

# AERODINAMIKOAK ETA ZENBAKIZKOAK

---

---

*XX. mendean hegazkingintzaren sorrera eta garapena bizi izan ditugu. Hemendik aurrera hegazkinei eskatuko zaizkien prestazioak gero eta handiagoak izango direnez, diseinuak berebiziko garrantzia du. Probak egiteko biderik onena orain arte, saiakuntza praktikoak egitea izan da, baina saiakuntzatan errealitatetik hurbilen egoteko, probatoki egokiak eraiki behar dira eta hori oso garestia da.*

---

---



Pertsonak hegan egiteko ametsa aspaldikoa da.

**O**rain dela hogeitabost urte prototipo baten lehen hegaldia abentura suertatzen zen, baina gaur egun aire-konpainiek hegazkinak egin aurretik erosten dituzte. Ordenadoreen

izango liratekeen superordenadoreak erabiltzea.

Lehenengo bidearen adibide Koloniako proba-tunela da. Tunel honen helburua erregimen transonikoa aztertzea da, hau da, hegaz-

dela). Abiadura hau teknikoki adierazita, Mach-en 0,9 zenbakiari dagokio (Mach-en zenbakia, hegazkinaren abiaduraren eta soinuaren abiaduraren arteko zatidura da). Abiadura transonikoetan gertatzen

**Ordenadorez, misilaren azalean egongo diren presioak simulatzen dira. Urdin ilunetik urdin argi, hori eta gorriraino presioa gero eta handiagoa da.**

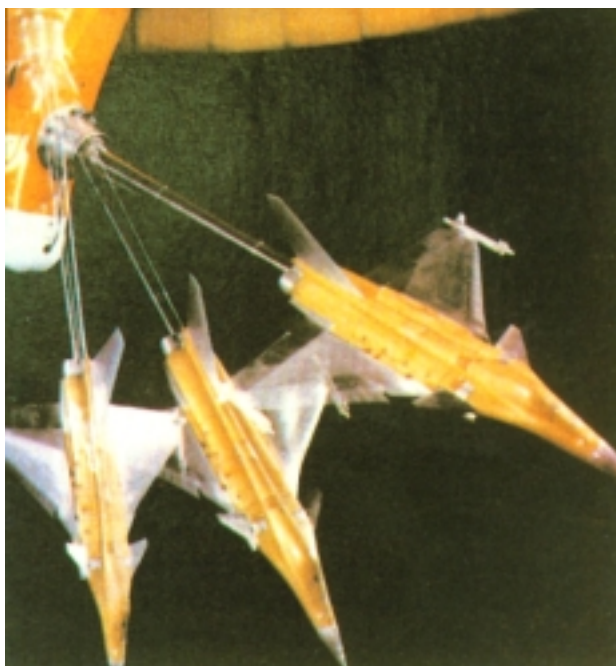


aurrerapenari esker, injineruek hegazkinak hegaldian izango duten portaera gero eta hobeto kalkulatu eta aurrikus dezakete. Horretarako, abioiaren inguruan gertatzen diren aire-higidurazko fenomeno konplexuak, fluidoaren mekanikako espezialistek landutako metodoen bidez aztertzen dira. Azterketa-mota hauek oraindik erabat fidagarriak ez badira ere, gero eta gehiago erabiltzen ari dira. Inoiz kalkuluek saiakuntza ordezkatuko al dute?

Bi bide aurrikusten dira: batetik, tamaina eta presazio handiko tunelak, garestiak noski, egitea, eta bestetik *zenbakizko tunelak*

