

# Aprenent de l'eficiència estructural

Albert Albareda i Valls

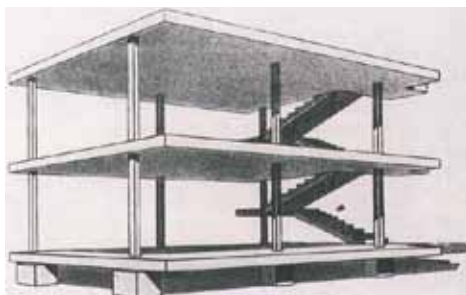
Aquests darrers anys, l'arquitectura ha fet seves les noves possibilitats tecnològiques dels materials; i la implementació de potentíssimes eines de càlcul ha permès realitzar projectes que, fa només cinquanta anys, haurien estat una vertadera utopia. El camí iniciat per Le Corbusier amb la introducció de la planta lliure a base de pilotes ha acabat aquesta darrera dècada amb el convenciment i la percepció que res ja no és impossible, i ha convertit la gravetat en només una lleugera trava per a les propostes més trencadores. Ens hem oblidat per complet que el progrés, per sobre de tot, ha de ser sostenible. Sostenible des d'un punt de vista material, però també des d'un punt de vista econòmic.

El món de les idees s'ha desvinculat totalment del món tecnològic. És a dir, quan Le Corbusier plantejava la planta lliure era perquè ja s'estava utilitzant el formigó armat com a material estructural; per tant, la implementació d'aquesta tecnologia al disseny arquitectònic, va ser una aportació ferma i sense precedents perquè ho va fer amb coneixement de causa i proposant una nova tipologia fins a les seves últimes conseqüències. Aquest procés és el que ha faltat en les arquitectures icòniques dels darrers temps; els projectistes han plantejat reiteradament desafiaments tècnics que no saben com ni amb quin cost s'haurien de resoldre. És evident que en arquitectura el fet conceptual ha d'anar sempre un pas per endavant del fet constructiu, però hi ha quelcom que segur que no contribueix al seu progrés, i aquest quelcom és una absoluta desvinculació mútua.

En aquest sentit, grans arquitectes han destacat de forma positiva gràcies, precisament, als seus plantejaments argumentats des d'un punt de vista tectònic i a un profund coneixement tècnic de les seves solucions constructives. És el cas, entre d'altres, de Sir Norman Foster o de Richard Rogers: els seus projectes s'han estat

plantejant constantment des del prisma de la millora de les idees i dels espais a base de la implementació de conceptes estructurals fonamentals o d'estudiar profundament solucions tecnològiques concretes. Aquesta manera de projectar pot ser que esdevingui, a dia d'avui, la més pròxima a les exigències del món present i immediatament futur.

La desvinculació entre les solucions tecnològiques i les projectuals s'ha vist accentuada per una despreocupació generalitzada i històrica de l'arquitectura pel rendiment i l'eficiència de les seves propostes. És cert que, en el fet de projectar, s'hi sumen multitud de responsabilitats: formal, funcional, econòmica, etc. Però és precisament per aquest motiu que el disseny no hauria mai de posar-se d'esquena a tots aquells móns especialitzats que poden contribuir activament a millorar-lo i, en certa mesura, a posicionar-lo per assolir els seus ob-



Maison Domino de Le Corbusier

jectius. Els arquitectes no podem controlar tot allò que impliquen els nostres edificis i, lluny d'obviar-ne el seu funcionament, la nostra tasca, veritablement difícil, hauria de ser la de fer possible que totes aquestes solucions acabessin conformant espais cada dia més òptims, estèticament i funcional.

Cal recordar que a Le Corbusier li fascinava el món aeronàutic, admirava els vaixells i aprenia en general de tot allò vinculat a la tecnolo-

gia del transport. Va descobrir que els dissenys industrials eren perfectes perquè obeïen a uns requeriments estrictament funcionals. En el disseny d'una aeronau res és superflu, qualsevol de les seves parts està pensada i optimitzada perquè tot el seu conjunt respongui a unes determinades necessitats i que, per sobre de tot, funcioni. L'arquitectura, lluny de només respondre a necessitats funcionals, té l'obligació de respondre a requeriments formals, socials i del seu entorn; Le Corbusier, malgrat tot, sent atracció pels avions i així ho reflecteix en el seu llibre, *Aircraft*.

Sembla que aquests criteris de funcionalitat i de racionalitat que va introduir amb força el moviment modern s'han relativitzat, com deia, en els darrers temps. L'arquitectura es troba avui en dia a la prehistòria d'altres disciplines que, com a conseqüència de veure's pressionades per multitud de requeriments funcionals i econòmics fortament exigents, han liderat el camí de l'optimització formal, estructural i propositiva.

