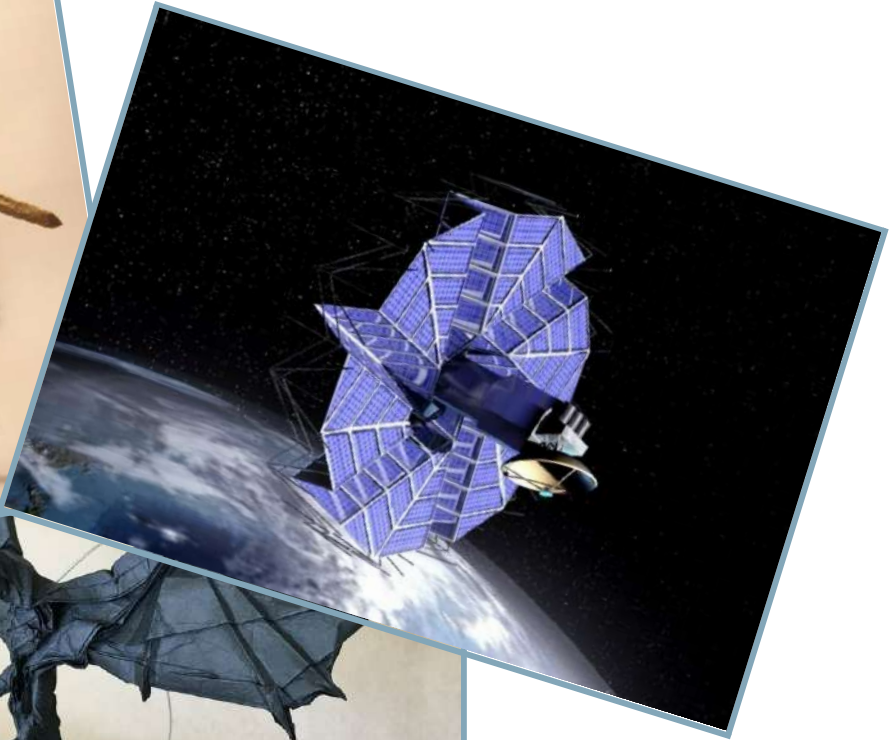


Origamia

Azalera zabalgarriak



Abstract

Eraikinak gero eta altuagoak direnez arrisku handiagoa jasaten dute suhiltzaileek. Arazo horri aurre egiteko, azalera zabalgarriak erabiliz suteen aurreko emergentzietan erabiltzeko prototipo bat diseinatu dugu, eraikina inguratuko duena eta beharrezkoa denean irekiko dena. Ikerketa metodologia erabiliz proiektu osoa garatu dugu gure prototipoaren diseinua prestatzeko.

Unai López Tomé
Irene Pipaon Lopez

Lauro Ikastola
2021/22 Ikasturtea

1. Sarrera eta helburuak

Gizakiok etengabe aldatzen dugu hobera joateko asmoz, izan ere, gure filosofia definitzeko esaldi hau erabil genezake: “Gero eta handiago, hobeto, beti”. Eraikin altuagoak eraikitzen ditugu, hiriak zabaldu dira, urrunago dauden lekuetara goaz. Argi dago gizakiok gero eta gauza handiagoak sortzen ditugula, hortaz, leku gutxiago daukagula urtero gauza berri hauek jasotzeko.

Origamiak, ideia hori ez ezik, kontrako gauza betetzen du. Gero eta txikiagoa eta konplexuagoa, orduan eta hobea.



1.1 Helburuak

Gure helburua origamia erabiliz azalera zabalgarriarekin erlazioa duen proiektu bat diseinatzea da.

Gaur egun eraikinak gero eta altuagoak dira. Horren ondorioz, suhiltzaileek gero eta arazo gehiago dituzte: alde batetik, haien eskailera ez da pisu altuenetara heltzen, eta beste alde batetik, eraikinean sartu behar direnez, haien bizitza arriskuan jartzen dute.

