dos pilots). Aleshores, quan ho vaig tenir tot, ja portava, 7 o 8 anys treballant a aviació comercial, en vaig estar encara dos més, fins a 10 anys i 4.000 hores de vol, i després em vaig presentar a diverses oposicions. Una de les que vaig passar va ser AirEuropa, i aquíestic, fa 5 anys i mig ó 6 que treballo amb ells. Toquem fusta (bromeja tot colpejant-se lleugerament el cap)

2. Com es va decidir per ser pilot?

Doncs jo no ho tenia molt clar, una mica com tothom en aquestes edats de setze i disset anys. Però penso que sempre tens una passió, i jo la tenia per això de volar. Però bé, jo era un noi d'Almacelles i no sabia que això pogués ser una professió. Llavors vaig descobrir que sí i com que era un noi molt tossut, el primer any no vaig poder pel tema econòmic, em vaig apuntar a una carrera però vaig ser un desastre i el curs següent ja vaig començar un curs de vol. I va ser doncs això, una il·lusió de sempre per volar, però que arrel d'haver de decidir el teu futur, em vaig encarar cap aquí.

3. Li va suposar tant d'esforç com s'esperava?

Sí, però l'esforç possiblement no sigui tant com la gent es pensa. A vegades es creu que s'ha de saber tantíssima física i tantes matemàtiques per ser pilot i no, tothom ho pot fer. Són uns cursos que toquen molts temes, però cap en gran, gran profunditat. Sí, toquem física, s'estudia per què vola l'avió i s'aprèn la fórmula, però no som cap experts en la teoria de fluids, etc. Llavors, doncs bé, s'ha d'estudiar i a part, a l'hora de volar, doncs sobretot quan tens entre 20 i 25 anys, que és quan estàs més preparat, tothom podria arribar a fer-ho.

Ara bé, és una cosa que va per períodes. A mi em va tocar just a l'acabar un període una mica dolent pel tema de les llicències i em va agafar un "baixón" de la feina impressionant, i llavors se'm va complicar molt i va ser realment dur, dur de veritat. Vaig treballar dos anys i mig a Lleida, després vaig treballar de remolcador de velers (avió sense motor) durant dos anys, que consisteix en aixecar un avió sense motor amb una corda de 50 metres per fer-lo volar. Després li donava la senyal de que ja estava a la màxima altitud després de volar uns 5 o 6 minuts, el pilot del veler l'acceptava i n'anava a buscar un altre al mar. En vaig remolcar 7.600 en dos anys.

Després em vaig traslladar a Sabadell durant un any i mig, i mentre estava fent d'instructor a l'Aeroclub de Sabadell, va succeir l'11 de Setembre i com que estava ensenyant a gent privada, no eren pilots professionals, doncs van deixar de volar per por i com que guanyava pocs diners perquè hi havia poca gent que volés, vaig decidir que era el moment de marxar als Estats Units, a casa d'un amic, per aprendre anglès i m'hi vaig estar uns tres mesos. Al tornar, vaig estar-

me a l'aeròdrom d'Alfés amb l'esperança de que asfaltessin Alfés o fessin un aeroport nou, però com que això es va demorar moltíssim, me'n vaig tornar a Sabadell i anava fent vols. Portava uns 10 anys volant i havia aconseguit gairebé les 4.000 hores de vol, però encara no estava situat. I és dur, no el fet de volar perquè és una experiència preciosa, sinó perquè l'avió o l'aviació general és poc ingrés, sense unes condicions de seguretat o d'assegurança ideals, jo estava assegurat unes 8 hores al mes sobre el qual si et quedes sense feina no cobres atur, molt complicat i mai veus el final d'això. És molt difícil viure bé de l'aviació general i com que tens ganes de pilotar un avió amb escales que diu un amic meu i veus que no arriba mai el dia, doncs se't fa costa amunt.

Però ara miro endarrere i veig aquesta etapa i és preciosa de viure-la, de veritat.

4. Què és el més emocionant de ser pilot?

(Riu) Aquesta és molt difícil de contestar. Potser el sol fet de volar en si... però emocionant tampoc...No és com allò de les pel·lis de conduir un avió entre murs i tal, però sí que de vegades estàs volant i veus paisatges o elements que se't queden fixats a la memòria, tant d'abans com d'ara, com postes de sol, de vols a prop de la muntanya, com els Alps, de passar per valls amb avions petits, deserts,... O ara per exemple, me'n recordo d'un dia que vaig enlairar-me de Barcelona a les sis i mitja o set del matí, quan estàvem a uns mil i pico peus, uns 500 - 600 metres, estàvem de cara al mar aixecant el morro, i vam veure Mallorca. Clar, jo això ho recordo especialment perquè no s'acostuma a veure. Ha d'estar l'atmosfera molt neta amb unes condicions òptimes i aquesta vegada, doncs vam tenir l'oportunitat de veure-ho i disfrutar.

5. Com actua davant una emergència sorgida durant el vol? Cal seguir un manual o coneixeu les tècniques gràcies als simuladors?

