



# Leonardo da Vinci com a enginyer: les seves màquines i invencions

• 6 de juny del 2019 a les 20.00 h  
• Sala d'actes Centre Cultural La Llacuna, Andorra la Vella  
Dins els actes de commemoració dels 500 anys de la mort de Leonardo da Vinci (1452-1519)



## Alan Ward i Koeck

Enginyer en informàtica, doctor en Societat de la informació i del coneixement, professor i cap de la secció Noves Tecnologies de la SAC

## ▲ Currículum

Alan Ward i Koeck és enginyer en informàtica, llicenciat en estudis de l'Àsia oriental, màster en Programari Lliure, bàtxelor en Dret, màster en Fiscalitat i doctor en Societat de la Informació i del Coneixement.

Ha estat professor d'informàtica al centre de batxillerat de l'Escola Andorrana des de la creació d'aquest centre, l'any 1995, i actualment hi ensenya enginyeria. Ha estat professor consultor de l'Escola d'Informàtica i Gestió de la Universitat d'Andorra i de la Universitat Oberta de Catalunya. És vocal de la junta de la Societat Andorrana de Ciències, cap de la secció Noves Tecnologies i ha estat nomenat membre del Consell Andorrà d'Estadística en representació de la SAC.

Els seus àmbits de recerca actuals inclouen la seguretat informàtica i la computació paral·lela, sobretot per les seves aplicacions al càlcul dels efectes del canvi climàtic, així com diferents aspectes de la història d'Andorra. També s'interessa per la cultura dels països de l'Àsia oriental.

Les seves publicacions inclouen:

ALAN WARD *La vinya a Andorra. Les evolucions climàtiques i econòmiques, l'arribada de nous cultius i la transformació de la producció entre els segles XII i XIX*. Amazon, 2017.

ORIOL TRAVESSET, MARC GALABERT, MARC PONS, ALAN WARD "Modelització de les necessitats energètiques d'una família pirinenca a la segona meitat del segle XIX". Tercer Congrés Internacional d'Història dels Pirineus. Andorra la Vella, juny 2017.

ALAN WARD *Andorra davant del canvi climàtic: perspectiva històrica i reptes*. Morabanc: Andorra, 2017.

ALAN WARD "Andorra i els petits estats d'Europa davant dels reptes del comerç electrònic". *Andorra i els petits estats d'Europa*. 28a Diada Andorrana a la Universitat Catalana d'Estiu, Prada de Conflent, Agost 2015.

ALAN WARD; JOSEP JORBA "Planning passive snowdrift reduction on high-altitude roads with lateral obstacles to wind flow" SIRWEC 17th International Road Weather Conference. Andorra, January 2014.

ERIC JOVER; ALAN WARD; ULF BÜNTGEN "Linking long-term temperature variability to population density in Andorra (Central Pyrenees)". *Population and Environment*, October 2012.

ERIC JOVER i COMAS; ALAN WARD; ALAN WARD LEACH "Els Andosins en el context cultural de la 2a Guerra Púnica". *Papers de Recerca Històrica*. Societat Andorrana de Ciències, vol. 6, 2010.

## Introducció

Tot i que el seu nom és àmpliament conegut, resulta gairebé inevitable que el personatge de Leonardo da Vinci se'ns escapi per alguns aspectes. La mera citació de les seves dades biogràfiques –nascut al poble d'Anchiano, a prop de Florència, l'any 1452; mort al castell d'Amboise, a França, l'any 1519– sembla que ens el pugui situar cronològicament dins el nucli del període renaixentista, i geogràficament en ple centre de l'oest del continent europeu. Però aquest resum, de tan simple resulta simplista, i no dona plena justícia a la riquesa del personatge. El Renaixement va ser un període de transició a l'Europa de l'oest: un moment en què el tímid despuntar de la ciència, l'art i la tecnologia de final de l'època medieval es transformava en preparació del període modern. Cada indret, cada societat va progressar al seu propi ritme, amb grans diferències entre regions que àdhuc pertanyien al mateix estat polític. En alguns, les aportacions de regions foranes a l'àmbit pròpiament europeu –com ara les tradicions perses i àrabs, amb la transmissió d'elements del món clàssic grec– donaven un impuls afegit a aquesta transició. Leonardo va tenir la sort de nàixer al nord d'Itàlia, en una societat en què la floració de les arts i el creixement de les ciències podien comptar no només amb els mitjans econòmics d'una classe benestant ben disposada a fer de mecenes, sinó també amb el treball acadèmic d'un fenomen universitari ja ben consolidat. Però, alhora, era un món de ciutats-estats en un estat constant de guerra cruenta entre rivals locals, i que havien de fer front a les pretensions d'estats estrangers. Era el món de Botticelli i de la difusió de la impremta, però també era aquell de Maquiavel.