Arazo hau konpontzeko, eraikinen fatxadetan mekanismo moduko bat jarri nahiko nuke, zabaltzen dena, jendea hor bota ahal izateko. Honetarako, azalera zabalgarrien mekanismo eta tolesdura ezberdinak aztertuko ditut, gero gure diseinu propioa egiteko asmoz.

Gero, horrek ondo funtzionatzeko, materialak, funtzionamendua eta lekua aztertu beharko dut. Gainera, suhiltzaile batekin hitz egin nahiko nuke, bere iritzia kontuan hartzeko.

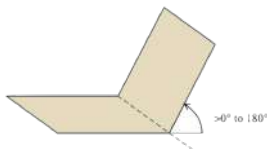
2. Marko teorikoa

2.1 Oinarrizko origami edukiak

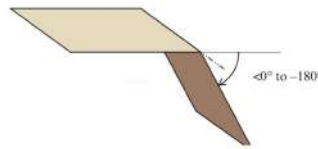
Origamia, aurretik aipatu bezala, papera tolesteko artea da, figura ezberdinak lortzeko helburuarekin egiten dena.

Hasteko, **hiru tolestura basiko** nagusi daude, hurrengo irudietan ikusten den bezala:

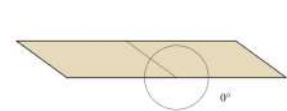
Irudia 5. **Ibar tolestura**



Irudia 6. **Mendi tolestura**



Irudia 7. **Crease**



Nahiz eta Crease tolesturaren esanahia laua izan, tolestura deritzo hurrengoagatik: Origami bat egin eta gero guztiz desmontatzen baduzu, tolestu duzun lekuetatik marka batzuk geratzen dira.

Marka horien multzoari “**crease pattern**” deritzo eta oso garrantzitsua da origamia diseinatzerako orduan.



Origami oso konplexuak ez dira origami normal bat bezala egiten, **3 fase** dituzte:

1. **Creasing:** Fase honetan *crease patern*-ean dauden tolestura guztiak egiten dira, baina papera oraindik laua mantenduko dugu. Hau da, tolesten hasteko prestatuko gara. Tolestura guztiak (mendi eta ibarrak, bakoitza bere noranzkoan) ondo prestatuko ditugu.
2. **Collapse:** Fase honetan, lehen prestatutako tolestura guztiak tolestuko ditugu, kontu handirekin, origamia gutxi gora behera zuk nahi zenuen bezalakoa izan arte.
3. **Shaping:** Fase hau garrantzitsuena da. Gure figura bukatua dagoela pentsatu arren, fase honetan detaile guztiak egingo dizkiogu, origami piezari azkenengo itxura emateko.

2.2 Origami motak

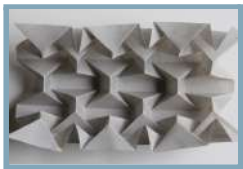
Origami mota sailkapen ezberdin asko daude, baina sailkapen erabiliena bost kategoriatan banatzen da.



1. **Ekintza origamia.** Mugimenduak egiteko sortuta daude, planeatzeko, leku batetik tiratzean mugitzeko edo puzteko.

2. **Pureland.** Mota honetan bakarrik haran eta mendi tolesturak erabili ditzakegu, tolestura konplikatuak ez egiten, bat momentu bakoitzean. Figura oso simpleak

lortzen dira.



3. **Modularrak.** Hainbat pieza erabiltzen dituztenak (ez dira pieza guztiak berdinak izan behar) modelo bakar bat sortzeko.

4. **Teseladuna.** Papera txirikordatzen doa, patrioiak sortzen paper guztia estaltzen dituztenak

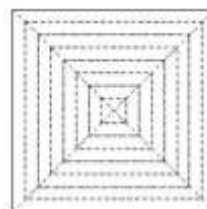
5. **Hezea.** Teknika bat erabiltzen du kurba askoz delikatuak sortu ahal izateko.



Nahiz eta hainbeste egon ekintzazko eta origami teselatuan zentratuko gara lan honetan, azalera zabalgarriak aztertu nahi baitugu.