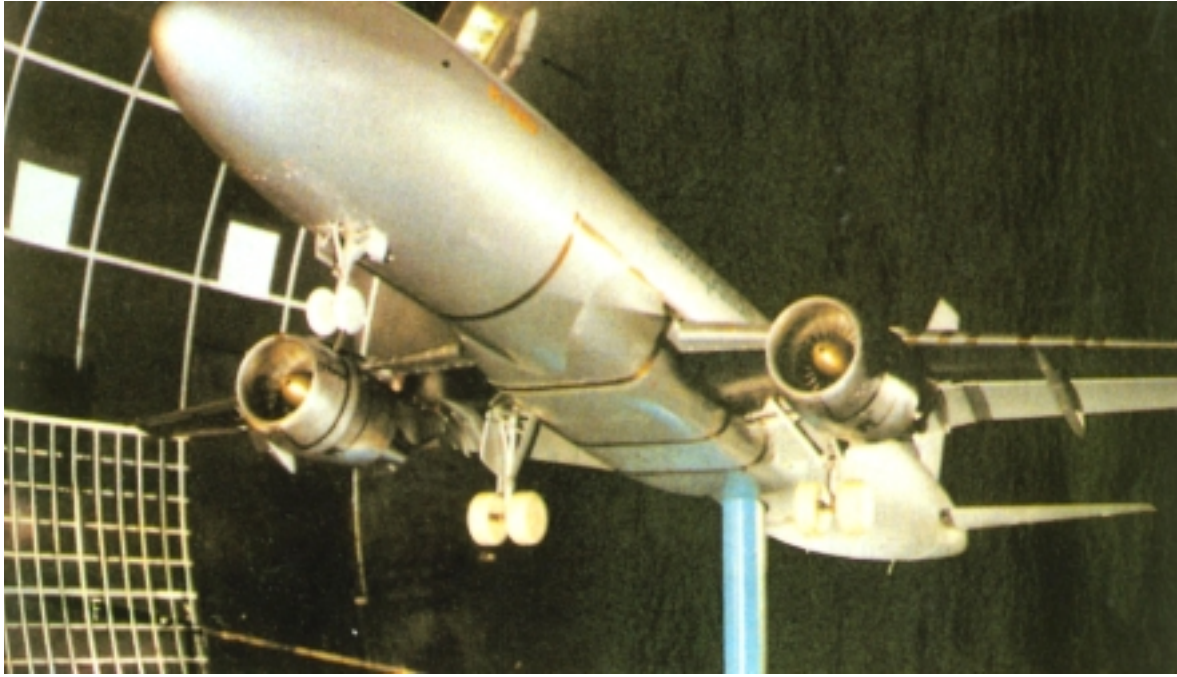
kinaren abiadura soinuaren antzekoa denekoa (kontutan hartu garraio-hegazkinaren abiadura mila kilometro ordukoa izatea komeni

diren fenomeno fisikoak konplexuak dira eta, beraz, ahalik eta ondoen adieraztea komeni da. Fluxu aerodinamikoak adierazteko, bi parametro kontutan hartu behar dira: Mach-en zenbakia eta Reynolds-en zenbakia. Parametro hauek ahalik eta ondoen simulatu behar dira tunelean. Mach-zenbakia ongi simulatzen da airea behar den abiaduran injektatuz. Ohera, Reynolds-en zenbakia ez da hain erraz simulatzen (Reynolds-en zenbakia inertzi indarren eta biskositate-indarren arteko zatidura bezala defini daiteke). Reynolds-en zenbakia maketaren tamainaren araberakoa da. Maketa, hegazkin erreala baino txikiagoa denez, injineruek



**Rafale izeneko abioi militarren maketa tunelean hiru posiziotan probatzen.**





Abioaren maketa proba-tunelean. Euskarri gainean finko dago, lurrartze-trena kanpoan duelarik.

estrapolatu egin behar izaten dute eta estrapolazio horiek batzuetan ez dira zuzenak izaten. Zenbaki hau simulatzeko soluzioak bilatu behar dira. Horietako bat tenperatura txikiagotzea izaten da. Koloniako tunelean, airearen ordez nitrogenoa erabiliko da fluido gisa. Nitrogenoa  $-180^{\circ}\text{C}$ -raino hoztu daitekeenez, Reynolds-en zenbakia simulatzeko egokia izan daiteke. Baina 1994. urtean, tunela martxan jarriko den urtean hain zuzen ere, agian zaharkitua gera daiteke, zeren eta hurrengo urteetan superordenadoreen eboluzioa izugarria izan baitaiteke.

Zenbait ikerlariren eritziz, kalkuluak tuneletan egin ezin daitezkeen simulazioak ordezka ditzake eta espaziumtzen diseinuan behar izango dituzten simulazioen epe eta kostuak murriz ditzake. Bestalde, hegazkin-eredu berriek probaldia izaten dute. Zenbat eta prestazio hobekatu, gero eta probaldi luzeagoa behar izaten da. Hortaz, estrapolazio baten arabera, 2000. urtean lehen hegalaldia egin beharko lukeen

ibilgailu aeroespazial baten probaldia tuneletan berrogeitamar urtekoa izango litzateke.

Zifra hau ikusita, beste bide batzuk aztertu ahal izatea ez da batere harrigarria. Kalkuluzko simulazioen aldekoek, ordenadoreek izan-

esponentziala izan da eta aurrerantzean joera bera mantenduko dela aurrikus daiteke. Gainera, potentzi hazkundearekin batera prezioak jaitsi egin dira. Ordenadoreen prezio-igoera, beren potentziarena baino apalagoa izan da. Beraz kal-



Lineako abioien eskea bere ezaugarrien araberakoa izan ohi da. Garrantzitsua da, beraz, fabrikatu aurretik simulazioak egitea. Irudian Airbus europarra muntai fasean

dako potentzi hazkundera dela eta, bide honen aldeko argudioak adierazi dituzte. Ordenadore handien kalkulu-abiaduraren eta memoria nagusiaren ahalmenaren hazkundera

kuluaren kostua txikiagotuz doa denbora igaro ahala.

Kalkulu bidezko simulazioa bi zati garrantzitsuz osaturik dago, hots, hardwareaz eta softwareaz.



