

GRADUA: Industria Teknologiaren Ingeniaritzako Gradua

## GRADU AMAIERAKO LANA

***MUSKUILU OSKOLEN 3D ESKANEATZEA ETA  
PUNTU-HODEIEN PROZESAKETA BIOMIMETIKA ETA  
MORFOLOGIA GEOMETRIKOKO AZTERKETAK  
BIDERATZEKO***

**Ikaslea:** Heras Manterola, Unai

**Zuzendaria:** Eguiraun Martinez, Harkaitz

**Ikasturtea:** 2017-2018

**Data:** Bilbo, 2018eko ekainaren 28a

eman ta zabal razi



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

## Laburpena

Azken urteetan ikertzaileek naturan aurkitutako emaitzek konponbide iraunkorrak eskaini dituzte teknologia eta diseinu berrien sorkuntzan biomimetika izeneko praktikari ongi etorria emanaz. Lan honetan naturatik lortutako zortzi muskuilu oskol bikote aztertu dira hauen analisirako erabilgarria izango den metodologia bat garatzeko. Oskol hauei 3D bidezko eskaneatzea eta lortutako puntu-hodeien prozesaketa egiteko metodo egokiena bilatu da, lortu den prozeduraren metodologia argia zehaztuz, etorkizuneko lanetan erabilgarria izango dena. Lan honetan lortu diren emaitzak, hala nola oskolen landmark-ak, etorkizuneko biomimetika eta morfologia geometrikoko azterketak bideratzeko baliagarriak izango dira.

*En los últimos años los resultados obtenidos de la naturaleza por los investigadores han ofrecido soluciones sostenibles para nuevas tecnologías y para nuevos diseños dando la bienvenida a la práctica conocida como la Biomimética. En este trabajo se han analizado ocho parejas de conchas de moluscos ofreciendo una metodología válida para su análisis. Se centra en la búsqueda del método más eficaz para el escaneo 3D y procesamiento de nube de puntos, determinando una clara metodología del procedimiento utilizado, siendo esta útil en futuros trabajos. Los resultados obtenidos en este trabajo, así como los landmarks de las conchas, servirán para guiar estudios de biomimética y morfología geométrica en un futuro.*

*In recent years results obtained in nature by researchers have offered sustainable solutions to new technologies and designs, welcoming the practice known as Biomimetics. Eight pair of mollusc shells have been analysed in this work, offering a valid methodology for their analysis. It is focused on the research of the most effective method for 3D scanning and point cloud processing, prompting a clear methodology of the procedure used, being useful in future works. The results obtained in this work, as well as the landmarks of the shells, will be used to guide future studies of biomimetics and geometrical morphology.*

**Hitz gakoak:** landmark, biomimetika, 3D eskaneatzea, muskuilua, oskola, 3D eskanerra, morfologia geometrikoa, puntu-hodeia.

**Palabras clave:** landmark, biomimética, escaneado 3D, molusco, cascaron, escáner 3D, morfología geométrica, nube de puntos.

**Keywords:** landmark, biomimetics, 3D scanning, mollusc, shell, 3D scan, geometrical morphology, point cloud.

eman ta zabal razi



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

# AURKIBIDEA

<b>1. SARRERA.....</b>	<b>9</b>
<b>2. TESTUINGURUA .....</b>	<b>11</b>
2.1. ALDERANTZIZKO INGENIARITZAKO PROBLEMA .....	11
2.1.1. 3D bidezko eskaneatzearen garrantzia alderantzizko ingeniartzako problemetan .....	12
2.2. OSKOLAK.....	13
2.3. BIOMIMETIKA.....	13
2.4. MORFOLOGIA GEOMETRIKOA .....	15
2.4.1. Landmark-ak.....	15
<b>3. LANAREN HELBURUAK ETA IRISPENA .....</b>	<b>17</b>
3.1. IRISPENA .....	17
3.2. HELBURUAK.....	17
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>19</b>
<b>5. BALIABIDEAK ETA METODOAK .....</b>	<b>21</b>
5.1. OSKOLAK.....	21
5.2. 3D ESKANERRA .....	23
5.3. GOM INSPECT .....	25
5.4. OSKOLEN ESKURATZEA .....	25
5.5. OSKOLEN ESKANEATZEA .....	25
5.5.1. Hasierako probak.....	25
5.5.2. Hautsarekin egindako probak .....	26
5.5.3. Elementu lagungarria erabiliz egindako probak.....	28
5.5.4. Hautsik gabeko proba berriak .....	29
5.5.5. Azken proba eta aukeratu dena .....	30
5.6. OSKOLEN SOFTWARE BIDEZKO ANALISIA.....	32
5.7. OSKOLEN BERRERAIKITZEA .....	35
5.8. GANTT DIAGRAMA .....	37
5.8.1. Gantt diagramaren sakontzea .....	38
<b>6. OZTOPOAK.....</b>	<b>41</b>
6.1. 3D BIDEZKO ESKANEATZEAN AGERTUTAKO OZTOPOAK .....	41
6.1.1. Bilboko Termibuseko obrak.....	41
6.1.2. Bilboko Ingeniaritza Eskolako Product Design Laboratory-ko lanak .....	42

6.2. OSKOLEN EZAUGARRIEN ONDORIOZ AGERTUTAKO OZTOPOAK.....	43
<b>7. EMAITZAK.....</b>	<b>45</b>
7.1. ESKANERREKO EMAITZAK.....	45
7.2. SOFTWARE BIDEZKO ANALISIAREN EMAITZAK .....	50
<b>8. ONDORIOAK .....</b>	<b>61</b>
<b>9. ALDERDI EKONOMIKOA .....</b>	<b>63</b>
<b>10. ETORKIZUNEN EKARPENA .....</b>	<b>67</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>69</b>

# IRUDIEN AURKIBIDEA

<b>2.1. IRUDIA.</b> ALDERANTZIZKO INGENIARITZAKO PROBLEMEN PROZESUAREN ESKEMA. ....	11
<b>2.2. IRUDIA.</b> 3D BIDEZKO ESKANEATZEAREN PROZESU ESKEMATIKOA. ....	12
<b>2.3. IRUDIA.</b> EZKERREAN OSTRACIIDAE IZENeko ARRAINA ETA ESKUINEAN MERCEDES-BENZ ENPRESAREN AUTOA OSTRAZIDO ARRAINAREN ITXURAREN IMITAZIOAREKIN. (RODRÍGUEZ ET AL. 2013) .....	14
<b>2.4. IRUDIA.</b> EZKERREAN XIBARTA BALEAREN HEGALA ETA ESKUINEAN SORGAILU EOLIKO BATEN HEGALA XIBARTA BALEAREN HEGALAREN IMITAZIOAREKIN. (RODRÍGUEZ ET AL. 2013).....	15
<b>2.5. IRUDIA.</b> OSKOL BATEN AURRETIKO ETA ALBOKO BISTA, BAKOITZEAN 10 LANDMARK-AK ZEHAZTU DIRELARIK. ....	16
<b>4.1. IRUDIA.</b> LANAREN METODOLOGIAREN FLUXU DIAGRAMA. ....	19
<b>5.1. IRUDIA.</b> ZAZPI OSKOL BIKOTEAK AURRETIK IKUSITA.....	21
<b>5.2. IRUDIA.</b> MG1 OSKOLAREN EZKERREKO ETA ESKUINEKO AURPEGIEN IZENDAPENA. ....	22
<b>5.3. IRUDIA.</b> MG2 ESK OSKOLAREN AURPEGIAREN HIRU ORIENTAZIO DESBERDINEN IZENDAPENA. ....	23
<b>5.4. IRUDIA.</b> 3D ESKANERRAREN MUNTAIA ETA AURREAN MAHAIA ETA PANEL BELTZ MUGIKORRA OSKOL BIKOTE BATEKIN. ....	23
<b>5.5. IRUDIA.</b> PEGATINEN PUNTU BERDEAK ESKANERRAK HARTZEN DUEN BOLUMENeko PLANO OPTIMOAREN EZKERREAN KOKATUTA.....	24
<b>5.6. IRUDIA.</b> MG1 EZK OSKOLAREKIN EGINDAKO PROBAREN FLUXU DIAGRAMA. ....	27
<b>5.7. IRUDIA.</b> ELEMENTU LAGUNGARRIA PEGATINEKIN OSKOLAREN ATZEAN KOKATUTA. ....	28
<b>5.8. IRUDIA.</b> ME1 EZK OSKOLAREKIN EGINDAKO PROBAREN FLUXU DIAGRAMA.....	29
<b>5.9. IRUDIA.</b> EZKERREKO IRUDIAN MG1 OSKOLAK BIKOTEKA PLANO MUGIKORRAREN GAINEAN ETA ESKUINEKO IRUDIAN ME1 OSKOLAK PLANO MUGIKORREAN PLASTILINA BELTZAREKIN ALTUERA BATETARA KOKATUTA. ....	30
<b>5.10. IRUDIA.</b> ESKANEATZEAN EGINDAKO PROBA DESBERDINEN FLUXU DIAGRAMA ETA AUKERATUTAKO AZKEN PROBA ZEHAZTUTA. ....	31
<b>5.11. IRUDIA.</b> ME1 EZK OSKOLAREN ARDATZAK PUNTAN KOKATUTA ESKAKIZUNAK JARRAITUZ.....	33
<b>5.12. IRUDIA.</b> GOIKO IRUDIAN OSKOLAREN AURRETIKO BISTA ETA BEHEKO IRUDIAN OSKOLAREN ALBOKO BISTA, BIETAN HAMAR LANDMARK-AK AZALTZEN DIRELARIK. ....	34
<b>5.13. IRUDIA.</b> SOFTWARE BIDEZKO ANALISIAN JARRAITUTAKO PAUSUEN FLUXU DIAGRAMA.....	35
<b>5.14. IRUDIA.</b> ZUBIEN BIDEZKO HUTSUNEAK IXTEKO METODOA. ....	36
<b>5.15. IRUDIA.</b> ZEREGIN NAGUSIEN GANTT DIAGRAMA. ....	37
<b>5.16. IRUDIA.</b> GAIAREN TESTUINGURUAREN ULERMENA ZEREGINAREN GANTT DIAGRAMAREN SAKONTZEA. ....	38
<b>5.17. IRUDIA.</b> LABORATEGIKO LANAREN ZEREGINEN GANTT DIAGRAMAREN SAKONTZEA. ....	38
<b>5.18. IRUDIA.</b> SOFTWARE BIDEZKO ANALISIAREN ZEREGINAREN GANTT DIAGRAMAREN SAKONTZEA.....	39
<b>6.1. IRUDIA.</b> MG1, MG2, ME1, ME2 ETA ALIEN1 OSKOLEN PUNTU-HODEIEN IRUDIAK OBREN BIBRAZIOEK ERAGINDAKO ERROREEKIN. ....	42
<b>6.2. IRUDIA.</b> MG1, ALIEN1 ETA ALIEN2 OSKOLEN PUNTU-HODEIEN IRUDIAK ARGI ITZALIAREKIN. ....	43
<b>6.3. IRUDIA.</b> MT1 EZK OSKOLA APURTUTA. ....	43