2.3 Origamiz egindako egitura matematiko ohikoak, arkitekturaren eta teknologian

Iruditu ez arren, origamiak influentzia handia izan du arkitekturaren. *Bauhaus* unibertsitate famatuan origamia erabiltzen dute, estructures hiru dimentsiotan diseinatzeko metodo errezena delako. Izan ere, lehen esan bezala, kontzeptu matematiko asko origamiarekin ikusi daitezke eta arkitekto askok horrelako gauzak erabiltzen dituzte eraikuntzak sortzeko, oso erabilgarria baita.



Final crease pattern

--- Bar tolestura

----- Mendi tolestura

Irudia 15.



Irudia 16. Origami azken emaitza.

2.3.2 Sathelital origami

Gauzak txikiagotzeko eta tolesteko joera izan du origamiak betidanik. Horregatik, zientzilari askok hortik onura lor genezakeela ohartu ziren. Izan ere, gero eta gauza handiagoak eraikitzen ditugu, hortaz, merezi du gauza hauek guztiak txikiagotzea, gauza horiek txikiak badira, guztia sinplifikatzen baita, eta dena hobeto aprobeatxatu dezakegu.

Horretaz konturatu zen NASA-ko Robert Lang zientzialaria. Origamilaria famatuarekin lan egiten hasi zen, haien hurrengo satelitearen plaka fotoboltaikoak origami diseinu batean oinarrituta egotea lortu zuen.

Gauzak horrela, Robert Lang-ek beste proiektu askotan parte hartu du. Bere Airbag-a tolesteko prozedura ere nahiko ezaguna bilakatu da, ia-auto guztiek erabiltzen dutelako.



20. Ideia originala.



Irudia 21. Sateliteari moldatutako diseinu finala (satelite hexagonal)

2.3.3 Miura tolestura

Koryo Miura astrofisiko, asmatzaile eta origamilaria izan zen. Ospetsu bihurtu zen bi tolestura mota sortu zituelako. Horietako bat Miura tolestura deritzo.

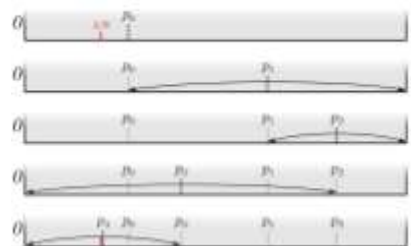
1970 urtean azalera zabalgarrietan lan egiten hasi zen, Miura tolestura hedatzen. Hasieran bere lehen diseinua satelite batean erabiltzeko helburua zuen, baina azkenean Tokyoko Metroko mapak tolesteko metodoa bihurtu da. Hurrengo orrialdean tolestura hau egiteko pausuak ikusi daitezke.



2.4 Fujimoto metodoa

Fujimoto metodoa paper bat hainbat zati berdinetan banatu nahi dugunean erabiltzen den metodo bat da. Metodo hau erabiliz, hurbilketa bat egiten da hasieran, eta handik errorea bitan banatzen eta beste aldea tolestuko dugu, gure helburua lortu arte, hurrengo irudian ikusten den legez:

Demagun paperaren bostena lortu nahi dugula. Horretarako, lehenik eta behin P_0 hasierako hurbilketa bat egingo dugu. Ondoren, P_1 tolestura egiten da, P_0 hurbilketa bitan banatuz. Jarraian, P_2 lortuko dugu berriro P_1 hurbilketa bitan zatituz. Prozedura hau errepikatuko dugu P_3 lortzeko, P_2 markatik erditik zatituz. Azkenik P_4 kalkulatu dugu P_3 bitan banatuz.




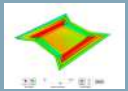

Irudia 23. Fujimoto metodoa

P_4 lortzerakoan konturatuko gara ez dagoela P_0 -ren leku berdinean. Gainera, P_0 errorea zati hamasei egin dugu. Hau da, kasu honetan, paperaren bostena lortu nahi genuen, irudiko marka gorriarekin adierazita dagoena, beraz, esate baterako, hasierako P_0 hurbilketa benetako markatik 16 mm-tara mugituta egongo balitz, metodoa behin erabiliz, P_4 benetako bosten markatik 1 mm-tara egotera aldatuko litzateke.