Actualment, a la companyia, totes o gairebé totes les emergències que et poden sorgir en un vol, estan entrenades i estan escrites, per tant, tu tens un procediment a seguir si sorgeix aquella emergència en concret. La majoria de problemes que et sorgeixen es corregeixen llegint, perquè la memòria pot fallar

i més en condicions de risc i nervis. Per exemple, ara amb l'avió que volem, duu un aparell que es diu Icam, que t'indica els passos a seguir davant l'emergència i quan has realitzat el que t'indica, desapareix el pas anterior i apareix el següent polsador que has de prémer. Tot i així, quan acabes, has de pensar què tens i actuar sempre amb sentit comú tenint el coneixement de l'aeronau per prendre decisions, ja que si t'ha fallat un generador, com que en tenim tres (un per cada motor i un per l'APU), has seguit els passos per superar el problema però després tu has de pensar com seguiràs volant sense aquell generador, ja que després d'espatllar-se ja no torna a funcionar i això és el que l'aparell no et diu.

En canvi, si és una avioneta petita, és més difícil solucionar els problemes i moltes vegades t'has d'espavilar com puguis.

Pel que fa als simuladors, doncs sí, evidentment que hi practiquem, però són caríssims de compra i caríssims d'operació. Una hora de vol en simulador pot costar 800 - 900 € tranquil·lament, però és una reproducció exacta, perfecta de la cabina d'un avió. Es mou, simula el moviment de l'avió perfectament, i quan entrenes, és com si estiguessis volant i practiques les emergències per si de cas.

6. Tinc entès que abans d'enlairar-se, els pilots donen el vist-i-plau a la nau tot observant-la exteriorment. És suficient aquesta inspecció per evitar problemes?
A veure, no és suficient. Ha d'haver-hi unes revisions cada 24 hores, unes revisions cada 50 hores, 100 hores, 500 hores,... i aquestes són les revisions potents. Ara bé, nosaltres quan aterrem a un lloc, i sabem que l'avió ve bé perquè no s'ha espatllat res, no ha sorgit cap problema, però potser pot haver un problema exterior i mirant la nau, te n'adonis. Que una roda s'hagi gastat trepitjant algun element, com un clau o alguna partícula, o un ocell que ha colpejat l'indicador de la vora d'atac i des de dins no te n'has adonat... Llavors, per això realitzem les inspeccions exteriors.

7. Un pilot ha d'estar capacitat per resoldre aquests possibles problemes, però coneix també el funcionament, materials, de la nau?

Sí, evidentment, però jo crec que un pilot coneix poques coses sobre molt. Sabem una mica sobre meteorologia, una mica d'aerodinàmica, una mica de dret, ... però no massa cosa en profunditat. És a dir, sabem per què es formen les tempestes i sabem com es poden moure però no hem estudiat la carrera de meteorologia ni molt menys.

8. En quina proporció situaria els coneixements tècnics o pràctics d'un pilot, ja que s'han d'efectuar tantes hores de vol?

Uf.. doncs potser 50%..bé.. sí, podríem dir que 50%, perquè actualment no és necessari que un tingui unes mans com un àngel o que voli perfectament perquè ja tenim el pilot automàtic i amb aquest mecanisme de vol, tots en sabem de volar. Tots operem i movem els comandaments amb una finesa extrema, amb el pilot automàtic (bromeja). I els aterratges, uns surten més fins i altres no tant, però no passa res. Però bé, has de saber com funciona l'avió i com dur-lo així que, necessites saber les dues coses, una sense l'altra, no té massa sentit.

9. Quina és la seva pitjor experiència en un vol?

Bé, durant els anys que fa que estic a la companyia, no n'hi ha hagut pràcticament cap de pitjor experiència. Potser la més greu va ser un cop que se'ns va trencar una finestra, bé, se'ns va esquerdar, però com que són tantes capes de vidre, no hi hagués hagut d'haver problema. Tot i així, com que anàvem a El Cairo des de Mallorca, per no haver d'esperar a rebre la finestra allí, doncs vam tornar i així també evitàvem una possible despressurització de la cabina.

Però possiblement la més curiosa o poruga que recordo va ser pilotant un avió petit, em va fallar un motor, vaig aterrar a un camp d'alfals, però vaig enlairar-me altra vegada només amb un motor. Ara sí, la més desagradable, va ser remolcant un veler, hi ha una cosa i és que el veler es situa més amunt que tu. Llavors, tu entres en pèrdua degut a l'angle d'atac. Doncs resulta que els del veler els coneixia, i ja em van comentar que es situarien molt amunt, però no

van controlar que es pujarien tan amunt i com que jo confiava en ells, em vaig equivocar. Jo vaig entrar en pèrdua i queia avall en picat, però ells no, perquè continuaven volant i clar, em van avançar, però encara anàvem lligats d'una corda, i en un segon passes de veure-hi normal a tot cap per avall, i estava només a 200-250 metres de terra i clar, veus que et menges el terra i que no pararàs, i toques la palanca de cop i tornes a entrar en pèrdua perquè l'angle que has preparat és excessiu. Llavors et calmes com pots i a poc a poc mous la palanca per controlar la nau i vaig passar allò, gairebé tocant el terra amb la mà, com aquell que diu. Aquesta va ser la més greu, perquè podia ser perillosa.

10. Creu que el sector aeronàutic està en decadència, tal com s'explica en els mitjans de comunicació? o és un sector que sempre es mantindrà perquè les persones no renunciaran a volar?

Jo crec que quan hi ha crisi, s'hi nota. El que sí que està en decadència, és el sector professional (comenta), perquè hi ha companyies de "low cost" que cuiden molt poc el personal aeronàutic i estan agafant gent amb molt poca experiència i a causa d'això, els paguen menys, o inclús els fan pagar el curs de l'avió,...