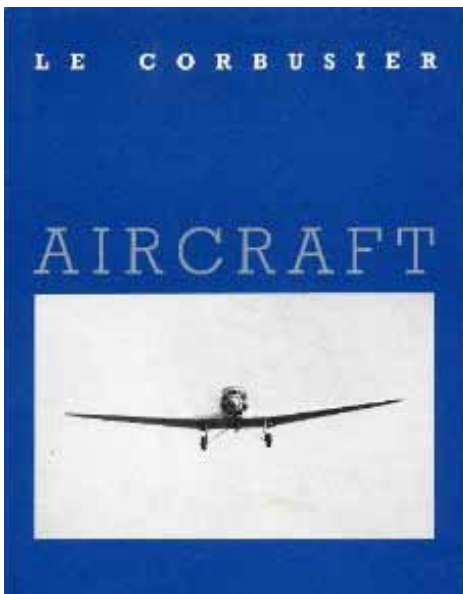
Certament, el món aeronàutic és el punt de mira d'aquest procés. Com pot ser que sigui possible construir avions sotmesos a estats de càrregues terriblement complexos i variables, amb solucions estructurals deu vegades més lleugeres que amb les que s'estan construint la

majoria dels edificis actuals? Una de les causes d'aquest fenomen és, sense cap dubte, les garanties de construcció de què disposa cadascuna de les disciplines. Mentre la indústria aeronàutica pot concebre els seus avions en tallers mecanitzats i amb una forta especialització de les parts implicades, en la construcció d'edificis es parteix d'unes garanties molt baixes; això contribueix notablement a assumir, en el disseny, solucions constructives i estructurals deficitàries econòmicament i ambiental.

En l'arquitectura encara no hem canviat de xip des de les propostes de Le Corbusier; mentre el món avança imparable cap a noves solucions i nous conceptes cada cop més òptims, encara s'estan plantejant de forma rutinària estructures desvinculades dels tancaments, tot duplicant les prestacions resistents de molts edificis. Fixem-nos, si no, en com resol la indústria aeronàutica les seves estructures per una qüestió ni més ni menys que d'èstricta necessitat funcional: els esforços que ha de resistir un avió els assumeix el conjunt del seu fusellatge. És a dir, en el procés de disseny es realitza l'admirable esforç de considerar tots i cadascun dels elements per a la seva resposta estructural conjunta.

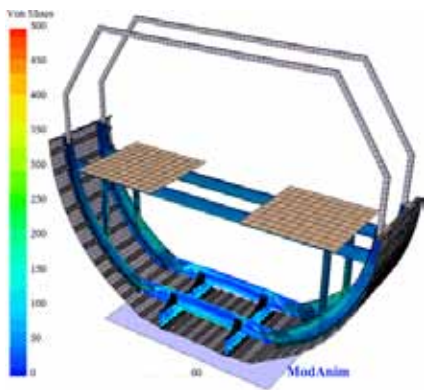
El fusellatge de les aeronaus es construeix a base d'una retícula de barres de geometria

*Aircraft*, de Le Corbusier

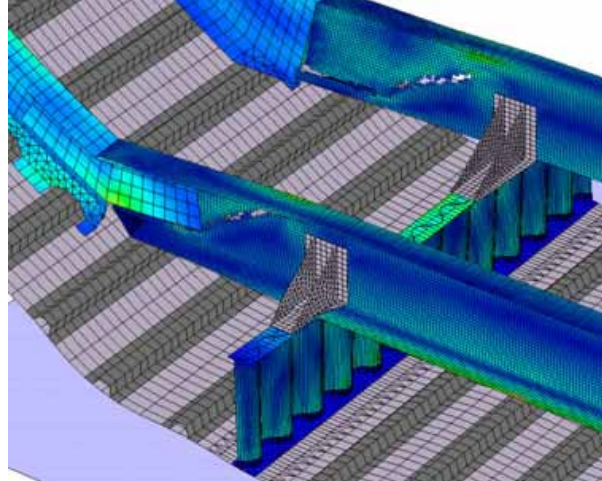


Estructura del fusellatge d'un Airbus





Anàlisi en elements finits del fusellatge

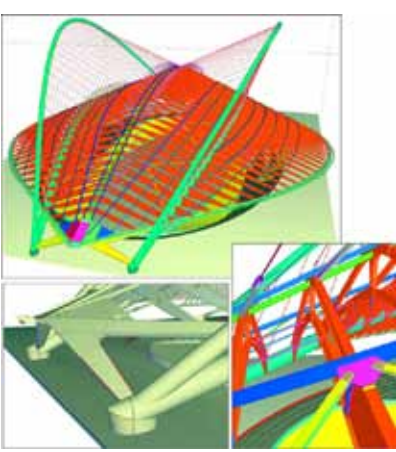


cilíndrica constituïda per aliatges metàl·lics lleugers, a la qual s'hi cargolen planxes de *composites* (materials compostos). Tot el conjunt treballa de forma solidària per suportar adequadament les sol·licitacions màximes a les quals està sotmès l'aparell.