<b>7.1. IRUDIA.</b> MG1 EZK OSKOLAREN B ORIENTAZIOAREN ESKANEATZEAN PUNTAKO PUNTU HODEIEN HUTSUNEA URDINEZ.....	45
<b>7.2. IRUDIA.</b> ME1 OSKOL BIKOTEEN ESKANEATZE PROZESUKO IRUDIAK ATOS PROFESSIONAL SOFTWAREAN. ....	46
<b>7.3. IRUDIA.</b> MG1, MG2, ME1, ME2 ETA ALIEN1 OSKOLEN PUNTU-HODEIEN IRUDIAK OBREN BIBRAZIOEK ERAGINDAKO ERROREEKIN.....	47
<b>7.4. IRUDIA.</b> MG1, ALIEN1 ETA ALIEN2 OSKOLEN PUNTU-HODEIEN IRUDIAK ARGI ITZALIAREKIN. ....	48
<b>7.5. IRUDIA.</b> ZAZPI OSKOL BIKOTEEN OSKOLEN PUNTU-HODEIEN IRUDIAK ARGIAREKIN ETA OBREN BIBRAZIORIK GABE ESKURATUTA. ....	49
<b>7.6. IRUDIA.</b> EZKERREAN MG1 EZK OSKOLA LANDMARK-EKIN ETA ESKUINEAN MG1 EZK OSKOLA BERRERAIKITA L5 LANDMARK-A GAINONTZEKO LANDMARK-EKIN ADIERAZITA.....	50

## TAULEN AURKIBIDEA

<b>5.1. TAULA.</b> MUSKUILU OSKOLEN IZENDAPENA, IZENA, JATORRIA ETA ADINA. ....	21
<b>5.2. TAULA.</b> HAMAR LANDMARK-AK HARTZEKO IRIZPIDEAK. ALBOAN LANDMARK-AK AURRETIK ETA ALBOKO BISTEKIN OSKOLEAN ADIERAZITA. ....	34
<b>7.1. TAULA.</b> ZAZPI OSKOL BIKOTEEN LANDMARK-EN KOORDENATUAK BAKOITZAREN AURRETIKO ETA ALBOKO IRUDIAREKIN LAGUNDUTA. ....	52
<b>7.2. TAULA.</b> OSKOL BAKOITZAREN L5 ETA L10 LANDMARK-EN KOORDENATUAK. ....	59
<b>9.1. TAULA.</b> LANAREN AURREKONTUA. ....	63



# 1. Sarrera

---

Azken urteetan ikertzaileek euren galderen erantzun asko naturan aurkitu dituzte, emaitza fidagarri eta iraunkorrak bertatik eskuratuz. Emaitza hauek etorkizuneko teknologia berrien eta ezagutza berrien aurrekariak bilakatu dira zenbait kasutan, biomimetika izeneko praktikari ongi etorria emanez. Lan honetan naturan aurkitzen diren muskuilu oskolak erabili dira azterketetarako elementu nagusitzat.

Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileak lanean ari diren Europar proiektu batetatik lortutako zortzi muskuilu oskol bikote aztertu dira. Oskol hauen 3D bidezko eskaneatzean eta lortzen diren puntu-hodeien prozesaketan zentratu da lan hau, prozedura horiek burutzeko metodologia argi eta zehatza eskainiz. Horretarako 3D eskanerrarekin proba desberdinak egin dira metodo egokiena bilatzeko. Ondoren puntu-hodeien irudiak software bidez analizatu dira oskolen geometria aztertzeko aurrekari izango diren landmark-ak eskuratuz.

Lan honetan azalduko den metodologia etorkizunean muskuilu oskolen analisisetan errepikatu ahal izateko prozedura izango da. Puntu-hodeien prozesaketan lortuko diren landmark-ak eta hauek lortzeko metodoak ere morfologia geometrikoko azterketak egiteko bideratu daitezke. Morfologia geometrikoko azterketez gain, biomimetika praktikara ere bideratu daiteke, teknologia berrien diseinua edo ezagutza berrien eskuratzea ahalbidetuz.

Aipatutako muskuilu oskolen 3D bidezko eskaneatze eta puntu-hodeien prozesaketarako metodologia garatzeko, lan honek hainbat puntu jorratuko ditu, hain zuzen, gaiaren testuinguruaren identifikazioa, lanaren helburu eta irispina, erabilitako baliabide eta metodoen azalpena, garapenean agertutako oztopoak, erabilitako metodologiaren ondorioz lortutako emaitzak eta ondorioak, lana garatzeko alderdi ekonomikoa eta etorkizunean eduki dezakeen garapena jorratuko ditu.

Puntu horiek guztiak txosten honetan azaldu dira egindako lanaren ikuspegi zehatza eta argia eskainiz.

eman ta zabal razi



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

## 2. Testuingurua

---

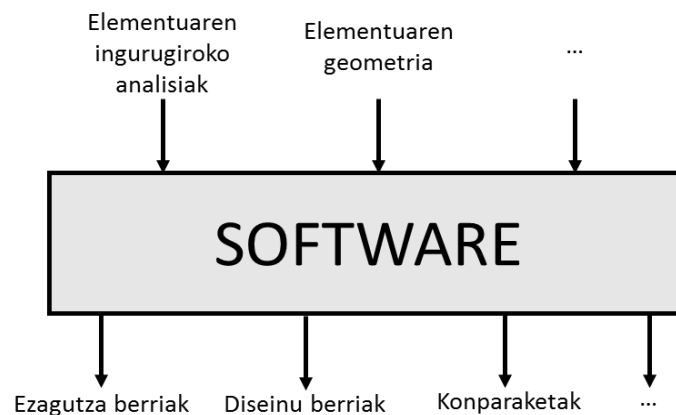
Lan honetan muskuilu oskolen 3D bidezko eskaneatzea eta puntu-hodeien prozesaketa burutzeko metodologia garatuko da, etorkizunean biomimetika eta morfologia geometrikoko azterketak bideratzeko. Lanaren garapena ulertzeko aztertuko diren gai desberdinak eta erabilitako elementu desberdinak azalduko dira.

Muskuilu oskolen analisirako metodologia egoki eta argia bilatzeko helburuarekin, atal honetan gaiaren testuingurua aztertuko da txostena ulertzeko aspektu desberdinak identifikatuz.

### 2.1. Alderantzizko ingeniartzako problema

Lan hau alderantzizko ingeniartzako problemen barruan kokatzen da. Alderantzizko ingeniartzak analisirako prozesu oso erabilgarria da, software baten bitartez aztertutako elementuen analisi zabalagoa eta fidagarritasun handikoa lortzeko ahalmena ematen duena.

Alderantzizko ingeniartzan erabiltzen den tresna softwarea da. Sarrerako aldagaiak aztertutako elementuaren ingurugiroko datuak dira eta irteerako aldagaiak aldiz, software bitartez egindako analisiaren ondorioz lortutako emaitzak, hala nola, ezagutza berriak, diseinu berriak edota konparaketak egiteko emaitzak izan daitezkeenak.



#### **2.1. Irudia.** Alderantzizko ingeniartzako problemaren prozesuaren eskema.

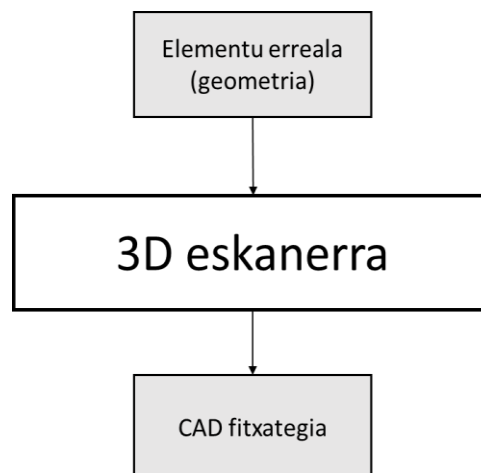
Alderantzizko ingeniartzak errealitatean aurki daitezkeen elementuak aztertzeko prozedura proposa da, errealitateko egoera asko erreproduzitzeko edota sakontasunez aztertzeko aukera ematen duelako. Ingurunean dauden elementuak berreraikitze edo diseinurako elementuak erreproduzitzeko asko erabiltzen da. Elementu desberdinen artean konparaketak egiteko ere

erabili daiteke, konparaketa hauetatik ondorioak ateratzeko edota ezagutza berriak lortzeko metodo egokia izanik. Ingurunean egin ezin diren azterketak edota kostu gehigarri handiko saiakuntzak ordeztu daitezke software bidez, analisi sakonagoak eta kostu baxuko analisiak egiteko aukera emanez.

Lan honetan itsasoko muskuiluen oskolak software bidez analizatu ahal izateko metodologia azalduko da ondorengo biomimetika eta morfologia geometrikoko azterketak bideratzeko. Hau da, sarrerako elementuak izango diren muskuilu oskoletatik, software bidezko analisia egitera bideratutako metodologia azalduko da, ondoren lortutako emaitzak etorkizunean ezagutza berriak lortzeko, diseinuak erreproduzitzeko edota oskolen arteko konparaketak egiteko baliagarriak izanik.

### 2.1.1. 3D bidezko eskaneatzearen garrantzia alderantzizko ingeniartzako problemetan

Alderantzizko ingeniartzako problemen software bidezko analisia egiteko, 3D bidezko eskaneatzea ezinbesteko pausoa da kasu askotan. Aztertu nahi den elementua geometria bat denean, 3D eskaneer batetatik pasa beharko da. Geometria hori CAD fitxategi bat izango den puntu-hodeian bilakatuko da, software bitartez analisi zabal bat egiteko aukera emango duena.



### 2.2. Irudia. 3D bidezko eskaneatzearen prozesu eskematikoa.

Alderantzizko ingeniartzako problemetan erdibideko pausoa izan ohi da. Hasierako azterketak egin eta gero, software bitartez geometria bat landu ahal izateko, 3D eskaneerretik pasa beharko da eta lortutako puntu-hodeitik ikertzaileak softwarean egindako lanarekin ikertzen jarraituko ahal izango du.

3D bidezko eskaneatzetan, aztertutako elementuaren gainazalera eskaneerraren argi urdin estrukturatuak zebra baten marren itxurako argi izpiak bidaltzen ditu eta hauek elementuaren

gainazaleko itxura aldaketak jasotzen dituzte eskanerrari aldaketa horien arteko distantzia erlatiboak bueltatuz. Eskanerrak gainazaleko puntu bakoitzaren aldaketak jasotzen ditu horrela softwarean agertuko den puntu multzo bat lortuz, elementuaren gainazala izango dena. Puntu multzo horri puntu-hodeia esaten zaio.

## 2.2. Oskolak

Oskolak itsasoko muskuiluen estruktura babesgarria dira, zati bigunen euskarri bezala ere egiten dutenak. Muskuiluen oskola bi mineralez osatuta dago: aragonittoa eta kalzittoa, azken honen konposizioa kaltzio karbonatoaren berdina delarik. Oskolek egitura kristalinoa dute, erraz apurtu daitekeena.

Muskuilu gehienak uretan bizi dira eta bertan aurkitu daitezke muskuilu desberdinen oskolak. Munduko toki desberdinetan bizi eta hazten dira, tokiko ingurunearen arabera oskoletan ezaugarri ezberdinak agertzen direlarik.

Lan honetan, munduko hainbat tokitako zortzi oskol bikote aztertu dira, hauen azterketa egiteko 3D bidezko eskaneatzea eta software bidezko analisisia bideratzeko metodologia argia garatuz, etorkizuneko oskolen azterketetan baliagarria izango dena.