Albatrosa lurreratu gabe 15.000 kilometro egiteko hornitu du naturak.



AGV edo Abiadura Hegazkin hau ere, 15.000 km Mach 5-eko abiaduraz egiteko gauza izango da aurki. Hori baino lehen proba ugari pasatuko ditu tuneletan.



Orain arte hardwareari buruz aritu garenez, ondoren softwareari buruz arituko gara. Teorian, edozein gorputzen inguruko airearen higidura, fluidoaren mekanikaren ekuazioak ebatziz ezagutu daitezke. Baina, sistema honen bidez eta ekuazioen zailtasuna kontutan hartuz, emaitza batera iritsi daitezkeen ordenadorerik ez dago. Beraz, ekuazio kor-

baldintzek, turbulenti egoera nekez azaltzen dute. Hortaz, zenbait lekutan bide mistoak jorratzearen alde azaldu dira, hau da, tunel aerodinamikoetan zenbakizko metodoak aplikatzearen alde. NASA adibidez, horren alde dago. Zuzendaritzako kide batek hauxe zioen: *Iparramerikarren oraingo eta geroako proiektu aeroespazialek tune-*

egin dute. Tunel hauetan erabiliko diren teknologiak berriak izango dira. Garai batean abiadura neurtzeko erabiltzen ziren gailu mekanikoek fluxua aldatzen zuten. Osera, laserrean oinarritutako metodo optiko batek abiaduraren osagaiak bi edo hiru norabideetan eman ditzake, aire-fluxuari eragin gabe. Laserrean oinarritutako beste

metodo batez, hegalean atzean gertatzen diren zurrunbiloak edo propulsiotegien atzeko fluxua ikus daitezke. Tunelako hornen itxurak ere garrantzi handia du. Mach-en zenbakia 1en ingurukoa denean, maketak emititutako talka-uhinak hormetan isladatu eta itzuli egiten dira. Beraz, hori gerta ez dadin hormak itxura berezia izan beharko du.

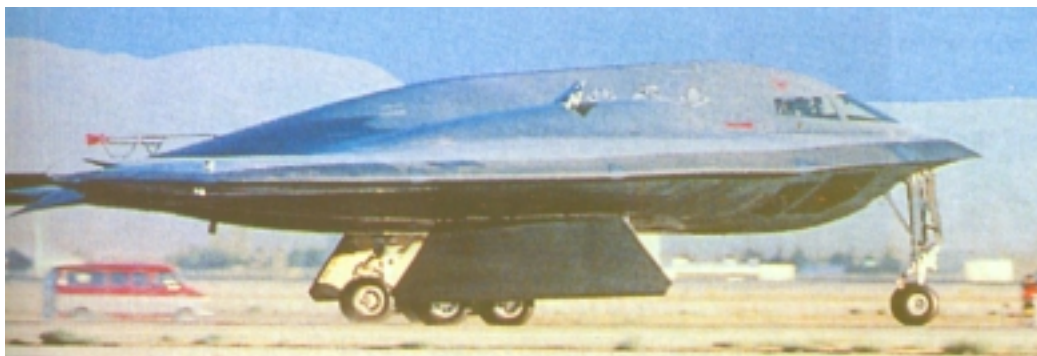
Maketa euskarri batez sostengatzen denez, euskarri horrek fluidoaren higidurari

eragin diezaike. Eragin hori ezabatzeke euskarria kendu egin behar da eta beste sostengu batzuk aurkitu. Euskarri-mota horiek eremu magnetikoen bidez lortzen dira.

Baina, tunel berriak superordenadorek kontrolatzen badituzte, tunel aerodinamikoak zenbakizko tunel bihurtuko dira. Beraz, saiakuntza praktikoak eta ordenadoreak elkarturik eskaintzen dira aukera onenak.



**B-2 hegazkin detektaezina. Diseinuz eta materialez aurreratuena da arlo militarrean.**



pilotsu horiek datu-basez ordezkatzen dira. Datu-baseak aurretik bildutako esperientzian oinarritzen dira; baina bide hau orain dela gutxi arte ezin erabili izan da; alde batetik nahikoa esperientzia ez zegoelako eta bestetik ordenadoreak gaur egun bezain lasterrak ez zirelako.

Hala ere, edozein simulaziotan turbulenzia tratatzea izugarri zaila izaten da. Tunel aerodinamikoetan nahiz kalkuluzkoetan lortzen diren

*letan izango dituzten proba-beharrak hazten ari dira. Proiektu berriek, kalkulu aurreratuenekin batera ahalik eta saiakuntza zehatzak behar dituzte. Beraz, gure saiakuntza ahalmena mantendu ezezik indartu egin behar dugu.*

Zer esanik ez, bide mistoetan abiatzeak kostu ekonomiko handiak ditu. Zenbait naziok, oraingoz, ezingo die kostu hauei erantzun eta Frantzian, adibidez, tunel aerodinamikoaren aldeko apostua