

ITSASKETAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***ITSASONTZI HELIZEAREN DISEINUA
ETA FABRIKAZIOA 3D
INPRIMAGAILUAREKIN***

Ikaslea: Campos Apaolaza, Mikel

Zuzendaria : Larrabe Barrena , Juan Luis

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Portugalete, 2019ko Ekainaren 20a

LABURPENA

Lan honetan azaltzen da helize baten diseinua eta fabrikazioa eskalan, 3D inprimagailua erabilia. Lehenik eta behin, aitzin erresistentzia kalkulatzeko Maxurf erabili zen. Datu horiekin eta OpenProp programa erabilia, Matlaben oinarrituta dagoen programa dela, helizearen efizientzia eta geometria kalkulatu zen. Erantzun hauen adierazpen grafikoa egiteko, Rhinoceros industrial dieinu programa erabili zen, palaren eta abatzaren koordenatuak lortzeko. Azkenik, emaitzak STL formatura eraldatu ziren, Cura programan erabiliak izateko. Azkeneko programa honekin, inprimaketa prestatu zen, geroago Prusa i3 3D inprimagailuarekin helizea sortu zen.

ABSTRAC

In this paper, the design and scale production of a ship's propeller is described using a 3D printer. First, the resistance to the advance of a given merchant ship has been calculated with the Maxurf program. With these data and using the OpenProp program based on Matlab, the calculations of energy efficiency and geometry of the propeller were made. For the graphic representation of these results, the industrial design program Rinoceros was used, obtaining the coordinates of the blade and the hub. Finally, the designs were exported to the STL format, to be used with the Cura program. With this latest application, 3D printing was prepared and made on the Prusa i3 3D printer.

RESUMEN

En este trabajo se describe el diseño y la fabricación a escala de una hélice de un barco, mediante una impresora 3D. Primero, se ha calculado la resistencia al avance de un buque mercante dado, con el programa Maxurf. Con esos datos y usando el programa OpenProp basado en Matlab, se realizaron los cálculos de eficiencia energética y geométricos de la hélice. Para la representación gráfica de estos resultados, se empleó el programa de diseño industrial Rinoceros, obteniéndose las coordenadas de la pala y el buje. Por último, se exportaron los diseños al formato STL, para poder ser usados con el programa Cura. Con esta última aplicación, se preparó y realizó la impresión 3D de la hélice, usando la impresora 3D Prusa i3.

ARGIBIDEA

1. SARRERA	7
1.1. AITZINERA ERRESISTENTZIA	7
1.1.1 ERRESISTENTZIA, ABIADURA ETA POTENTZIA	8
1.1.2 AITZIN ERRESISTENTZIAREN OSAGAIK	8
1.1.2.1 Higadura Erresistentzia	9
1.1.2.2 Olatu Erresistentzia	9
1.1.2.3 Zurrumbilo Erresistentzia	9
1.1.2.4 Aire Erresistentzia	9
1.1.3 KONPARAKETA LEGEAK	9
1.1.3.1 Ekuazio fisiko osoa	9
1.1.3.2 Erresistentzia koefizientea	11
1.1.3.3 Reynolds zenbakia	12
1.1.3.4 Froude zenbakia	12
1.1.3.5 Abiadurak	13
1.1.3.6 Atzekotasun dinamika	14
1.1.3.7 Modeloaren abiaduraren paradoxa	15
1.2. HELIZEAK	16
1.2.1 ERAGIKETA TEORIA	18
1.2.2. KABITAZIOA	18
1.2.3 PALAN ERAGITEN DUTEN INDARRAK	19
1.2.4 HELIZEAREN BULTZADA INDARRAREN FORMULA	20
1.2.5 BULTZADA INDARRA ETA INDAR PAREA	21
1.2.6 ERRENDIMENDU ERREALA	22
1.3. 3-D INPRIMAGAILUAK	24

1.3.1 HISTORIA	24
1.3.2 PRINTZIPIO OROKORRAK	25
1.3.3 METODOAK	25
1.3.3.1 Inprimaketa injekzioz	27
1.3.3.2 Urtze lagatze metodoa	27
1.3.3.3 Fotopolimerizazioa	27
1.3.3.3.1 Estereolitografia	27
1.3.3.3.2 Fotopolimerizazioa Ultamoreak Erabiliz	28
1.3.3.3.3 Fotopolimerizazioa fotoengatik	28
1.3.4. MATERIALAK	28
1.3.4.1 Materiak motak	29
1.3.4.2 Akaberak	29
1.3.5 BEREIZMENA ETA TOLERANTZIA INPRIMAKETAN	30
2, HELBURUAK	33
3. KALKULUAK	35
3.1 ITSASONTZIAREN DISEINUA ETA KALKULU HIDROSTATIKOAK	35
3.1.1 KROSKOAREN DISEINUA MAXURF MODELERREN	35
3.1.2 KALKULU HIDROSTATIKOAK MAXSURF RESISTANCEN	36
3.2 OPENPROP DISEINUA	38
3.2.1 PARAMETRIC STUDY	39
3.2.2 SINGLE DESIGN	42
3.3 OPENPROPETIK RHINOCEROSERA	47

3.4. RHINOCEROSEN DISEINUA	49
3.3.1 PALAREN DISEINUA	50
3.3.2 ABATZAREN DISEINUA	53
3.5 INPRIMAKETA	55
3.5.1 CURA PROGRAMA	55
3.5.2 INPRIMAKETA PRUSA I3 INPRIMAGAILUAN	59
3.5.2.1 Prestaketa	59
3.5.2.2 Inprimaketa	59
3.6 MUNTAKETA	60
4. ONDORIOAK	63
5. BIBLIOGRAFIA	65
ANEXO I	
ANEXO II	

1. SARRERA

1.1. AITZINERA ERRESISTENTZIA

Itsasontzi bat pentsatua egon behar du efizienteen mugitu ahal izateko itsasoan zehar eta airean zehar ere, kontuan edukita eguraldi aldaketak. Krosko hoberenaren bilaketa orain dela urte askotik hona hasi zen eta itsas ingeniariak betidanik saiatu dira hura topatzen. XVIII. mendetik aurrera zientifiko eta teknikari ugari hidrodinamikaren teoriak eta printzipioak aurkitzen saiatu dira. Nahiz eta horietako teori askok onak ziruditen, aitzinako erresistentzia kalkulatzeko, horietatik bat ere ez du iraun hidrodinamika modernoaren teoria berriei. Ahala ere, gaur egun esperto guztiek diote, barku baten aitzin erresistentzia kalkulatzeko metodo bakarra nahasketa teoriko eta praktikoa dela.

Itsasontziak behar bezala propulsetuak zirenean, itsas arkitektoek ez zuten besterik bere esperientzian eta aurretik egindako planoetan oinarritzea kroskoan egin behar zituzten aldaketak egiteko. Baina antzinako barkuen nabigazioa, tripulazioaren kapazitateen menpe zegoen gehien bat. Horregatik, nahiz eta itsasontzi bera izan eta klima eta eguraldi egoera berdinekin ibili, bi kapitain desberdinekin itsasontzi batek bi egoera desberdin eduki ahal zituen. Garai hartako arkitektoek, proba-akats sisteman oinarritzen ziren beraien barkuak egiteko.

XIX. Mendean agertutako propulzio mekanikoak itsas arkitektoei erronka berriak ekarri zizkien. Orain libreak ziren zer potentzia jarri zitekeen itsasontziari nabigatzen eta bitartean ingeniariak energia planta ziurak diseinatzen hasi ziren. Hori edukita eta potentzia hori ahalik eta efizienteen erabili ahal izateko, arkitektoek metodo ziurak asmatu behar izan zituzten aitzin erresistentzia kalkulatzeko, gehien bat jakiteko zer potentzia eta helize instalatu behar zuten. Itsas ingeniariak ziurtatu behar zuten helizea eta instalatzen zen potentzia hoberenak zirela kroskoarekiko [1].

1.1 1 ERRESISTENTZIA, ABIADURA ETA POTENTZIA

Barku baten aitzin erresistentzia kalkulatzeko modurik hoberena izango litzateke, barku hura itsasoratu, itsasoa bare dagoenean, eta kable baten bidez atoian eraman. Gero, atoian eramaten den bitartean atoa-kableak egiten duan indarra kalkulatu. Proba hau abiadura ezberdinetan egiten bada, ikusiko litzateke geroz eta abiadura handiagoa eduki orduan eta indar gehiago behar dela itsasontzia aurrera egin dezan. Behin kalkulu horiek eginda, azaltzen den erresistentzia eta diseinuko abiadura kontuan hartuta behar den potentzia kalkulatu daiteke., hurrengo formularekin kalkula daiteke:

$$\text{POTENTZIA} = \text{ERRESISTENTZIA} \times \text{ABIADURA} \quad (1)$$

argi dago aurretik adierazitako formula ez dela nahiko itsasontzi baten diseinua egiteko, gehien bat aurretik jakin behar delako zenbateko potentzia behar den itsasontzi horretako. Horretaz aparte, diseinatzaileak kroskoan aldaketarik egiten badu, potentziaren aukeraketa berrikus beharko litzateke. Azkenik, aldaketa larri gertatzen dira kablea helize batengatik aldatzen bada propulsioa sortzeko.

Nahiz eta itsasontzia atoian eramateak ez du datu perfektua ematen bere aitzina erresistentziarekiko, ez du esan nahi ezin direla datu horiek erabili. Esan daiteke aitzin erresistentzia dela atoian eramaten den indarra itsasoan bare egoera dagoenean. Erresistentzia honekiko loturik dagoen potentzia, potentzia efektiboa deritzo. Aurrerago potentzia honen azalpena emango da.[26]

1.1.2 AITZIN ERRESISTENTZIAREN OSAGAIK

Itsasontzi batek duen erresistentzia ur bareetan, fluxuek dituzten fluxuek eragiten dituzten fenomenoetan oinarritzen dira, era berean modu ezberdinetan eragiten dutenak modu konplexuetan. Horren konplexuki eragiten dute, gaur egun hidrodinamikako adituek ez dakitela teorikoki nola kalkulatu eragin horiek modu zehatz batean, proba praktikoak ekidin ezinik.

Lau osagai daude, aitzin erresistentzia definitzen duena Lau hauek fluxuen eraginean dute mugarrria eta hauexek dira:

1.1.2.1 Higadura Erresistentzia

Kroskoa fluxuan zehar juterakoan, fluxuaren zati bat eramaten du berarekin. Eramaten duen zatia da justu gertuen duen ur masa, hau geruza estu bat da eta 'kapa limitea' deritzo.

1.1.2.2 Olatu Erresistentzia

Barkuak itsas bareetan eragiten dituen olatuen patroia da. Olatu horiek sortzeko erabiltzen duen energia, erresistentzia bat sorrarazten dio itsasontziari. Olatuetan erabiltzen den energia, zurrumbiloen teoriarekin batzen direnean, hondar-erresistentzia deritzo.

1.1.2.3 Zurrumbilo Erresistentzia

Erresistentzia hau sorrarasten da, fluxuak ezin duelako kroskoaren bere luzera guztian linealki bere bidea egin. Fluxuak edozein apendizerekin topatzean eta hau bukatzean bi aldeak bateratzerakoan, zurrumbilo bat sorrarazten dute, erresistentzia bat eraginik. Antzeko gertaera gerta daiteke, popan linea batzuk aldentzen direnean. Kasu honetan 'aldentze erresistentzia' deritzo.

1.1.2.4 Aire Erresistentzia

Hau aurreko hiruen konposaketaz osatzen da, baina airea fluxu bezala kontuan hartuta.

1.1.3 KONPARAKETA LEGEAK

Itsasontzi baten erresistentzi zuzenean kalkulazina denez, modelo teorikoak erabili behar dira, abiadura ezberdinetan kalkulatzeko direnak eta gero datu horiek estrapolatu egiten dira. Hori dena egin aurretik itsasontzia nola eskalatu jakin behar da, diseinuan erabiltzen diren abiadurak, indarrak eta neurriak egokiak

izateko.[26-29]

1.1.3.1 Ekuazio fisiko osoa

Estrapolazio egoki bat emateko erabiltzen diren legeak analisi dimentsional egokiak erabiliz egokitu dira, modeloaren aldagai guztiak kontuan edukita. Honetan zehazki begiratuta esperientzia eta intuizioa beharrezkoak dira erlazio hura zehazteko. Esperientziak erakutsi du aitzin erresistentzia kalkulatzeko erabiltzen diren datuak hauek direla.[26-29]

L = Itsasontziaren luzera.

V = Abiadura.

ρ = Uraren dentsitatea.

g = Grabitatea

$C_b, C_p, \text{etab.}$ = kroskoaren forma koefizienteak.

Biskositate zinematikoa erabili ordez, biskositate dinamikoa edo absolutua erabili daiteke. Erlazioa beraien artekoa hau da, $\mu = \rho v$. Kasu berezietan non kroskoaren abiadura altuagatik eta presio aldaketengatik kabitazioa gertatzen den, uraren presioa gehitu beharko litzateke ustez gertatuko den tokietan. Analisi normaletan ez denez agertzen normalean, hemen ez da azaltzen, baina geroago helizearen teorian azalduko da nola kalkulatu kabitazioa.

Ekuazio fisiko osoa modelo normalentzako, honako hau da:

$$R = f(L, V, \rho, v, g) \quad (2)$$

R = aitzinerako erresistentzia adierazten du.

Dauden aldagaiengatik programa experimental batean, praktikoa ez den zenbaki bat eman dezake kalkulu guztiak egin ahal izateko. Erabili behar diren zenbaki kantitatea murriztua izan daiteke analisi dimentsional kontua edukita. Analisi dimentsionala homogeneotasun dimentsionalean oinarritzen da, ekuazio fisiko osoa berridatzi ahal izanda, ondorioz:

1. Diseinu bakoitza bestearekiko independente dira.
2. diseinu bakoitzaren emaitzak berdinak izan behar dira. Hori gertatzeko erabiltzen den modurik eraginkorrena da, neurri adimentsionalak erabiltzea.

Analisi dimentsionalaren ekuazioak dakar, 2, ekuazioa berridatzia izan daiteke honelako moduan:

$$\frac{R}{\rho L^2 V^2} = f \left(\frac{VL}{v}, \frac{V^2}{gL} \right) \quad (3)$$

abantaila ugari daude ekuazio fisiko osoa modu honetan idazteko. Ekuazioko zati bakoitza adimentsionala denez, proba bakoitzean egindako balio numerikoak berdinak izango dira. Gainera, aldagaien balioa 6tik 3ra jaitsi da, proba gutxiago beharko dira emaitza onak lortzeko.

1.1.3.2 Erresistentzia koefizientea

Erresistentzia probak modelo arruntetan, hiru kantitate adimentsionalak 3. ekuazioan, normalean modu eraldatu batean azaltzen dira. 3. ekuazioan lehenengoaren kantitatea, erresistentzia eta erresistentziaren koefizienteak ditu. Kantitatea $\rho L^2 V^2$ indarraren dimentsioak ditu eta kontuan edukita L^2 azalera baten dimentsioak dituela, ρV^2 presio bat da.[26-29]

Esanahi berezi bat dago fluxuaren potentzialean geldialdi presioarentzako, $1/2\rho V^2$. Hau geldialdi presioko puntu batean dagoen presioa da.