Per això que espero que amb aquest sentit sí que torni tot una mica a la normalitat i agafin pilots amb experiència i bons professionals.

11. Ha volat durant més de 10 anys, ha vist canvis en els aparells de la nau, com per exemple el VOR, GPS o Pilot Automàtic?

Sí, el Pilot Automàtic ha canviat més que el VOR i el GPS, però sobretot pel tema de presentació. Abans eren rellotges amb agulles i ara tots tenen unes presentacions amb colors i totes digitals; el VOR l'utilitzes però només com a suport perquè el GPS no és oficial però tu ho fas tot amb uns programes actualitzats, basant-te en el VOR, però si abans el feies servir per aproximar-te a un lloc mitjançant esgraons, ara li insereixes on vols aterrar i amb quina aproximació i t'ho calcula directament sense escales. Però tot això per què? Doncs perquè el que interessa és que l'avió gastí menys i per tant, es paren els motors, ja que a baix sempre es consumeix més combustible. Llavors interessa

que un cop hagi tret motors, ja no els tornis a posar i sí que ho podries controlar tu, però la màquina ja té la base de dades preparada per això.

12. Què ha de fer abans d'enlairar-se?

(Es senya ràpidament i riu). No, sense conya. Primer has d'anar a l'oficina de firmes, que en diem. Allí firmes conforme has arribat a l'hora. Et proporcionen la teva documentació del vol, la revises, determines el combustible, si la ruta és correcta, revises els aeroports de destí o aeroports als quals pots accedir en cas d'emergència, la meteorologia, etc. Un cop has efectuat tot això, et reuneixes amb la tripulació auxiliar, firmen conforme et seguiran en cas d'emergència, comentes el temps de vol, si hi hauran turbulències per atendre els passatgers,... Una vegada t'has reunit, vas a l'avió fas el "chequeo" exterior de l'avió mentre l'altre pilot entra les dades a la màquina, el càtering entra el menjar a l'avió, fins que s'obren portes als passatgers. Un cop tancades les portes, des de handling t'envien un full amb els pesos de l'avió i el centre de gravetat d'aquest avió. Aleshores entres les dades a la màquina, t'ho calcula tot, quant combustible consumiràs, si pots enlairar-te amb aquell pes o no,.. Demanes autorització per sortir i rodes cap a pista. Tot això suposa una horeta i poc més.

13. Està d'acord amb el fet que perquè es produeixi un accident s'han d'unir diversos factors, per la qual cosa és un dels transports més segurs?

Sí, i tant, diversos factors i molts factors alhora.

14. Quina sensació li transmet volar?

No sé què dir-te, prova-ho (riu i li pregunta a la seva dona). No ho sé, és un plaer volar, una llibertat. Home, ara també és una feina, però possiblement amb els avions petits, estàs tu amb el teu aparell, només t'has de preocupar de pilotar-lo correctament i se t'oblida absolutament tot. Tens la teva llibertat, les tres dimensions, el paisatge, tot, és fantàstic.

15. Cal afrontar la por a volar i confiar-hi cegament?

Sí, però confiar cegament és molt difícil i si un té por a volar, doncs pot assistir a una sèrie de cursos i normalment tenen molt èxit aquests cursos. La majoria acaben triomfant. Precisament una part del curs consisteix en la explicació de per què vola l'avió i assistir en un vol a cabina, i la gent es relaxa molt quan veu el funcionament directe de cabina i també sobretot al "caxondeo" que portem!

16. Pot ser que per abaratir costos, s'acabés volant en tamborets, per exemple?

Espero que no. Però els seients cada vegada són més petits, amb menys espai, i vés a saber... Però que pretenen abaratir costos sí, encara que aquestes companyies no es basen només en transportar gent dreta per poder-hi encabir més gent, sinó també disminuint els serveis que ofereixen, etc.

17. Com es comuniquen amb la torre de control? Mitjançant quins aparells i quin idioma?

Pots parlar l'idioma de l'estat on ets o l'anglès.

Per comunicar-nos, utilitzem aparells VHF però com que al mig de l'oceà no arriben aquestes senyals, fem HF i la veritat és que se sent molt malament. Llavors, no estem tota l'estona escoltant-la, perquè seria insuportable, però sí sintonitzada. Quan necessitem comunicar-nos o ells amb nosaltres, envien la "SelCall", de Selective Call i és com un timbre que t'avisa que volen contactar amb tu. És el moment en què despenges l'aparell i els escoltes o parles.

Però actualment fem servir satèl·lits per comunicar-nos dins de la mateixa zona. Així doncs, ens escrivim missatges a través d'una pantalla que van al satèl·lit i així directament, no et cal ni parlar, només teclejar i com que estem situats dins del seu radar i ens troben mitjançant el satèl·lit, si volen rebre dades concretes del nostre avió, els hi envies. És més, si vols trucar-los o si vols trucar inclús a casa, pots fer-ho perquè estaran connectats al satèl·lit.

18. Quines diferències implica un vol nacional respecte un de transoceànic?

El temps sobretot. Però sobretot el que implica la prova ETOPS de la parada del motor i els minuts que tens concedits. Si en canvi només vas fins a Madrid,

doncs hi vas directament sense pensar en res més, però si has d'arribar a Nova York, doncs depenent de la companyia, traçaràs una ruta on poder aterrar en cas de fallida d'un motor o si la companyia té els 180 minuts concedits, volaràs pel mig de l'atlàntic. Ara, això només amb avions que duguin dos motors, si en tenen quatre, doncs poden anar directament on vulguin sense parar.