## 2.3. Biomimetika

Biomimetika naturatik lortzen den ezagutzaren bitartez, imitazioaz baliatuz, emaitza berriak eta iraunkorrak eskaintzeko ahalmena duen praktika da. Naturan aurkitzen diren elementu desberdinak ulertuz eta izaki bizidunen estrategiak aztertuz, ikertu nahi den ezaugarriaren imitazioa lortuz, teknologiaren garapenerako baliagarriak izan daitezkeen emaitza iraunkorrak lortu daitezke.

Lur planetak 3.800 milioi urte baino gehiago ditu eta hasieratik darama izaki bizidun eta ingurugiro ezberdinen arteko elkarrekintzen garapenean, hau da, ikuspuntu metodologiko batetatik ikusita urte guzti hauetan zehar etengabeko berrikuntza eta garapena eduki du. Naturak eta gizakiak biziraupenerako elkarrekin bizitzen ikasi dute, horren ondorioz naturan aurkitu dituzten gizakiak azken urteotan etorkizunerako soluzio izan daitezkeen ezaugarri ezberdinak, gizakia bera baita ingurumenaren parte. Teknologiaren garapena azken 50 urteetan eman da, beraz, naturak abantaila handia du teknologiaren aurrean biziraupenari dagokionez.

Biomimetika alderantzizko ingeniartzako problemen barruan sailkatu daiteke, naturan aurkitzen den informazioaz baliatuz, diseinu berriak, elementuen berreraikitzea edota ezagutza

berriak lortu baitaitezke. Biomimetikak abantaila nagusi bat du, hau da, ikertzeko behar den informazioa naturan bertan aurkitu daitekeela eta informazio horretatik abiatuz lortuko diren emaitzak etorkizunean iraunkorak izango direla. Ingeniari, arkitekto edo diseinatzaile batek, bere zalantzen erantzuna biomimetikaren bitartez ebatzi dezake. Azken urteetan diseinurako praktika oso erabilia bihurtu da.

Ikertzaileek biomimetikako aplikazioetan jarraitzen duten prozedura honako hau da: naturatik informazioa eskuratu (geometria, datu eta ezaugarriak), ezaugarri horiek analizatu (kasu askotan software bitartez eta geometrien azterketaren kasuan puntu-hodeien CAD fitxategia eskuratuz) eta analisietatik ateratako emaitzak erreproduzitu bizidunen ezaugarri formalak imitatuz, ondoren diseinu berriak, ezagutza berriak edota ezaugarri horiek berreraikitze.

Biomimetikako aplikazioek berrikuntza industrialarekin lotura handia eduki dute. Jarraian azaltzen dira biomimetikako diseinuarekin lotura eduki duten bi aplikazioen adibideak.

Mercedes-Benz enpresak, 2005ean *Bionic* izeneko autoaren prototipoa atera zuen, *ostraciidae* arrainaren itxura eredutzat hartuz. *Ostraciidae* arrainak oso azkar igeri egin dezake, aerodinamikoki bere gorputzaren luzera sei aldiz segundoko estaliz eta bere azal leunagatik turbulentzia minimoak sortuz. Mercedes-Benz-eko ingeniariak arrain honen eredua imitatuz, koefiziente aerodinamiko bikaina lortu zuten beste autoekin konparatuz eta aldi berean erregaien kontsumo oso baxuak lortu zituzten.



**2.3. Irudia.** Ezkerrean *ostraciidae* izeneko arraina eta eskuinean Mercedes-Benz enpresaren autoa ostrazido arrainaren itxuraren imitazioarekin. (Rodríguez et al. 2013)

Sorgailu eolikoei dagokionez, baldintza normaletan errendimendu maximoa bilatzea dute helburu eta aldi berean, turbulentzia handiekiko segurtasun koefizienteak mantentzea. Xibarta balearen inguruko ikasketek erakutsi dutenez, balearen hegalek aurrealdean itxura ondulatua dute eta honi esker turbulentzia handiko egoeretan hegal leunek edukiko luketen abiadura baino handiagoak lortzeko gai dira. *Whalepower* enpresa diseinu berriak probatzen ari da bere turbina

eolikoetan, hegal mota honen ezaugarriak imitatuz, energia handiagoa sortzea lortzen dutelako eta segurtasun koefizienteak mantentzea lortzen dute turbulenzia handiko egoeretan.



**2.4. Irudia.** Ezkerrean Xibarta balearen hegala eta eskuinean sorgailu eoliko baten hegala Xibarta balearen hegala imitazioarekin. (Rodríguez et al. 2013)

## 2.4. Morfologia geometrikoa

Morfologia geometrikoa elementu geometriko baten azterketan oinarritzen da, hain zuzen elementu horren atal desberdinen arteko distantzia erlatiboak konparatzean datza. Distantzia erlatibo hauek aldaketa morfologikoak bereizteko erabiltzen dira. Praktika honi esker elementu baten geometria aztertu daiteke bere tamainaren aldagaia kontutan hartu gabe.

Elementu baten geometria aztertzeko, landmark-ak erabiltzen dira, gainazalean kokatzen direnak eta elementu berdinen artean adostasun bera eramango dutenak. Elementuen landmark-en arteko distantzia erlatiboak konparatzen dira eta aldaketa morfologikoak identifikatzen dira. Morfologia geometrikoa oso erabilia da biologia zientziarekin lotuta dauden ikerketetan, naturan aurkitzen diren elementuen geometria irregularrak aztertzeko tresna baliagarria baita.

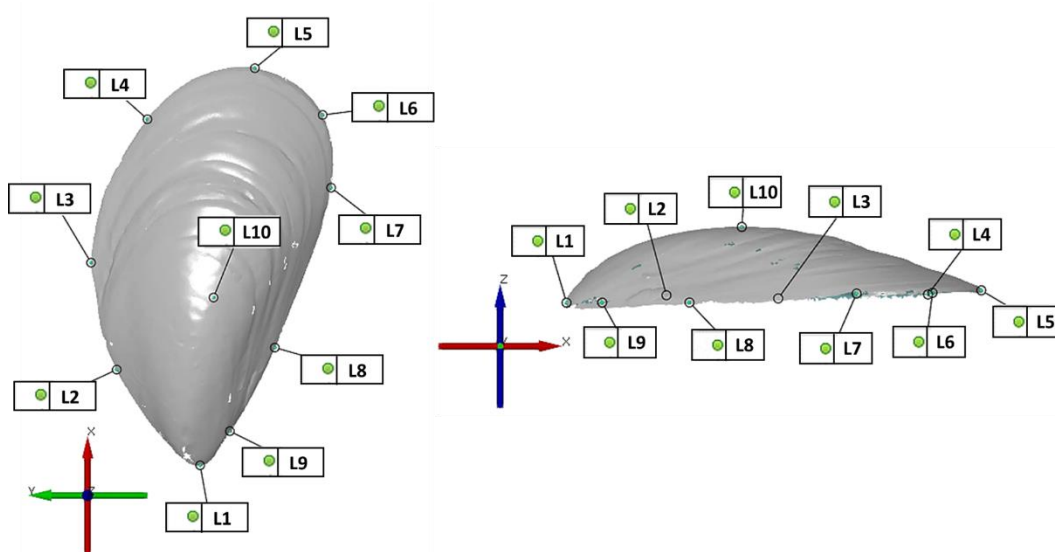
Praktika hau lan honen barnean sartzen ez den arren, muskuilu oskol desberdinen landmark-ak zehazteko metodologia zehaztuko da, ondorengo morfologia geometrikoko azterketak bideratzeko baliagarria izango dena.

### 2.4.1. Landmark-ak

Landmark-ak naturako elementu batean espezie desberdinen artean ikertzaileek akordioz lortutako gainazaleko puntuak dira. Naturako elementuen geometriak konparatzeko erabiltzen dira, elementu bakoitzak akordioz zehaztutako berezko puntuak dituelarik. Puntu hauek morfologia geometrikoko azterketak egiteko erabiltzen dira eta gainazaleko puntu horien artean dauden distantzia erlatiboak konparatzeko balio dute.

Oskolen analisiak egiteko, muskuiluen oskoletan aurretik ikertzaileek espezie desberdinak ikertuz adostutako landmark-ak erabiltzen dira (Laitano et al. 2013, Scalici et al. 2017, Márquez et al. 2011). Ondoren landmark hauek baliagarriak izango dira oskol espezie desberdinen artean konparaketak egiteko eta ondorioak ateratzeko.

Oskoletan adostutako hamar landmark daude 2.5. Irudian agertzen diren moduan eta Materialak eta Metodoak ataletan hauek lortzeko metodoak zehaztasunez azaldu dira.



**2.5. Irudia.** Oskol baten aurretiko eta alboko bista, bakoitzean 10 landmark-ak zehaztu direlarik.



## 3. Lanaren helburuak eta irispena

---

### 3.1. Irispena

Alderantzizko ingeniartzan oinarrituz eta Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileen Europar proiektu batetatik abiatuz, muskuilu oskol desberdinen 3D bidezko eskaneatzea eta puntu-hodeien prozesaketa burutzeko metodologia argia zehaztea da lana honen xedea, etorkizuneko proiektu edo lanetan, muskuilu oskolen azterketetan prozedura hau erabil dadin.

Metodologia honen bitartez lortu daitezkeen muskuilu oskolen emaitzak baliagarriak izan daitezke etorkizuneko biomimetika eta morfologia geometrikoko azterketak bideratzeko.

### 3.2. Helburuak

Lan honek hainbat helburu bete beharko ditu azalduko den metodologia ahalik eta zehatzena eta argiena izateko. Jarraian agertzen dira lan honetan finkatu diren helburuak:

- Bilatuko den metodologia zehatza eta argia izango da ondorengo lanetan errepikatu ahal izateko.
- Muskuilu oskolen puntu-hodeia lortzeko 3D bidezko eskaneatzearen prozedura nola lortu den azalduko da.
- Muskuilu oskolen landmark-ak lortzeko eta zehazteko prozedura nola lortu den azalduko da.
- 3D bidezko eskaneatzea burutzeko prozedurarik egokiena bilatuko da lortutako oskolen puntu-hodeiak analisirako egokiak izan daitezen. Puntu-hodeiek zehaztasun nahikoa erakutsi beharko dute oskolen luzera eta altuera neurtzeko. Aldi berean oskol bakoitzean gainazaleko geruza bakoitza argi ikusi beharko da geruzen arteko distantziak neurtzeko.
- Lan honetan zortzi oskol bikote aztertuko diren arren, etorkizuneko proiektuetan baliagarria izan daitekeen seriezko eskaneatzea egiteko prozedura egokiena bilatuko da.
- Oskolek erakusten dituzten irregulartasunengatik landmark desberdinak jartzeko irizpideak bilatuko dira, aurretik oskolak ikertu dituzten adituek zehaztutako landmark-ak jartzeko adostasunak jarraituz.
- Landmark-ak zehazteko erreferentzia sistema egoki bat bilatuko da, oskol guztietan erreferentzia sistema bera errespetatuz, euren arteko konparaketak egin ahal izateko.

Helburu hauek lortzeko balizko bat egongo da, balizkoa jarraian datorrena izanik:

- Oskolaren puntu-hodeien emaitza zehatza lortu ezin bada eta ondorioz oskolaren landmark guztiak lortu ezin badira, *GOM Inspect* softwarearen bitartez, eskola berreraikiko da gutxi gorabeherako landmark-ak lortzeko.

Ikuspuntu metodologikotik lan honek 3D eskanerra eta *GOM Inspect* software informatikoa erabiltzen ikasteko helburuak izango ditu.