Geldialdiko presioa azalera batekin biderkatzen da eta fluxuaren karakteristika eta garrantzitsua da, erabilia da erreferentziatzeko indar bat bezala koefiziente adimentsionalen definizioan, hots, arraste koefizienteetan, fluxuen fluxu ikerketetan. Aitzin erresistentziaren ikerketentzako, kontuan hartzen den azalera, azalera bustia da (S). modu honetan, erresistentzia koefizientea honako hau da:

$$C = \frac{R}{\frac{\rho}{2} S V^2} \quad (4)$$

laugarren ekuazioa esan den moduan indar unitateak dituela, generalean adierazten ditu ezberdin erresistentzia koefizienteak, aitzin erresistentzia kalkulatzeko erabiliko direnak, hots:

$$\text{Erresistentzi koefiziente totala: } C_T = \frac{R_T}{\frac{\rho}{2}SV^2}$$

$$\text{Erresistentzia koefiziente higikorra: } C_F = \frac{R_F}{\frac{\rho}{2}SV^2}$$

$$\text{Erresistentzia koefiziente soberakina: } C_R = \frac{R_R}{\frac{\rho}{2}SV^2}$$

1.1.3.3 Reynolds zenbakia

Bigarren taldeko bietariko kantitateetatik, lehenengoak barkua mugituko den uraren biskositatea du, orduan balio hura higadura erresistentziarekin du erlazioa. Hau Reynolds zenbakia (R_n) deritzo. Zenbaki hau idatzi daiteke, bai biskositate zinematikoarekin edo estatikoarekin:

$$R_n = \frac{VL}{\nu} = \frac{\rho VL}{\mu} \quad (5)$$

1.1.3.4 Froude zenbakia

Beste zati adimentsionalak grabitatearen azelerazioa du, (g), adierazten duena erlazonatua dagoela olatu erresistentziara, sortzen dituen olatuek barkua altzarazten dutelako grabitatearen aurka. Bigarren partean azaltzen den bigarren kantitatean azaltzen den erro karratua Froude zenbakia da. Froude zenbakia horrela adierazten da:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (6)$$

Hori dela eta, 3. ekuazioa horrela berridatzi daiteke:

$$C = f(R_n, F_n) \quad (7)$$

nahiz eta ekuazio fisiko osoa (2) modu sinpleago batzuetan idatzi den, (3) eta (7)

ekuazioetan ikusi ahal den bezala, f funtzioaren izaera ezezaguna da oraindik. Analisi dimentsionalak ezin ditu emaitza numerikoak eman, ezta ere esan erresistentzia Reynolds edo Froude zenbakien menpe dagoen, baina datu hauek erabili daitezke itsasontzi baten erresistentzia kalkulatzeko.

1.1.3.5 Abiadurak

Modeloaren eta itsasontziaren erlazioa jakina ematen da, S azpiindizea itsasontziarena izanda eta M azpiindizea modeloarena. Eskala lineala (λ) definitzen da, itsasontziaren eta modeloaren koefiziente erlazioa [26-29]:

$$\lambda = L_S/L_M = B_S/B_M = H_S/H_M, \text{ etab. (8)}$$

Berdintzen modeloaren eta itsasontziaren Froude zenbakiak:

$$F_{nS} = F_{nM}$$

$$\left(\frac{V}{\sqrt{gL}} \right)_S = \left(\frac{V}{\sqrt{gL}} \right)_M$$

$$\frac{V_S}{V_M} = \frac{\sqrt{g_S L_S}}{\sqrt{g_M L_M}}$$

eta, grabitatearen azelerazioa berdina denez bai modeloarentzako edo eta itsasontziarentzako:

$$\frac{V_S}{V_M} = \sqrt{\frac{L_S}{L_M}} = \sqrt{\lambda} \quad (9)$$

Horrela, modelo bat probatzean itsasontziaren Froude zenbakia duena, modeloari abiadura galarazten dio. Modeloaren abiadura kalkulatzeko 9. ekuazioarekin egin beharko da eta azaltzen den moduan egin beharko da:

$$V_M = \frac{V_S}{\sqrt{\lambda}} \quad (10)$$

9. eta 10. ekuazioek froudek esaten zituen abiadura erlazionatuak definitzen ditu. Berak egin zuena izan zen itsasontzi bar arrastatu itsasoan zehar eta ikusi zer olatu

sortzen zituen, gero modelo bat egin zuen eskalan eta abiadura ezberdinetan garraiatu zuen, hori egiterakoan ikusi zuen eragiten zituen olatuen forma antzekoak zirela itsasontziarenarekin konparatuta. Hori gertatzen zen beraien abiadurak berdinak zirenean beraien dimentsioaren erroa zenean.

1.1.3.6 Atzekotasun dinamika

erakutsiko da nola erlazionatutako abiadurek, determinatu dezakete eskala itsasontziaren erresistentziarentzako. Froude eta Reynolds modeloak berdinak zirenez barkuarekiko, beraien erresistentzia koefizienteak berdinak izango dira ere [26-29]. Orduan:

$$\left(\frac{R}{\frac{1}{2} \rho S V^2} \right)_S = \left(\frac{R}{\frac{1}{2} \rho S V^2} \right)_M \quad (11)$$

horrela eskala faktorea erresistentziarako da:

$$\frac{R_S}{R_M} = \left(\frac{\rho_S}{\rho_M} \right) \left(\frac{S_S}{S_M} \right) \left(\frac{V_S}{V_M} \right)^2 \quad (12)$$

Geometria antzekotasunengatik, eskala faktoreak erlazionatutako azalerentzako, bolumenak eta desplazamenduak, dira:

$$\left(\frac{S_S}{S_M} \right) = \left(\frac{L_S}{L_M} \right)^2 = \lambda^2 \quad (13)$$

$$\frac{\nabla_S}{\nabla_M} = \left(\frac{L_S}{L_M} \right)^3 = \lambda^3 \quad (14)$$

$$\frac{\Delta_S}{\Delta_M} = \frac{\rho_S g \nabla_S}{\rho_M g \nabla_M} = \left(\frac{\rho_S}{\rho_M} \right) \lambda^3 \quad (15)$$

eta 9. ekuaziotik:

$$\left(\frac{V_S}{V_M}\right)^2 = \frac{L_S}{L_M} = \lambda \quad (16)$$

balio hauek 12. ekuazioan ordezkaturak, lortzen da:

$$\frac{R_S}{R_M} = \left(\frac{\rho_S}{\rho_M}\right) \left(\frac{S_S}{S_M}\right) \left(\frac{V_S}{V_M}\right)^2 = \left(\frac{\rho_S}{\rho_M}\right) \lambda^2 \lambda = \left(\frac{\rho_S}{\rho}\right) \lambda^3 \quad (17)$$

horrela, eskala faktorea erresistentziarekiko berdina da masarentzako eta pisuarentzako, g grabitatea delako eta hau konstante bat da:

$$\frac{R_S}{R_M} = \frac{\Delta_{mS}}{\Delta_{mM}} = \frac{\Delta_S}{\Delta_M} \quad (18)$$

18. ekuazioa antzekotasun dinamikaren adierazpena da. Hau da, barkuaren indar erlazio bat modeloarekiko berdina da.

1.1.3.7 Modeloaren abiaduraren paradoxa

aurreko analisiak ez daude osorik azalduta, oraindik ez direlako kontuan eduki biskositatearen datuak. Kontuan eduki beharko lirateke barku eta modeloaren Reynolds zenbakiaren berdinketa: [26-29]

$$R_{nS} = R_{nM}$$

$$\left(\frac{VL}{\nu}\right)_S = \left(\frac{VL}{\nu}\right)_M$$

$$\frac{V_S}{V_M} = \left(\frac{L_M}{L_S}\right) \left(\frac{\nu_S}{\nu_M}\right)$$

nahiz eta urmaeleko uraren biskositatea ez den itsasoko uraren berdina, biskositatea berdina izango balitz bezala hartzen da kontuan. Abiaduren erlazioa horrela geratuta:

$$\frac{V_S}{V_M} = \frac{L_M}{L_S} = \frac{1}{\lambda} \quad (19)$$

esan nahi duena da, modeloaren abiadura itsasontziarena baina azkarragoa izan behar dela:

$$V_M = V_s \lambda \quad (20)$$

hau da modeloarekin probetan behar den kondizioa, antzekotasun dinamikoa edukitzeko higadura eta biskositate indarrekin. Argi dago abiadura hau itsasontziak duen abiadura baina askoz altuagoa dela eta ez datorrela bat eginik 10, ekuazioan esaten denarekin.[26-29]

1.2. HELIZEAK

Arkimedes izan zen lehengoa helize bat egiten, bere torlojua asmatuz. Bere torlojua berez ez zegoen pentsatua honelako gauza batentzako, baizik eta barkuetatik ura ateratzeko ahalik eta errazenen. Geroago urteak beranduago, printzipio bera erabiliz helizeak egin ziren aro modernoan zehar, baina itxaron behar izan zen 1830eko hamarkadarte emaitza interesgarriak egoteko. Aurreko guztiak bai istripuengatik edo beste kalte batzuegatik bertan behera geratu ziren bidean [1-3].

1835ean, bi asmatzailek, John Ericsson eta Francis Pettit Smith, bere kabuz hasi ziren lanean arazo honetan. Smith izan zen bere helizea patentatzen, urte hartako Maiatzaren 31ean. Sei aste beranduago, Ericssonek bere patentea aurkeztu zuen. Smithek segituan txalupa bat eraiki zuen eta bere baserriko urmael baten probatu zuen. Zebilela ikustean Londoneko Adelaida Erreal Zientzia Praktiko akademiara joan zen bere asmakizuna erakustera. Han armadako buruzagia, Sir William Barrowek ikusi zuen. Geroago, bankari baten diru laguntza jaso eta gero, itsasontzi bat eraiki zuen 6 tonakoa, 9,1 metroko luzerakoa eta 6 zaldiko potentziarekin. Barku honek Francis Smith izenekoa, egurrezko helize bat zuen eta probak egin zituen Paddintoneko kanalean 1836etik iraileko 1837ra arte. Istripu batengatik, bere bi bueltako helizeak erditik puskatu zen, buelta bakarrekoa bihurtuz, ondorio ikaragarri bat gertatuz, itsasontziak bere abiadura bikoiztu zuen, 4 korapiloko abiaduratik 8koa lortzko. Smith geroago patente bat aurkeztu zuen asmakizun hau bermatzeko.

Bitartean, Ericsson suediarrek, ur-lurrunezko 14 metroko itsasontzi bat eraiki zuen 1837an. Tamesis ibaian erakutsi zien Erresuma Batuko almirantegoko buruzagiei. Nahiz eta itsasontziak 10 korapiloko abiadura lortu, almirantegoko buruzagien ez zioten interesik jarri asmakizun honi, pentsatuz ezinekoa izango zela gidatzea barku mota hauen ozeano irekietan. Gaitzespen hau eta gero 1839an beste itsasontzi bat eraiki zuen Ericssonek eta AEB-tara bidali zuen, non goiz fama lortu zuen eta diseinatzaile bezala lortu zuen lana. Baita ere, AEB-ko torlojuz abiatutako lehen gerra ontzia eraikiz, USS Princeton.

Badirudi, Smith Ericssoneri marinakin gertatu zenaren jakinminean zegoela eta beraiei berer asmakizuna erakutsi ordez bidai bat egitera joan zen barkuarekin 1837an. Kasu honetan buelta bakarreko helize batekin eta egurrezkoa egin ordez burdinazkoa egin zuen. Blckwall, London, Hythe, Kent, Ramsgate, Dover eta Folstone herriak bisitatu zituen. Londonerako bueltako bidaiari, almirantegoko kapitainek ikusi zuten barkua aurrera joateko kapazitatea zuela, nahiz eta itsasoa garratz ibili. Hori gertatuta Smitheri animatu zitzaion tamaina normaleko itsasontzi bat eraikitzea, asmakizunaren efizientzia ikusteko.

1838an Henry Wimshurstek SS Archimedes itsasontzia eraiki zuen Londonen eta lehenengo itsasontzia izan da ur-lurruna eta torloju propulzioa erabiltzen. Itsasontzi hau eta gero, itsasontzi asko egin ziren eta proba ugari, 1880ko hamarkada iritsi arte, non helizeen diseinua normalizatu zen. [1]

XIX. mendeko bigarren zatian, teoria asko egin ziren helizearen funtzionamenduari buruz. 1865an, W.J.M. Rankinek, 1888an Alfred George Greenhillek eta 1889ean R.E. Froudek, momentum teoria egin zuten, teoria bat azaltzen zuena zein zen helize teoriko perfektua. Helizea disko fin bat bezala hartzen da kontuan, abiadura konstante bat duena abatzaren bira norantzeko. Disko honek fluxu bat sortzen du helizearen inguruan. Fluxuaren premisa matematiko batzuekiko, konexio matematiko batzuk atera daitezke potentziarekiko, helizearen radioarekiko, indar-parea eta abiadura induzitua. Higadura ez da kontuan hartzen.

William Froudek, David W. Taylorek eta Stefan Drzewickik Pala Elementuaren Teoria (Blade Element Theory, BET) osatu zuten, helizearen izaera nolakoa zen

jakiteko. Profil aerodinamiko bat zati txikietan apurtzen da eta gero profil bakoitzean determinatu zer indar gertatzen diren horietako bakoitzean. Indar hauen azelerazioetan bihurtzen dira geroago abiadurak eta posizioak kalkulatu ahal izateko.

1.2.1 ERAGIKETA TEORIA

Helizea da itsasontzietan egehien erabiltzen den propulsaizailea. Fluxu bat mugituz eta harengan indar bat sortuz egiten du lan gero indar hura ontziari pasatuz. Edozein propulsaizaile baten efizientzia perfektuena disko batena da. Honi Frouderen efizientzia deritzo eta ezin da inoiz ere gainditu, nahiz eta helizerik hoberena izan. Edozein helize ia desplazamendu gabekoa izan Frouderen %100aren efizientziara gerturatzen da. Teoria honen erlazioa da fluxuaren abiadura diskotik pasatzerakoan eta ontziaren abiadura, formula izanik $1/(desplazamendua+1)$. [2]

Benetako helize batek palak ditu helikoidal formakoak eta pentsatu daiteke fluxuan zehar igaro den torloju bat dela. Normalenak bi edo bosteko paletakoak dira, baina batzuetan askotarikoak erabili dira soinu gutxiago sortzeko eta batzuetan batekoak ere erabili dira. Para horiek abatzari daude lotuak, ingelesez hub deiturikoa et ahalik eta txikiena izan behako luke.

Helize bat erlojuaren orratzen norantzara mugitzen bada, eskuina deritzo eta kontrako norantzan badabil ezkerre. Beti, poparantz begiratzuz kontuan edukita. Itsasontzi handiek normalean bi helize bizki dituzte popan tortsioa ekiditeko, istriborrekoa eskuina izan oi da eta ababorrekoa ezkerre. Horrela ez bada barne biraketa esaten zaio.

1.2.2. KABITAZIOA

Kabitazioa uretan sortzen diren gas ponpak dira, helizearen gertutik sortzen direnak presio baxua dagoen tokietan, Bernoulli efektuagatik sortzen dira. Ponpa hauek sortzen dira bai helizeak indar gehiegi egiten duenean edo honen abiadura oso azkarra denean. Kabitazioak bibrazioak, potentzia galera eta helizean kalteak

sorrarazi ditzake. Oikoen gertarazten diren kabitazioak dira, abatzekoa eta xurgatze azalean gertatzen direnak [21-25].

Xurgatze azalean gertatzen den kabitazioa sortzen da bai helizearen abiadura azkarrarengatik edo bere zama lana handia delako. Xurgatze azalaren presioa horrenbeste jaitsi daiteke uraren gas presioraino jaitsi daiteke, ur-lurrun ponpak sortuz. Azaleraren gehiengoa kabitazioz estalirik dagoenean, presio altuko zonaldea eta xurgatze zonaldeko presioak parekatzen dira, itsasontziaren abiadura larriki murriztuz. Egoera honi, bultzada haustura deritzo. Egoera honetan helizeak energi galerak ikaragarriak dira eta zarata nahikoa egiten du. Burbuila guzti horien eztandarengatik helizearen palaren aurpegian.

Gero beste kasu bat, baina nahiko desberdina dena da aireztatzea. Kasu honetan ur mailatik gertu lan egiten duen helize batek ura astindu eta airea sarrarazten du urpera. Honek bibrazioak eta soinuak sortzen ditu ere baina ez ditu helizean kalterik sortzen. Hori horrela izanda bi efektuak helizea gehiago urperatzen konpondu daitezke, bata ez duelako haizerik urpera sartzen eta besteak presioa igotzen dio fluxuari, bere luruntze presioa igoz.

1.2.3 PALAN ERAGITEN DUTEN INDARRAK

... Palan kalkulatuak indarra (F) , azalerarekin(A), dentsitatea (ρ), abiadura (V) eta palaren fluxu angeluarekin zehaztuak daude. Azkeneko angelu hau eraso angelua deritzo [21-25].

$$\frac{F}{\rho AV^2} = f(Rn, \alpha) \quad (20)$$

indarrak bi zati ditu, fluxuaren norantzan doana altxatze indarra (L) eta fluxuaren norantza. Biak matematikoki adierazi daitezke:

$$L = C_L 1/2 \rho V^2 A \quad \text{eta} \quad D = C_D 1/2 \rho V^2 A$$

C_L = altxatze indarrak

C_D = fluxu indarrak

koefiziente bakoitza eraso angeluarekin eta Reynolds zenbakiarekin zer ikusia du. Geroz eta eraso angelua handiagoa, altxaera indarra ere handitzen da.