19. Per acabar, quin és el moment de més dificultat o que requereix més atenció d'un vol?

L'enlairament i l'aterratge et requereixen més concentració perquè hi ha més feina i també són els moments de més perillositat, ja que estàs més a prop de terra i hi pots impactar més fàcilment, però igualment, concentració n'has de dur durant tot el vol.

ANNEX 10

VISITA AL CENTRE DE CONTROL DE BARCELONA (Gavà)



Després de l'elaboració gairebé total del treball, em vaig plantejar com es dirigia i s'organitzava tot allò que permetia dur a terme vols tan freqüents amb una coordinació extraordinària. Per això, després de trucades i peticions, em vaig poder posar en contacte amb un controlador aeri del

Centre de Control de Barcelona, concretament situat a Gavà. D'aquesta manera vaig poder accedir al Centre i les seves instal·lacions i gràcies a les explicacions del senyor Rogelio Pérez i Liñán, obtenir respostes a les meves qüestions.

Tan bon punt vam accedir al recinte, ens vam adonar de la immensitat del centre i del seu entorn. Una torre de comunicacions de 40 metres d'altura sobresortia al costat del Centre, però no tan sols això, sinó que un cop endinsats a les instal·lacions de control vam poder comprovar que es tractava d'un centre grandios. Constituït per tres plantes, organitzades en funció dels càrrecs, abasta una superfície de 33.000 metres quadrats. De seguida ens vam dirigir cap a la Sala de Control, una sala al·lucinant on treballen en total, unes 325 persones. A part d'ésser molt gran amb tot de pantalles i sons d'altaveus, la gent concentrada en el seu treball oferien una gran mostra de control i seguretat.

Ens vam asseure davant d'una de les desenes pantalles de control. La primera impressió va ser la de no entendre res del mapa. Una gran quantitat de línies (aerovies) se superposaven per tota la pantalla i uns quadradets (els avions en vol) es movien lentament per tota la pantalla.



El Sr. Pérez va desactivar unes funcions i vam poder observar el mapa més senzill sense tants elements. A partir d'aquí ens va a començar a explicar com funcionava i què era cada element que apareixia en pantalla.

Sempre, en un mateix bloc de pantalla, constituït per la pantalla principal i la pantalla secundària on es veu el mateix que a la pantalla principal però més ampliat, treballen el controlador principal i l'ajudant. Tots dos s'encarreguen d'una mateixa tasca, però si a un se li passés algun control, hauria la segona supervisió de l'ajudant. D'aquesta manera, observem que tot es troba per duplicat com els telèfons de les pantalles, els sistemes de comunicació, etc.

La seva funció és doncs, controlar les aerovies, les quals uneixen radio ajudes (VORS). Quan un avió s'enlaira des de la pista, està controlat i supervisat pels controladors de la Torre de Control de l'aeroport i s'enlaira en una direcció concreta, la de la seva aerovia. Durant el creuer, segueix les seves rutes i a l'hora d'aterrar, abandona l'aerovia final. D'aquesta manera, els controladors aeris del Centre de Control, s'encarreguen de la part intermèdia del vol, després de l'enlairament i abans de l'aterratge.

Per realitzar aquest control, es divideixen les àrees de vol en espais aeris. D'aquesta manera, el "field", espai aeri de tot el món, queda dividit en zones, sent aquestes responsabilitat d'un Centre de Control en concret. A Espanya, trobem les regions d'informació de vol de Madrid i Barcelona, i amb aquests dos centres, es distribueix tot el trànsit aeri espanyol. A més, cada espai aeri queda dividit en sectors, els quals ofereixen al controlador una visió tridimensional de les aerovies, segons estiguin situades a una major o menor altura (mesurada en peus). Existeixen unes àrees roges considerades com a perilloses de sobrevolar, restringides o prohibides.



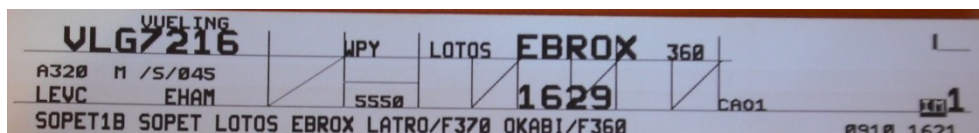
El Sr. Pérez ens assegura que gairebé mai es produeixen accidents en l'àmbit aeri però en el cas de que, per exemple, el tren d'aterratge de l'avió no s'accionés, el procediment a seguir seria el següent. El pilot es posaria en contacte amb el Centre de control mitjançant la freqüència UHF, la qual només serveix per aeronàutica i ningú més hi pot accedir. El controlador encarregat de la zona on es troba l'avió, considera si es tracta d'una emergència "Socors" o

una “Emergència” pròpiament. L’emergència “Socors” consisteix en oferir una ajuda immediata i la “Emergència” pot esperar un temps. Així doncs, reprenent el nostre exemple, un avió que no se li desplegui el tren d’aterratge no tindrà problemes fins a l’hora d’aterrar, que serà quan s’haurà d’haver cobert la pista amb espuma. Si el cas fos més greu, se li ofereix al pilot en qüestió prioritat absoluta. S’estableixen les mínimes comunicacions amb la resta de pilots per si el pilot amb problemes vol mantenir contacte amb el Centre. Si el controlador ho creu oportú, pronuncia les paraules: “Silencio Radio” i totes les comunicacions cessen. En aquest punt pot tranquil·litzar el pilot, qüestió molt important” i deixar-lo treballar com ell sap.