En aquest context complex, el geni de Da Vinci es manifesta sobretot pel que fa a l'art i a la tècnica. D'altres s'han cuidat del primer; en aquesta exposició ens centrarem en la seva afició per la tecnologia. Tot i que les dues qüestions podien ser del tot compatibles. Pel que fa a la política, semblaria a primera vista que no se n'hagués de preocupar gaire. Ara bé, a la pràctica qualsevol enginyer –com qualsevol artista– requereix els mitjans econòmics i físics que li permetin la realització dels seus projectes. Com veurem, Leonardo sabia avenir-se amb el marc polític en què es movia per tal de poder tirar endavant algunes de les seves idees.

Algunes de les seves invencions dins de l'àmbit tècnic inclouen el precursor de la metralladora (diferents models), botes per caminar sobre l'aigua, l'helicòpter, el paracaigudes, el vestit de submarinista (complet, amb l'*snorkel* corresponent), el carro blindat, el carro armat però no blindat, el robot, màquines de moviment perpetu, la planejadora, l'ornitòpter, el rodament de boles, uns canons colossals, diverses màquines de setge, però també muralles i fortificacions, la ciutat del futur, una estàtua de cavall colossal, el principi del telescopi reflector, l'hodòmetre, i fins i tot un pont sobre la Corna d'Or, a Istanbul... Els seus quaderns, alguns dels quals ens han arribat [1], reflecteixen aquest fet. El miracle és que, a més, va tenir temps de dibuixar i de pintar. Aquesta és tota la dificultat d'un estudi sobre un personatge amb les característiques polifacètiques de Leonardo da Vinci.

Per no allargar excessivament el present treball, ens centrarem en tan sols un exemple de cada àmbit tecnològic en què es va interessar, en un ordre més o menys cronològic. Per cada giny o construcció, començarem per una breu descripció, que acompanyarem posteriorment d'una anàlisi del cas concret seguint els coneixements actuals. En cada cas, la pregunta a què intentarem contestar és saber si era més el costat artístic del geni el que predominava dins la

seva proposta o bé el seu sentit pràctic d'enginyer. El primer àmbit al qual ens aproparem és el propi del pintor i del constructor de mecanismes. Després, passarem a la tecnologia militar, en certa manera propera a l'anterior, així com als problemes pràctics de transport. D'allà, farem un esment del Da Vinci arquitecte. Acabarem amb alguns exemples dels seus treballs sobre els inicis de l'aeronàutica, camp que semblava interessar particularment al nostre personatge.

### El pintor i constructor de mecanismes

El primer punt per tenir present, tractant-se d'un personatge que és conegut sobretot com a artista, és que l'artista del Renaixement no disposava de totes les facilitats que pot tenir el seu homòleg actual. El pintor no podia acudir a la botiga de subministraments per adquirir-hi les pintures, sinó que –per a la majoria– s'havia de confeccionar els colors en persona. De la mateixa manera, l'escultor havia de localitzar les seves pròpies eines i, quan no existien, àdhuc les havia de crear. Així, el procés de creació de l'obra podia tenir uns aspectes més pràctics per a l'artista, que feien confluïr, en certa manera, l'artista amb l'artesà.

Un bon exemple d'aquesta convergència seria, en els quaderns de Leonardo, el fet que apareguin sovint no només esbossos d'obres d'art acabats, sinó també indicacions sobre les tècniques necessàries per a la seva construcció. En alguns casos, fins i tot es detallen mecanismes que serveixen per fabricar eines, com ara el banc automatitzat de fabricació de llimes (figura 1).