Fins i tot l'última xapa de tancament col·labora en la resposta estructural del conjunt. Això permet de reduir considerablement el pes de l'aeronau i de rendibilitzar la totalitat del material que s'utilitza. Lògicament, aquest fet només és possible gràcies a un gran control i a una especialització estratificada en la seva construcció, però també gràcies a un disseny plenament integrat amb una comprovació estructural globalitzada. Existeixen en l'actualitat multitud de marques comercials que ofereixen recursos informàtics de modelització amb elements finits que permeten analitzar de forma molt real el comportament d'una estructura. Cada cop més, aquests recursos deixen de ser eines habituals de reduïts grups elitistes industrials per estendre's en un món professional, cada vegada més especialitzat. Malgrat que aquest camí ja s'ha iniciat gràcies a la millora constant del *hardware* disponible, és veritat que avança més ràpid l'oferta tecnològica que la pròpia mentalitat del sector. D'aquesta manera, s'opta reiteradament per uns dissenys arquitectònics que veritablement són únics per a cada cas, però que resulten molt cars i ineficients perquè no s'hi han destinat els medis i el pressupost suficients per a optimitzar-ne el funcionament.

La resposta a aquesta qüestió sembla òbvia: es tracta d'un problema de quantitat. El disseny d'un model aeronàutic pot optimitzar-se fins a les últimes conseqüències, perquè es repetirà moltes vegades en un procés industrial. En canvi en el millor dels casos, un edifici només es construirà una vegada en un sol emplaçament. És veritat. Podran, però, ser competitius en el futur dissenys arquitectònics únics –però poc eficients– per a tots i cadascun dels solars del món? En l'arquitectura, en aquest sentit, li queda molt camí per recórrer i, malgrat ubicar-se sempre en l'avantguarda conceptual, pot ser que arribi un moment en què sigui víctima d'una forta auditoria tecnològica per tal d'adequar-se a les exigències medioambientals i socials d'un futur imminent.

Múltiples cases comercials ofereixen aplicacions informàtiques com *Etabs* o *Ansys*, que ja permeten aproximar-se amb gran fidelitat a la complexitat real de resposta d'una estructura, i en considera el seu funcionament global. Són aplicacions que requereixen, òbviament, coneixements estructurals avançats i maquinària informàtica de certa potencialitat. Amb aquests programes és possible, entre moltes altres prestacions, la comprovació estructural d'elements laminars i contactes entre superfícies, fet que augmenta moltíssim el potencial resistent de determinades solucions. És simplement curiós de comprovar que, disposant d'aquestes eines tan increïblement potents, el disseny arquitectònic –o en el seu defecte, el món de la construcció– no hagi pres encara prou consciència



Modelització del velòdrom olímpic d'Atenes  
Màxima resposta estructural de cada element. Santiago Calatrava

de quin seria l'impacte d'optimitzar l'eficiència de determinats dissenys constructius. La qüestió és que aquest fet ja es té en consideració per a grans edificis, on els requeriments funcionals –en aquest cas, reduir per exemple el pes– adquireixen una importància vital. Pensem, entre d'altres, en el disseny de determinades cobertes per a llums enormes.

El cas és que aquest procés només s'aplica –per estricta necessitat– en aquells projectes de ressò internacional que, malgrat tenir molt impacte, ocupen només un petit percentatge de la totalitat.

També és cert que aquestes modelitzacions globals poden resultar sovint inoperatives per a edificis de petites dimensions, fet que provoca la consideració de solucions estructurals concebudes amb elements totalment prefabricats.

Existeix una queixa permanent instaurada en l'opinió pública i fonamentada en la mala praxis recurrent que es produeix en el disseny i el fet constructiu; no sempre infundada, aquesta queixa es justificaria fonamentalment pel profund desconeixement que existeix envers els beneficis d'un disseny pensat bàsicament en termes d'eficiència. El món de la construcció està –encara a dia d'avui– molt arrelat a uns costums i vicis inercials que costen molt de superar; i els arquitectes, lluny de ser considerats com una peça clau en la determinació d'un disseny equilibrat entre funcionalitat, estètica i cost, som vistos com uns agents maníacs que imposen els seus valors estètics i que no aporten cap més valor afegit als seus projectes que el pròpiament artístic.