Igualment, solen trobar-se en més complicacions aèries quan volen avions esportius o caces militars que no pas avions comercials, ja que l’estricta manteniment que presenten ofereixen menys emergències. L’únic problema que comporten els avions comercials són l’embut que formen a l’aterrar. Són els encarregats d’aproximació els que s’encarreguen de posicionar cada avió en “fila índia” per tal d’anar efectuant aterratges seguits, tot vigilant les esteles turbulentes, que podrien fer girar 180° un avió més petit que l’anterior degut a la moguda d’aire que aquest generaria. Així doncs, en el cas de que primer aterrés un Jumbo i després una avioneta, el controlador hauria de reconèixer les dues naus i esperar més temps en fer aterrar l’avioneta.

Com que tot el Centre està alimentat per electricitat, a causa de la gran quantitat d’equips i cablejat, en el cas que marxés la llum, el Centre està dotat de generadors elèctrics propis que s’activen en qüestió de segons, sense permetre l’apagada dels equips informàtics controladors de rutes. Aquests equips, estan dissenyats tan amb components elèctrics com electrònics i s’estructuren de manera individual, ja que quan algun programa o sistema falla, el tècnic reparador, canvia la targeta en particular a la sala de components electrònics i l’avaria queda reparada.

Existeixen a més, les comunicacions manuals, per si es produís algun problema de comunicació. Mitjançant unes fitxes tècniques, com la que analitzarem a continuació, els controladors són capaços de dirigir la nau sense veure-la a les pantalles.



En aquesta fitxa tècnica, proporcionada pel Sr. Pérez, observem la companyia del vol que s'està efectuant i els nombres de referència de vol(VLG 7216, Vueling).

El vol en qüestió s'efectua entre València (LEVC) i Amsterdam (EHAM), mitjançant un Airbus A320. La "M" que trobem a continuació, significa que és una nau que pot provocar estela turbulenta i per tant, els controladors ho han de saber.

La velocitat de creuer de la nau és de 450 nusos, 045 (mesura que utilitzen per fer referència a la velocitat) i el nombre 5550 és el codi de contestador. Aquest és el resultat de la emissió de l'avió per identificar-se i mitjançant un programa informàtic específic, converteix l'emissió en un codi pel Centre de Control.

Finalment, quan ja dúiem més d'una hora i mitja entenent, xerrant i deduint nous conceptes que ens mostrava el Sr. Pérez, ens va sorprendre dient que en un futur no molt llunyà, la figura del controlador, pot ser que desaparegui substituït per GPS. El Cel Únic Europeu, pretenen crear un Centre de Control únic per tota Europa, on tots els controladors tinguin la mateixa titulació, la mateixa formació, etc. Precisament és aquest Centre que esta desenvolupant programes per assolir la meta d'evitar l'error humà. Per aquest motiu, entre d'altres, el Centre de Control de Barcelona té unes dimensions tan enormes, perquè ja ha estat dissenyat amb vista al futur. Es necessitarà un centre controlador del Sud i la sala que hem visitat podria ser perfectament la sala controladora de tota la zona Sud.



D'aquesta manera, el Sr. Pérez ens va deixar amb la imatge del futur gravada en ment i la posició molt favorable de Barcelona respecte el futur, si s'aconseguís tot el que s'estan proposant.

La visita al Centre de Control de Gavà va servir doncs, per entendre la posterioritat del bon funcionament de les naus, dels seus motors, de la seva seguretat i manteniment, en conclusió, una mirada enlaire un cop l'avió s'ha enlairat de pista.

ANNEX 12

EXPERIÈNCIA A L'AEROPORT DEL PRAT

El passat divendres dia 18 de setembre del 2009 vaig tenir la genial oportunitat de poder accedir a l'Aeroport del Prat de Llobregat, Barcelona, però no tan sols a les instal·lacions aeroportuàries accessibles al públic, sinó a tota la part posterior als taulers de facturació de cada companyia.

El tècnic de manteniment que em va acompanyar durant les tres hores i quart que vaig estar entre tècnics de manteniment, pilots i hostesses de vol, va ser el Sr. David Alibau Pavón, tècnic d'AirEuropa a l'Aeroport de Barcelona des de l'any 1994.



Aquesta visita tenia l'objectiu per part meua de veure in-situ tots els elements continguts en aquest treball i palpar-los, a poder ser possible. A més, totes les explicacions que em pogués oferir el Sr. Alibau sobre el funcionament dels elements que jo només coneixia de forma teòrica i tot allò relacionat amb la seva feina serien benvingudes.

El fet és que havíem acordat la trobada a les cinc de la tarda i així va ser. Sense conèixer-nos, ja que només havíem mantingut conversa per telèfon o via e-mail, vam reconèixer la nostra indumentària i de seguida em va oferir una armilla reflectant (ell també la duia i després vaig comprovar que tothom que treballava a pista la duia) i un "pase" o autorització per accedir a pista.