1.2.4 HELIZEAREN BULTZADA INDARRAREN FORMULA

Palako edozein sekzio erradiala harturik r-n eta bira minutuko N bada, biraren abiadura $2\pi Nr$ da. Torloju bat izango balitz solido baten zehar, NP-ko aitzindura edukiko luke, baina uretan aitzindura abiadura askoz baxuagoa denez, V, desplazamendu erlazioa honelakoa da [21-25]:

$$\text{Slip} = \frac{NP - V_a}{NP} = 1 - \frac{J}{p}$$

Non, $J = V_a/ND$ aitzina koefizientea eta $p = P/D$ eraso angelua da.

Altzatze indarrak eta arrastea palan, dA, non indar normala azalean dL da:

$$dL = \frac{1}{2} \rho V_1^2 C_L dA = \frac{1}{2} \rho C_L [V_a^2 (1+a)^2 + 4\pi^2 r^2 (1-a')^2] bdr$$

Non:

$$V_1^2 = V_a^2 (1+a)^2 + 4\pi^2 r^2 (1-a')^2$$

$$dD = \frac{1}{2} \rho V_1^2 C_D dA = \frac{1}{2} \rho C_D [V_a^2 (1+a)^2 + 4\pi^2 r^2 (1-a')^2] bdr$$

Indar hauek laguntzen dute helizearen bultzadara (T) palan:

$$dT = dL \cos \varphi - dD \sin \varphi = dL \left(\cos \varphi - \frac{dD}{dL} \sin \varphi \right)$$

Non:

$$\tan \beta = \frac{dD}{dL} = \frac{C_D}{C_L}$$

$$= \frac{1}{2} \rho V_1^2 C_L \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta} bdr$$

As $V_1 = \frac{V_a(1+a)}{\sin \varphi}$,

$$dT = \frac{1}{2} \rho C_L \frac{V_a^2 (1+a)^2 \cos(\varphi + \beta)}{\sin^2 \varphi \cos \beta} bdr$$

indar bultzada totala integratzen pala osoaren espresioa lor daiteke. Zeharkako indarra era berean topatzen da:

$$\begin{aligned} dM &= dL \sin \varphi + dD \cos \varphi \\ &= dL \left(\sin \varphi + \frac{dD}{dL} \cos \varphi \right) \\ &= \frac{1}{2} \rho V_1^2 C_L \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \varphi} b dr \end{aligned}$$

V_1 r-rengatik aldatuz, indar pareta honela ematen du:

$$dQ = r dM = \frac{1}{2} \rho C_L \frac{V_a^2 (1+a)^2 \sin(\varphi + \beta)}{\sin^2 \varphi \cos \beta} b r dr$$

Lehenago bezela integratu daitekela.

Helizearen bultzada indar guztia TV_a -rekiko proportzionala da eta abatza $2\pi NQ$.

Orduan efizientzia da, $\frac{TV_a}{2\pi NQ}$. palaren efizientzia dago bultzada indarraren eta indar parearen artean:

$$\text{Palaren elementuaren efizientzia} = \frac{V_a}{2\pi N r} \cdot \frac{1}{\tan(\varphi + \beta)}$$

Frogatuta palaren efizientzia oinarritua dagoela bere bultzadan eta bere angelu φ eta β -etan, non arraste eta altxatze indarraren proportzioa β den. Anlisi hauetan faktore batzuk desestimatu egiten dira, palen interferentzia eta vortexen influentzia adibidez.

1.2.5 BULTZADA INDARRA ETA INDAR PAREA

Bultzada(T) eta pareta (Q) helizearen diametroaren(D), bira minutuen(N) eta aitzin abiaduraren(V_a) araberakoak dira, batera eta kontuan edukita zer fluxutan aurkitzen den eta zer grabitate dagoen, hurrengo erlazio ez-dimentsional hau sor daiteke [21-25]:

$$T = \rho V^2 D^2 \left[f_1 \left(\frac{ND}{V_a} \right), f_2 \left(\frac{v}{V_a D} \right), f_3 \left(\frac{gD}{V_a^2} \right) \right]$$

Non f_1 aitzinerako koefizientearekiko dagoen, f_2 Reynolds zenbakiarekiko dagoen eta f_3 Frouderen zenbakiarekiko dagoen. Normalena da f_2 eta f_3 txikiak izatea f_1 -rekiko, ekuazioa honetara laburbildu ahal izanda:

$$T = \rho V_a^2 D^2 \times f_r \left(\frac{ND}{V_a} \right)$$

Bi antzeko helizeentzako ekuazioa berdina izango litzateke. Orduan T_1 eta T_2 helizeekin eta azpiindize berdinak erabiliz helize bakoitza adierazteko:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{V_{a1}^2}{V_{a2}^2} \times \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

Froude zenbakiarentzako eta aitzina koefizienterako:

Non λ dimentsio linealen arteko erlazioa den.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \lambda^3$$

Indar bultzada eta abiadurak, Froude zenbaki berarentzako, bultzada gehiago ematen dute:

$$\frac{P_{T1}}{P_{T2}} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \lambda^{3.5}$$

Bultzada indarrarentzako:

$$Q = \rho V_a^2 D^3 \times f_q \left(\frac{ND}{V_a} \right)$$

1.2.6 ERRENDIMENDU ERREALA

Itsasontzi batera helize bat gehitzen zaioenean, bere errendimendua eraldatzen da.

Galera mekanikoak daude potentzia transmititzean, aitzinerako erresistentziarekiko igoera bat eta kroskoak ere ez du laguntzen eta galarazten du helizera ailegatzen den fluxua uniformea ez izatea. Erlazioa helizearen efizientziarekiko eta itsasontzia (P_D) eta ur irekietan (P'_D) efizientzia birakor erlatiboa deritzo [21-25].

Propulzio efizientzia orokorra, potentzia erabilgarriaren hedadura bat (P_E), propulzio koefizientetik aterata dago (P_c), abatz instalatuaren potentziaren deribatua dela (P_s), eraldatua kroskoaren potentzia efektiboarengatik (P'_E), helizearen bultzadarekin (P_T) eta biraketaren efizientzia erlatiboa.

$$(P'_E)/(P_T) = \text{kroskoaren efizientzia} = \eta_H$$

$$(P_T)/(P'_D) = \text{helizearen efizientzia} = \eta_O$$

$$(P'_D)/(P_D) = \text{biraketaren efizientzia erlatiboa} = \eta_R$$

$$(P_D)/(P_s) = \text{abatzaren transmisio efizientzia}$$

Hurrengo hau osatuz:

$$PC = \frac{\eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_R}{\text{kroskoaren eraldaketa koefizientea}} \cdot \text{transmisio efizientzia}$$

Zatikizunean azaltzen diren konstanteak normalean batera azaltzen dira eta quasi-propulzio koefizienteak bezala ezagutzen dira (QPK, η_D). QPK tamaina txikiko

esperimentuetan osatua da eta gero handiagora pasatzen denean, karga faktorea eraldatzen da.

Ubera barkua eta itsasoaren arte interakzioa da, urak bere abiadura erlatiboa duelako itsasontziarekiko. Uberak hiru zatitan banatzen da: uraren abiadura barkuaren kroskoan zehar, itsasontziak ura mugitzeagatik sortzen duen ur geruza eta sortutako olatuak ontziaren mugimenduarengatik. Lehengo biek, helizearen abiadura moteltzen dute, hirugarrenak, berriz, areagotu edo motelduko du, segun sortutako olatuek gandorra edo kanala sorrarazten dioten helizeari.

1.3. 3-D INPRIMAGAILUAK

3D inprimaketa objektuak osatzeko erabiltzen den modu bat da. Modu hau eransketa metodoarekin egiten da eta hiru dimentsioetan egindako elementu bat da. Eransketa geruzaz geruza egiten da.[3] 3D inprimagailuak eransketa metodoan fabrikatzen duten metodoetatik merkeena da. Ahala ere, edozein fabrikazio motetan bezala, bere tolerantzian eta gastuaren menpe egongo dira.

2003garren urtetik hona, salmenta hazkunde ikaragarri bat egon da, beraien prezioa jaitsiz. Teknologia hau industrial diseinuan, arkitekturan ingeniarian eta abar luzeko arloetan erabiltzen da.

1.3.1 HISTORIA

1976ean lehenengo material eta inprimagailuak aurkeztu ziren. 1981Ean, Hideo Kodamak, Nagoyako Industrial Ikerketentzako Udal Institutuan, fabrikaziorako bi AM sistema asmatu zituen, plastiko tridimentsional batekin polimero fotogortzaile batekin osatuta, azalera UV izpiekin kontrolatua zegoena, maskara patroia batekin edo ekorketa zuntz batekin.[4][5] baina 1983ko Uztailaren 16ean Alain Le Méhauték, Olivier de Whitek eta Jean Claude Andrék estereolitografiako patente bat aurkeztu zuten.[6] Chuck Hullek hiru aste beranduago berea aurkeztu zuen. Frantsesen asmakizuna Frantziako General Electricek eta CILASEk alde

batera utzi zuten. Eman zen arrazoia izan zen ez zuela etorkizunerako perspektibarik. Geroago 1984ean, Chuck Hullek, 3D Systems enpresan lan egiten zuela, prototipo bat aurkeztu zuen estereolitografia sisteman oinarritua zegoena, non geruza eransketak egiten ziren eta fotopolimero lehorketak egiten ziren ultramore izpiak erabiliz. Hullek horrela definitu zuen sistema, '3D objektuak osatzeko sistema, transbertsalki osatzen direnak.[7][8] baina ha dagoeneko Kodomatik izan zen asmatua. Hullek egin zuen ekarpena STL (STereoLithography) formatua izan zen, gaur egun gehiengoak erabiltzen duela 3Dko inprimaketak egiteko. Azkenean gaur egun erabiltzen diren inprimagailuak ez dira plastikozko urtze sistema bat, estrusio sistema erabiltzen duena era geruzaz geruza diseinatu den objektua osatzen duena.

1.3.2 PRINTZIPIO OROKORRAK

egin nahi den pieza ordenagailuan diseinatzen da, bai CAD sistemako programa batean edo moldeaketa edo diseinuko programaren batean. Diseinu hauek oinarritzat hartzen dira gero makinak inprimaketa egin dezan. Segun zer makina erabiltzen den, materiala ohe batean finkatu egiten da, horizontalki eta geruzaz geruza materiala jarriz pieza guztia bukatu arte eta 3Dko inpresioa egin arte. Datu interfaze estandar bat erabiltzen da CAD sistematik STL sistemara pasatzeko, STL sistema hau erabiltzen da inprimagailura informazioa bidaltzeko, formatu hau 3Dko geometria definitzen dituen, kolorea, testurak eta beste propietate fisiko batzuk baztertzen dituen. STL sistema triangeluar formak erabiliz, diseinatu den piezaren forma egiten saiatzen da. Gero beste sistema batzuk badaude, resoluzio gehiagorekin, CAPA eta VRML, baina gehien erabiltzen den sistema STL sistema da.

1.3.3 METODOAK

badira merkatuan teknologia ugari 3D inprimaketak egiteko, beraien arteko ezberdintasun handienak dira zer nolako geruzak erabiltzen dituen beraien pieza osatzeko. Batzuk materialaren urtzea edo bigunketa erabiltzen dute beraien pieza inprimatu ahal izateko, adibidez laser selektibo sinterizatzailea (SLS) eta urtze

lagatze moldeaketa (FDM), beste batzuk material urtua uzten dutenean geroago gogortua izateko teknologia ezberdinak erabilia.

Metodo bakoitzak bere abantailak eta desabantailak ditu; horregatik, enpresa batzuk hautsak eta polimero arteko aukeraketa eskaintzen dute, bezeroak aukera dezan segun zein den bere nahia eta beharra bere piezan.[9] normaleankontuan hartzen diren datuak dira; inprimaketa abiadura, inpresio bakoitzaren prezioa, 3D inprimagailuaren prezioa, materiala eta zer koloretan inprimatu daiteken.[10]

1. Taula: inprimaketa motak

MOTA	TEKNOLOGIAK	MATERIALAK
ESTRUSIOA	URTZE LAGATZE METODOA (FDM)	Termo plastikoak, adibidez PLA, ABS, HDPE, TPU, material eutektikoak, material jangarriak.
HARI SISTEMA	ELEKTROI-SORTAKO FABRIKAZIOA (EBF)	Aleazio gehienak.
PIKORTSUA	METAL SINTETIZADURA ZUZENA LASERRAREKIN (DMLS)	Aleazio gehienak.
	ELEKTROI SORTAKO FUSIOA (EBM)	Titaniozko aleazioak.
	SINTERIZATU SELEKTIBOA BEROAREKIN (SHS)	Hauts termoplastikoa.

	SINTERIZATU SELEKTIBOA LASERRAREKIN (SLS)	Termoplastikoak, hauts metalikoak, hauts zeramikoak.
	AGLUTINATZAILE INPRIMAKETA (DSPC)	Igeltsua.
IJEZKETA	KAPAKA GERUZATUA (LOM)	Papera, aluminiozko papera, plastikozko kapa.
FOTOKIMIKOAK	ESTEREOLITOGRAFIA (SLA)	Fotopolimero.
	FOTOPOLIMERIZAZIOA ULTRAMORE IZPIEKIN	Fotopolimero.

1.3.3.1 Inprimaketa injekzioz

3Dko inprimaketa metodo bat injekzio sistema batean oinarritzen da. Inprimagailuak kapa-kapa sistema bat erabiltzen du piezaren zati bat bestearen gainean finkatuz. Prozesua errepikatu egiten da, pieza guztia bukatu arte. Sistema honek edozein koloretako prototipoak onartzen ditu eta kirtenak inprimatzea.

1.3.3.2 Urtze lagatze metodoa

estrusionaturiko filamentuak erabilia, urtze lagatze metodoa, Stratasys enpresak egindako teknologia da.[11] Tobera bat erabiltzen du oinarri batean materiala finkatzeko, kapaz kapa pieza inprimatzeko. Asko erabiltzen da prototipoak egiteko, gehien bat azkar egin nahi denean. Sistema hau erabiltzen da oso merkea delako eta arrakasta handia duelako inprimagailu txikietan.

1.3.3.3 Fotopolimerizazioa

1.3.3.3.1 Estereolitografia

SLA teknologiak resina likido fotopolimerikoak erabiltzen ditu, behin ultramore izpiekin lantzen denean solifikatzen dira. Modu honetan kapaka sortzen dira bata bestearen gainean objektua sortuz.

1.3.3.3.2 Fotopolimerizazioa Ultramoreak Erabili

Ultramoreak erabilitako fotopolimerizazioan, SGS, polimero likidoz beteritako hontzi bat DLP argia ematen duen proiektore baten azpian jartzen da, kontrolatutako balore batzuk edukita. Urtutako polimeroa gogortzen da; muntaketarako oinarria jaisten hasten da, abiadura oso motel batean eta polimeroa argira erakutsia da berriz ere. Prozesua errepikakorra da pieza eraikia den arte. Soberan dagoen polimeroa ontzitik ateratzen da, inprimatutako pieza bakarrik geratuz.

1.3.3.3.3 Fotopolimerizazioa fotoiengatik

Karakteristika oso txikiak lor daitezke metodo honekin, 3D mikro-fabrikazioarekin. Metodo honekin fotoi surgaketa bat gertatzen da. Bariazio honetan, egin nahi den 3D objektua gelezko bloke batean laser baten bidez marrazten da. Gela zaindu eta bakarrik laserrak eman dion tokian lehortzen da, foto-eszitazio ez-lineal optikarengatik. Laser lanaren ostean, gel soberakina garbitzen da. Teknika honek 100nm-ko piezak egiteko aukerak ematen ditu pieza konplexuak egiteko moduan edo mugikorrek egiteko kapazitatea edukita.