Un segon aspecte de la relació entre l'artista que era pintor i el món tecnològic és l'ús de la perspectiva. Avui en dia, estem acostumats a veure l'ús de diverses tècniques de la perspectiva per representar una realitat tridimensional sobre un suport amb tan sols dues dimensions, que podria ser el plànol d'arquitecte sobre paper, o un videojoc en una pantalla d'ordinador. Però es tractava d'una relativa novetat dins la representació pictòrica europea. En l'aspecte pictòric de l'obra de Leonardo, la perspectiva és present en obres com *La Mona Lisa*, *L'últim sopar*, *L'Anunciació* i moltes altres. Però, en l'aspecte més tècnic, que és visible a través dels quaderns d'estudis, es pot observar com el seu domini de la tècnica de la perspectiva li facilitava la comunicació entre ell com a artista i l'operador que li fabricava les peces o les eines necessàries per completar una instal·lació. La tècnica emprada per a la perspectiva era diferent en cada cas –perspectiva cònica per als quadres i cavallera per a les representacions tècniques– però l'objectiu de comunicació d'una realitat tridimensional era comú entre les dues situacions. Una altra qüestió és l'estudi de les proporcions. Activitat típica de l'escultura per assegurar el realisme dins la representació de les parts de cos humà, es coneix a bastament l'anomenat

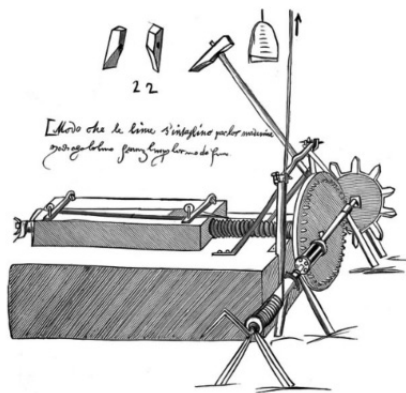


Figura 1: Construcció d'un mecanisme. Font: [2]

*Home de Vitruvi*. En realitat, Leonardo no era el primer a analitzar les proporcions del cos humà, sinó que seguia una llarga tradició que podria haver començat –dins la zona geogràfica mediterrània– amb la civilització egípcia antiga (figura 2).

Aquest estudi de les proporcions anatòmiques de la figura humana té relacions tant amb l'art pictòric i la composició harmoniosa de les escenes com també amb l'arquitectura: l'ús del número auri és conegut per part de Leonardo en tots aquests dominis.

Finalment, cal esmentar que els quaderns de Leonardo estan plens d'estudis d'éssers

vivents. Aquests estudis semblen haver combinat diferents objectius. Un seria el coneixement del món vivent, àmbit en què es troben amb els croquis anatòmics. Però, a més, semblen haver constituït una de les seves fonts d'inspiració per idear diverses màquines i mecanismes. Entre aquests, es poden esmentar especialment els estudis de les ales d'ocell, que es pot relacionar amb alguns dels seus dissenys de màquines voladores, així com els dels cavalls, especialment presents tant pel que fa al disseny d'estàtues com també de mitjans de transport.

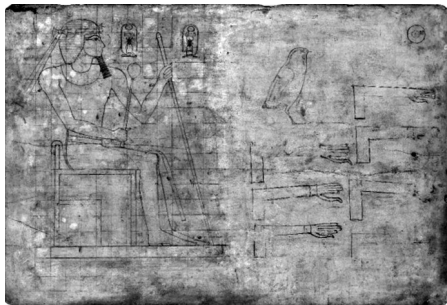


Figura 2: Guia de les proporcions d'una representació humana, sobre placa de fusta. Font: [3]

### La tecnologia militar

Mentre en Leonardo es dedicava sobretot a l'art dins del taller de Verrocchio, a Florència, es podia permetre –fins a cert punt– el luxe de mantenir-se distanciat dels esdeveniments polítics i l'estat general de lluita militar entre ciutats-estat al nord de la península italiana. A partir del moment en què es va traslladar a Milà buscant el patrocini de Ludovico Sforza, però, l'amenaça militar entre ciutats i àdhuc la presència francesa van fer més presents les necessitats bèl·liques del moment. Sembla, sobretot a partir d'aquest moment, que els seus quaderns es comencen a omplir d'esquemes que representen possibles dissenys per a artefactes o mecanismes que tinguin un interès bèl·lic. No tots tenen el mateix nivell de realisme; de fet, alguns ni tan sols es podrien haver construït i emprat amb un cert èxit usant els materials i les tècniques disponibles en la seva època.