El meu pare, que m'acompanyava, es va quedar a l'aeroport llegint el diari i mentrestant, jo, passava unes cortines de plàstic i em trobava amb un control. Després d'examinar la bossa amb raigs-x, passar per un control de metalls i ensenyar a l'agent de seguretat el "pase" i el DNI, vaig entrar en una altra dimensió. Només travessar la porta, desenes de cintes transportadores amb carrets esperaven que algú, a l'altre costat, facturés. Cal dir que com que AirEuropa encara no s'ha traslladat a la nova terminal 1, disposaven d'una tranquil·litat envejable.



Tot seguit, ens vam dirigir al primer avió que veia. Un Boeing 737-800 estava sent reparat per un equip de tècnics. Precisament, estaven canviant la roda del tren d'aterratge posterior. Aquesta, encara que estava una mica gastada, hagués pogut suportar un altre aterratge, però com que es dirigien a un punt

on no hi havia base de recanvis, era millor canviar-la aquí. En veure'm, els tècnics, després de fer una sèrie de bromes sobre la seva feina, em van explicar què estaven fent i què farien a continuació.

El Sr. Alibau em va conduir fins un Boeing 767, més gran que l'anterior i més allunyat de l'aeroport. Havia d'estar reparat a les 00.00h de la nit, l'hora que partia cap a Mèxic. En pujar a l'avió, vaig quedar sorpresa que pogués asseure'm a la butaca del pilot! El Sr. Alibau, mentre un altre tècnic, també a la cabina estava desenvolupant un "chequeo", em va començar a explicar quina era la funció de cadascun dels botons situats a sobre i al meu costat i quins elements controlaven. Me'ls va explicar tots i jo assentia, ja que coneixia la nomenclatura de la nau, després d'haver fet aquest Treball. A continuació, vam passar a l'explicació dels aparells de pilotatge, com l'altímetre, l'horitzó artificial, etc. Com que es tractava d'un avió una mica antic, només disposava de dues pantalles (PLC) on figuraven les dades i l'horitzó virtual. A més, però, també tenia dos màquines on s'introduïen totes les dades del vol i ella mateixa calculava la ruta. Després, em va

fer situar com una pilot, amb els peus als pedals i les mans al manillar o comandament, i després de fer esforços perquè no estava activat el sistema hidràulic, es movien els pedals en funció del tipus de moviment de la nau que desitgèssim, alabeig, "cabeceo",...



així com la direcció de l'avió. Mentrestant, l'altre tècnic anava tocant botons de test de la part posterior de la cabina i per exemple, el manillar començava a

vibrar fortament. M'explicava que era per despertar el pilot en cas de que mentre tingués el pilot automàtic en un vol, s'adormís. O també va polsar un botó i va començar a sonar una sirena molt forta. Aquest soroll era l'avís que no es podia enlairar l'avió perquè havia detectat un problema als motors.

Així doncs, després de veure, entendre i riure a la cabina de pilotatge (cockpit), vam dirigir-nos a la part posterior de l'avió, on es trobava la cuina, amb els forns, la cafetera, les escombraries,...

Per fer aquesta travessa de l'avió, va ser molt curiós veure com la primera classe de vol, disposava d'unes butaques enormes amb reposapeus i molt espai entre cadascuna d'elles, mentre la resta de seients normals estaven situats en tres columnes, dos passadissos i molt apretats entre ells.



El més curiós i sorprenent va ser que quan ja em pensava que havíem acabat de veure aquell avió, va resultar que just a l'entrada de l'avió, al terra hi havia una mena de porteta. En obrir-la, un forat fosc es va presentar davant meu. El Sr. Alibau em va proposar d'entrar jo primera, però m'hi vaig negar i el vaig seguir. Un cop havia baixat dos graons d'escala vertical per un quadrat de mig metre de costat, aproximadament, la imatge que es va presentar davant meu va ser al·lucinant. Desenes d'aparells electrònics encastats a la paret, centenars de quilòmetres de cables units formant grups de cables més grans,...en una sala realment molt petita per encabir tot allò! Les bateries estaven sota els nostres peus i el Sr. Alibau em va comentar que, evidentment, allò era la cambra electrònica. Vaig preguntar si tots aquells aparells negres amb botons que veia enfront meu eren els encarregats de controlar cadascun dels botons que havíem vist a la cabina i em va respondre que sí, que efectivament cadascun d'aquells aparells estaven connectats amb els botons i mecanismes de sobre i que n'hi havia dos o tres per cada botó, per si de cas.

I després d'explicar-me el seu funcionament va provar d'obrir una porta, la de la bodega i efectivament estava oberta. Una gran sala on es guardaven les maletes es va projectar



davant meu i fins i tot, al final de la sala, hi havia una lona que encara dividia l'avió, es veia gegant.

A continuació, vam pujar al terra de l'avió per sortir i baixar a peu de pista. D'aquesta manera, em va poder explicar cadascun dels elements que es veien exteriorment al fuselatge i les tapes que emmagatzemaven al seu interior.

El més divertit va ser que vaig pujar dins d'un motor, és a dir, el diàmetre del motor a reacció d'aquell avió era més gran que jo, tal com es pot veure a la fotografia de sota.



Em va explicar el funcionament del motor, dels flaps i dels slats, com els reparaven en cas d'avaria... També vaig aprendre que quan el motor no està a prop de l'aeroport, utilitzen un grup electrogen per subministrar energia elèctrica a l'avió i les seves bateries.

Un cop vist tot l'avió per dins, per sota i per fora, com que havíem estat xerrant sobre la nova terminal, em va dur a veure-la, ja que no hi havia estat, encara. El curiós del cas és que hi vam accedir al revés, des de la pista i cap a la zona on la gent ja ha embarcat, és a dir, a la zona de botigues.