1.3.4. MATERIALAK

3D inprimagailuak ezin dute edonolako materiala erabili, material anitz dago inprimaketarako, adibidez: gardenak, koloretakoak, opakuek, flexibleak, zurrinak, temperatura altukoak eta gogorrak. Material hauek behar estetiko eta sentsitiboak asetzen dituzte, sos gogorrak dira eta eta indar nahikoa dute prototipo bat egiteko. Produktuaren diseinuak emango digu zer materialarekin egin nahiko den prototipoa. Metal Actual aldizkarian esaten den moduan:

'Merkatuan 60 material baina gehiago daude 3D-ko inpresioak egiteko, eta beraien karakteristika kimiko eta fisiko-kimikoak, prototipo perfektu, prezisio altuko, detaile altuko eta edozein industrial arloan erabili daiteke' (Andrea Ruiz, 2011, 34orr.)[12]

Materialen artean, gehien erabiltzen direnak dira industrial plastikoak simulatzen dituztenak, filamentuak deiturik, PLA eta ABS gehien bat. PLA filamentua azido polilaktiko bat da, biodegradagarria, artotik eratorria. Kolore anitzak ditu eta kolore transluzidoak baditu ere. ABS merkea da eta definizio ona du eta kolpe indartsuak jasan ditzake, filamentu honek kolore piloa ditu.

Beste material bat erretxina da.[13] ABSk baina definizio hobeagoa du, polipropileno motatako plastikoen antza du eta perfektuak dira malgutasuna, gogortasuna eta erresistentzia behar duten diseinuentzako, adibidez: bateria kaxak, jostailuak, automobil piezak eta kontainerrentzako.

1.3.4.1 Materiak motak

Filamentuak beraien diametroagatik datoz adierazita eta normalean bobinetan saltzen dira, kg-ka. Ohiko materialak honako hauek dira:

- Azido polilaktikoa (PLA).
- Laywoo-d3, egur/polimero konposatua, PLAREN antzekoa.
- Akrilonitrilo butadieno estireno (ABS).
- Inpaktu handiko poliestirenoa (HIPS).

- Polietilenoazko tereftalatoa (PET).
- Termoplastiko elastomeroa (TPE), ohikoena Poliuretano termoplastiko (TPU) izanda.
- Nylon, erabiliena.
- . Metal amorfoa. (BGM)

1.3.4.2 Akaberak

Estereolitografiarekin aldera, 3D inprimaketak egina dago abiadurarekin lan egiteko, merke eta erabilerraza izateko, sistema hau oso erabilgarria bihurtuz diseinurako, gehien bat hasierako diseinuak egiterakoan ez dira beharrezkoak produktu kimoko toxikorik estereolitografian erabiltzen diren bezala eta inprimaketa geroko lana akaberak ondo egiteko ekiditen dira.

Hauts bateratutako piezak argizariarekin gogortu daitezke egin ostean edo termoplastiko polimero baten geruzarekin. FDM piezak beste metal batekin izan daitezke gogortuak, egurra brontzea eta beste material batzuen antza hartzen dutenak. ABSko piezetan azetona erabili daiteke. Lixa eta berniza egurra erabiltzen duten materialetan eta azkenik brontzezko leunketa.

1.3.5 BEREIZMENA ETA TOLERANTZIA INPRIMAKETAN

Bereizmen eta tolerantziako datuak askotan nahasiak etortzen dira eta askotan bata bestearekin aldatuta.[14] Fabrikatzaile batzuk nahiago dute bi kontzeptuak batzen duen datu bat erabili, dimentsio prezisioa deritzona.

Logikoena dirudiena da bereizmena oinarritua egotea toberak eduki dezaken posizio akatsa materiala lagatzerakoan eta tolerantzia behin material hori laga denean hozterakoan eduki dezaken eraldaketa eta posizio mugimendua. Bi datu ezberdin direla ikusteko, esan beharra dago normalean tolerantziak datu okerragoak dituela bereizmenarekin konparatuta.

Bereizmena etor daiteke bai geruzaren zabalaren datua emana, edo X-Y planoan

zenbat puntu jar daitezken (ppp). Geruzaren zabalera normalena 0,1mmkoa da. X-Y planoaren bereizmena, laser inprimagailu batena bezain ona da eta segun zer prozesu erabiltzen den, partikulak 0,05-0,1mmko diametroa dute.[15]

Tolerantzia azken finean, erabilitako teknologian eta materialen menpe dago. Gauzarik garrantzitsuena da inprimaketa prozesua hasi baino lehen eta pieza egiten hasi baino lehen. Ez bakarrik esango digulako zer nolako tamaina eduki ahalko duen piezak baizik eta zer nolako geruza zabalera eduki ahalko duen ere.

Gaur egun, prezio baxuko inprimagailuetan 0,1-0,2ko tolerantzian daude. Eta garestiagoak hartzen badira lehenago esan ditugun tolerantzia har daitezke kontuan. Hoberenak 16 mikrako tolerantziak eman dezakete.

2. HELBURUAK

- Aitzin erresistentzia kalkulatu Maxurf programa erabilia.
- OpenProp eta Rhinoceros programak erabilia, helizea diseinatu.
- Prusa i3 inprimagailua eta Cura programa erabilia, helizea inprimatu.

3. KALKULUAK

Atal honetan azalduko da nola egin diren kalkulu guztiak eta zer irizpide erabili diren heizea diseinatzeko , arrez esan diren helburuak bete ahal izateko.

3.1 ITSASONTZIAREN DISEINUA ETA KALKULU HIDROSTATIKOAK

Proiektuaren atal honetan barkuaren kroskoaren aukeraketa egiten da eta honen erresistentzia aitzinera kalkulatu. Horretarako Maxsurf programa erabili da.

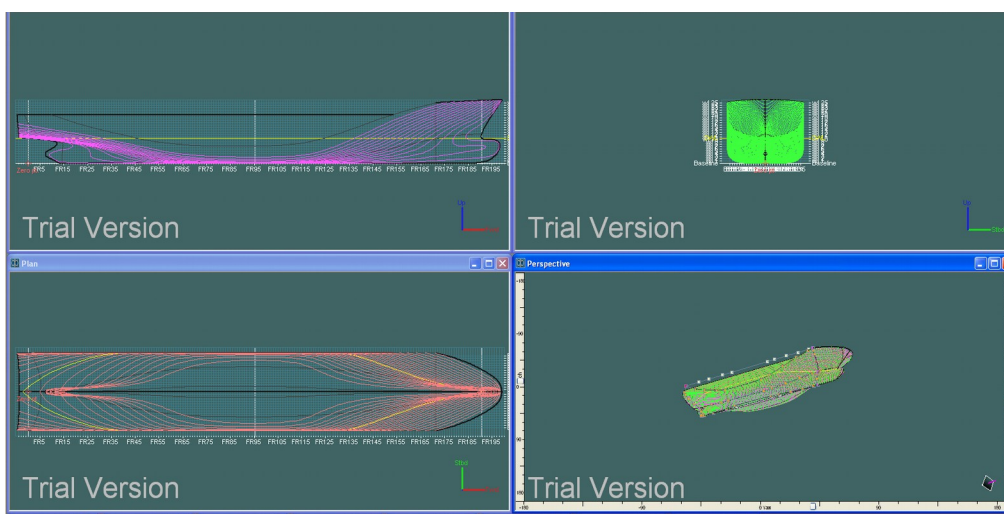
Bentley Engineering etxeak diseinutako programa bat da Maxsurf. Programa honek erreminta oso espezializatuak eskaintzen ditu kroskoak moldatzeko, apendizeak eta gainegiturak NURBS geruza triangeluarrekin. Gero ere badakar parametro eraldaketak egiteko aukera, analisi hidrostatiakoak momentuan egiteko ahalmena eta kurbaduren ebaluazioa.[17]

hemen erabiliko den kroskoarekiko, helizea kalkulatzeko, MAXSURF paketeka eskaintzen dituen programa batzuk erabili dira. Maxsurf Modeller, krosko aukeraketa egiteko eta Maxsurf Resistance bere aitzin erresistentzia kalkulatzeko, programa honek, erabiltzen dituen algoritmoak, oinarrituta daude internazionalki dauden estandarretan eta horietatik asko eta asko jasotzen ditu bere baitan.[16]

3.1.1 KROSKOAREN DISEINUA MAXURF MODELERREN

Kroskoaren aukeraketa egiteko Maxurf paketeak Modellerren ematen duen aukera batekin egin da. Hasieran lehio bat irekitzen du, non krosko baten aukeraketa egiten da. Aukeratu den kroskoa Cargo Vessel izaneko kroskoa da eta honako datuak ditu.

- Desplazamendua: 36829 tona
- Kalatua: 10,667 m
- Luzera: 192,898 m
- Zabalera: 32,207 m



1. Irudia: aukeratutako kroskoa

3.1.2 KALKULU HIDROSTATIKOAK MAXSURF RESISTANCEN

Maxsurf modelerren egin diren kalkuluaren ostean, hasi ahal da kalkulu hidrostatiakoekin. Horretarako Maxsurf resistance irekitzen da eta gure aurreko diseinua aukeratzen da resistance atalean azaldu dadin, horrela nahi diren kalkuluak egin daitezke. Ostean, behin ireki dela, ezer ez egin aurretik leiho txiki bat irekitzen da, galdetuz zer nolako abiadura eramango duen itsasontzi honek, programak erabiltzen duen datua da, kalkuluak egin ahal izateko.

Kasu honetan aukeratu da bere abiadura maximoa hamabost korapilokoa izatea eta zero ko bere minimoa. Berez, hamabi korapiloko abiadura aukeratu nahi zen baina kontuan edukita gero helizea kalkulatzeko helize honek ez du ehuneko ehuneko lan egingo eta indar galera bat sortuko den hor, abiadura gehiago eman zaio itsasontzi honi.

2. Taula: Sistema Baliokidetasua

	Item	Value	Units	Holtrop	Van Oortmerssen	Series60	Compton	Fung	KR Barge
1	LWL	192,898	m	192,898	192,898 (high)	192,898 (high)	192,898 (high)	192,898	--
2	Beam	32,207	m	32,207	32,207	32,207 (high)	32,207 (low)	32,207	--
3	Draft	10,667	m	10,667	10,667	10,667 (high)	10,667	10,667	--
4	Displaced volume	35956,727	m ³	35956,72	35956,727 (high)	35956,727 (l)	35956,727	35956,7	--
5	Wetted area	7261,874	m ²	7261,874	7261,874 (high)	7261,874	7261,874	7261,87	7261,874
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,58		0,58	0,58	--	--	0,58	--
7	Waterpl. area coeff. (Cwpl)	0,762		0,762	--	--	--	--	--
8	1/2 angle of entrance	12,1	deg.	12,1	12,1	--	--	12,1 (lo)	--
9	LCG from midships(+ve for'd)	-1,741	m	-1,741	-1,741	--	-1,741 (high)	--	--
10	Transom area	0	m ²	0	--	--	--	0	--
11	Transom wl beam	0	m	--	--	--	--	0	--
12	Transom draft	0	m	--	--	--	--	0	--
13	Max sectional area	321,35	m ²	--	321,35	--	--	321,35	321,35
14	Bulb transverse area	26,877	m ²	26,877	--	--	--	26,877	--
15	Bulb height from keel	5,797	m	5,797	--	--	--	--	--
16	Draft at FP	10,56	m	10,56	--	--	--	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	1,1	deg.	--	--	--	--	--	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	--	--	Round bilge	--	--
19									
20	Frontal Area	0	m ²						
21	Headwind	0	kn						
22	Drag Coefficient	0							
23	Air density	0,001	tonne/						
24	Appendage Area	0	m ²						
25	Nominal App. length	0	m						
26	Appendage Factor	1							
27									
28	Correlation allow.	0,0004		Calculated	0,0004	0,0004	0,0004	Fixed at	
29	Kinematic viscosity	0,00000118	m ² /s						
30	Water Density	1,026	tonne/						

Aurrekoa egin eta gero, garaia da barkuaren aitzina erresistentzia kalkulatzeko. Balore hauek ematen ditu behin kalkuluak egin direnean:

kalkulu guztiak egiterakoan, ikusten da Holtrop sistema dela balio onargarria ematen duen bakarra, hori dela eta hauen datuak hartuko dira kontuan bakarrik.

Orduan 3.irudian azaltzen den bezala Holtrop metodoak ematen dituen datuak azaltzen dira, bai aitzin erresistentzia eta potentzia. Aiatzin erresistentzia Newtonetan azaltzen da, indarraren balio internazionala izanda, eta potentzia wattetan. Lehenago esan den bezala Holtrop metodoa erabiliko da bakarrik ,baliokideak diren datuak zituen metodo bakarra bera delako.

Hori guztia jakinda, kontuan edukiko da ematen den baliorik handiena, 15 korapiloko abiadura gertatzen dena. Hor ikusi daiteke 15 korapiloko abiaduran,

helizeak egin behar duen indarra 513,3 N ekoa dela eta barkuak behar duen motorearen potentzia 3961,306 W-koa dela.

3. Taula: Potentzia eta indarra

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	0,000	0,000	0,000	--	--
2	0,375	0,004	0,011	0,5	0,088
3	0,750	0,009	0,021	1,7	0,646
4	1,125	0,013	0,032	3,6	2,077
5	1,500	0,018	0,043	6,2	4,772
6	1,875	0,022	0,054	9,4	9,109
7	2,250	0,027	0,064	13,4	15,467
8	2,625	0,031	0,075	17,9	24,220
9	3,000	0,035	0,086	23,2	35,739
10	3,375	0,040	0,097	29,0	50,393
11	3,750	0,044	0,107	35,5	68,547
12	4,125	0,049	0,118	42,7	90,564
13	4,500	0,053	0,129	50,5	116,800
14	4,875	0,058	0,139	58,9	147,609
15	5,250	0,062	0,150	67,9	183,338
16	5,625	0,067	0,161	77,5	224,329
17	6,000	0,071	0,172	87,8	270,920
18	6,375	0,075	0,182	98,6	323,440
19	6,750	0,080	0,193	110,1	382,216
20	7,125	0,084	0,204	122,1	447,569
21	7,500	0,089	0,214	134,7	519,815
22	7,875	0,093	0,225	147,9	599,267
23	8,250	0,098	0,236	161,7	686,235
24	8,625	0,102	0,247	176,0	781,029
25	9,000	0,106	0,257	190,9	883,958
26	9,375	0,111	0,268	206,4	995,339
27	9,750	0,115	0,279	222,4	1115,492
28	10,125	0,120	0,290	239,0	1244,750
29	10,500	0,124	0,300	256,1	1383,464
30	10,875	0,129	0,311	273,8	1532,004
31	11,250	0,133	0,322	292,1	1690,768
32	11,625	0,138	0,332	311,0	1860,187
33	12,000	0,142	0,343	330,6	2040,734
34	12,375	0,146	0,354	350,7	2232,928
35	12,750	0,151	0,365	371,6	2437,344
36	13,125	0,155	0,375	393,2	2654,618
37	13,500	0,160	0,386	415,5	2885,455
38	13,875	0,164	0,397	438,6	3130,635
39	14,250	0,169	0,407	462,6	3391,022
40	14,625	0,173	0,418	487,5	3667,564
41	15,000	0,177	0,429	513,3	3961,306

Hau jakinda hurrengo pausua egin daiteke, openprop programa erabili helizearen diseinua egiteko.

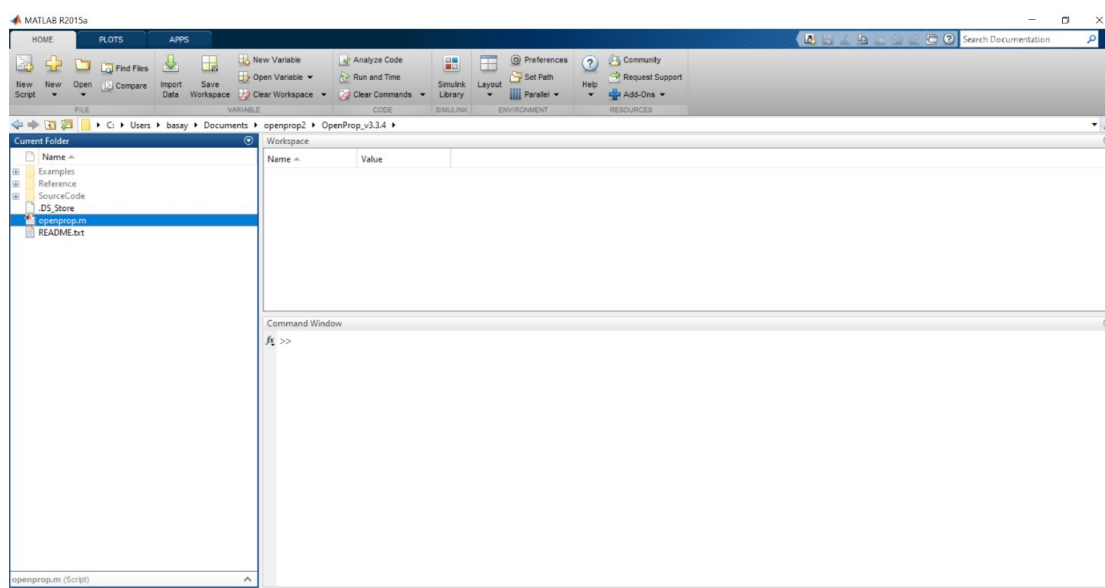
3.2 OPENPROP DISEINUA

OpenProp doako software bat da helizeen diseinu eta ikerketarako. Berdin dio ze helize mota ikertu edo diseinatu nahi den, baliokidea da bai turbinentzako edo itsasontzi helizeentzako. Software hau kodifikatua dago MATLABeko .m artxibo batzuetan, horrek esan nahi du MATLAB erabili behar dela derrigorrez. OpenProp exekutatu daiteke erabiltzaile interfaze simple bat erabiliz, bai MATLABen komando linea batetik, edo erabiltzaileak egindako script baten bitartez.