Berriro ere prozedura egin genezakeen, P_4 abiapuntu gisa erabiliz, hasierako errorea (P_0) 256 aldiz zehatzagoa izateko.

3. Materialak eta metodologia

3.1 Materialak

Materiala	Erabilera	Alde onak	Alde txarrak	Argazkia
Din A4 eta din A3	Fisikoan origamiak ikusteko erabili da.	Oso errazak dira lortzeko eta diseinuetarako tamaina ona dute.	Nahiz eta errazak izan eskuratzeko, ez dira origamirako espezializatutako paperak. Ez daukate zehaztasun handirik..	
Origami simulatzailea	Sortutako <i>Crease pattern</i> ikusteko erabili da, eskuz egin gabe	Oso azkarra da diseinuak 3D erakusteko. Tentsio gehieneko puntuak ere erakusten ditu	Ez ditu artxibo guztiak hartzen, bakarrik ordenagailuan erabil daiteke	
Oripa	Crease pattern-ak sortzeko erabili da	Eskua baino zehatzagoa da, origami simulatzailean inportatu daitezke hemengo artxiboak	Bakarrik mugikurrerako dago. Line angeludunak egiteko zaila da.	

3.2 Metodologia

Hasieran egindako azalera zabalgarriak modifikatuz proiektua lortzeko bideratuta egongo da.

Ondorio finakoak lortu ezean, diseinu propioak egingo ditugu, aurrekoak aztertuz lortu diren datuak aztertuz (tolesturak, forma geometrikoak eta neurriak esaterako) hobekuntzak bilatzeko. Honekin diseinu hobetu bat agertuko da, tolesteko erreza dena.

Hori lortu ondoren, desplegatzeko eta plegatzeko modu bat aurkitu behar dugu, diseinua kontuan hartuz. Gainera diseinuan erabili beharko diren materialak aztertu beharko dira, eta erorketako indarrak aztertuz eta beste aldagai batzuk kontuan hartu behar ditugu.

4. Emaitzak

4.1 Mekanismoak aztertzen

Tolesturak			
Miura tolestura	25 erronboide	10 trapezio	
Sathelital origami	4 laukizuzen	1 lauki	4 trapezio
Heringbone teselatua	16 triangelu	40 erronboide	

Tolesturak	Tolestuta (cm)	Tolestu gabe (cm)
Miura tolestura	5,8 x 6,9	29,7 x 42
Sathelital origami	10,5 x 10,5	21 x 21

Tolesturak	Ibar tolestura	Mendi tolestura
Miura tolestura	29	29
Sathelital origami	8	4
Herringbone teselatua	45	45
Paraboloide hierbolikoa	30	30

4.2 Diseinuak sortzen

Hainbat diseinu ezberdin sortu egin ditut saiakera moduan. Hala ere, diseinu guztiak ez dira erabiliko, izan ere, diseinu asko ezin dira eraiki horrek dakarren zailtasunaren ondorioz.

4.1.1 Hexadekagonoa (1.Diseinua)

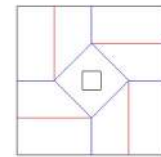
Eraikinaren diagonalak estaltzeko asmoz lehenengo diseinua 16 aldeko poligonoa da, zirkunferentziara hurbiltzen dena. Azkenengo sateliteen plaka fotoboltaikoen mekanika erabiltzen du. Baina hexagonalak ez ezik, hainbat alde dituenek altuera txikiagoa dauka tolestean.

Arazoa: Ez da eraikin lauki normaletara estutzen hexadekagono bat delako.

4.1.2 Satelite espaziala (2.Diseinua)

Origami satelitala egiteko lehen diseinuaren *crease patterna* erabiliko dugu, zulo bat erdian eginez, emaitza nolakoa den ikusteko.

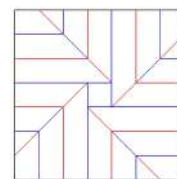
Arazoa: Ondo tolestu nahi bagenu horrelako beste 4 zulo egin beharko genituzke eta hortik jendea erori ahalko litzateke. Gainera, aurreko diseinuan bezela eraikina ez du erikina guztiz estutzen, beraz ez du balio.