Quan ja m'havia fet a la idea de la terminal, vam tornar a agafar el cotxe per anar a veure un altre avió, un Boeing 737, amb la cabina més moderna. Efectivament, tenia més PLC de control i menys aparells analògics.



Allí hi havia els pilots i les hostesses, que xerraven entre ells i també em preguntaven què estudiava. En aquest avió, el Sr. Alibau em va ensenyar els fulls d'avaries de l'avió, com s'expressava el pilot i com responia a l'avaria el



tècnic de manteniment. Evidentment, l'idioma utilitzat és l'anglès. Després ens vam dirigir a la part posterior de l'avió, on hi havia la caixa negra (que en realitat és de color taronja), ja que li havia comentat que mai n'havia vista cap. Ens va seguir un pilot encuriós en veure-la, ja que tampoc

l'havia observada mai.

En baixar de l'avió i despedir-nos de la tripulació, sobre el tren d'aterratge desplegat, hi havia una gran quantitat de tubs i canonades que duïen, per exemple, el sistema hidràulic de l'avió.

Acte seguit, vam anar al centre o taller d'AirEuropa, on un altre noi em va explicar algunes nocions de manteniment i em va ensenyar els registres d'avaries que havien tingut i com s'havien resolt. A Barcelona, AirEuropa només realitza revisions diàries, en canvi a Palma de Mallorca, on tenen la base, efectuen les altres revisions majors i inclús la "gran parada".

I quan ja portàvem més de dues hores examinant avions, em va dur a un altre avió diferent, ja que s'havia d'efectuar la revisió perquè havia acabat d'aterrar i així la podia veure.

L'únic problema que havia anotat el pilot al llibre de l'avió era que un ocell havia impactat amb el vidre del pilot. Aquest senzill problema necessitava més de dotze passos per comprovar que tot l'avió estigués en perfectes condicions, després de netejar l'impacte del vidre. Mentre acompanyava el



Sr. Alibau a efectuar totes les operacions requerides, un senyor introduïa combustible als tancs. Com que una vegada el Sr. Alibau va haver d'anar a desplegar els flaps i jo em vaig quedar a baix, aquest senyor, molt simpàtic, va establir conversa amb mi i em va ensenyar la comprovació d'humitat que li

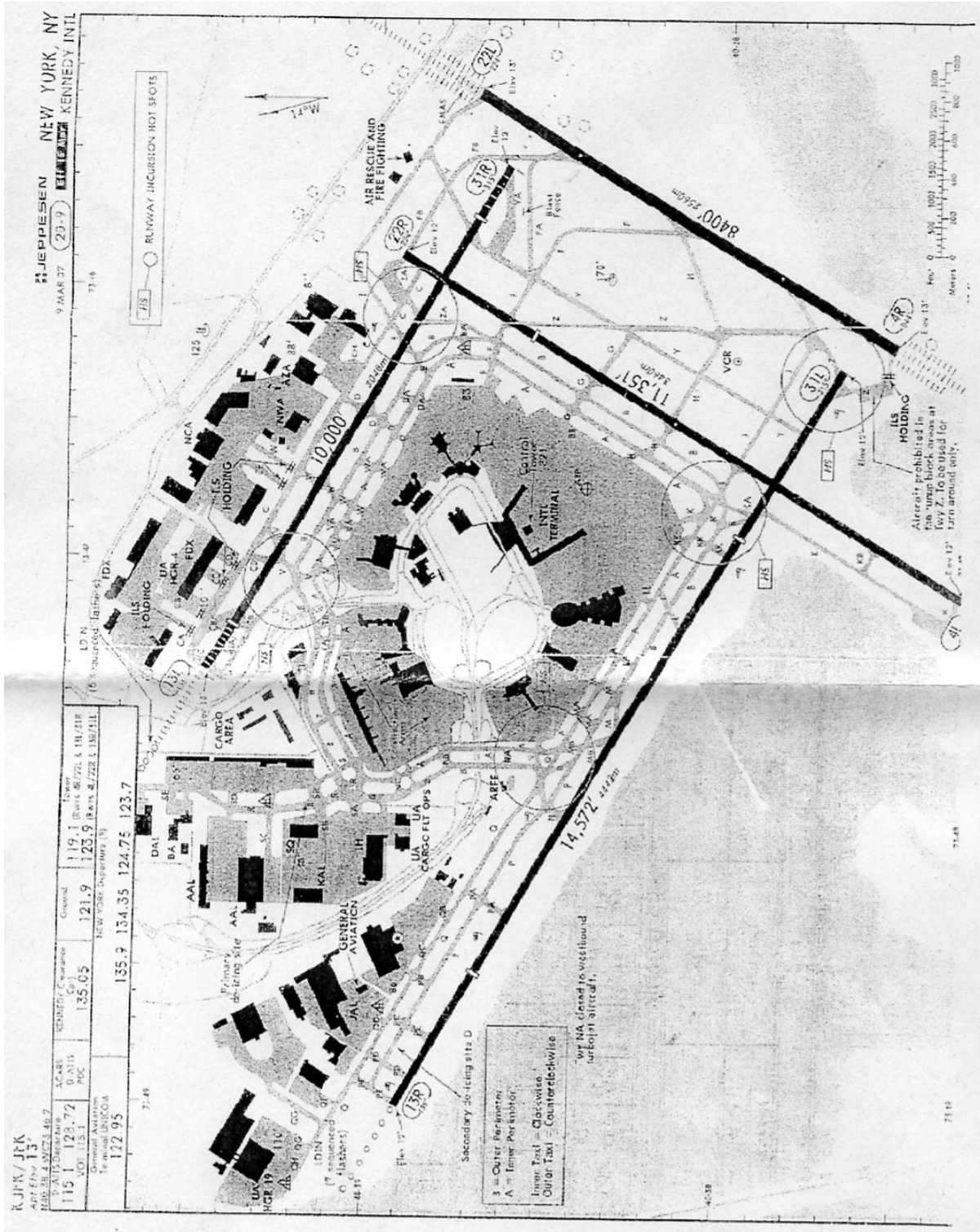
havia aplicat al querosè. Després de bromejar i riure, em va regalar un potet amb les distintives de color d'examinació del combustible.