2012 garren urtetik aurrera, OpenProp proiektua MITetik Dartmouth College-era mugitu da.[18]

Hasteko, Matlab programa ireki eta handik OpenProp dagoen karpetaraino gertu behar da. OpenProp Matlab oinarri bezala erabiltzen duen programa da.

4. irudian azaltzen den moduan, openprop.m aukeratu eta Command Windows arte eramaten da. Honek OpenProp abiarazten du. Abiarazi eta gero, azalduko da 4. irudian azaltzen den leihoa . Baina ezer ez egin aurretik leihoz aldatuko da. Pasako



2. irudia: openprop exekutatzeko unea matlaben

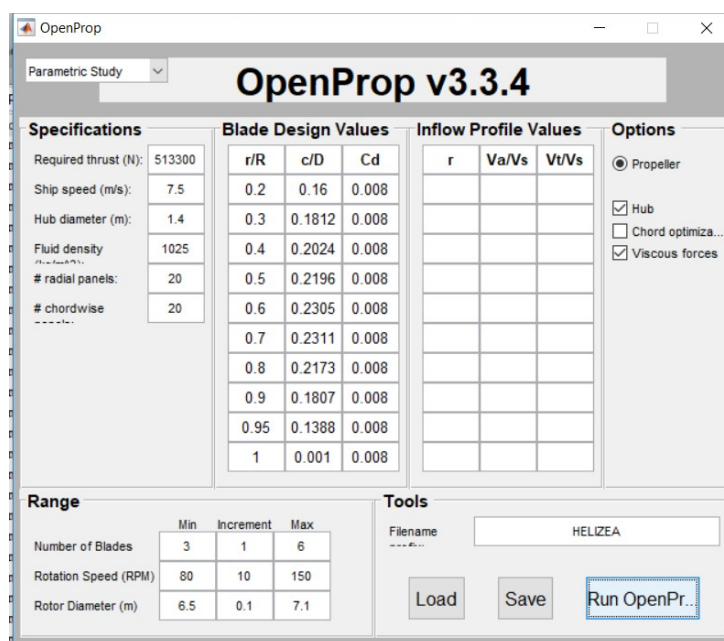
da Single Designetik Parametric Studyra.

3.2.1 PARAMETRIC STUDY

Parametric Study atalean programa honek egiten dituen kalkuluak helizearekiko efizientziarekikoak dira. Hori dela eta, balio batzuk sartu beharra dago han azaltzen diren laukietan. Beste batzuetan ez da ezer ez sartu behar, balio konstante batzuk direlako.

Lehenago azaldu beharra dago erdiko taula horretan azaltzen diren datuak konstanteak direla eta beste guztiak aldakorrek direla.

Bigarren, ezkerreko lauki zuri horietan datuak aldakorrek dira eta lehenago Maxsurfen ateratako datuak erabili dira. Orduan, aitzina erresistentzia, uraren dentsitatea eta helizearen abatzaren diametroak aldatu dira. 5. irudian ikusi daiteke zer aldaketa egin diren.

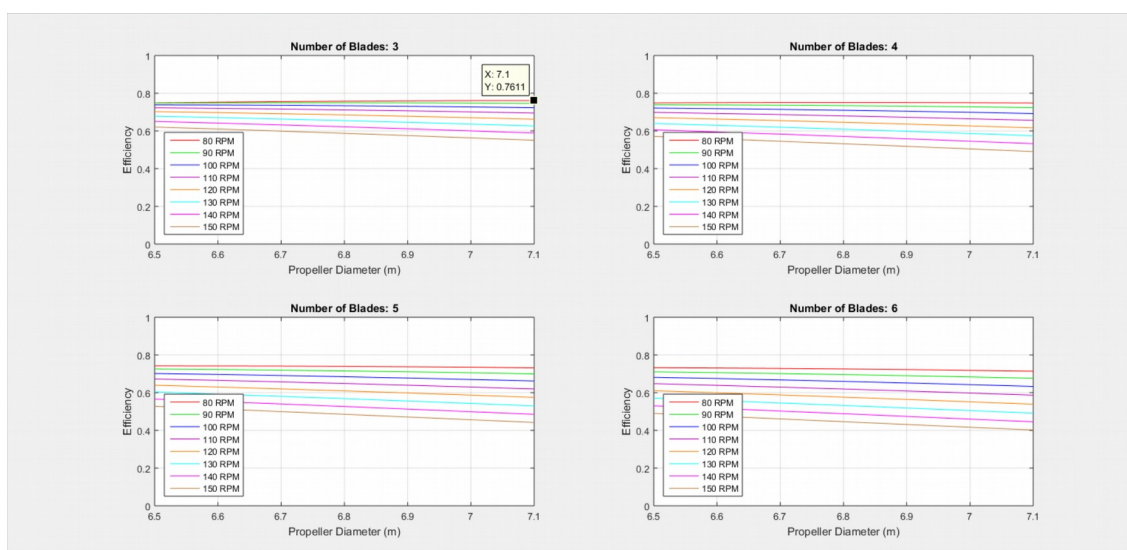


3. irudia: Parametric Study

- Uraren dentsitatea aldatu da 1025 m³/kg aukeratuz, normalean itsas dentsitatea balio horrekin kontuan hartzen delako.

- Aitzinaren erresistentziarekiko behar den indarra, kasu honetan 513,3 KN Newtonekoa izanik. Azkenik, bean azaltzen diren datuak aldatu daitezke. Horietan azaltzen da zer nolako grafiko aterako dituen programak behin abiarazi eta gero. Horretarako hemen aukeratu da lehenago bi errenkadak azaltzen diren moduan utzi eta azkenekoa bakarrik aldatu. Hori itsasontziak duen kalatuarekiko izanda kontuan. Orduan, 6,5m-tik 7,1m-tara eta 0.1m-ko tartearekin aukeraketa egin da.

Aurreko guzti hori egin eta gero, geratzen den gauza bakarra programa abiaraztea da. Horretarako RUN botoiari sakatuko zaio eta grafikoak kalkulatu dituzte beste leihobatean azalduta.



4.irudia : Helize Efizientzia Diametroarekiko

3.2.2 SINGLE DESIGN

Leiho hau da hasieran ireki egin dena. Hemen, aurreko kalkuluak egin eta gero programa berak aukeratzen du zer datu diren hoberenak. Gero ere hemen pentsatuz efizientzia diferentzia bata bestearekiko, bost paletatik lau paletetara pasa da helizea. Helizea kalkulatzeko eta pala diseinatzerakoan NACA 65A010 $\alpha = 0.8$ -ko airfoilda oinarri bezala edukita sorrarazten du.

Hori dela eta, 7.irudian azaltzen dena geratzen da.

OpenProp v3.3.4

Single Design

Specifications		Blade Design Values						Inflow Profile Values			Options	
Parameter	Value	r/R	c/D	Cd	t0/D	Skew	Xs/D	r	Va/Vs	Vt/Vs	<input type="radio"/> Propeller	<input type="radio"/> Turbine
Number of blades:	3	0.2	0.16	0.008	0.0329	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Hub	<input type="checkbox"/> Chord optimization
Rotation speed (rpm):	75	0.3	0.1812	0.008	0.0281	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Viscous forces	<input type="checkbox"/> Optimization plot
Rotor diameter (m):	7.5	0.4	0.2024	0.008	0.0239	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Geometry plots	<input type="checkbox"/> Performance chart
Required thrust (N):	513300	0.5	0.2196	0.008	0.0198	0	0				Airfoil type	
Ship speed (m/s):	7.5	0.6	0.2305	0.008	0.016	0	0				Meanline type:	
Hub diameter (m):	1.5	0.7	0.2311	0.008	0.0125	0	0				NACA $\alpha=0.8$	
Fluid density (kg/m ³):	1025	0.8	0.2173	0.008	0.0091	0	0				Thickness type:	
# radial panels:	20	0.9	0.1807	0.008	0.006	0	0				NACA 65A010	
# chordwise panels:	20	0.95	0.1388	0.008	0.0045	0	0					
		1	0.001	0.008	0	0	0					

Ducted Propeller

Thrust Ratio: 1
Duct section drag: 0.008
duct D / prop D: 1

Non-dimensional Parameters

J = $\omega R / V$ = 0.8
L = $\omega R / V$ = 3.927
CT = 0.40303
KT = $T / (\rho \omega^2 R^4)$ = 0.10129

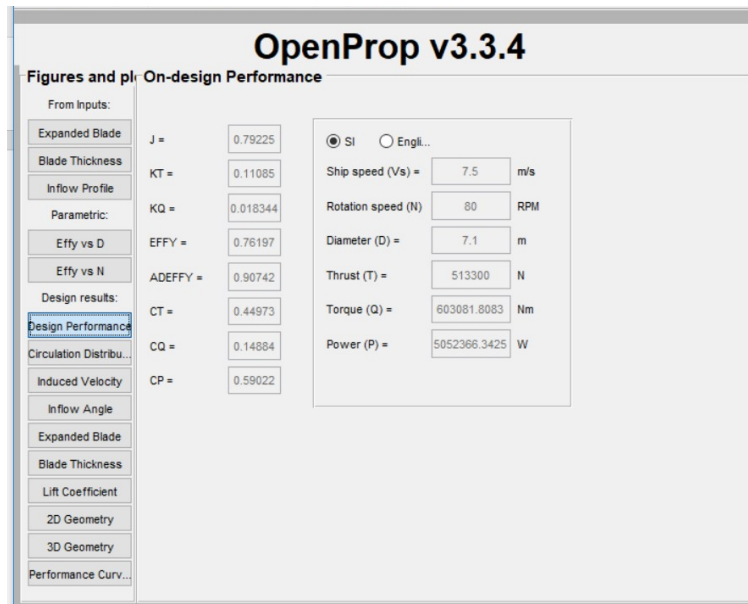
Tools

Filename: Helizea
Load Save Run OpenPr...

5. irudia: single design

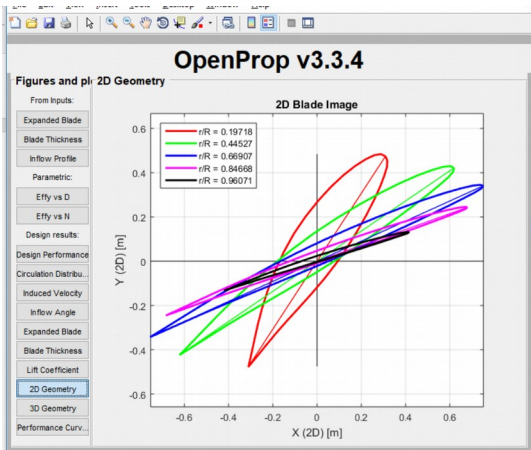
Aurrekoan bezala, RUN botoia sakatzen da eta programa Matlab oinarri edukita bere kalkuluak egiten ditu eta lehenago egin duen bezala beste leiho batean ireki egiten du berak kalkulatuak eta diseinatuak helizea.

Aterako den lehenengo gauza 8, irudian azaltzen dena da. Horretan azaltzen da aukeratu diren datuak leihoaren eskuinera eta gero beste datu batzuk kalkulatu dituenak helizea diseinatu ahal izateko.

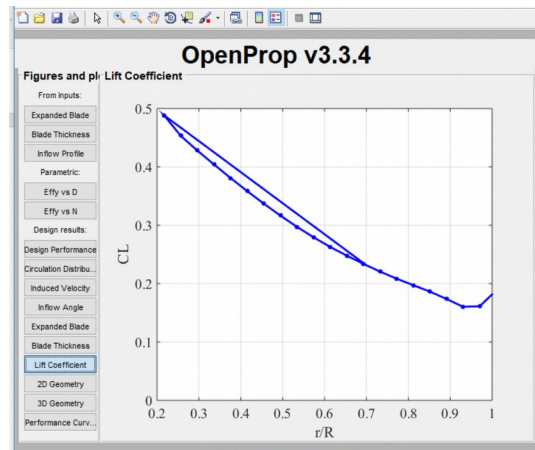


6. irudia: Single Design Balioak

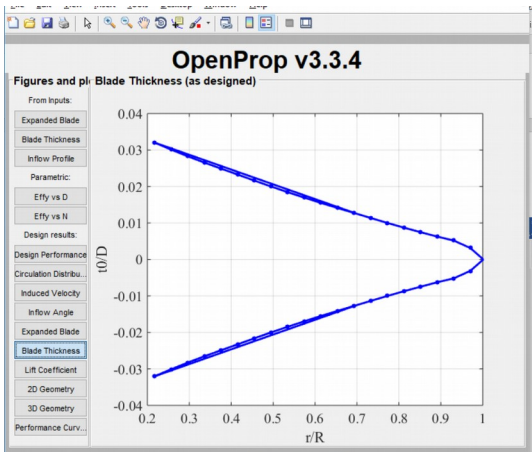
Geroko irudietan ikusiko den moduan, kalkulu horien artean daude palaren espantsioa palaren zabalera, eraso angelua ertzarekiko, 2D ebakidurak r/R -rekiko, 3D diseinua, etab.