Un exemple podria ser l'escafandre, o sistema perquè un nedador pogués submergir-se i progressar dins l'aigua (figura 3). Aquest sistema, proper al popular tub *scuba* del segle xx, sens dubte tindria un interès militar,

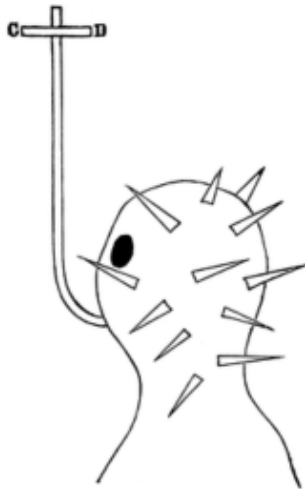


Figura 3: L'escafandre de Leonardo. Font: [2]

per exemple per poder passar una fossa o un riu sense que el nedador fos fàcilment descobert. Ara bé, diferents qüestions no sembla que s'haguessin resolt de manera satisfactòria. Entre altres, es desconeix el sistema de propulsió proposat per Leonardo. Si la persona caminava pel fons de l'aigua, aquest fet ja limitaria considerablement la profunditat màxima a la qual podia progressar. De la mateixa manera, el creixent diferencial de pressió entre el nivell dels pulmons al fons de l'aigua, i la pressió atmosfèrica de la boca del tub a la superfície dificultaria la circulació a poc més de 2-3 metres de profunditat.

Un altre exemple força conegut de la inventiva de Leonardo podria ser l'anomenat carro de combat. Es tracta d'un vehicle amb una protecció circular contra els míssils que circula sobre quatre rodes de fusta. La propulsió estava assegurada –sembla– per quatre homes girant manovelles a l'interior del giny. Podem estimar que aquest giny hauria d'haver pesat entre 3.000 i 5.000 kg, per tal d'oferir un nivell de protecció suficient, no només contra bales de mosqueta, sinó també a alguns obusos de canó. Així, podem tenir certs dubtes tant sobre la potència insuficient dels seus tripulants per fer-lo moure en qualsevol territori que no fos un pla estrictament a nivell, com també sobre la possibilitat que les rodes relativament primes s'enfonsessin dins de camins enfangats o la cobertura herbosa dels camps. En resum: aquest vehicle necessitaria sens dubte un ajut extern per poder-se desplaçar, i tindria una utilitat militar del tot reduïda.

Una tendència que tenia Da Vinci per als seus dissenys era partir d'un model existent però exagerant-ne les dimensions. Aquesta idea ja es manifesta en el model d'estàtua eqüestre que s'havia de realitzar a Milà, i pel qual s'havien reservat 70 tones de bronze. No cal dir que una realització d'aquestes característiques presentava seriosos reptes tècnics, entre els quals podem esmentar els processos de fosa i emmotllat de les peces que havien de constituir l'estàtua, i també el procediment de la seva erecció en el lloc final. No cal dir que, per motius possiblement econòmics i possiblement militar, no es va acabar mai la realització de l'estàtua.

Un altre exemple d'aquest procediment de construcció *a escala* seria la d'una ballesta gegant. Segons podem observar en la seva representació en els quaderns, el giny havia de tenir unes dimensions aproximades d'unes sis llargades d'home: és a dir, uns dotze metres tant de llargada de la fusta com d'amplada de l'arc. Es tractava d'un model que multiplicava per factor mínim de dotze cadascuna de les dimensions de la ballesta militar estàndard de l'època. Malauradament, aquest fet implica que la quantitat de material emprat en la seva construcció, com també el seu pes, augmentaven per 12 a la potència 3, és a dir 1.728 vegades. Hom es pot preguntar sobre els mecanismes pràctics amb els quals s'havia de construir, transportar i àdhuc tensar el giny. També, des del simple punt de vista econòmic i d'estratègia militar, què resultaria més útil: si una única ballesta gegant o bé 1.728 ballestes estàndards.

Finalment, els dissenys de material militar que es troben dins els quaderns de Leonardo i que semblen tenir més possibilitats de ser efectivament realitzats i trobar-hi una utilitat pràctica per a la guerra serien les seves torres de setge. Tot i això, el fet que es puguin fabricar i emprar en la seva època no implica ni que hagin estat una innovació de Leonardo –ja que els romans i molts altres pobles ja disposaven de ginys semblants–, ni tampoc que resultessin excessivament útils en una època en què el canó es coneixia i s'emprava a bastament als camps de batalla d'Europa.