En acabar la revisió de l'ocell, vam canviar l'oli del motor i després de despedir-me dels companys de treball del Sr. Alibau, em va acompanyar altra vegada al món real, l'aeroport enrajolat on la gent amb maletes busca el seu taulell per facturar.

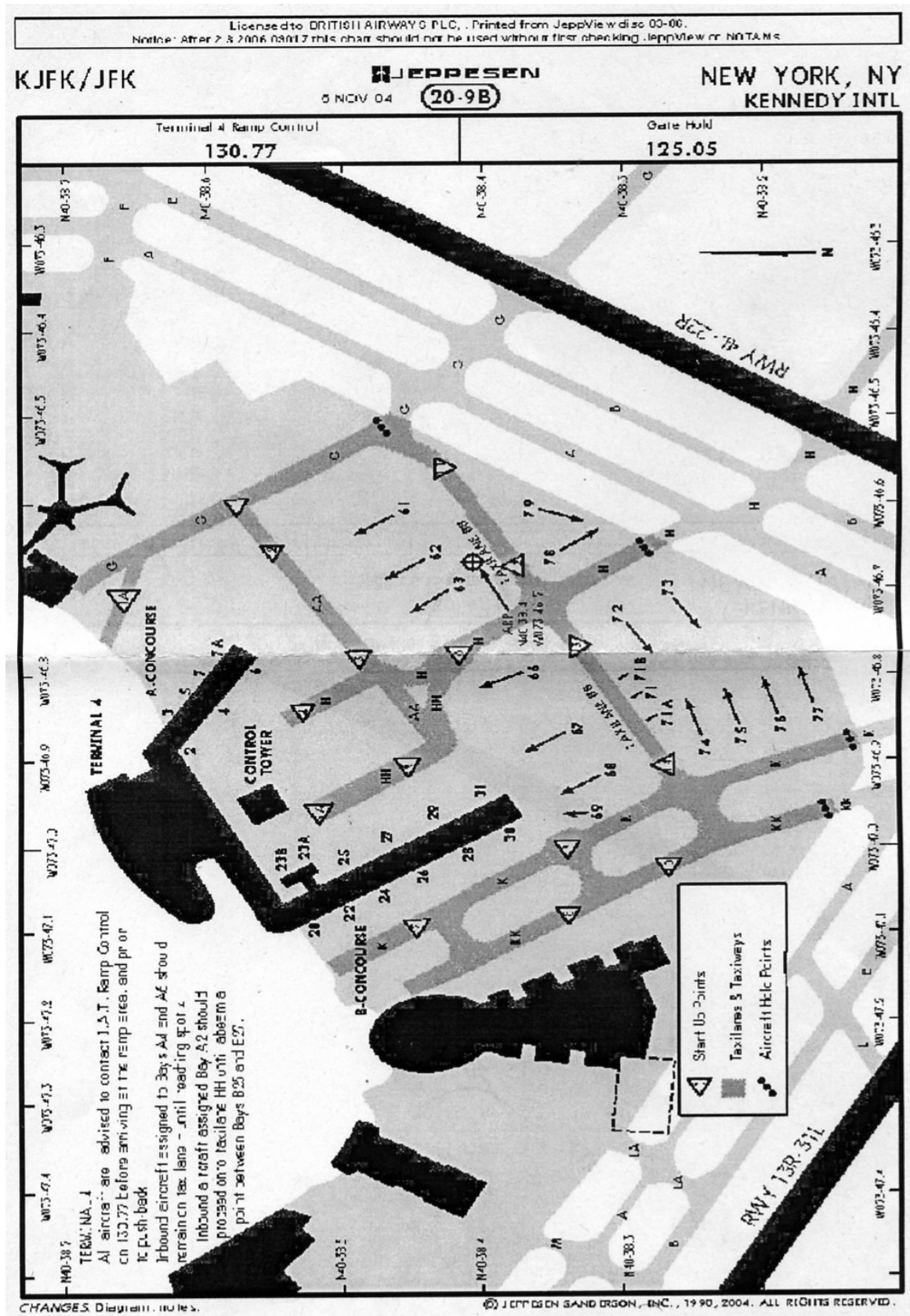
Definitivament, va ser una experiència que de ben segur em costarà molt oblidar.

ANNEX 13



Mapa de pista de l'Aeroport Kennedy INTL de Nova York, NY.

ANNEX 13



Mapa de pista ampliat respecte l'anterior annex de l'Aeroport Kennedy INTL de Nova York, NY.

ANNEX 14

RECULL AUDIOVISUAL