4.1.3 Eraikinari guztiz estutzen zaion diseinuaren bila (3.Diseinua)

Diseinu hau bi fasetan banatu dugu:

Lehenengo fasean, origami satelitalaren hobekuntza erabilita, eraikinari estutzeko erabiliko dena, hau origami satelitalaren metodoa erabiliko dugu karratu erregular formarekin.

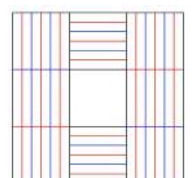


Diseinu honen arazoa leihoak dira, izan ere, aparatua tolesterakoan leiho asko estaltzen ditu.

Bigarren fasean, leihoen arazoa konpondu nahian, diseinuaren lau izkinak moztu ditugu. Hala ere, honek tolesteko oso zaila bihurtzen du eta diseinu oso desegokia eta desegonkorra bihurtzen du.

4.1.4 Modularra (4.Diseinua)

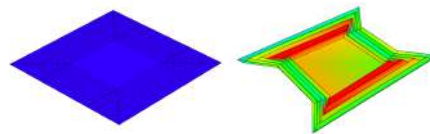
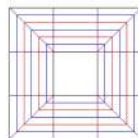
Gauza simpleak erabiltzeko saiakera izan da hau, modulu guztia lau modulu simpleagotan banatzen. Laugarren diseinu modular hau, aurrekoa



bezala, eraikinari guztiz estutzen da, baina tolesteko zaila da aurrekoa bezala, beraz ez da diseinu egokia.

4.1.5 Paraboloide hiperbolikoen erabilera (5.Diseinua)

Aurreko diseinuak aztertuz, origamiz egindako paraboloide hiperbolikoen izkinetan oinarrituta dagoen diseinua sortu dugu, eraikinari guztiz estutzen dena eta ixteko erraztasun handia daukana. Diseinu honetan izkinak lerro horizontal eta bertikalak bezala ibar eta mendi tolesturen artean aldizkatzen dira lodiera alde lauen lodiera berdinarekin ixteko ahalbidetzeko.



4.3 Materialak

Gure prototipoak izango duen materiala aukeratuko dugu. Pentsatu dugu aproposena plastiko bat izango litzatekeela, material hauek duten propietateengatik.

4.3.1 Kevlar

Poliparafenileno tereftalamida (Kevlar deitutakoa). Askotan erabilia balen aurkako txalekoa egiteko, oso aukera ona da honetarako bere erresistentziagatik.

Propietate mekanikoak

Erresistentzia	Hausturazko elongazioa	Iraunkortasuna	Zurruntasuna
3,5 GP	% 3,6	50 MJ m ³	80 GP

Propietate termikoak

Kevlarra tenperatura altuetan deskonposatzen da (420 eta 480 gradu artean Celsius), eta bere propietate mekanikoen zati bat deskonposizio-tenperaturatik hurbil mantentzen du.

Modulu elastikoa % 20 inguru murrizten da zuntza 180 gradu Celsiusera 500 h.7 erabiltzen denean. Propietate horrek, erresistentzia kimikoarekin batera, babes-ekipamenduetan asko erabiltzen den material bihurtzen du kevlarra, baita energia zinetikoa gelditzeko material hobereana.

4.3.2 Nylona

Nylona ehun-zuntz elastikoa eta oso gogorra da, poliamiden taldekoa.

Propietate mekanikoak

Erresistentzia	Hausturazko elongazioa	Iraunkortasuna	Zurruntasuna
1,7 GP	% 15	45 MJ m ³	15 GP

Propietate termikoak

Nailona ez ditu tenperatura hain altuetara heltzen, 263 °C-etan deskonposatzen da. Gainera, bere degradazioa (ura eta beroagatik) asko murriztu daiteke kobre gatzekin nahasten badugu material hobeko bat lortuz. Haren propietate mekanikoak ez galtzeko 90°C behera egon behar da nylon-a.