## Problemes pràctics de transport

La majoria dels ginyos relacionats amb el transport que es troben dins els quaderns de Leonardo solen comportar l'ús d'animals com a força motriu. Tot i això, un exemple concret destaca: l'anomenada bicicleta de Leonardo. Ha estat objecte d'estudi en temps moderns, sobretot en relació amb la bicicleta moderna. S'ha representat en un segell de Cuba i fins i tot se n'han fet algunes reconstruccions. Un exemplar forma part d'una col·lecció privada d'aquest país. En comparació amb una bicicleta *estàndard*, alguns punts comuns són l'ús de dues rodes, d'un manillar i d'una cadena per implementar una multiplicació del pas i augmentar així la velocitat del giny. Ara bé, destaca per l'ús de rodes de fusta, típiques del seu temps, però desproveïdes de pneumàtics de cap tipus. Així, podem dubtar a la vegada de la comoditat en condicions de circulació sobre els camins de l'època com també de la seva capacitat de tracció.

També podem esmentar, especialment, el fet que la direcció del vehicle s'efectua, no per rotació de la roda davantera, sinó per un plegat de la barra inferior del quadre. Així, el giny es compon d'un subquadre posterior que comprèn la roda del darrere, el mecanisme de tracció i el seient, i d'un d'anterior amb la roda del davant i el manillar (figura 4).

Podem notar que l'eix del manillar passa a través de la unió entre les dues parts del vehicle. Així, quan el conductor gira el manillar, el moviment es transmet directament a la meitat anterior del vehicle. Ara bé, l'eix de plegat del vehicle no es troba confós amb l'eix de rotació de la roda davant, tal com seria en una bicicleta moderna. Per aquesta raó, quan el conductor imposa el gir a la meitat anterior, la meitat posterior vol seguir la seva trajectòria recta (figura 5) i a la vegada té tendència a fer caure el conjunt del giny cap a l'exterior de la corba.

Aquest fenomen és conegut, avui en dia, en el disseny de sistemes de direcció tant de vehicles automotors com de bicicletes i motos. La distància entre el punt de contacte entre la roda del davant i el terra, i l'eix de gir de la direcció és conegut com a llançament o *caster*. Quan l'eix de gir apunta més endavant del punt de contacte de la roda al terra, la direcció del vehicle tindrà tendència a tornar a la línia recta i el conjunt serà molt més estable en corba. Altrament, si l'eix de gir apunta al darrere del punt de contacte de la roda davantera amb el terra, la direcció tindrà tendència a seguir girant i àdhuc a exagerar el gir, i el vehicle serà molt més difícil de conduir. En el disseny de Da Vinci, l'eix de la direcció és àmpliament posterior a la roda del davant, motiu pel qual podem suposar que fos un vehicle especialment incòmode de guiar en els revolts.

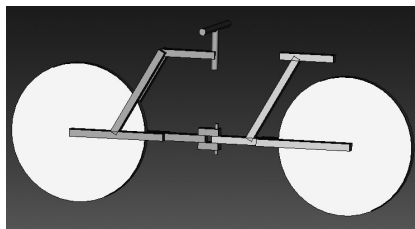


Figura 4: Model funcional de la bicicleta de Leonardo

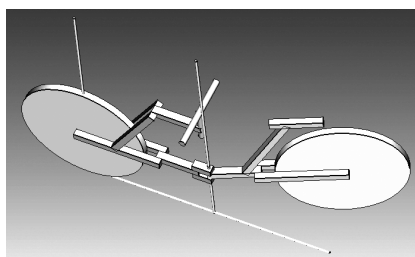


Figura 5: Model de bicicleta de Leonardo, circulant en corba

Finalment, podem comentar l'absència de la biga superior en el quadre segons el model de Leonardo. En una bicicleta moderna, el quadre està format per dos triangles, fet que li confereix una especial resistència als esforços. Concretament, la forca del davant, la biga superior i la peça superior dels triangles del darrere treballen en compressió, mentre que la biga diagonal i les peces inferiors dels triangles del darrere treballen en tensió. En absència de la biga superior, l'inferior haurà de treballar doblement, fet que implica que caldrà dimensionar aquesta peça de manera considerable. A més, el pivot de la direcció rep forces laterals, motiu pel qual la direcció serà especialment difícil de girar. Tots aquests factors fan que l'esquema proposat no fos especialment adaptat per a la seva realització pràctica.