## 4. Metodologia

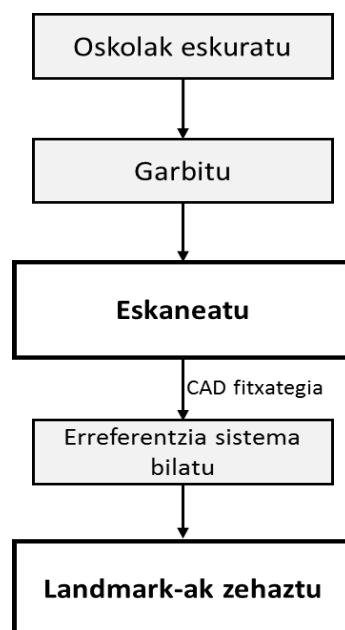
---

Gaiaren testuingurua azalduta eta lanaren irispena eta helburuak finkatuta, muskuilu oskolen 3D bidezko eskaneatzea eta puntu-hodeien prozesaketa burutzeko metodologia azalduko da. Horretarako jarraian azalduko diren pausoak jarraituko dira (4.1. Irudia).

Lehenik eta behin, lan honetan, muskuilu oskolak Plentziako Itsas Estaziotik eskuratuko dira. Oskolak eskuratu ostean garbitu egingo dira zehaztasunez eskaneatu ahal izateko, oskolek erakusten dituzten zikinkeriak azaleratuta geratu ez daitezten.

Ondoren oskolak 3D eskanerraren bitartez eskaneatuko dira, horretarako proba desberdinak egingo dira metodori zehatzena eta bizkorrena bilatzeko, puntu-hodeien irudi argi eta zehatza lortzeko.

Oskolak CAD formatuan eskuratuta, GOM Inspect softwarearen bitartez analizatu egingo dira, bertan koordinatuak hartzeko erreferentzia sistema egokiena lortuz. Azkenik oskol bakoitzari dagozkion hamar landmark-en koordinatuak eskuratuko dira.



**4.1. Irudia.** Lanaren metodologiaren fluxu diagrama.

Metodologia hau jarraituta, oskolak prest egongo liratezke etorkizuneko biomimetika eta morfologia geometrikoko azterketak burutzeko.

eman ta zabal razi



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

## 5. Baliabideak eta metodoak

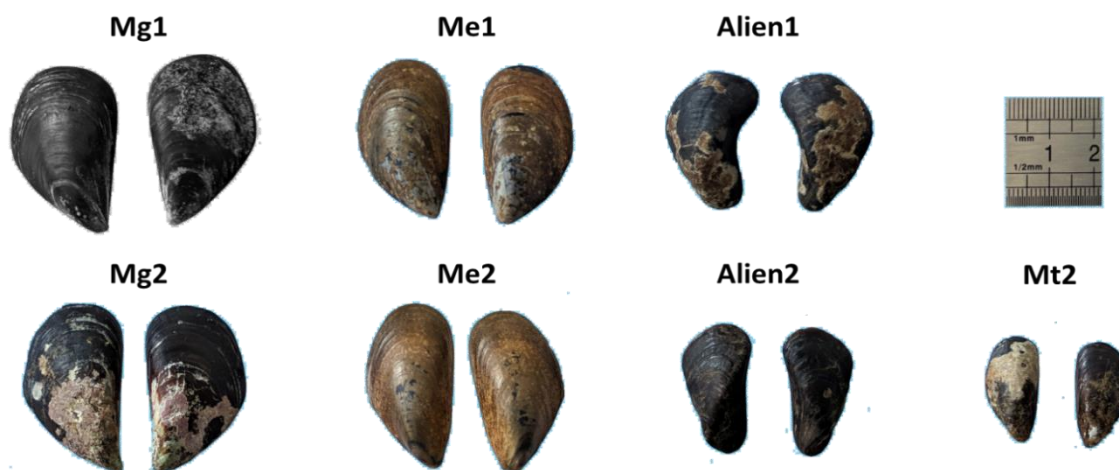
### 5.1. Oskolak

Lan honetan Europar proiektu batetatik datozen zortzi oskol bikote aztertu dira eta hauen 3D bidezko eskaneatzea eta puntu-hodeien prozesaketa burutu da. Oskolak Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileek utzitakoak dira eta jatorri desberdinetatik hartu dira. Muskuilu oskol hauek duten izen konplexuagatik izendapen bat jarri zaie. 5.1. Taulan azaltzen dira oskol bakoitzaren izendapena, izena, jatorria eta adina.

**5.1. Taula.** Muskuilu oskolen izendapena, izena, jatorria eta adina.

Izendapena	Izena	Jatorria	Adina
Mg	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Mediterraneoko muskuilua)	Arrigunaga (Bilbo)	2-4 urte
Me	<i>Mytilus edulis</i> (Muskuilu urdina)	Rissa (Norvegia)	2-3 urte
Mt	<i>Mytilus trossulus</i> (Baltikoko muskuilu urdina)	Karlmar (Suedia)	1-2 urte
Alien	<i>Xenostrobus securis</i> (Pygmy muskuilu beltza)	San Ignazio (Bilbo)	2-3 urte

Lanean erabili diren oskolen irudiak 5.1. Irudian azalduta datoz, bertan oskolen gainazaleko koloreak, zikinkeriak eta distirak ikusten direlarik. Oskolen espezie bakoitzetik bi oskol bikote aztertu dira.



**5.1. Irudia.** Zazpi oskol bikoteak aurretik ikusita.

5.1. Irudian ez da Mt1 oskolaren irudirik adierazi, aurrerago Oztopoak atalean azalduko den moduan lana garatzerako orduan apurtu zelako. Gainazaleko kolorerik beltz ilunena Mg oskolek eta Alien oskolek dute, gainera Mg1 EZK oskolaren gainazalak distira handia du. Gainazaleko kolorerik argiena Me oskolek dute, kolore marroia erakusten dutelarik. Eskanerrarentzat kolore ilun eta distiratsuak izango dira zailenak identifikatzeko.

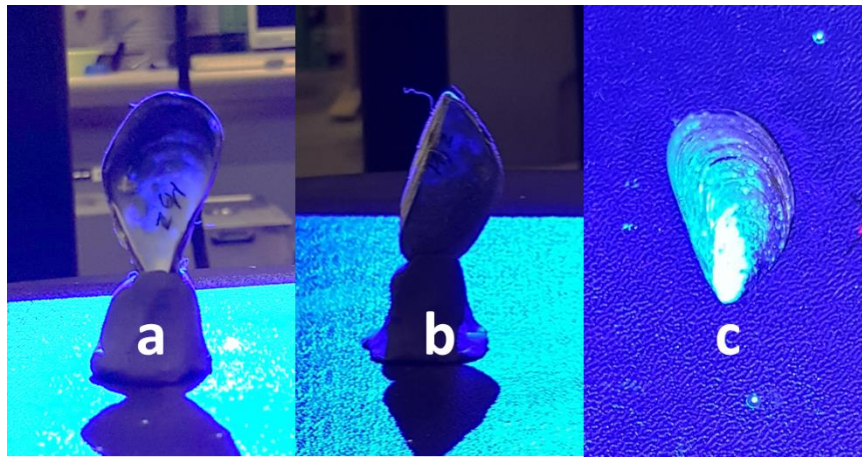
Oskol bakoitzean eskuineko eta ezkerreko aurpegiak aztertu dira, beraz, guztira hamalau elementu aztertu dira. Oskol bakoitzari izendapen bat eman zaio eta oskol bakoitzaren orientazioaren arabera, aurrez aurre ikusten den aurpegiak ere izendapen bat eraman du, ondorengo azalpenean azaltzen den moduan:

- Oskol bikote bakoitzaren ezkerreko eta eskuineko aurpegiak 5.2. Irudian azaltzen den izendapenarekin izendatu zaie: ezkerreko aurpegientzat EZK laburdura erabili da eta eskuineko aurpegientzat ESK laburdura.



**5.2. Irudia.** Mg1 oskolaren ezkerreko eta eskuineko aurpegiak izendapena.

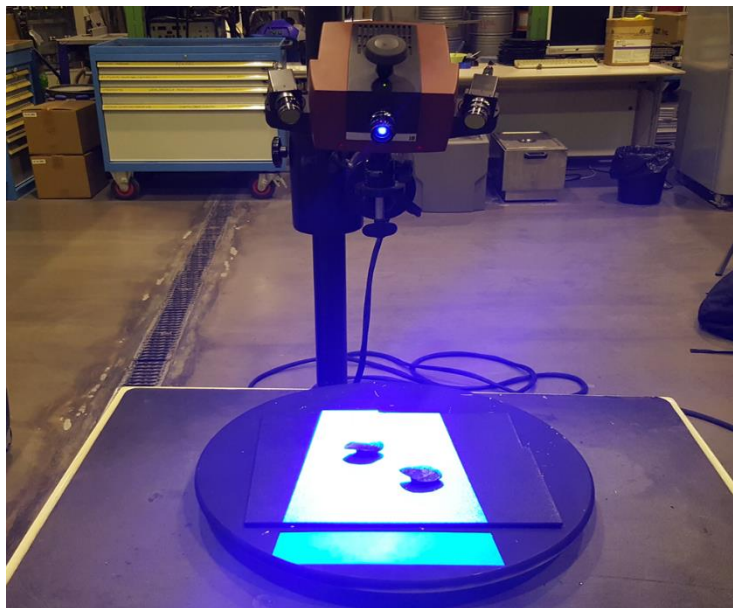
- Eskaneatzean erabili diren oskolen aurpegiak orientazio desberdinei ere izendapen bat eman zaie, 5.3. Irudian azaltzen den moduan. Oskolekin egindako probetan hiru orientazio mota desberdin hauek probatu dira: a orientazioa, b orientazioa eta c orientazioa. Orientazio hauek eskaneatzean proba ezberdinak egiteko erabili dira, orientazio egokiena bilatzeko. Plastilina beltza erabili da a eta b orientazioa zuten oskolak eusteko.



**5.3. Irudia.** Mg2 ESK oskolaren aurpegiaren hiru orientazio desberdinen izendapena.

## 5.2. 3D Eskanerra

3D metrologian aditua den GOM enpresa alemaniarraren eskanerra erabili da lan honetarako, hain zuzen ere *ATOS Compact Scan* izeneko 3D eskaner eramangarria erabili da oskolen eskaneatzeak egiteko. Eskanerra mugimendu eta bibrazioekiko oso sentikorra da eta kontu handiz erabili da. Eskanerreko lenteak oso apurkorak eta sentikorrak dira ere bai, horregatik eskanerra leku lasaietan erabili da.

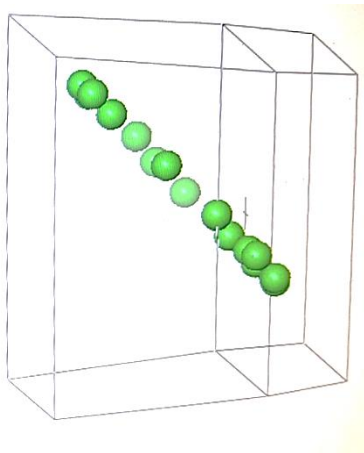


**5.4. Irudia.** 3D eskanerraren muntaia eta aurrean mahaia eta panel beltz mugikorra oskol bikote batekin.

Eskanerra eramangarria denez, euskarri baten gainean kokatu da, orientazio desberdinak hartzea ahalbidetzen duena. Eskanerraren aurrean mahai bat kokatu da eta gainean panel beltz lau birakari bat jarri da oskolak bertan kokatzeko eta oskolen norabidea eskaneatzean aldatzeko. Horrela mahaia aurrera eta atzera mugitzeko erabili da eta panel beltza oskolaren posizioa biratzeko. Panel beltzean eskanerrak identifikatuko dituen pegatinak jarri dira, eskanerrak hauen arteko distantzia erlatiboak erabiltzeko irudia lortzerako orduan.

