

Aurtengo Munduko Futbol Txapelketak, aurreko guztiek bezalaxe, bere baloia izango du: Brazuca. Haren deskribapena ematean, aitortzen dute bi urte eta erdi egon direla Adidaseko adituak baloiari zer itxura eman aztertzen. Are gehiago, “simetria paregabea” duela esaten dute, bai eta “egitura berritzailea” duela ere. Bada, matematikari baten eskuetan jarrita, baloi zaharrenean itxura hartzen dio Brazucari. Izan ere, kubo baten egitura du oinarrian: sei zatiz osatuta dago, eta baloiaren josturetan ikus daiteke zatiak hirunaka elkartzen direla erpinetan. XIX. mendean dagoeneko baloiek oinarri hori bera zuten.



ARG.: ADIDAS

BALOI PLATONIKOAK

OIHANE LAKAR IRAIZOZ
Elhuyar Zientzia

FUTBOLEKO BALOIAK MATEMATIKAREN IKUSPUNTUTIK

Matematikaren ikuspuntutik, “futbol-baloiak oso erakargarriak dira”, dio Jose Ignacio Royo Prieto EHUko matematikariak. Futbolaren inguruan sortzen diren zurrumbilo, zaletasun, baita maitasun platonikoetatik urrun, baloiek oinarrian dituzten aurpegiak, ertzak eta erpinak ikusten dituzte matematikariek. Izan ere, airez puztutako poliedroak dira funtsean, eta poliedroak “oso egitura politak dira”.

Aurtengo Munduko Futbol Txapelketako Brazuca baloia airez puztutako kubo bat den bezala oinarrian, era askotako poliedroak bihur daitezke baloi. Alabaina, “poliedro-multzo jakin batek, poliedro platonikoeak, eta haien eratorriek, izan dute arrakasta gehien baloigintzan. Platonen *Timoe* liburuan deskribatu zirelako esaten zaie platoniko, baina lehenagotik ziren ezagunak”, azaldu du Royok. Poliedro horien berezitasuna,



Jose Ignacio Royo Prieto
 EHUko Matematika Aplikatua saileko ikertzailea da. Zenbait argitalpen eta ikerketa egin ditu baloien geometriari lotuta.
 ARG.: OIHANE LAKAR/ELHUYAR ZIENTZIA.

eta baloigintzarako abantaila, da erabat erregularrak direla. Batetik, erpin guztietan gauza bera gertatzen da, alegia, ertz- eta aurpegi-kopuru bera elkartzen da. Bestetik, poliedroa eratzen duten aurpegi guztiak berdinak dira, hau da, poligono-mota bakarrez osatuta daude. Gainera, poligonoak ere erregularrak dira, alegia, alde guztiak berdinak dituzte, eta aldeen arteko angeluak ere bai.

Royok nabarmendu duenez, hain erregularrak izanda, "errazagoa da haiek oinarri gisa erabiltzea baloiak eskala handian fabrikatzea. Jostunek ez dute jakin beharrik poliedro bat zer den; ja-

kin behar duen gauza bakarra da zenbat pieza josi behar dituen bata bestearekin. Erregela simple horrekin baloia sortuko da". Baloigintzaren ekoizpenari balio bat emateko, hona datu bat: 2010eko Munduko Futbol Txapelketako baloia- ren 13 milioi ale saldu ziren.

Poliedro platonikoen ezaugarria da erabat erregularrak direla, eta hori abantaila da baloigintzarako.

Bost poliedrok besterik ez dituzte platonikoen ezaugarri guztiak. Triangeluak elkartuta, halako hiru forma sor daitezke: tetraedroa, 4 triangelu hiruak elkartuta; oktaedroa, 8 triangelu launaka elkartuta, eta ikosaedroa, 20 triangelu bosnaka elkartuta. Karratuekin, kuboak egin daitezke (6 karratu hiruak elkartuta), eta, azkenik, dodekaedroa, hiruak elkartutako 12 pentagonok eratzen dute.

KUBOA, BALOI ZAHARREN OINARRIA

Futboleko baloi zaharretan, XIX. mendetik XX. mendearen erdira artekoetan, kubo-egitura dira nagusi. Aldaera ugari sortu ziren sei aurpegi karratuko oinarritzko egitura horretatik. Batzuetan, adibidez, aurpegi bakoitza osatzeko hiru pieza laukizuzen elkartzen zituzten, eta, hortaz, 18 piezarekin osatzen zuten kuboak.