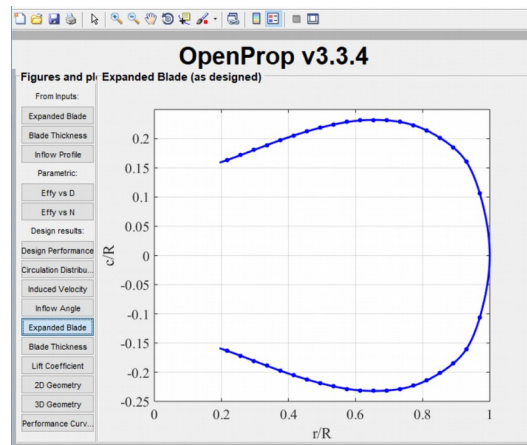
7. irudia: Pala sekzioak



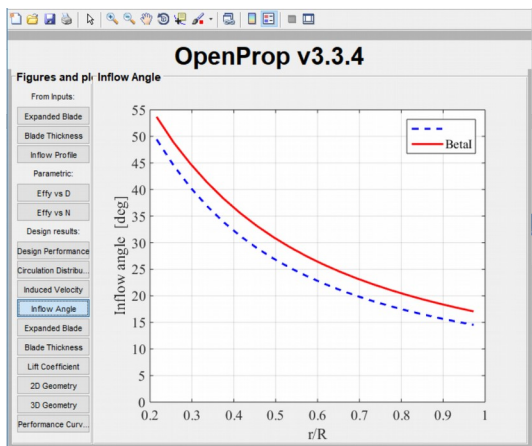
8. Irudia : Altxaera Koefizientea



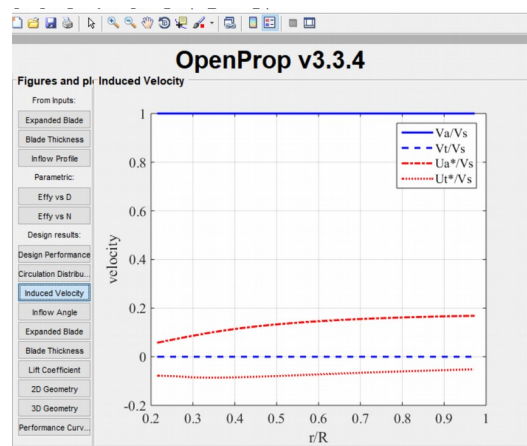
9. Irudia: Pala Lodoiera Diseinuan



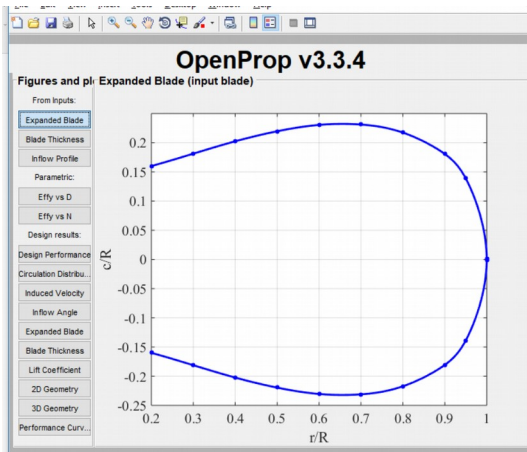
10. Irudia: Pala Zabaldua Diseinukoa



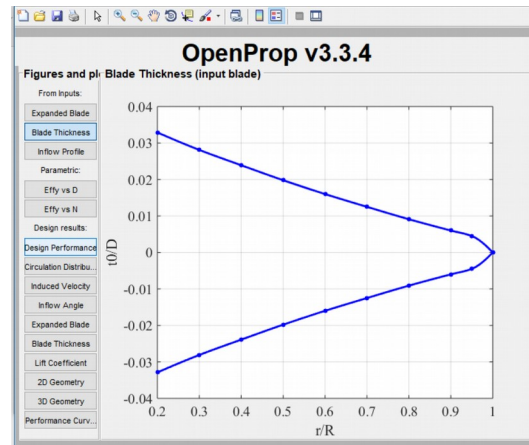
11. Irudia: Eraso Angelua



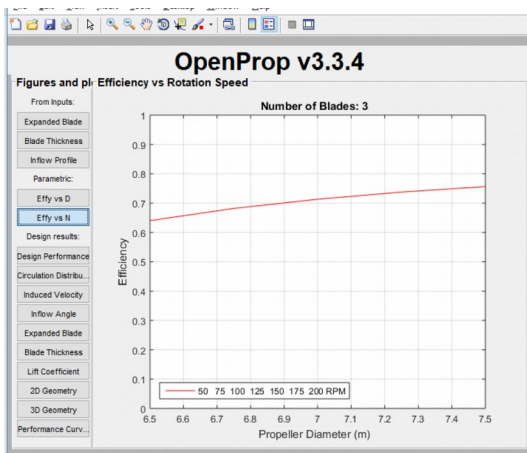
12. Irudia: Emadako Abiadura



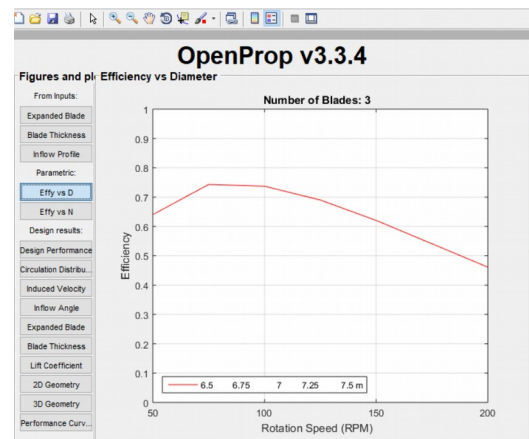
13. Irudia: Zabaldutako Pala Osoa



14. Irudia: Palaren Lodiera Osoa



15. Irudia: Efizientzia

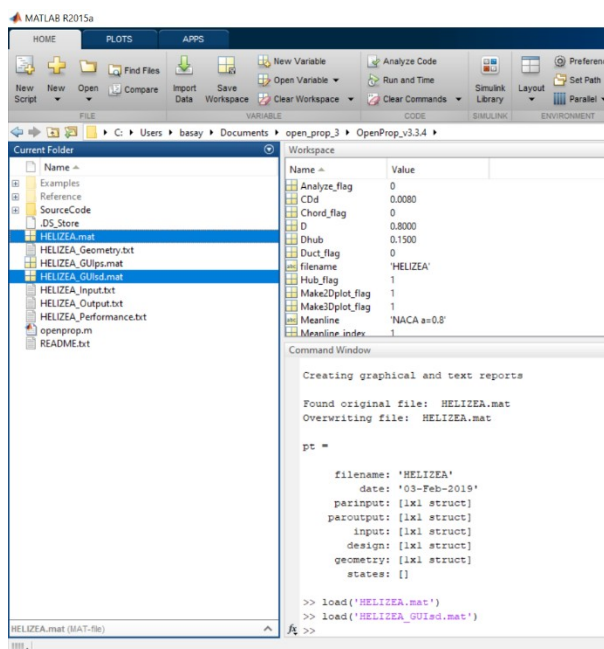


16. Irudia: Efizientzia Diametroarekiko

Gero I. ANEXOan palaren plana dago.

3.3 OPENPROPETIK RHINOCEROSERA

Orain kalkulu guztiak egin direla eta sortu diren artxibo guztiak gorde direla, beste artxibo bat sortu beharra dago, palaren datuak Rhinocerosera pasa ahal izateko. Hau dena egin ahalko da, aurreko leiho guztiak itxiak badaude. Hau da, OpenProp itxita badago.

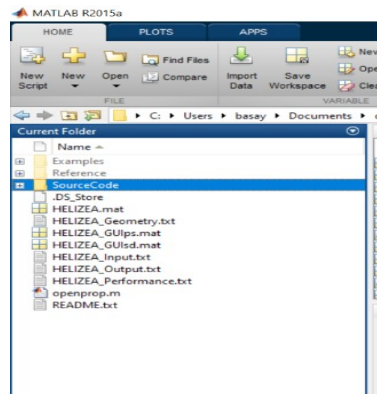


17. Irudia: Moldatu Beharreko Artxiboak

Bigarren gauza X irudian hautatuta agertzen diren artxiboak hartu eta workspacera eraman. Behin harea eraman direla workspacen azaltzen diren datuak azalduko dira.

Hautatu diren Artxiboen izenak hauek dira:

- Filename.mat

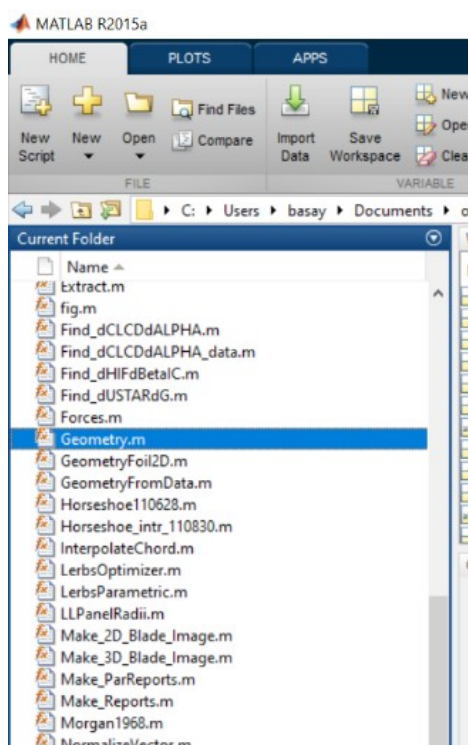


18. Irudia : Source Code

- Filename_GUIsd.mat

Hirugarren, source code karpeta ireki eta barruan dagoen Geometry.m artxiboa irekiko da. Bi aldiz sakatuz. Behin irekita dagoela errepresentazio geometriko bat agertuko da. Atal honetan hiru pausu egin behar dira:

1. 725. lerrotik 762. Lerroraino ezabatu.
2. 735. Lerroaren _OneLine zatia ezabatu. Beti arreko pausoa egin bada.
3. 304. Lerroan 0-a 1 batengatik aldatu.



19. Irudia : Geometry.m artxiboa

Azkenik, lerro guzti horiek ezabatu ostean Command Windowsen hurrengo komandoa izaten da: `Geometry(pt, pt.geometry.RG)`

Hori idatzi eta gero filename_SolidWorks_v18 artxiboa sortzen da. artxibo hori ireki eta 806. lerrotik dauden datu guztiak ezabatu behar dira.

Honekin Rhinocerosera pasatzeko behar zen artxibo osatu da. Hasi al da dagoeneko 3Dko errepresentazioarekin.

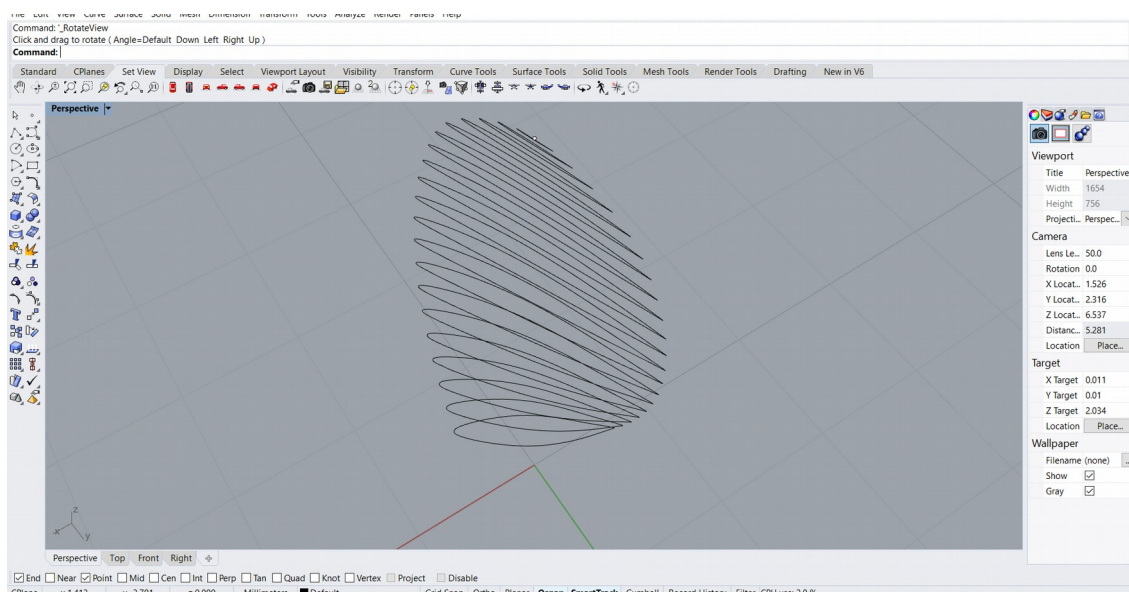
3.3. RHINOCEROSEN DISEINUA

Rhinoceros 3D software erreminta bat da, 3D-ko modeaketak egiteko presta dagoena eta NURBSetan oinarrituta dagoena. Robert Mcneel & Associate asmatu zuten programa, hasieran AutoCADen gehigarri bat bezela. Programa egunero erabiltzen da diseinu industrial, arkitektikoa, itsas diseinua etb.[19]

Bi ataletan banatuko da zati hau. Batean azalduko da nola diseinatu den abatza eta bestean nola diseinatu den pala. Horrela aukeratu da egitea bi prozesu diferente egin direlako eta gero banan bana bidali dira inprimatzera.

3.3.1 PALAREN DISEINUA

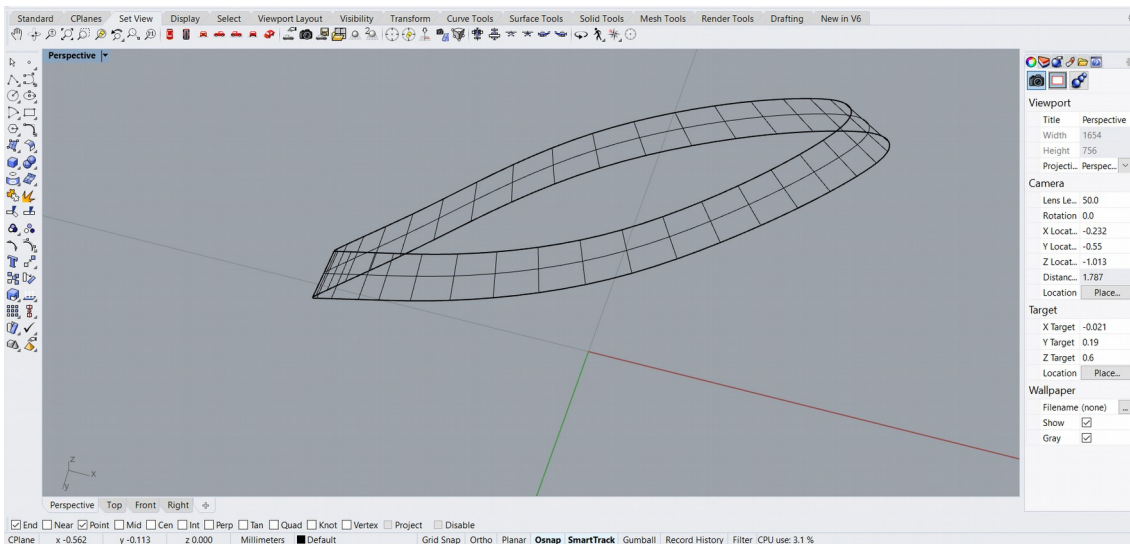
Hemen egingo den lehenengo pausua izango da, Matlaben sortu den artxibo .txt hura Rhinocerosera inportatzea. Horretarako Rhinoceros ireki eta komando leihoan Import idatzi. Hori egin eta gero filename_SolidWorks_v18 artxiboa aukeratu eta Rhinoceros berak sartuko ditu puntu guztiak bere lekuan, horrelako zezoz agertuko da.



20. Irudia Puntuak Lotutako Kurbak

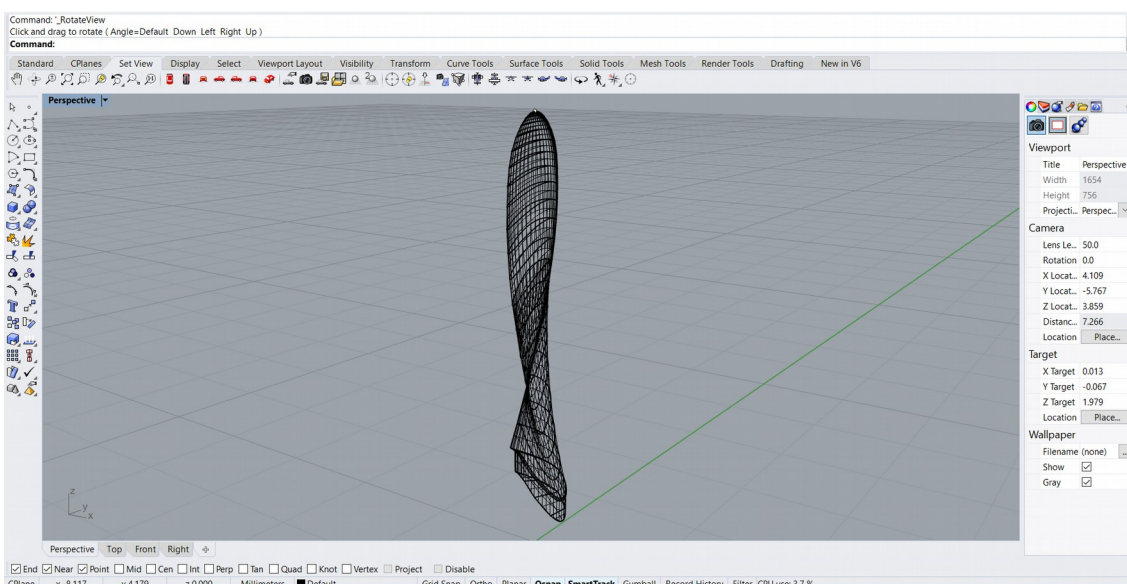
Hori egin eta gero, puntuz puntu batuko da palaren ebakidura bakoitza, horrelako zeozer sortzeko.

Ezer ez egin aurretik, zentrotik zirkulu bat egingo da abatzaren tamainakoa eta azkeneko kurbaren batuko da. Behin lotutik daudela zirkulu hura estrumentuko da, nahi den luzera emanaz. Kasu honetan 0.18m. bukatzeko zirkunferentzia eta azkeneko kurba hartu eta gordeko dira beste artxibo batean. Geroago abatza egiteko erabiliko diren elementuak izango direlako eta hemen ez dute ezertarako balioko.