Eskanerra erabiltzen hasi baino lehen 30 minututan berotzen utzi da eta ondoren kalibratu egin da. Horretarako GOM enpresaren *ATOS Professional* softwarea erabili da eta bertan kalibratzeko ematen diren pausoak jarraituz 3D eskanerra kalibratu da (kalibratzeko beharrezkoa den panel txuria eskanerrak berak ekartzen du). Bibrazioak egotekotan, softwareak mezu bat pantailaratzen du bibrazioen berri emanez, kalibrazioarekin edo aurreragoko eskaneatzeekin ez jarraitzeko jakinaraziz egoera lasaitu arte.

*ATOS Professional* softwareak panel beltzean kokatutako pegatinak identifikatzen ditu eta pegatina horiek eskanerrak hartzen duen bolumen eremuaren barruan egon behar dute. Pieza baten eskaneatzean, pegatinen arteko distantzia erlatiboak ezin izango da aldatu. Eskanerrak hartzen duen bolumenean plano optimo bat dago eta emaitzarik zehatzenak plano honetatik gertu lortzen dira, hain zuzen, esperientziak erakutsi duenez, plano optimoaren ezkerrean pegatinak kokatuz lortzen dira emaitzarik onenak 5.5 Irudian ikus daitekeen bezala.



**5.5. Irudia.** Pegatinen puntu berdeak eskanerrak hartzen duen bolumeneko plano optimoaren ezkerrean kokatuta.

Eskanerraren argi urdin estrukturatuak botatzen duen argiak, elementuetan sortzen dituen argi estrukturatuaren deformazioen bidez lortzen ditu irudiak, hau da, eskanerrak elementuaren gainazaleko itxura aldatetak jasotzen ditu eta gainazaleko puntu desberdinek eskanerrari euren arteko distantzia erlatiboak bueltatzen dizkiote irudiaren puntu-hodeia lortuz. Horregatik gainazalean distirak dituzten piezak eta kolore beltzeko piezak oso zailak dira eskaneatzeko, argi



urdirin estrukturatuaren deformazioak ez baitira ondo bereizten eta ondorioz puntu kopuru zehatza lortzea zaila da. Lan honetan oskol batzuk ezaugarri hauek erakutsi dituzte.

### 5.3. GOM Inspect

*GOM Inspect* GOM enpresaren 3D metrologia azterketak egiteko softwarea da. Software hau analisirako erabili da oskolen neurketak egiteko.

Eskaneatzeen ondoren, oskolen puntu-hodeiak CAD formatuan gordetzen dira. *GOM Inspect* softwarean oskolak CAD artxibo moduan edota sare moduan inportatzeko aukera dago, eskaneatutako elementua nahi den moduan erabiltzeko.

Softwareak ahalbidetzen dituen baliabideekin lana garatu da, aurrerago azalduko den prozedura garatu delarik, jarraitu diren pauso eta metodoak zehaztuz.

### 5.4. Oskolen eskuratzea

Muskuilu oskolak, lan honetan, Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileak lanean ari diren Europar proiektu batetatik eskuratu dira, munduko leku desberdinetatik lortutako oskolak izanik. Oskolak euren sorterritik jaso direnez, lehenik eta behin euren azalean agertzen diren zikinkeriak eta hazitako belarrak garbitu dira, eskaneatzean emaitza garbiak lortzeko. Horretarako ura eta jaboiarekin oskolen azalean dauden belar eta zikinkeriak eskuz poliki eta leun (oskolak hauskorrak direnez ez apurtzeko) garbitu dira, azal garbia lortu arte.

### 5.5. Oskolen eskaneatzea

Oskolen eskaneatzea Bilboko Ingeniaritza Eskolako Product Design Laboratory-n egin da, aurretik azalduko 3D eskanerra eta *ATOS Professional* softwarea erabiliz. Oskolen emaitza onenak eta metodologia egokiena lortzeko helburuarekin hainbat proba egin dira. Hamalau oskolen eskaneatzea egiteko, serieko produkzioaren antzeko kontzeptua erabili da. Hasieran oskol bat aztertu da eta ondoren prozedura bera gainontzeko oskolei aplikatu zaie.

#### 5.5.1. Hasierako probak

Mg1 EZK oskolarekin egin dira hasierako probak. Oskol honetan ikusten dira distira eta kolore ilun gehien, ondorioz emaitzarik txarrenak oskol honetan espero dira. Oskola a eta b orientazioekin eskaneatzea erabaki da, bi orientazioetan lortutako emaitzak ondoren oskol

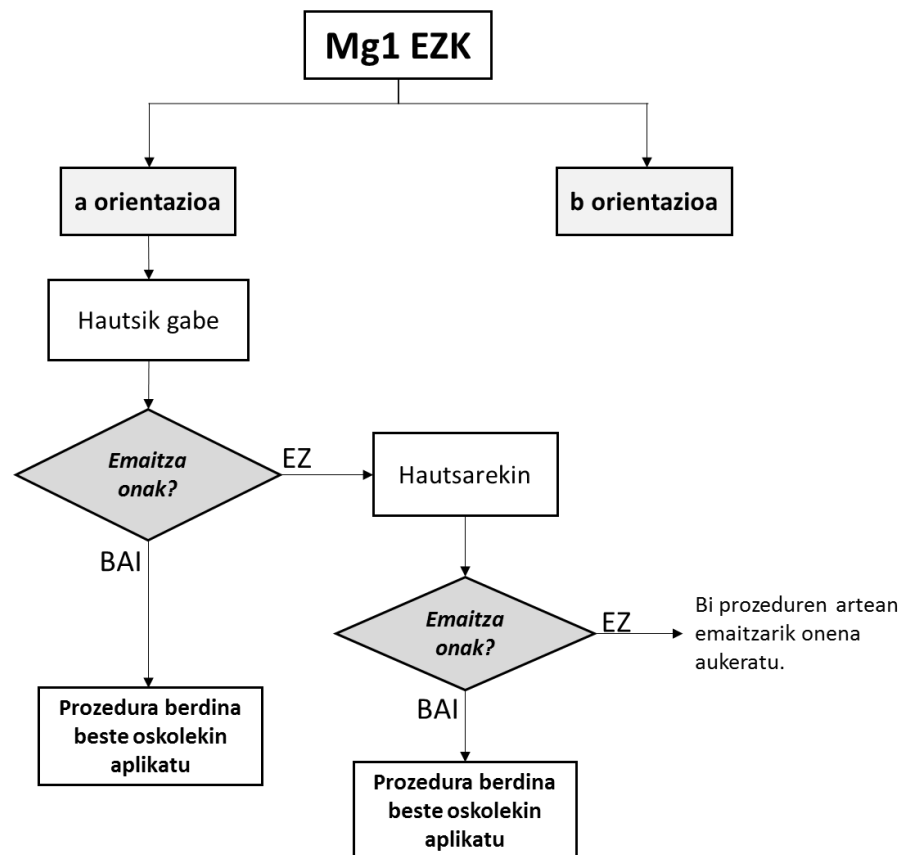
bakarrean bateratzeko helburuarekin. Bi orientazio horiekin lortu daitezkeen emaitzak onak diren edo beste orientazioaren bat bilatu beharko den aztertu da.

Hasteko, Mg1 EZK oskola panel beltzaren gainean kokatu da a orientazioarekin, horretarako plastilina beltz bat jarri da oskolaren azpian. Ondoren jarraian azalduko den prozedura bera b orientazioarentzako erabili da.

*ATOS Professional* softwarean fitxategi berri bat ireki eta pegatinen puntu berdeak pantailaratzeko orduan, kameraren leihoan agertzen den distiren komandoarekin jokatu da egoeraren arabera puntu berde gehien pantailaratzeko. Aurretik azaldu den moduan, mahaia mugituz, puntu berdeak plano optimoaren ezkerrean kokatzea lortu denean, eskaneatzearekin hasi da. Horretarako teklaturako zuriune-barra erabili da hartualdi bakoitza hartzeko. Eskanerrak parean duen aurpegiaren puntu hodeia bakarrik hartzen duenez, plano beltza biratzen oskolaren inguruan hartualdi desberdinak egin dira, ordenagailuaren pantailan oskolaren puntu-hodeien irudi osoa lortu arte. Eskanerra edo mahaia mugitu beharko balira puntu gehiago lortzeko, mugitu egingo liratezke, garrantzitsuena oskolak plano beltz mugikorreko pegatineko duen distantzia erlatiboa mantentzea baita. Ezin izango balitz oskolaren puntu-hodei osoa lortu (gainazalaren ezaugarrien ondorioz) metodo berriak bilatu beharko liratezke. Hain zuzen oskolen gainazaleko ezaugarrien ondorioz, emaitzak ez dira oso zehatzak izan eta proba berriak bilatu dira.

### 5.5.2. Hautsarekin egindako probak

Puntu-hodeiko puntu gehiago eta emaitza zehatzagoak lortzeko hauts kapa batez oskol beltz eta distiratsuak estaltzea erabaki da gainazalaren ezaugarri horiek eskanerrari ezkutatzeko. Kontutan eduki behar da hauts partikula hauek emaitzetan zehaztasuna galtzea eragin dezaketela. Horretarako 5.6. Irudian azaltzen den fluxu diagramaren pausoak jarraitu dira emaitza onena bilatzeko. Mg1 EZK oskolarekin probak egiten jarraituz, a eta b orientazioekin eskaneatu egin da. Hasteko a orientazioa eskaneatu da eta ondoren berdina b orientazioari aplikatuko zaio. Ondoren prozedura bera gainontzeko oskolekin egiten jarraitu da.



**5.6. Irudia.** Mg1 EZK oskolarekin egindako probaren fluxu diagrama.

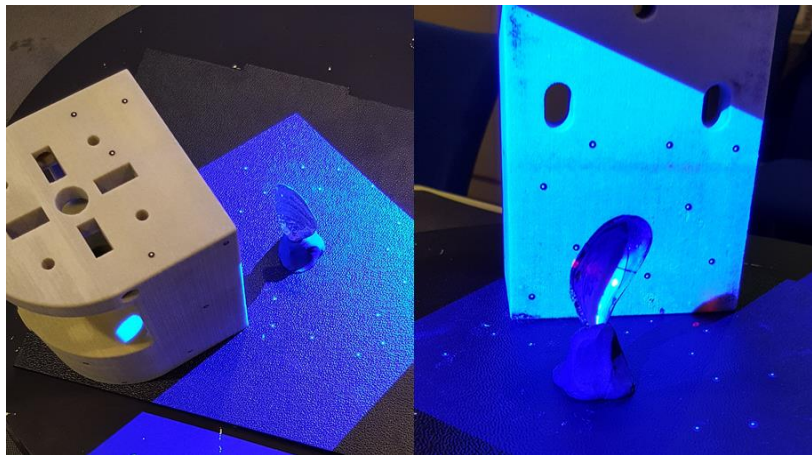
Proba honekin hasteko, Mg1 EZK oskolari hauts kapa oso fin bat bota zaio oskolaren gainazala guztiz estaliz eta kolore iluna disimulatuz. Ez da gomendagarria hauts asko botatzea emaitzek zehaztasuna galdu dezaketelako. Hautsa duen Mg1 EZK oskolaren a orientazioarekin eskaneatzea egin da, aurreko pausuan azaldutako eskaneatzearen prozedura bera jarraituz. Behin bi emaitzak lortuta emaitzarik onena zein den baloratu da ondorengo oskolekin prozedura berdina errepikatzeko. Bi probetan lortutako emaitzak oso zehatzak ez balira, irudirik onena aukeratu litzateke edo bestela metodo berri baten bilaketan zentratuko litzateke.