XX. mendearen hasierako Realeko baloian ikus daitezke kubo-egitura duela oinarria. Kuboaren aurpegi bakoitza hiru pieza laukizuzenez eratuta dago. ARG.: © ARITZ MARTINEZ.



18 piezatako egitura horretatik, halaber, beste bat eratorri zuten, pieza laukizuzenak ordez, T itxurakoak erabiliz. Hala, aurpegi bateko tira batek T-aren goiko lerro horizontala eratzen du, eta, T-aren hankak, ondoko aurpegiko erdiko tiraren erdia betetzen du.

Eraldaketa horien guztien helburua da, Royok azaldu bezala, “baloiari ahalik eta oreka handiena ematea, eta, horretarako, puztutakoan, baloia ahalik eta esferikoan izatea”. Izan ere, ikuspuntu teknikitik, baloiak orekatuta egon behar du, botatzean, “mugimendua ahalik eta normalena izan dadin, partikula batek izango lukeenaren antzekoena. Baloia desorekatuta baldin badago, haren mugimendua konplexuagoa da, eta hori txarra da jokatzeko ari direnentzat”.

Baloia egitura zatika egiten denez, eta zatiak josi egiten direnez, “oso kontuan hartzekoak dira josturetan sortzen diren ertzak”, zehaztu du Royok. Izan ere, baloia puztean, ertzak ez dira mugitzen, ez baitira gainerako materiala

 *Futbol-baloia gehien-gehien arketipo bihurtu zen harrezkero hexagonoz eta poligonoz osatutako poliedroa.*

bezain malguak, eta, horren eraginez, konkorrrak sor daitezke, edo bestelako desorekak, eta horien ondorioz ustekabeko efektuak egin ditzakete baloiek. Hortaz, aipatutako aldaerak, baloia puztean, eta piezak kurbatzean, ahalik eta esferikoan izateko asmatutako konponbideak izan ziren. Esate baterako, kurbatzean, T itxurako piezak gehiago hurbiltzen dira esfera baten formara pieza laukizuzenak baino.

IZARRETAN IZARRA, HEXAGONO ETA PENTAGONOZKO BALOIA

Aurrerapenak aurrerapen, kuboa ez da esferara gehien hurbiltzen den forma, eta baloien eboluzioan oinarritzko beste egitura batzuk asmatu zituzten. 1970. urteko Munduko Futbol Txapelketarako sortu zuten baloia, Telstar delakoa, mugarrizko izan zen. “Futbol-baloia gehien-gehien arketipo bihurtu zen harrezkero hexagonoz eta poligonoz osatutako poliedroa. Aurrerapauso handia izan zen baloien biribiltasunera bidean, esferaren % 86 betetzen baitu poliedro horrek airez puztuta egon gabe”, dio Royok.

Ikosaedro moztua esaten zaio poliedro horri, eta 12 pentagonoz eta 20 hexagonoz eratuta dago. Ez da poliedro platonikoa, bi motatako po-



Championsedroa, baloi bihurtu ezingo litzatekeen poliedroa

Futboleko txapelketa nagusietako batek, Txapeldunen Ligak, baloi berezia du: elkarri ukitzen dioten izarrek dira baloi horren bereizgarriak. Baloi hori egiteko, ordea, ez da poliedro berezirik behar, ikosaedro moztu bat baita funtsean. Ikosaedro batetik abiatuta egiten da, hortaz, pentagonoz eta hexagonoz eratutako baloi klasikoan bezala. Ikosaedroaren erpinak mozteko orduan, zati handi bat kenduta, hor sortzen diren pentagonoak elkarri uki diezaioten adina, pentagonoen artean trianguluak sortuko lirateke hexagonoen ordez. Alegia, ikosidodekaedroa osatuko litzateke. Eta pentagono horietan bost puntako izarrek marraztuko bagenitu, Txapeldunen Ligako baloia lortuko genuke.

Ez da berdina gertatzen, ordea, txapelketa horren logotipoarekin. Lehenengo begiratu batean bai, baloia itxura bera hartzen zaio. Arretaz begiratuta, ordea, “akats ortografiko” topologikoak dituela ikus daiteke.

Izan ere, benetako baloian izarrek hiruko biribilak eratzen dituzte. Logotipoak, berriz, lau izarreko bi biribil ditu. “Nire ustez, diseinatzaileak ardurara edo interes falta izan zuen logotipoa egiteko orduan. Ez dut uste berariaz baloia egitura apurto nahiko zuenik, artistikoki apropos egindako zerbait izan zenik”, dio Jose Ignacio Royo Prieto EHUko Matematika Aplikatua Saileko matematikariak.