## Arquitectura

Amb algunes poques excepcions, els dissenys d'arquitectura de Leonardo da Vinci no sembla que s'hagin dut a la realitat. La majoria dels esbossos que hom troba dins els seus quaderns tracten d'elements de defensa. En la seva època, els progressos registrats en el camp de l'ús de la pólvora, tant en canons com en armes més lleugeres, havia dut a una reflexió sobre les formes que havien de tenir les fortificacions militars tant pel seu exterior (*glacis* i obertures) com també pels camins de ronda al cim (figura 6). Amb la seva participació, Leonardo sembla que s'ha trobat a mig camí de l'evolució entre les típiques fortificacions dretes d'estil medieval i els recursos arquitectònics més adaptats a les guerres amb armes de foc típiques dels segles posteriors. Possiblement el màxim exponent del desenvolupament de les fortificacions amb forma d'estrella seria Vauban, a final del segle XVII.

A més de les instal·lacions fixes, Da Vinci també ha deixat alguns esquemes en què sembla proposar solucions per a problemes d'arquitectura militar de tipus mòbil. Un dels seus estudis tracta de la qüestió dels ponts temporals que un exèrcit podria necessitar en cas de trobar-se en la situació d'haver de travessar rius o altres accidents del terreny, quan l'enemic els hagués eliminat d'alguna manera les instal·lacions fixes. El material que calia, en aquests casos, hauria de ser a la vegada relativament lleuger per al seu transport, i fàcil de fabricar en quantitat suficient perquè els exèrcits se'n poguessin dotar. A més, caldria que fos àgil d'instal·lar al seu lloc d'ús, possiblement per persones no forçosament gaire qualificades.

Una de les seves solucions resulta especialment enginyosa, ja que combina un element modular que consisteix en una simple biga amb osques a les dues puntes (figura 7).

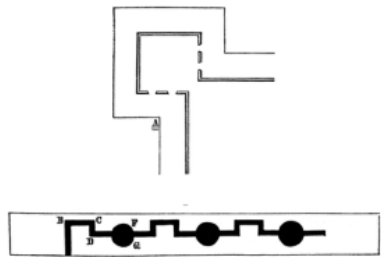


Figura 6: Construcció de defenses. Font: [2]

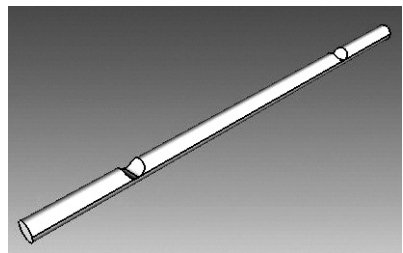


Figura 7: Element modular per a la construcció d'un pont



A partir d'aquest motiu de base, la proposta que es troba en un dels quaderns de Leonardo és la construcció d'elements que combinen tres bigues en forma d'«H», que són fàcilment transportables per l'exèrcit quan es desplaça. En acabat, es poden col·locar de forma imbricada per formar un pont *ad hoc* (figura 8).

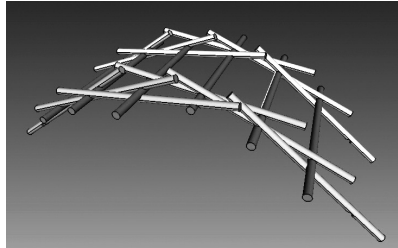


Figura 8: Pont modular seguint un disseny de Leonardo

Les realitzacions modernes de ponts per a trànsit lleuger (essencialment vianants i bicicletes) han permès demostrar el bon funcionament d'aquest esquema. S'ha arribat a comparar amb altres tipus de pont, com ara el Mathematical Bridge de la Universitat de Cambridge. Aquest pont també està format per un entramat de bigues relativament curtes. Tot i això, el seu principi de funcionament és del tot diferent. En la proposta de Leonardo, cada biga treballa sotmesa a un moment de flexió. Per contra, en l'estructura sobre el riu Cam –atribuïda de manera apòcrifa a Isaac Newton– les bigues formen una malla triangular en què treballen al llarg de la biga, sigui en compressió, sigui en tracció.

### Els inicis de l'aeronàutica

Un dels camps que més sembla haver interessat Da Vinci ha estat el de les diferents formes de l'aeronàutica, seguint en això el conegut somni humà de *volar com un ocell*. I, de fet, els seus primers intents en aquest sentit van començar per una observació dels ocells i del funcionament de les seves ales. A partir d'allà, els seus quaderns contenen algun disseny de mecanismes que intenten reproduir la forma i el funcionament de les ales d'ocell, tot i que amb un èxit relatiu a causa de la complexitat (i pes corresponent) dels mitjans mecànics necessaris (figura 9). Un altre factor pot haver estat la seva recerca d'una solució al vol actiu, fent que l'ocupant humà del vehicle aeri el propulsés endavant tot batent les ales, solució que a nosaltres ens sembla clarament impossible a causa de la manca de potència de l'ésser humà: podeu comparar la potència d'una quarantena de cavalls que tenen els avions ultralleugers més petits amb a penes un quart de cavall que pot subministrar el seu ocupant humà. Però els coneixements matemàtics i físics corresponents malauradament no estaven encara a l'abast de la societat de Leonardo.