Mg1 EZK eskola behin hautsarekin eskaneatu eta gero, ura eta jaboiarekin garbitu da hautsa kentzeko. Eskaneatzean oskolaren irudia hautsarekin berriz estali behar izatekotan, eskola garbitu eta gero hautsa berriz botako litzaiokie.

5.6. Irudiko proba Mg1 eta Mg2 oskolen ezkerreko eta eskuineko aurpegiekin egin da a eta b orientazioak kasu guztietan eskaneatuz.

### 5.5.3. Elementu lagungarria erabiliz egindako probak

Eskanerrak baldintzatzen dituen mugimenduengatik, oskolaren barruko aurpegiko puntu batzuk hartzea zaila da. Oskolaren puntu guztiak hartzeko eta emaitza zehatzena lortzeko, oskolaren atzean pegatinak dituen elementu lagungarri bat jartzea erabaki da, 5.7. Irudiaren arabera, eskanerrak orientazio berrietan hartuak egin ditzan. Elementu lagungarria, eskanerrak oskolaren atzean pegatinak ikus ditzan jartzen da aurreko puntu erlatiboak mantenduz. Elementu lagungarri bat baino gehiago erabili daiteke irudi osoa lortzeko, baina kokapen bakoitzean, pegatinen ordena desberdina izan beharko da, euren arteko distantzia erlatiboa desberdina izanik aurreko elementu lagungarriaren hartuak eduki duen kokapenarekin konparatuz. Bestela *ATOS Professional* softwareak, aurreko egoerarekin antzekotasunak ikusiko ditu eta aurreko egoera berdina interpretatuko du, emaitza faltsuak lortuz.



**5.7. Irudia.** Elementu lagungarria pegatinekin oskolaren atzean kokatuta.

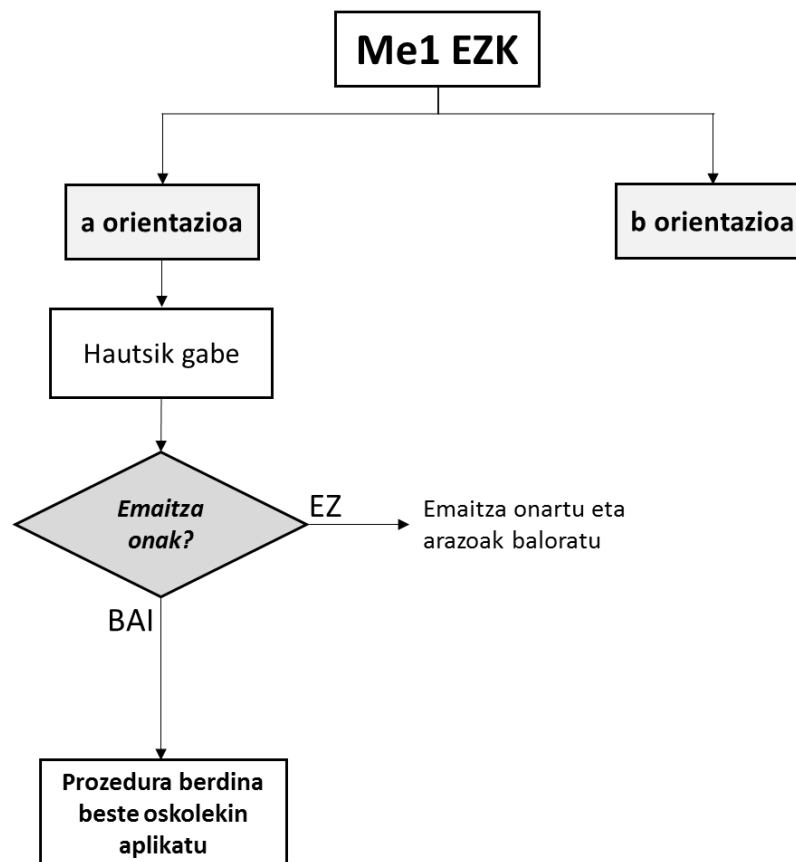
Probak Mg1 EZK oskolaren a orientazioarekin eta hautsarekin egin dira. Hartuak hartzen joan den heinean, puntu gehiago lortu ezin zenean, eskanerra euskarrian zehar mugitu egin da interesa zuten oskolaren barruko puntuak hartzeko. Orientazio desberdinekin oskolaren ia irudi osoa eta zehatza lortu da (beti ere hautsak sartzen duen zehaztasun falta hori kontuan hartuta).

Elementu lagungarriaren probak Mg1 oskolaren ezkerreko eta eskuineko aurpegiekin eta Mg2 EZK oskolarekin egin dira kasu guztietan a eta b orientazioekin eskaneatuz. Lortutako emaitza guztiak baloratu egin dira eta hautsik gabe eskaneatzen jarraitzea erabaki da hautsaren errorea baztertzeko. Elementu lagungarriarekin oskolaren barruko puntako puntuak zehaztasun handiagoarekin lortzea lortu da baina gainazaleko puntuek hautsaren ondorioz zehaztasuna galdu dute. Beraz hautsik gabe eskaneatzen jarraitzea erabaki da zehaztasun osoa lortzeko helburuarekin.

### 5.5.4. Hautsik gabeko proba berriak

Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileek oskolen gainazaleko geruzak aztertu nahi dituztenez errealitatearekin zerikusi handiena duen metodoa bilatzen jarraitu da. Hautsak gainazalean errore txikia sartzen duenez, geruza horiek ahalik eta argien ikusteko hautsik gabe eskaneatzen jarraitzea erabaki da. Orain arte elementu lagungarria hautsa zuten Mg1 eta Mg2 oskolekin bakarrik erabili da eta hurrengo probetan hautsik gabeko oskolekin erabiliko da. Mg1 eta Mg2 oskolak hautsarekin zikinduta geratu direnez, ondorengo probak Me oskolekin egitea erabaki da.

Me1 EZK oskolaren a orientazioarekin egin dira proba berriak. Aurretik erabilitako elementu lagungarriaren metodo bera erabili da, prozedura bera jarraituz 5.8. Irudian agertzen den fluxu diagramako pausoak jarraituz. Ondoren prozedura bera gainontzeko oskolekin egiten jarraitu da.



**5.8. Irudia.** Me1 EZK oskolarekin egindako probaren fluxu diagrama.

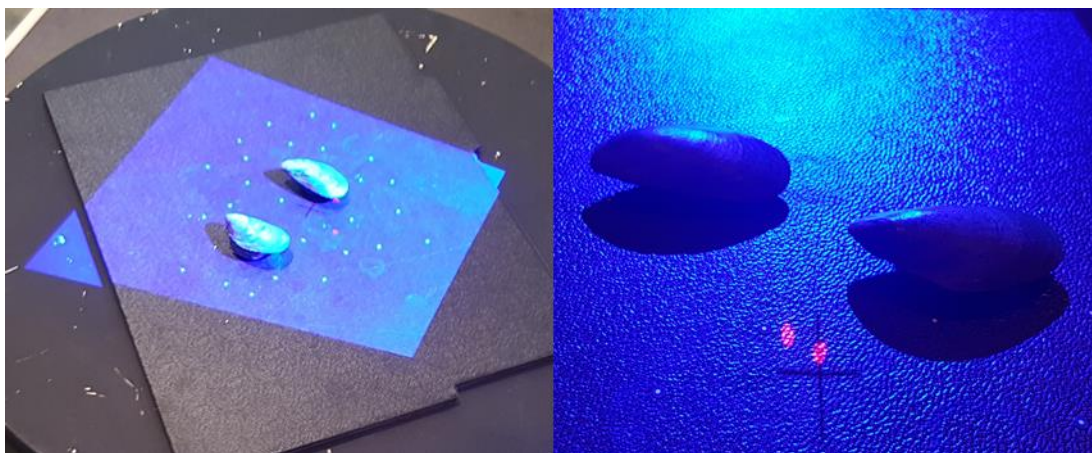
Probak Me1 eta Me2 oskolen ezkerreko eta eskuineko aurpegiekin egin dira, kasu guztietan a eta b orientazioak eskaneatuz.

### 5.5.5. Azken proba eta aukeratu dena

Aurreko probetako emaitzak baloratuz, zehaztasuna eta eragiketa kostua metodo berean kontutan hartzea erabaki da, azken finean bi helburu batera lortu nahi direlako: seriezko produkzioarako metodo egokia eta oskolen gainazalaren zehaztasuna. Elementu lagungarriekin egindako probetan eragiketa kostua handia denez eta seriezko produkzioaren ideia bilatzen denez, metodo berri bat bilatu da emaitzak bizkorrago eskuratzeko eta oskol guztien emaitzak egun berean lortzeko, euren arteko konparaketak errazago egiteko. Aurreko probetan ikusi denez hautsik gabe lortu da gainazaleko zehaztasun handiena, beraz metodo berrian eskaneatzeak hautsik gabe eta elementu lagungarririk gabe egitea bilatu da.

Proba berriak egin dira oraingoan c orientazioa batekin probatuz. Ikertzaileek behar dituzten oskolen gainazaleko analisiak egiteko, c orientaziotik lortzen diren datuekin bakarrik badirudi nahikoa dela, beraz metodo berri onekin emaitzak lortzen probatu da. Orientazio honek oskolaren dimentsio erreala eta geruzak erakusten ditu, beraz nahikoa izan daiteke c orientazioa bakarrik eskaneatzearekin.

Probak egiteko oskolak plano beltz mugikorraren gainean jarri dira Mg1 oskoletik hasita, helburua oskol guztien eskaneatzeak egun berean egitea baita. Kasu honetan oskol bakoitzean orientazio bakarra (c orientazioa) eskaneatzen denez, oskolen ezkerreko eta eskuineko aurpegiak batera eskaneatu dira (5.9. Irudia) denbora aurrezteko. Oskolak plano beltzean jartzeko, azpian plastilina beltza jarri zaie planora ondo eusteko eta altura txiki batetara geratzeko, ondoren CAD fitxategiak gordetzerako orduan lagungarria izan daitekeelako oskolaren inguruko zikinkeria kentzeko. Proba hauetan eskanerra euskarrian mugitu gabe mantendu da eta mahaia eta plano mugikorra bakarrik mugitu dira.



**5.9. Irudia.** Ezkerreko irudian Mg1 oskolak bikoteka plano mugikorraren gainean eta eskuineko irudian Me1 oskolak plano mugikorrean plastilina beltzarekin altuera batetara kokatuta.