Logotipo horren itxurak harrিতuta, izar pentagonalak hiru eta lau izarreko biltzen duen poliedrorik egin daitekeen aztertzeari ekin zion Royok. *Championsedro* izena eman zion. “Eulerren formula erabilita, ikusi genuen posible dela ezaugarri horiek dituen poliedro bat sortzea, baina lau izarreko biribilek beste posizio bat izango zuten”, azaldu du. Bi biribil horiek aurrez aurre egongo lirateke elkarrekiko, eta horrek forma elipsoidala emango lioke poliedroari. “Oso zaila litzateke futboleko aritza poliedro horrekin egindako baloi batekin”.




ARG.: © KELLY BORESON/123RF



ARG.: RONNIE CHAN

Txapeldunen Ligako logotipoa ez da baloi errealeko irudia. Benetako baloian, izarrek hiru eta lau izarreko biltzen dira. Logotipoan (beheko argazkian), berriz, lau izarreko bi multzo daude.

ligonoek eratzen baitute, baina platoniko batek eratorria da, ikosaedrotik. Gomaz edo gaztaz egindako ikosaedro bat hartuko bagenu, eta bost aurpegi elkartzen diren erpin bakoitza moztuko bagenu, erpin horiek pentagono bihurtuko lirateke, eta triangeluak hexagono. Gainerako ezaugarriak, dena den, poliedro platonikoen berdinak ditu eratorri horrek; alegia, poligono guztiak erregularrak dira, eta erpin berriguztietan gauza berak gertatzen dira. Hala, poliedroen beste familia bat sortzen dute poligono platonikoetatik eratorritakoek: poligono arkimediarrak.

 *Gaur egungo baloietan beroaren laguntzaz ematen diete esfera-itxura perfektua piezei.*

Horrenbestez, baloiak fabrikatzeko poligono arkimediarrak erabiltzeak “poliedro platonikoen abantaila berdinak ditu, eta, hortaz, erraza da haiek fabrikatzea. Dirudenez, ikosaedro moztuarekin lortu zuten oreka handiena biribiltasunaren eta fabrikatzeko konplexutasunaren artean”. Izan ere, badaude hura baino biribiltasun handiagoa duten poligonoak, pentagonoak, karratuak eta triangeluak konbinatuta sortzen den ronbikosidodekaedroa, kasu, esferaren % 94 betetzen baitu bete gabe, baina ekoizteko kon-

plexuagoa da, 72 pieza eta 120 jostura dituelako, eta “ez du arrakastarik izan baloigintzan, seguru asko garestiegia litzatekeelako”, dio matematikariak.

BALOI MODERNOEK, JOSTURA GUTXI ETA TRATAMENDU TERMICO ASKO

Josturen arazoa, eta, oro har, poliedroen muga, “gaindituta dago gaur egun, eta ez da zaila edo zer itxurako zatiekin osatzea esferak. Beste material batzuk erabiltzen dira baloiak egiteko, hala nola plastikoak, zeintzuk larrua baino malguagoak diren, eta beroaren laguntzaz edozer forma har dezaketen”. Hortaz, piezek ez dute ez kubo, ez hexagono, ez pentagonoen itxurarik. Gainera, piezen arteko lotura ere termikoa da, eta, hortaz, ez dago josturarik.

Brazuca baloiaren kasuan, adibidez, lau besoko sei izarrez osatuta, eta, haiek termikoki elkartzean esfera perfektua eratzen dute. Poliedroen eta josturen arrastorik ez du, berez. Baina poliedro batzuk esfera bihurtu daitezkeen bezala, esferak, era jarraituan deformatuz, poliedro bihurtu daitezke. Ariketa hori eginez, hau da, sei piezak aldi berean zanpatuz, Brazucaren oinarrian “kubo bat ikus daiteke topologiaren ikuspuntutik begiratuta. Topologian ez du inporta poliedroa osatzen duten aurpegi ertzak lerro bat zuzena edo kurbaduna duten; egitura bakarrik hartzen du kontuan, eta horiek hiruak elkartzen dira”, dio Royok. Azken finean, baloi modernoek ere geometria dute oinarri. ●



Bosnaka elkartutako 20 triangeluk eratzen dute ikosaedroa. Ikosaedroaren erpinak moztuz gero, erpina zena pentagono bihurtzen da, eta triangeluak hexagono. Horra inoiz izandako baloi arrakastatsuenaren oinarria. ARG.: © KRISADA CHUANYEN/123 RF.