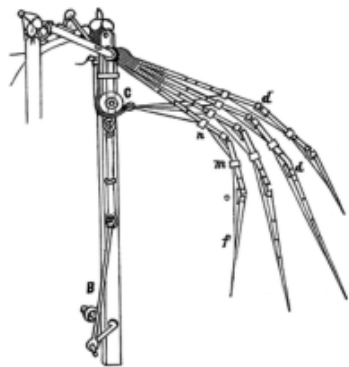


Figura 9: Imitació mecànica d'una ala d'ocell.  
Font: [2]

Alguns dels seus models van ser els ocells i les seves ales. D'altres, però, van ser els ratpenats. Com és sabut, l'estructura òssia de les ales és considerablement diferent entre les dues famílies biològiques.

En el cas dels ocells, els ossos principals –els equivalents de l'húmer i del radi més la ulna



humans– formen una biga que se situa al llarg del conjunt de l'ala, en una posició a aproximadament un terç de la seva amplada. Aquesta disposició és semblant a la de la biga principal en la majoria de les ales d'avions modernes, i passa a través del centre de sustentació de l'ala. Així, els punts d'aplicació de la sustentació i del pes del cos de l'avió són coincidents, i la postura davant-darrere (*capcineig*) del vehicle és estable.

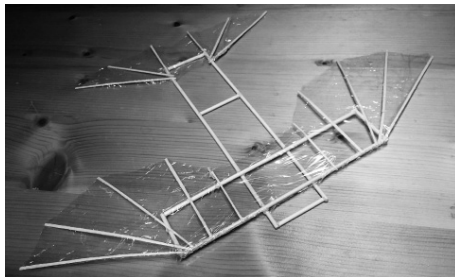


Figura 10: Model d'un planejador, emprant el disseny de l'ala de Leonardo

Per contra, en les ales del ratpenat, els ossos principals es troben més propers a la vora davantera de l'ala (anomenada *caire d'atac*),

mentre que el seu centre de sustentació se segueix trobant a un terç de la seva amplada cap enrere. Així, es formen un parell de forces que tenen tendència a elevar la part darrera de l'ala, i el conjunt de l'animal té tendència a baixar el morro. Per salvar aquesta dificultat, el conjunt de l'ala ha de trobar-se connectat al seu cos més cap endavant del que seria usual en un ocell. Quan Leonardo va escollir l'ala del ratpenat per basar els seus propis dissenys de planejadora –i salvar, així, la dificultat de la manca de potència motriu disponible–, els seus dissenys reflecteixen aquesta disposició de la biga principal, molt propera a la prou de la nau (figura 10). També s'hi reflecteixen d'altres característiques típiques de les ales del ratpenat, com seria l'estructura de les puntes d'ala basada en una sèrie d'elements fins i corbats que s'ancoren en les puntes de la biga principal. En el món animal, aquests elements són, en realitat, els dits dels mamífers que han crescut de manera important per permetre crear una àrea d'ala molt àmplia als extrems de les ales, però sense haver d'allargar els ossos principals amb el consegüent increment del pes.

S'ha pogut comprovar de manera empírica que els dissenys de Leonardo funcionen força bé i permeten el vol planejant. En realitat, els aparells d'Otto Lilienthal que van tenir un èxit relatiu a final del segle XIX no n'estaven gaire allunyats, si bé amb una estructura més complexa i basats en les ales d'un ocell. Tot i això, tant en un cas com en l'altre es pot destacar negativament la feblesa del caire d'atac de les puntes d'ala, molt exposats a possibles xocs, així com al moment de torsió important al qual se sotmet la biga principal.

Un altre disseny que apareix dins els quaderns de Leonardo és el d'un paracaigudes. De forma quadrada i dimensions relativament petites, es tracta en realitat de la reproducció de models que ja s'havien descrit anteriorment: apareixen en diversos manuscrits al llarg del segle XV, amb variants tant rodones com quadrades. S'especula que el seu origen podria haver estat a la Xina, i posteriorment transmesa a través del persa i de l'àrab.