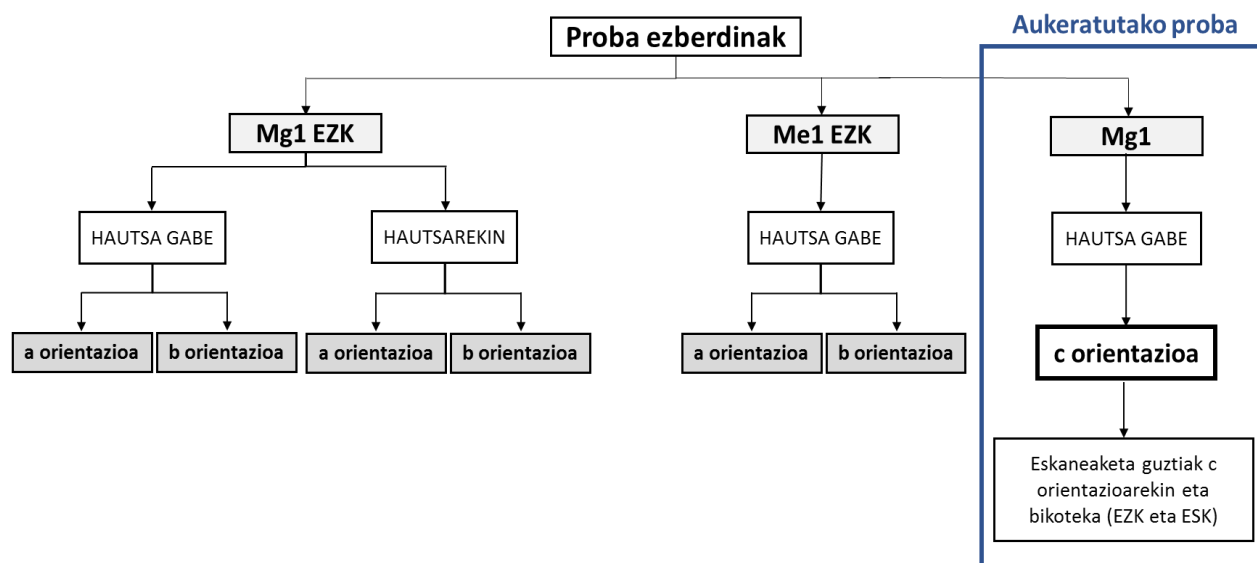
Oskolak eskaneatzeko, Mg1 oskolari aurretik azaldutako eskaneatzeko pausoak aplikatu zaizkio eta egun berean eskaneatzeak egin dira Mg2, Me1, Me2, Alien1, Alien2, Mt1 eta Mt2 oskolekin.

Behin emaitza guztiak lortuta azken proba hau metodorik egokiena dela baloratu da eragiketa kostua eta gainazaleko zehaztasunari dagokionez, beraz etorkizuneko lanetan azken proba honetako pausoak jarraituz nahikoa izango litzateke.

Eskaneatze bakoitza bukatu eta gero irudia moztu da *ATOS Professional* softwarearen bitartez eta inguruan agertu diren zikinkeria guztiak kendu dira. Azkenik irudi bakoitza CAD formatuan exportatu eta gorde egin da.

Orain arte egindako proba guztietan laborategiko argiak piztuta egon dira. Beste egun batean, oskol guztiak berriz bikoteka eskaneatu dira c orientazioa bakarrik eskaneatuz eta laborategiko argiak itzalita, oskolen kolore iluna hobeto disimulatuta geratzeko. Prozedura hau erabili da Mg1 oskoletik hasita eta egun berean oskol guztiak eskaneatuz. Amaitzeko lortutako emaitzen zikinkeriak softwarean kendu dira eta irudiak exportatu eta gorde egin dira. Emaitzak atalean azaldu da saiakuntza honetan lortutako emaitzak.

Eskaneatzean erabilitako proba ezberdinen fluxu diagrama jarraian azaltzen da (5.10. Irudia) probak egiten hasi den eskola adierazita dagoelarik. Kontuan eduki behar da proba batzuetan elementu lagungarriak ere erabili direla emaitza zehatzagoak bilatzeko helburuarekin.



**5.10. Irudia.** Eskaneatzean egindako proba desberdinen fluxu diagrama eta aukeratutako azken proba zehaztuta.

5.10. Irudian azkenik aukeratu den proba zehazturik dator, probak egiten hasi den eskola eta erabilitako metodoak adierazi direlarik.

## 5.6. Oskolen software bidezko analisisia

Oskol guztien puntu-hodeien CAD formatua lortu denean, software bidezko analisisia egin da. Horretarako *GOM Inspect* softwarea erabili da. Analisi honen helburua eskatutako neurriak eta landmark-ak eskuratzea izango da. Oskolen hamar landmark-en koordinatuak hartuko dira, bertan oskolaren luzera eta punturik gorenena zehaztuta egongo direlarik.

Eskaneatzean lortutako emaitza guztietatik emaitzarik onenak aukeratu dira, beti ere egun berean egindako oskol guztien emaitzak egon badira, konparaketak zehatzagoak izateko. Egun berean ez badira eskaneatze guztiak lortu, eskaneatzeak berriz errepikatu beharko liritezke oskol guztien emaitzak egun berean lortu arte.

Mg1 EZK oskolarekin egin da lehenengo analisisia, gero analisi bera oskol guztiekin errepikatu da. Horretarako CAD artxiboa *GOM Inspect* softwarera inportatu da. Artxiboa CAD formatuan edo sare egoeran inportatzeko aukera dago eta koordinatuekin lan egiteko oskolaren sarea beharrezkoa da. Aipatutako inportatzeko bi aukeretan emaitza berdina lortzen denez, CAD formatuan inportatzea erabaki da eta bertan sarea sortzea, bi elementuak aldi berean proiektu berean edukitzeko (CAD artxiboa eta sarea), badaezpada bi elementuekin lan egin behar bada. Sarea sortzeko *GOM Inspect*-en aukeren barran honako pausoak jarraitu dira: “Operaciones/CAD/De CAD a malla real...” eta oskolaren sarea sortu da.

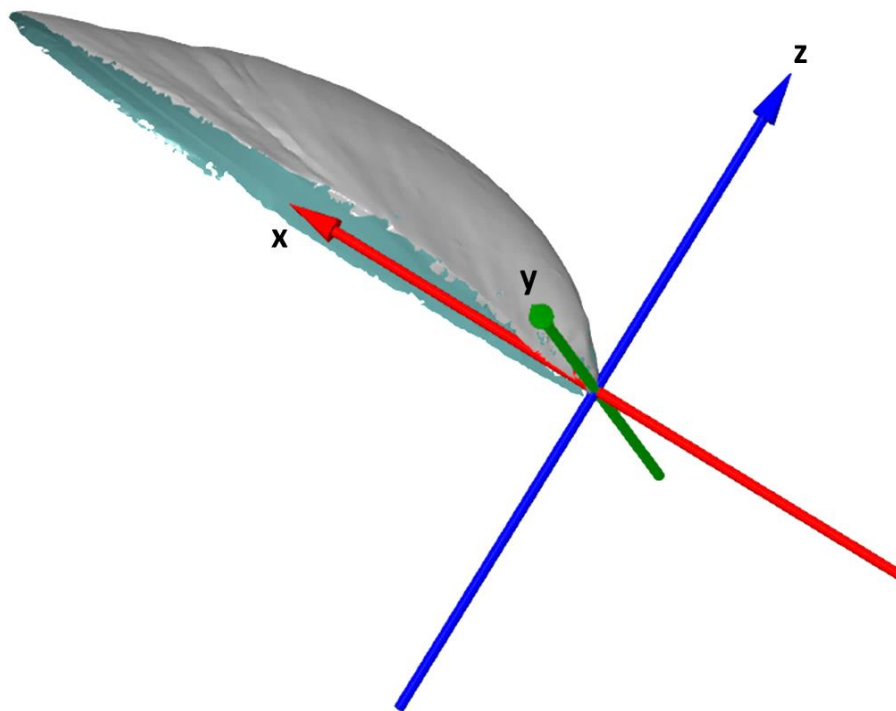
Behin oskolaren sarea lortuta erreferentzia sistema bat definitu da oskol denetan koordinatuek irizpide berdinak jarraitzeko. Horretarako aukeren barran “Operaciones/Alineación/Alineación inicial/3-2-1...” pausoak jarraitu dira. Ondoren Ctrl+Klik komandoa erabiliz oskolean sei puntu definitu dira erreferentzia sistemako ardatzak sortuz.

Hori lortuta jatorrizko koordinatu puntua definitu egin da. Lehenik eta behin L1 landmark-a definitu da, jatorrizko koordinatu bezala identifikatuko dena, (0,0,0) puntua. Horretarako puntu bat sortu da oskolaren puntan. Oskol guztiek forma irregularra dutenez, oskolaren ahalik eta punturik urrunenean jarri da L1 puntua. Puntua sortzeko aukeren barran honako pausoak jarraitu dira: “Construir/Punto/Punto...”. Pausoak jarraituta puntua aukeratu da Ctrl+Klik komandoa erabiliz. Horretarako eskola ertzez jarri da eta bertan agertzen den erregelan begiratzuz punturik urrunena dagoen lekuan L1 puntua kokatu da.



Behin L1 puntua kokatuta, erreferentzia sistemako ardatzak bertara eraman dira. Aukeren barran “Operaciones/Alineación/Alineación manual/ Trasladar...” pausoak jarraitu dira eta (0,0,0) puntua L1 puntura eraman da.

Azkenik erreferentzia sistemako ardatzak guztiz definitzeko biratu egin dira honako eskakizun hauek jarraituz: landmark guztiak  $z=0$  ardatzaren gainetik egotea,  $x$  ardatzeko koordinatuak positiboak izatea eta  $y$  ardatza oskolaren jatorrizko koordinatuaren erditik ezkerretara positiboa izatea. Oskol bakoitzean ardatzak egoeraren arabera mugitu dira baina kasu guztietan pauso berdinak erabili dira finkatutako eskakizunak lortzeko. Honako pauso hauek jarraitu dira: “Operaciones/Alineación/Alineación manual/Rotar...” eta irekitzen den leihoan beharrezkoak diren biraketak egin dira ardatzak eskakizunen arabera definituta geratzeko (5.11. Irudia).



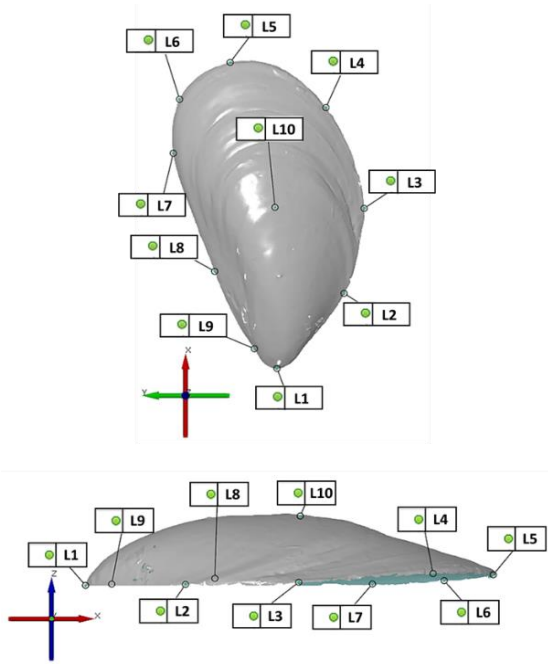
**5.11. Irudia.** Me1 EZK oskolaren ardatzak puntan kokatuta eskakizunak jarraituz.

Koordenatu ardatzak ondo kokatuta, landmark-ak zehaztu dira. Oskolen irudiak irregularrak direnez eta landmark-ak  $z=0$  planoaren gainetik egongo direla ziurtatzeko, L1 puntuan, plano ebakitzaile bat sortu da “Construir/Plano/Plano Punto-Normal.../L1 puntua Z+ ardatzean”. Plano horretan eskuineko botoiarekin “Corte transversal en plano de elemento” komandoa aplikatu da.