Ondorioz, guztia kontuan hartuta, nahiz eta agian Kevlarraren zurruntasuna pixka bat handiegia izan, bere propietate termikoak askoz hobeagoak dira. Haren erresistentziaren ondorioz energia zinetikoa galditzeko hobeagoa da. Beste material posible batzuk daude, hala nola, Nomex-a, guztiz ignifuagoa dela baina ez da batere elastikoa, eta ondorioz ez du proiekturako balio.

4.4 Mekanismoa

Mekanismo elementu eragile edo eroale batetik elementu gidatu bateraino mugimenduak eta indarrak transmititzeko eta eraldatzeko gai diren elementuak dira.

Prototipoa tolestuta egongo da denbora guztian, baina behar den unean zabaldu egingo da.

4.4.1 Aterki bat irekitzeko mekanismoa

Badaude bi aterki mota, automatikoki irekitzen dena eta eskuz ireki dezakeguna.

Alde batetik, eskuz irekitzen denaren mekanismoa hurrengoa da: Kontrol irristakorra eskuz bultzatuko dugu gorantz. Euritakoa erabat ireki bezain laster, tope batekin trabatzen da. Ixteko, tope hori desblokeatu behar da botoia sakatuz.

Bestetik, automatikoki irekitzen de aterkia irekitzeko botoi bat sakatuz tope bat askatuko da eta aterkia automatikoki irekiko da (energia potentzial elastikoari esker). Ondoren, berriro ixteko eskuz energia hori pilatuko dugu, aterkiaren hasierako posizioa bueltatzeko.

Mekanismo honetatik hartu dezakegun ideiak hurrengoak dira:

- > Aterki automatikoaren energia potentzialaren mekanismoaren ideia hartu dugu irekitzeko sistema prestatzeko.

4.4.2 Toldo baten mekanismoa

Eskuzko toldoek biradera bat biratuz funtzionatzen dute, indar handirik erabili gabe. Mugimendu soil horren bidez, eskuetako errota transmititzen da olana bildu eta askatzen duen hodira. Hau engranaje simple baina oso gogor bati esker da.

Badaude ere toldo elektrikoak, mekanismo berdina daukatenak, baina elektrizitatea erabiliz mugitzen direnak.

Mekanismo honetatik hartu dezakegun ideiak hurrengoak dira:

- > Zabaltzeko era, guztiz horizontalean
- > Motor elektriko baten bidez zabaldu ahal izatea

4.4.3 Gure prototipoaren mekanismoa

Mekanismoa martxan jarriko da kontrol-zentro batean hala agintzen zaionean.

Prototipoa zabaltzeko, kontrol-zentroan hala adierazi denean muturretan kokatuta egongo diren barrak luzatuko dira azalera zabalgarria guztiz zabalduz ahalik eta azkarren. Guztiz zabalik dagoenean hanka itxurako zerbait zabalduko da

Prototipoa ixteko, motor baten laguntzaz toldoa gutxinaka batuko da hasierako forma errekuperatuz.

Energiaren arloari dagokionez, argi dago mekanismo hori martxan jartzeko energia behar dela. Abiarazteko baldintzak kontuan hartuta, funtsezkoa da honako puntu hauek kontuan hartzea:

- > Azkar ireki behar da ebakatuaren segurtasuna bermatzeko.
- > Horren tolesturari dagokionez (gordetzerako orduan), abiadura ez da hain premiazkoa.

Beraz, hainbat energia-iturri posible baloratu ditugu:

- > Mekanismoa eraikineko elektrizitatea erabiliz martxan jartzea da aukeretako bat. Hala ere, sutearen ondorioz elektrizitatea mozten bada, sistema ez da funtzionala izango.
- > Bestalde, sorgailu independente bat izan dezake, zirkuitu nagusitik kanpokoak. Baina erregaia erabiltzea ez da batere gomendagarria, substantzia sukoiak baitira.

Beraz, aukerarik bideragarriena da tolestuta energia potentziala gordetzea, itxitura bat dosblokeatzean energia potentzial hori askatzeko eta azkar irekitzeko, aterki automatikoaren mekanismoan lez.