En tot cas, s'espera que Da Vinci no hagi produït i comprovat una versió de mides reals del giny, i sobretot no amb un passatger humà. Efectivament, el disseny que reproduïx té dos defectes principals: una forma que tindria un vol inestable a causa de la manca d'orificis de direcció dins la vela del paracaigudes, i –sobretot– unes dimensions del tot insuficients per alentir de manera considerable la velocitat de caiguda d'una persona.

Per donar alguns elements de comparació, els paracaigudes militars moderns de tipus T-10 (amb vela rodona) tenen una àrea d'uns 117 m<sup>2</sup> i poden frenar la caiguda d'una persona de pes estàndard fins a uns 7 m/s. El nou model T-11 (amb vela quadrada) té una àrea de 150 m<sup>2</sup> i la velocitat de descens estàndard és de tan sols 5,8 m/s. En comparació, el paracaigudes de Leonardo tindria una àrea d'uns 4 m<sup>2</sup>, i una velocitat que podríem qualificar de *terminal* en més d'un sentit i que és d'uns 38 m/s o 136 km/h. Així, contràriament a les ales de planejadora, el paracaigudes de Leonardo no resulta un disseny gaire pràctic.

### **En resum: Leonardo, l'home del Renaixement**

En aquesta breu presentació sobre els dissenys i dibuixos tècnics que apareixen dins els quaderns de Leonardo da Vinci, hem vist alguns exemples de ginyos dissenyats des d'una perspectiva del pintor i constructor de mecanismes curiosos o de lleure. També hem vist algunes aplicacions militars a i per problemes pràctics de transport. No es poden obviar els seus estudis d'arquitectura ni, sobretot, el seu interès per les possibilitats de l'aeronàutica que, al seu moment, encara estaven del tot per descobrir.

Queda clar, d'aquesta manera, que el nostre personatge va mostrar un interès per una gran quantitat de temàtiques, que van anar des de l'art fins a la tècnica, de la investigació científica pura fins a l'aplicada. A més, ho va fer barrejant temes al llarg de les diferents èpoques de la seva vida. Aquesta riquesa, com no podria ser altrament, fa difícil o il·lusori establir una cronologia o fil conductor clar del personatge.

Un element que queda clar, però, és la seva tendència a combinar el disseny tecnològic amb l'estudi del món natural; a la vegada feia recerca, i s'inspirava en el que veia per dissenyar solucions pràctiques a problemes concrets. Leonardo defuig clarament qualsevol voluntat de delimitar clarament cadascun dels àmbits de la seva intervenció.

Amb tot, cal ser curiosos a l'hora de criticar la seva obra. Les fonts que ens queden tenen una naturalesa molt específica: són breus apunts que incideixen en qüestions molt puntuals. Tenen la finalitat que els correspon. De cap manera es poden considerar descripcions de projectes acabats o de productes en la seva forma final.

Malauradament, això ens ha de portar a una reflexió final: avui en dia, en realitat disposem de molt poques obres acabades de Leonardo. Es poden resumir en alguna pintura, i algun projecte arquitectural com seria la famosa escala en doble hèlix del castell de Chambord. Sens dubte, la tecnologia dels materials i els altres coneixements científics de la seva època no eren suficients per permetre la realització pràctica de moltes de les seves idees. En definitiva, pot ser el signe d'un gran home, amb una reflexió massa avançada pel moment en què va viure.

### **Algunes referències**

[1] The British Library. *Turning the Pages: Leonardo's notebook*. (Arundel Manuscript). 1508 URL: <http://www.bl.uk/turning-the-pages/?id=cb4c06b9-02f4-49af-80ce-540836464a46&type=book> (Data de consulta: 26.04.2019)

[2] GROTHE, H. *Leonardo da Vinci als Ingenieur und Philosoph. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik und der induktiven Wissenschaften*. Nicolaische Verlags-Buchhandlung: Berlin, 1874.

[3] The British Library. *Collection online: Wooden drawing board, Egypt, Thebes, 18th Dynasty*. URL: [https://www.britishmuseum.org/research/collection\\_online/collection\\_object\\_details.aspx?searchText=wooden%20drawing%20board&ILINK134484,assetId=996453001&objectId=118198&partId=1](https://www.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?searchText=wooden%20drawing%20board&ILINK134484,assetId=996453001&objectId=118198&partId=1) (Data de consulta: 12.05.2019)