21. Irudia: Abatzara Lotuko Duen Oinarria

Azkeneko hau egin ostean, eta kurba guztiak egin direnean LOFT komandoa erabiliz kurba guztiak batuko dira paretak bat sortuz beraien artean. Aholkatzen da banan bana batzea paretak ondo egin daitezzen. Hori egin eta gero horrelako ezer geratzen da. Bukatzeko bi pausu geratzen dira. Lehenengoa beheko aldean luzaketa bat egitea da, gero abatzean sortuko den zuloan sartu eta soldatu ahal izateko. Horretarako, lehengo kurba aukeratzen da eta Scale komandoa aukeratuko da. Behin hori eginda, esango zaio kurbaren kopia bat nahi dela eta 0.9 tamainan nahiko dela hasierako tamainarekiko, kurbaren maila berdinean jezarriz kopia hura.



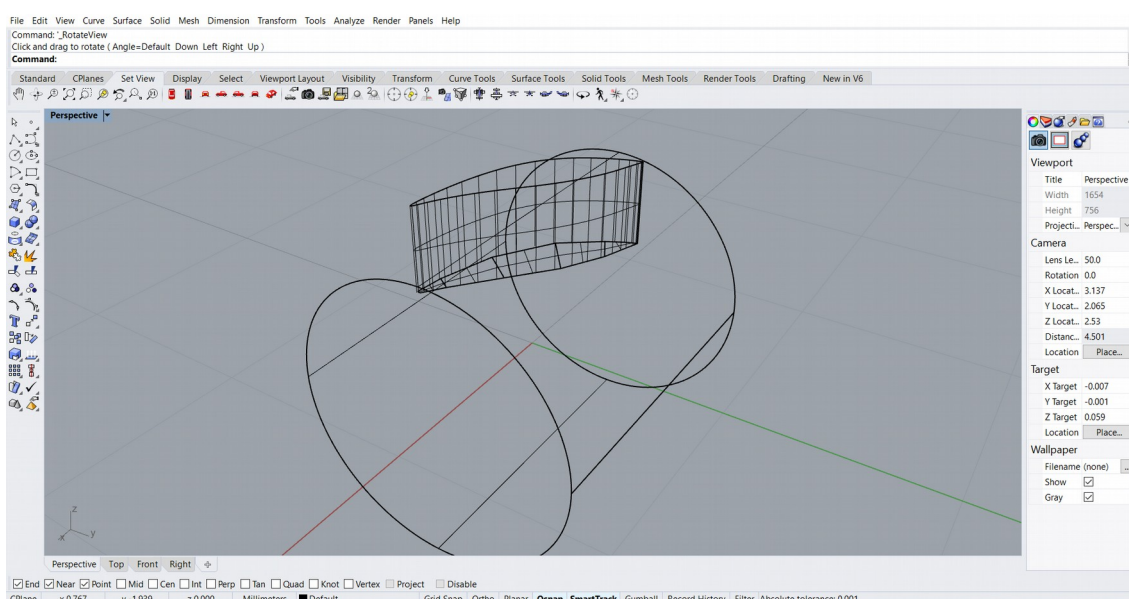
22. Irudia: Bukatutako Pala

Azkenik, beheko aldea ixtea da, geroago Cura programak solido bezala hartzeko. Orduan beheko zonara goaz eta _SrfPt komandoa erabiliz ixten da. Gero, behin gutxi gora behera den dena itxita dagoela, JoinEdge komandoarekin ertz guztiak batzen dira. Hori eginda helizearen pala diseinatua dago, geratuko litzateke Join komandoa erabili eta aktibatu eta gero sortu dugun guztiaren aukeraketa egin eta elementu guztiak lotu bloke bakarra izango balitz bezala erabiltzeko eta ez edukitzeko inolako eragozpenik gerora begira.

3.3.2 ABATZAREN DISEINUA

abatzen diseinua egiteko lehenago esportatu diren pieza irekiko dira beste Rhinocerosko leiho batean. Hartara agertuko da utzi den abatza palaren lehenengo kurbarekin.

Hori edukita, kurba hartu eta estrapolatu dugu bai goitik eta bai behetik. Bietara 0.02mko distantzia aukeratu da. Lehenago palan sortu den apendizaren luzera berbera delako.



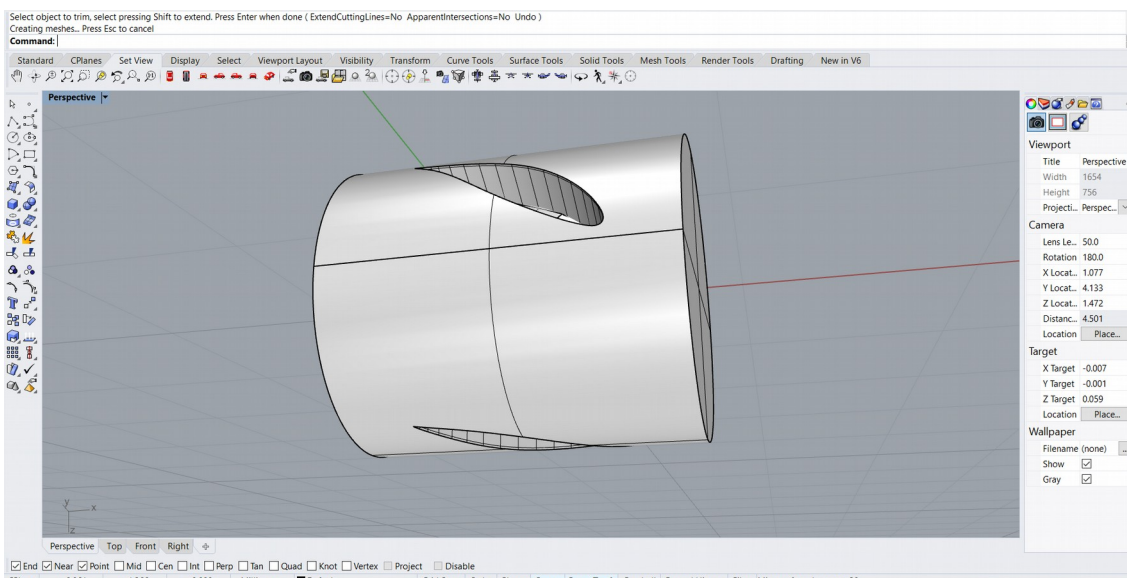
23. Irudia: Abatzen Zuloak Prestatzen

Gero, pala ixteko egin den operazioa errepikatuz, beheko alde itxiko da `_SrfPt` komandoa erabiliz eta gero `JoinEdge` komandoa erabiliz. 25. irudian agertzen den bezalako zeozer lortzean piezaren errepikapena egin daiteke.

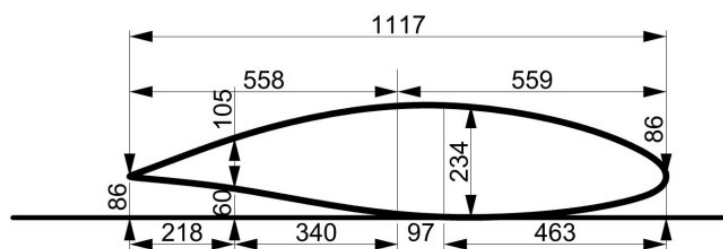
Behin estrapolatu eta ixtea lortu dela, hurrengo pausoa da nahi diren zuloak egin. Kasu honetan diseinu honetan lau zulo egitea denez eta zuloak egin nahi diren elementua zilindrikoa denez, `_ArrayPolar` komandoa erabiliko da. Hori egin eta gero, aukeratu da mugitu eta kopiatu nahi den elementua, azkeneko kurba estrapolatu dena kasu. Hori egin eta gero, aukeratu da lau kopia egin nahi direla eta 360° -ko tartean, hori eginda lau zuloen proiektu agertuko dira abatzen.

Zuloen proiektuak bere tokian jarri eta gero, zuloekin hasiko da. Kasu honetan _Trim komandoa erabiliko da. Behin komandoa hasita programak adieraziko du zein elementu nahi diren ebakidura egiteko, kasu honetan estruitu diren eta albo batetik itxi diren kurbak izango dira. Aukeraketaren ostean, kurbaren barneko aldea hautatuko da eta zulo bat sortuko da.

Geroago egin behar dena da abatzetik kanpo dagoen soberakina ezabatu. Horretarako lehenago erabili den _trim komandoa erabiltzea da, baina kasu honetan abatza ebakitzailerik bezala aukeratu behar da eta gero soberakin horiek aukeratzekoan desagertuko dira diseinutik. 24. irudian geratzen den moduan.



24. Irudia: Abatza Amaiturik



25. Irudia: Palaren Oinarria Abatzean

25. irudian agertzen da zein den pala honen oinarria. Mozketa expanditua da agertzen dena, eta honek abatzean 20mm-ko sakonera du, sakonera hori zabalera konstatnte edukita.

3.5 INPRIMAKETA

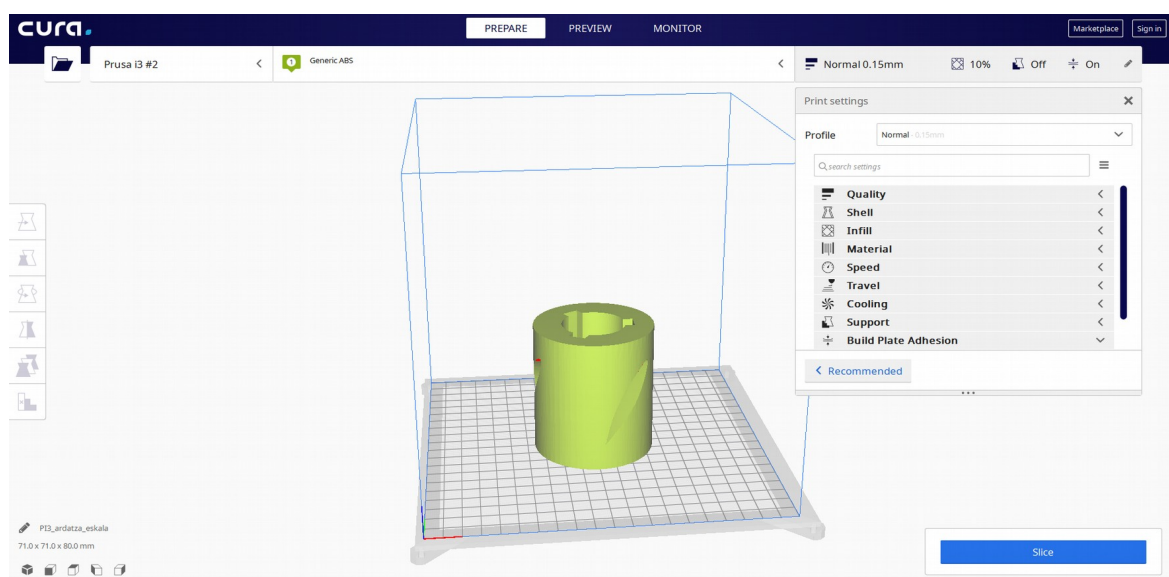
Prozesu honetarako bi atal bereiztuko dira, lehenengoa Cura programan oinarritzen dena eta bigarren bat inprimaketan oinarritzen dena.

3.5.1 CURA PROGRAMA

Cura software libreko aplikazioa bat da 3Dko inprimagailuentzako. David Braamek asmatu zuen eta geroago Ultimakerrek erabili zuen, 3Dko inprimagailu egile bat. Cura LGPLv3 lizentziarekin dago eskuragai. Hasieran igoa izan zen 3, bertsioarekin eta Affero lizentzia publikoarekin, baina 2017tik aurrera LGPLv3ra aldatu zuten. Aldaketa honek CAD bertsio gehiagorentzako baliogarri izatera lagundu zion. Hazkundera Githuben dago landua. Ultimaker Cura miloi bat baino bezero gehiago erabiltzen dute gaur egun munduan.[20]

Egingo den lehen biziko gauza izango da atera diren diseinu guztiak Rhinoceros formatutik, .stl formatura pasa behar direla. Hori egiteko Rhinoceros programa bera erabili daiteke. Lehenago elementu batzuk ateratzeko erabili den komandoa erabiliko da, export, gero gordetzerakoan .stl formatua aukeratuko da. Honekin Cura programak irakurri dezaken formatu bat lortuko da.

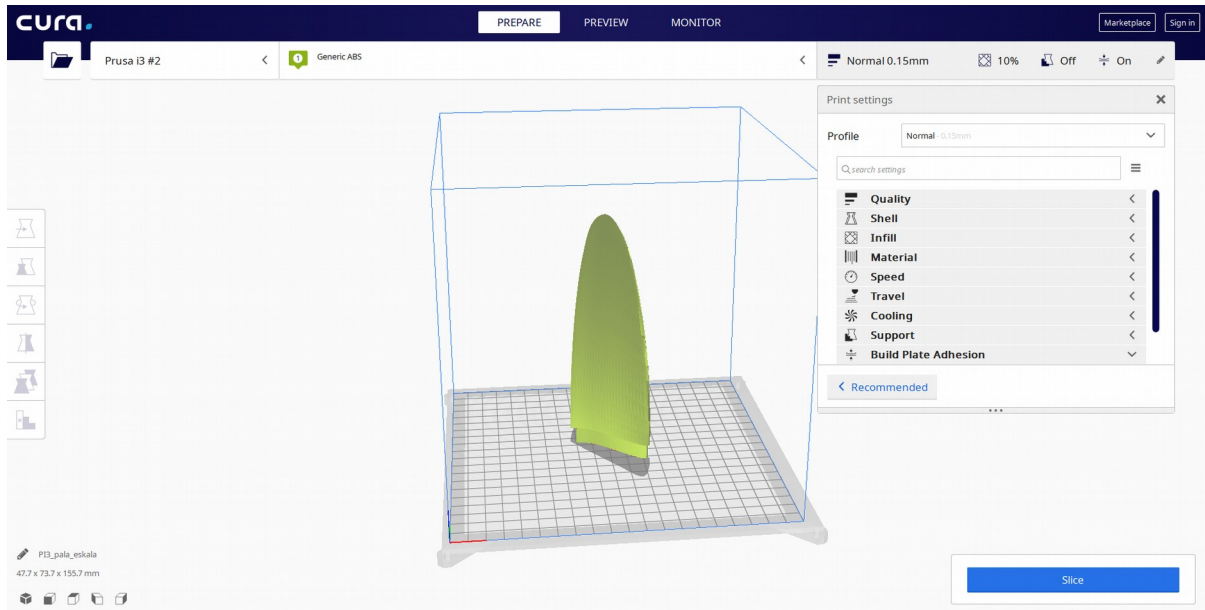
Behin, pala eta abatza .stl formatura eraldatu denean, helizearen inprimaketaren prestaketarekin hasi daiteke. Lehenago gauza egin behar dena da artxiboa Curarekin ireki eta behin irekia dagoela nahi den posizio eta eskala aukeratzeko. Hemen aukeratu da biak bertikalki jartzea, hor dituztelako eta elementu hauek beraien alde laua, horrela jarriko ez balitz inprimagailua ez litzateke ondo inprimatuko.



26.

Irudia: Abatza Cura Programan

Inprimaketa gaizki egingo duela adierazteko edo arazoak edukiko dituela esateko, diseinua Curan sartzerakoan eta irudia pantailan ikusterakoan, piezaren alde batzuetan gorritz markatuko ditu programak, horrela adierazita zeozer aldatu behar dela bai diseinuan edo piezaren posizioan.



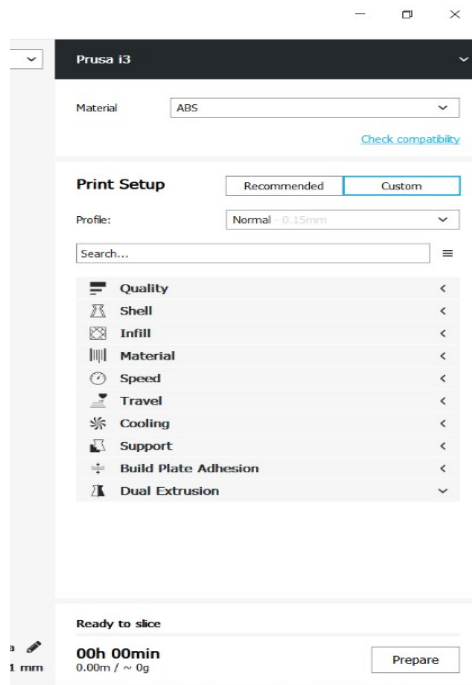
27. Irudia: Pala Cura Programan

Hori egin eta gero aukeratu behar da zer nolako inprimaketa egin nahi den. Horretarako eskuinean azaltzen den taulan egiten da aukeraketa, hots, inprimagailu mota, zer nolako abiadura nahi den, zernolako pasoa eman nahi zaion hariari, zer nolako oinarri jarri nahi zaion piezari, etab.