4.5 Fisika

Datuak

$$m = 75,6 \text{ kg} \quad h = 9 + d$$

$$W = \Delta Em = \Delta Em_C - \Delta Em_B$$

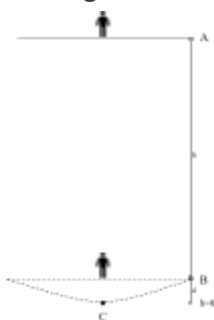
$$W = F \cdot d = 0 - \left(\frac{mv_B^2}{2} + mgh_B \right)$$

$$W = F \cdot d = mgh_A$$

A puntutik B puntura energia guztia kontzerbatzen da, indark guztiak kontserbakorrak direlako.

$$Em_A = Em_B$$

$$Ez_A + Ep_A = Ez_B + Ep_B$$



$$\frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + mgh_B$$

$$mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + mgd$$

Suposatuko dugu pertsona bat gehienez ez kaltzeko 3 G ko indarra jasan dezakela, orduan ondoriozta dezakegu d-ren balioa, ekuazio horretan balioak ordezkatzuz. Batez besteko gizon bat (pisutsuagoak direlako emakumeak baino) 75,6 kg-ko masa du, eta 3 pisutako distantziarekin jarriko dugula jakinik, d kalkula dezakegu. Datu hauek aldakorrak dira, laborategi frogak egin gabe ezin dugulako atera gure proiektuaren konstante elastikoa, ondorioz ez da guztiz zehatz

5. Bibliografia

- > **Origami simuladoreak** | ¿Aficionado a los origami? Crea y simula figuras con estos programas. *Softzone*

Hemendik berreskuratuta:

<https://www.softzone.es/programas/utilidades/programas-crear-simular-origami/>

- > **Origamia** | Origami. *Wikipedia*

Hemendik berreskuratuta: <https://es.wikipedia.org/wiki/Origami>

- > **Fujimoto metodoa** | El método de Fujimoto, o cómo dividir un papel en partes iguales. *Gaussianos*.
Hemendik berreskuratuta: <https://www.gaussianos.com/el-metodo-de-fujimoto-o-como-dividir-un-papel-en-partes-iguales/>
- > **Satelite origamia** | Space Origami: Make Your Own Starshade. *Jet Propulsion Laboratory (NASA)*.
Hemendik berreskuratuta: <https://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/space-origami-make-your-own-starshade/>
- > **Miura tolestura** | Pliegue de mapa de Miura. *Wikipedia*.
Hemendik berreskuratuta: https://es.wikipedia.org/wiki/Pliegue_de_mapa_de_Miura
- > **Paraboloide hiperbolikoa** | Cubierta en forma de paraboloide hiperbólica. *Wikipedia*.
Hemendik berreskuratuta: https://es.wikipedia.org/wiki/Cubierta_en_forma_de_paraboloide_hiperbólico
- > Lang, Robert J. (2003). *Origami Design Secrets: Mathematical Methods for an Ancient Art*. A K Peters. ISBN 978-1-56881-194-9.
- > **Aterkiaren mekanismoa** | Mecanismo para cierre y apertura automatico de paraguas. *Patentados*.
Hemendik berreskuratuta: patentados.com/1971/mecanismo-para-cierre-y-apertura
- > **Aterki bat ireki** | Sistemas de apertura de las sombrillas y parasoles. *schirmmacher*.
Hemendik berreskuratuta: schirmmacher.es/info-sombrillas-sistemas-apertura
- > **Toldo baten mekanismoa** | Engranaje para toldo. *EuromakToldo*.
Hemendik berreskuratuta: euromaktoldo.es/engranaje-para-toldo/

5.1 Aplikazioak (GitHub)

- > Oripa - <https://github.com/oripa/oripa>
- > [Origami Simulator](https://github.com/amandaghassaei/OrigamiSimulator) - <https://github.com/amandaghassaei/OrigamiSimulator>

Esker onak

Esker bereziak Jose Ignacio Royo Prieto unibertsitateko irakasleari, informazio asko eman digulako eta Alejandro Espigares Morillori azken diseinuarekin lagundu digulako.

Gure webgunea

Proiektuaren web-gunea prestatzen gabiltza, ikusi hurrengo estekan: oriflexus.eus