La realitat és que l'arquitectura està superaditada a un emplaçament i, mentre que cada edifici sigui únic –fet que la converteix també en una gran riquesa cultural dels pobles– es requerirà de molts més medis per optimitzar-ne tecnològicament el disseny. Lluny d'arribar a la perfecció del món automobilístic o aeronàutic, on els productes que surten al mercat són literalment impecables, el disseny arquitectònic es veurà obligat a descobrir una fórmula ajustada que li permeti d'oferir també millors productes (edificis), disposant de molts menys recursos tècnics i econòmics. Tot un vertader repte per a les properes dècades. Existeixen ja algunes propostes en aquesta direcció; parlo, per exemple de *Compact Habit*, una empresa catalana que ha apostat per dissenyar un prototipus industrial de mòdul d'habitatge i fabricar-lo repetidament. Un mòdul que ofereix certes garanties i que pot adaptar-se i agrupar-se en funció de l'emplaçament. En aquest sentit, *Compact Habit* és una possible visió d'allò que podria ser la futura racionalització del fet constructiu en arquitectura.

És, amb aquest mateix ideal, que han aparegut també multitud d'empreses d'arreu que apunten a solucions concretes per a un nou tipus de construcció d'impacte molt més sospesat. És el cas de *Deluxe Building Systems*, una corporació que ha llençat al mercat un sistema constructiu global a base de perfileries metàl·liques i panells, molt més pròxim precisament al món aeronàutic que als sistemes als quals estem habitualment acostumats. Aquesta proposta pretén resoldre tant els elements de

sustentació verticals, com també els horitzontals, i optimitzar al màxim les seves prestacions resistents.

Sense que aquesta solució aportí unes majors prestacions o confort a les solucions convencionals, sí que és veritat que en redueix considerablement el pes i, en conseqüència, n'augmenta el rendiment. En aquest tipus de seccions constructives, res sembla ser redundat; tot adquireix, a més de la pròpia funció, algun altre valor afegit que ho justifica. Encara que totes aquestes solucions en concret puguin presentar moltes deficiències –per altra banda, legítimes–, és veritat que apunten a un nou concepte constructiu estructural molt més integrat. Un sistema concebut també per a una major industrialització. I no oblidem que en moltes àrees de nou creixement s'està apostant fort per nous mètodes d'estructures en sec, com en l'*Ark Hotel*, a la República Popular xinesa, en el qual es van elevar 15 plantes en 24 hores.

Malgrat tot, sembla com si aquesta desvinculació entre el disseny i la tècnica que apuntava abans sigui un problema més propi del nostre passat més recent que no pas de principis de segle. És fascinant de comprovar com moltes de les solucions estructurals proposades antigament, dins les seves possibilitats materials i tecnològiques, consideraven una major optimització dels recursos. Fent una analogia amb les estructures aeronàutiques, on es contempla la contribució estructural de tots els seus elements, en els forjats antics de revoltó

sense capa de compressió que es construïen a principis de segle moltes vegades el paviment contribuïa activament en la resistència global del forjat. Sovint no es pot retirar el paviment d'edificis en rehabilitació pel veritable temor que s'esfondri el forjat existent. Sembla doncs estrany com aquells projectistes, sense cap més medi que la seva pròpia experiència, podien afinar tant en els seus dissenys que han perdurat fins a dia d'avui. Potser hauríem de pensar que aquelles solucions s'acostaven més que les actuals a la idea d'optimització a la qual ens hem estat referint.

No existia cap instrument de modelització, tampoc els elements finits. No existien els materials de què disposem avui, ni els controls de qualitat que s'estan realitzant. I malgrat tot, es considerava un model més global que l'actual per a la resposta final del disseny arquitectònic; els murs desenvolupaven la funció de tancament i de suport, el paviment treballava moltes vegades activament amb el forjat... I a dia d'avui, ens trobem que la majoria d'edificis tenen aquestes tasques totalment segregades per sistemes independents entre ells amb l'excusa de millorar les prestacions i el confort dels edificis. El fet és que considerar un disseny global amb els materials i els requeriments actuals suposaria un esforç projectual enorme per al qual, malgrat haver-hi tots els medis i coneixements disponibles, no hi ha consciència social ni mentalitat per a destinar-hi els medis necessaris. Ni els promotors dels projectes ni els propis arquitectes estan preparats per assumir aquesta possibilitat, però potser seran les pròpies exigències de l'entorn que convertiran solucions com *Compact Habit* en quelcom de més exitós del que sembla a dia d'avui.



Solució constructiva  
Deluxe Building  
Systems

Solució de forjat  
sense capa de  
compressió