Kasu honetan inprimaketa hauek egiteko erabili diren parametroa hauek dira:

- Ohearen tenperatura: 80°C
- Toberaren tenperatura: 230°C
- Materiala: ABS
- Pasa: 0.15mm

- Abiadura: 60mm/s



28. Irudia: Curaren Aukeraketa Menua

Azkenik den dena aukeratuta dagoenean, prepare botoiari sakatzen zaio eta kalkulu bat adierazten dizu programak. Esanez zenbat denbora beharko den inprimaketa bakoitzarentzako eta zenbat metroko materiala beharko den.

Hori egin eta gero, inprimagailuan SD txartelean sartzen da inprimagailuan kalkuluak eta inprimatzera eramaten da.

3. 5.2 INPRIMAKETA PRUSA I3 INPRIMAGAILUAN

3. 5.2.1 Prestaketa

Inprimatzen hasi baino lehen inprimagailuan prestakuntza batzuk egin behar dira. Lehenetarako edozein prozesu egin aurretik inprimagailua kalibratu beharra dago. Horretarako lau ertzak eta zentrora eraman behar da inprimagailuaren tobera eta paper DIN A4 batekin neurtu ea zer nolako zabalera dagoen toberatik oheraino,

Neurketa hori hotzean egiten da eta tobera bere Z abatzarekiko 0 puntuan dagoenean ezartzen da, puntu horretan dagoenean papera ohe eta toberaren artean jarri eta honek ezin du ez oso estu ez oso lauso geratu. Paperetik tiratzerakoan kostatu dadin baina ez askorik ere. Behin hori eginda gutxi gora behera indar berdinarekin estutu beharko litzateke beste puntu guztietan.

Kristala hotza dagoen bitartean, laka geruza bat botako zaio kristalari geroago inprimaketa bukaeran errazago suertatu dadin pieza bera handik kentzako. Gero kristala bere oinarrian uzten da eta pintza batzuekin lotu, geroago inprimaketa hasterakoan mugitu ez dadin eta akatsik ez egiteko.

Kalibrazioa egin ostean eta kristalari laka bota ostean ere, ABS materiala erabiltzen denez inpresoraren ohearen tenperatura egokitu behar da. Kasu honetan 100°C-etara igotzen da ohearen tenperatura lehengo plastiko azalak ondo itsatsi daitezten. Lehenago geruza horiek garrantzitsuenak dira gerora begira eta inpresio erdian piezak askatu ez daitezten. Gehien bat pala bezalako pieza batean bertikalki inprimatuko dena eta estua dena.

100°C-tik gertuago dagoenean tobera ere berotzen hasiko da 230°C-etara eta estrusio komandoa aukeratuz, materialaren lehenengo zatia ateraraziko da. Horrela gehiegi berotu den materiala kanporatu egiten da eta material berriarekin hasiko da inprimaketa, materialaren suertatu ahal diren burbuilak eta erredurak saihestuz

3.4.2.2 Inprimaketa

Prestaketa ondo egin bada, normalean ez zen arazorik egon beharko inprimaketa

egiterakoan. Arazo normalenak dira aria askatzen dela eta ez dela ondo itsasten aurreko geruzara eta hori gerta daiteke bai materiala gehiegi hoztu delako edo gaizki kalibratua dagoela inprimagailua. Horregatik haize korranteetatik alden behar da inprimagailua eta giro hotzetatik.

Aurreko problemak ABS materialarekiko edukitzen dira kontuan.

Hau azaldu ostean inprimaketa hasterakoan, nahiko erraza da prozesua, inprimagailuaren pantailan tobera etxera bidaltzen da eta tobera bakarrik doa 0 puntura. Puntu horretara iritsi ostean impres from SD aukera aukeratzen da eta hortik aukeratzen da zein elementu nahi den inprimatu, kasu honetan pala edo abatza.

Behin hasita inprimagailua berak, den dena egiten du, zaintzailea bakarrik egon behar da materia faltarekin gera ez dadin. Hots, inprimaketaren argazki batzuk II. Anexoan

3.6 MUNTAKETA

Muntaketarako kontuan eduki da ABS-ren propietate bat, azetonarekin disolbatzen dela eta disolbatzerakoan material berdina ikutzean, berarekin bat egiten duela, soldadura moduko bat sortuz. Hori egiteko egin dena izan da palaren beheko apendizera azetonan sartu segundo batzuetan eta ikusten zenean nahiko bigun zegoela materiala, zuloan sartu da pala. Gero hor mantendu egin da pala eta denborarekin urtu den materiala lehortu eta soldadura suertatu da, bi piezak bat eginik.

Hori hiru palekin egin da azkeneko emaitza hau gertatuz.



29. Irudia: Emaitza Finala

4. ONDORIOAK

Lehenik eta behi esan beharra dago, proiektu honetan kroskoaren aukeraketa egin dela eta gero bere aitzin erresistentzia kalkulatu. Bigarren helizearen efizientzia eta datuak kalkulatu OpenProp programa erabilia eta honek eskaintzen dituen datuekin Rhinocerosen diseinatu, bai pala eta bai abatza pieza ezberdinak izango balira gero bakoitza bere aldetik inprimatzeko. Inprimatzeko Cura programa erabili da, egin den diseinua irakurgarri bihurtzeko inprimagailuarentzako eta ABS materiala erabili da gero inprimatzeko.

Esan daiteke, Rhinoceros programa oso ondo moldatzen dela OpenPropekin. Openproppek ematen dituen datuen moldaketa egiteko, behin lan modua hartu denean nahiko azkar egiten da lan berarekin eta ikertutako beste marrazketa teknikoko programekin errazena izan da.

OpenProperi buruz, nik uste bere lana nahiko ondo egiten duela, helizearen efizientzia kalkulatzeko. Baditu bere galerak, horietariko bat da, ezin dela helize mota aukeratu, bakarrik bere palaren sekzioaren forma NACA arloan.

Lan honetan adierazten den prozedimentuarekin, ez dira beharrezkoak, 2D-ko plano tradizionalak helize bat fabrikatzeko. Nahikoa da 3D-ko kordenadak eduki, hura sortzeko.

Azkenik, inprimatzerako orduan erabili den materialari buruz. ABS materiala nahiko zaila da berarekin lan egin, bere inprimaketa ondo ateratzeko, hozterakoan asko konprimitzen delako eta batzuetan geruzak txikitu eta zuloak ateratzen dira. Geroago PLA materiala erabili zen proba batentzako eta errazagoa izan zen baina material hau gero ezingo zen uretan sartu, disolbatzen delako.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Edgar C. Smith, '[A Short history of Naval and Marine Engineering](#)' (1905).
- [2] Theo Schmidt, '[Propeller simulation with PropSim](#)' (1999)
- [3] Silvia Leal '[E-Renovarse o morir: 7 Tendencias tecnológicas para convertirte en un líder digital](#)' (2015eko Azaroaren 11a).
- [4] Hideo Kodama, '[A Scheme for Three-Dimensional Display by Automatic Fabrication of Three-Dimensional Model,](#)' (1981)
- [5] Hideo Kodama, '[Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer](#)' (1985)
- [6] Jean-Claude, Andre. '[Dispositif pour realiser un modele de piece industrielle](#)'. (2019)
- [7] [Patente USPTO nº 4575330: 'Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography'](#) (1984-08-08)»
- [8] Freedman, David H '[Layer By Layer](#)'. (2012).
- [9] [«The World In 2008»](#). Economist.com. (2019)
- [10] [«Factors to Consider When Choosing a 3D Printer»](#). (2019-4)
- [11] Chee Kai Chua; Kah Fai Leong, Chu Sing Lim '[Rapid Prototyping World Scientific](#)' (2013)
- [12] [«Impresión 3D: Modelos Reales, Productos más Funcionales»](#) (2019-4)
- [13] [«Descubriendo los plásticos de la impresión 3D - 3Dnatives»](#). 3Dnatives. (2019-4)
- [14] <https://hackaday.com/2011/04/01/3d-printer-gets-a-big-resolution-improvement/> (2019-4)
- [15] <https://www.sys-uk.com/> (2019-4)
- [16] www.maxsurf.net/resistance.html (2019-5)
- [17] Lorena Folcia Del Campo '[Diseño en 3D, análisis hidrodinámico y cálculo del](#)

escantillonado de una embarcación de 24 metros de eslora fabricada con materiales compuestos' (2015)

[18] OpenProp v2.3 theory document, Brenden Epps, (2019)

[19] www.rhino3d.com (2019)

[20] ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software (2019-3)

[21] Jose Antonio Alaez Zazurca. ETSIN '**Introducción a la Teoría del Funcionamiento de la Hélice'**

[22] Dave Gerr '**Propeller Handbook: the complet Reference for Choosing, instaling and Understanding Boat Propellers'** (1987)

[23] Gonzalo Pérez Gómez eta Juan González-Aldalid` '**Detailed Desingn of Ship Propellers'**. (1998)

[24] 'Jonh Carlton`**Marin Propellers and Propultion'**. (1994)

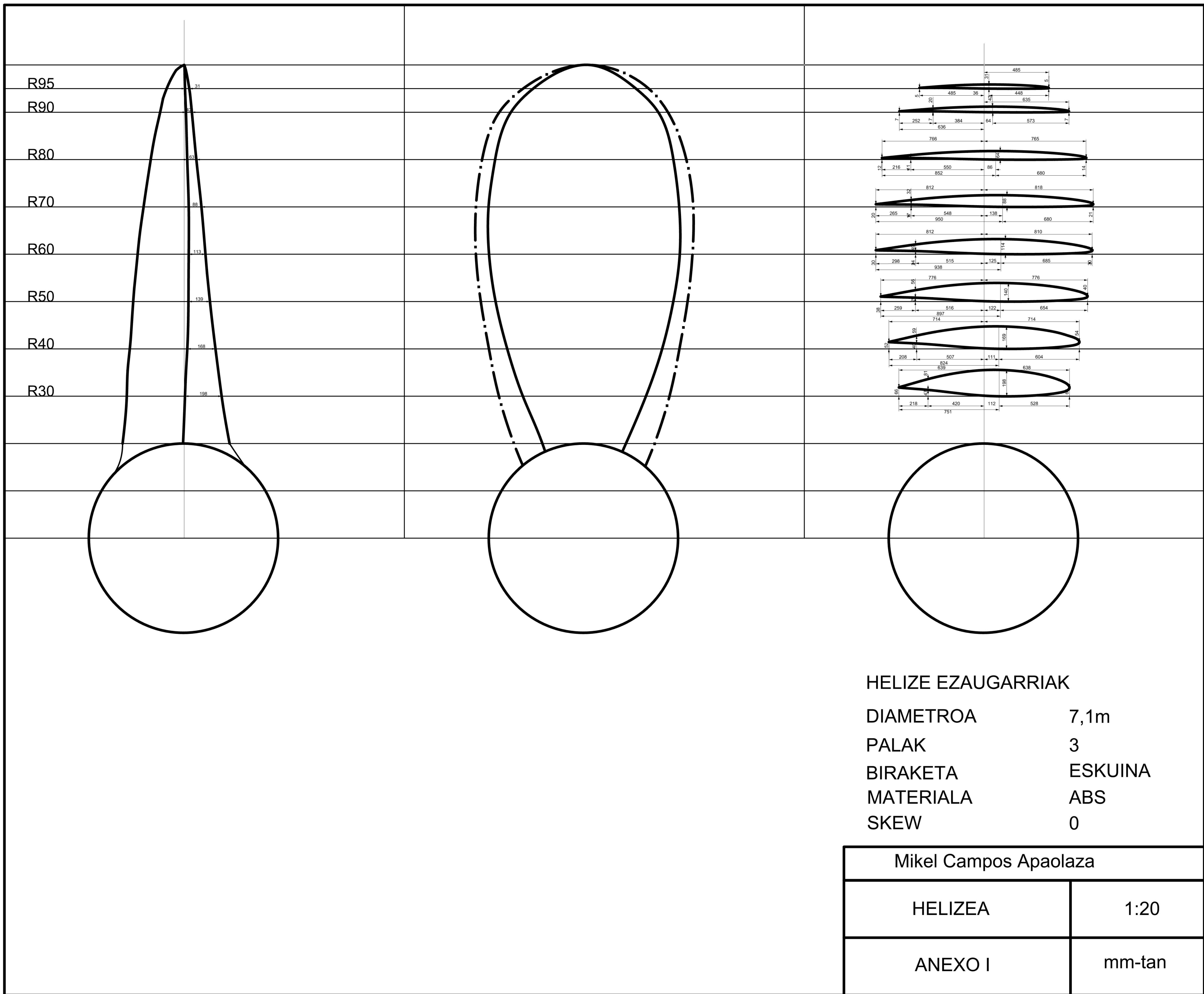
[25] Justin E. Kerwin '**Lecture Notes Hydrofoils And Propeller'** (2001)

[26] Caolina Lopez '**Hidrodinámica Marìna II'**

[27]A. Baquero Mayor '**Resistencia al Avance del Buque'** (2013)

[28] J. Holtrop '**A Statical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data'** (1984)

[29] D.G.M. Watson '**Practical Ship Design'** (1998)



R95
R90
R80
R70
R60
R50
R40
R30

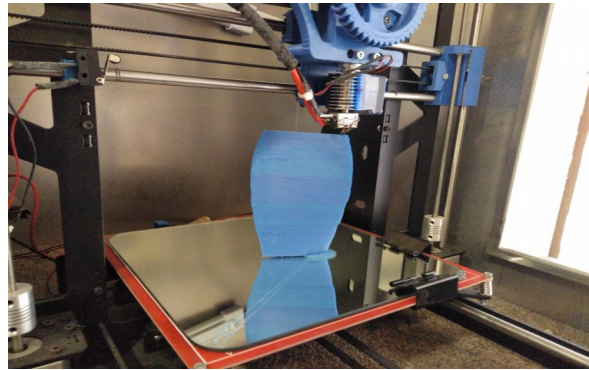
HELIZE EZAUGARRIAK
 DIAMETROA 7,1m
 PALAK 3
 BIRAKETA ESKUINA
 MATERIALA ABS
 SKEW 0

Mikel Campos Apaolaza	
HELIZEA	1:20
ANEXO I	mm-tan

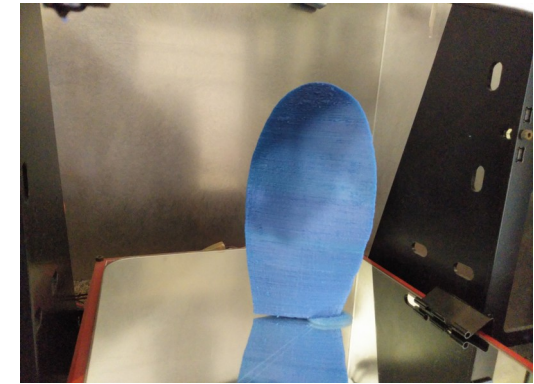
II. ANEXO A



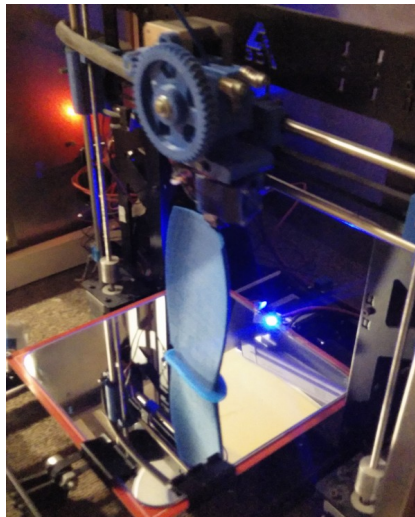
II. Irudia: Inprimagailuaren Pantila Inprimaketa Datuekin



I. Irudia: Palaren Inprimaketa



III. Irudia: Pala Bukatu Berria



IV. Irudia: Oinarri Mota Aldatuta



V. Irudia: Lehenego Pala Txertatuta



VI. Irudia: Pala Tamainen Probak