Plano horrek irudia moztu du  $z=0$  ardatzaren azpitik, baina ez da irudirik desagertu ezta baztertu. Horrela jarraian hartu diren landmark guztiak  $z=0$  ardatzaren gainetik zehaztu dira.

Falta diren gainontzeko bederatzi landmark-ak hartzeko ondorengo irizpideak aplikatu dira, puntuak jartzeko L1 sortzeko prozedura berdina jarraituz eta puntuak begi hutsez hartuz.

**5.2. Taula.** Hamar landmark-ak hartzeko irizpideak. Alboan landmark-ak aurretik eta alboko bistekin oskolean adierazita.

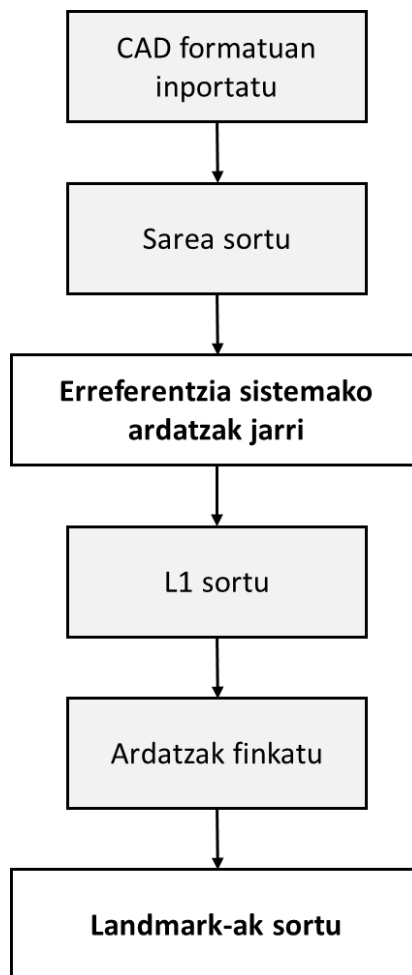
Landmark	Kokapena	Irudia
L1	Oskolaren puntan kokatzen da, atzeko punturik urrunena.	
L2	Oskolak kurbadura handiena erakusten duen aldetik, lerro zuzenena bukatzen den puntura arte.	
L3	Kurbadura bukatzen den puntua eta alboko punturik urrunena.	
L4	Kurbak itxura zirkularra hartzen hasten deneko puntua.	
L5	Oskolaren punturik urrunena.	
L6	Kurba zirkularra bukatzen deneko puntua.	
L7	Oskolaren kontrako aldetik lerro zuzena hasten deneko puntua.	
L8	Lerro zuzenaren erdibideko puntua, L3 eta L2 tartean.	
L9	Puntako kurbadura hasten deneko puntua.	
L10	Oskolaren altueran dagoen punturik gorenena.	

**5.12. Irudia.** Goiko irudian oskolaren aurretiko bista eta beheko irudian oskolaren alboko bista, bietan hamar landmark-ak azaltzen direlarik.

Landmark-ak hartzerako orduan saiatu da gainazalaren ertzetatik ahalik eta gertuen hartzen 5.12. Irudian azaltzen den moduan. L10 puntua hartzeko, oskola ertzez jarri da eta bertan azaltzen den erregelari, ertzeko punturik altuenean kokatu da puntua.

Behin landmark-ak finkatuta, puntu guztiak aukeratu dira eta eskuineko botoiari emanaz, agertzen den zerrendan "Visualizar/Geometria" klikatu da eta puntuen koordinatuak bistaratu dira. Horiek izango dira etorkizuneko proiektu edo lanetan erabiliko koordinatuak. Prozedura hau oskol guztiekin aplikatu da eta emaitzak taula batetan gorde dira.

Software bidezko analisi honetan jarraitu diren pausoak ondorengo fluxu diagraman laburbilduta azaltzen dira.



**5.13. Irudia.** Software bidezko analisisian jarraitutako pausuen fluxu diagrama.

## 5.7. Oskolen berreraikitzea

Helburuetan azaldu den moduan, oskolen batetan eskaneatzean lortutako puntu-hodeien irudian ez badira puntu guztiak lortu eta landmark guztiak hartzeko zailtasunak badaude, oskolen berreraikitzea egingo da. Oskolen berreraikitzea jarraian azaldutako pausoak jarraituz egin da.

*GOM Inspect*-en oskola inportatu da. Lehenik eta behin baloratu egin da hutsunea oso handia edo zulo txikia den.

Zuloak berreraikitzeko, *GOM Inspect*-ek komando bat barneratzen du jarraian azaltzen diren pausoak jarraituz erabili dena: “Operaciones/Cerrar agujeros/De manera interactiva...”. Gainazalaren leuntasuna normala hartu da eta Ctrl botoiarekin, lotu nahi diren bi puntuen artean lerro bat eraiki da.

Zulo handiak diren kasurako edo bi puntu lotzeko aukerarik ez dagoenean, zubiak eraiki dira. Horretarako “Operaciones/Cerrar agujeros/Puente de malla...” pausoak jarraituz, Ctrl+Klik botoiekin bi puntu aukeratu dira eta angelu bateko desbideratzea emanez, hutsuneak txikitu dira. Ondoren aurreko prozedura berdina aplikatu da hutsuneak ixteko. Zulo txikiak badira, azaldutako azken pauso hau egitea ez da beharrezkoa.

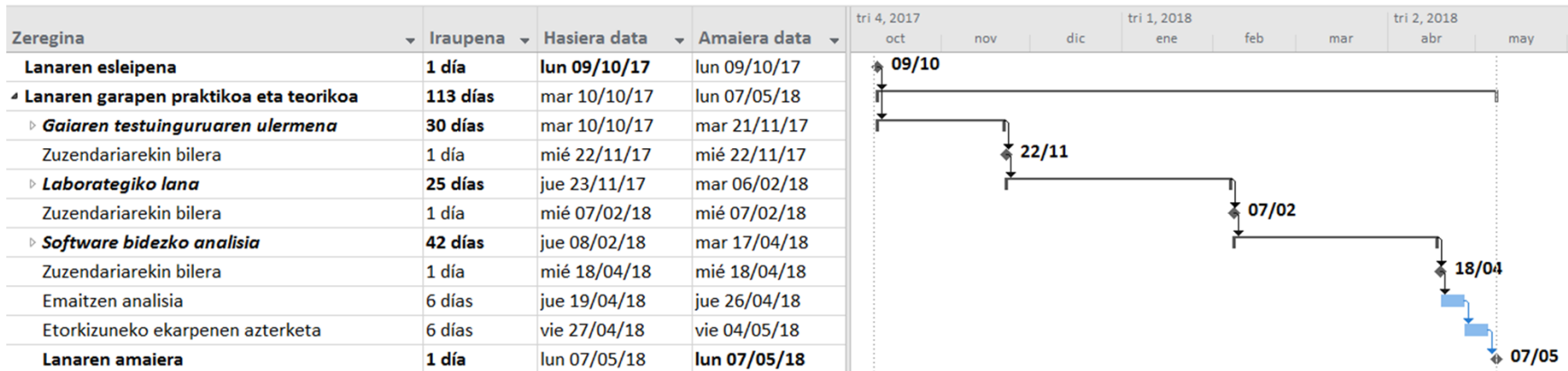


**5.14. Irudia.** Zubien bidezko hutsuneak ixteko metodoa.

Aurreko prozedurak erabiliz, modu iteratiboan oskolaren hutsuneak berreraiki dira eta azkeneko emaitza hurbildua lortu da.

## 5.8. GANTT diagrama

Lana burutzeko zeregin desberdinak Gantt diagrama batetan adierazi dira (5.15. Irudia). Lanaren iraupenari dagokionez 113 egunetan burutu da, jai egunak, asteburuak eta azterketetako data kontutan hartu gabe. Aipatu beharra dago ez dela asteko 5 egunetan 8 ordu lan egin. Nahiz eta iraupena 113 egunetakoa izan, aste desberdinetan egun konkretuetan lan egin da gutxi gorabehera egun bakoitzean 4 ordu lan eginez. Laborategiko lanari dagokionez, 25 egun horietan lanegunak laborategiko teknikariarekin adostu dira bere laguntzaz eskanerra erabili ahal izateko. Software bidezko analisiari dagokionez, 42 egunetatik ez da asteko 5 egunetan lan egin, azterketa partzialak eta bestelako lanak kontutan hartuta, egun konkretuetan ordu batzuetan zehar lan egin da. Guzti hau kontutan hartuta lanak eskatzen dituen 6 kredituak gutxi gorabehera errespetatuta dira 113 egun horietan.



5.15. Irudia. Zeregin nagusien Gantt diagrama.


Zeregin nagusien Gantt diagrama hainbat ataletan banatuta dago eta zuzendariarekin egin diren bileren egunak mugarriak izan dira lanarekin jarraitu ahal izateko.

Hasteko, lana esleitu egin da eta hurrengo egunean lanarekin hasi da. Lehenik eta behin gaiaren testuingurua ulertu da eta bukatzean zuzendariarekin ikasitakoa komentatu da. Ondoren laborategiko lanarekin hasi da, atal praktikoa izan dena. Atal praktikoa amaieran zuzendariari emaitzak erakutsi zaizkio lanarekin jarraitu ahal izateko. Gero software bidezko analisia egin da atal praktikoko emaitzak landuz. Lortutako emaitzak berriz ere zuzendariari erakutsi zaizkio. Azkenik emaitzak analizatu egin dira eta etorkizunean eduki ditzaketen ekarpenak aztertu dira. Zeregin guzti horiek burututa lana amaitu da.

### 5.8.1. Gantt diagramaren sakontzea

Gaiaren testuingurua ulertzeko lanaren garapenerako beharrezkoak diren bi gai nagusi landu dira, biomimetika eta morfologia geometrikoa. Beste alde batetik 3D eskannerrei buruzko informazio ere bildu da. Hasteko biomimetika eta morfologia geometrikoa izeneko gaiak ulertu dira eta behin bi gaiak landuta, 3D eskannerrak ulertzen hasi da. Testuingurua ulertuta, zuzendariarekin bilera bat egin da landutakoa komentatzeko.

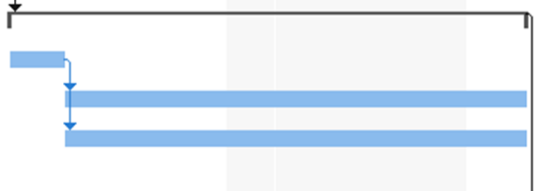
<b>▲ Gaiaren testuinguruaren ulermena</b>	<b>30 días</b>
Biomimetika eta morfologia geometrikoa	14 días
3D eskannerrak	16 días



**5.16. Irudia.** Gaiaren testuinguruaren ulermena zereginaren Gantt diagramaren sakontzea.

Laborategiko zereginak aztertuz, atal praktikoa dagozkion zereginak egin dira, hala nola, oskolen 3D bidezko eskaneatzea. Lehenik eta behin laborategia ezagutu da eta egin diren proba ezberdinak aurretik zehaztu dira. Hurrengo egunetan oskolak eskaneatu egin dira eta eskaneatzean egindako proba desberdinen emaitzak aldi berean dokumentatu egin dira. Laborategiko lanak iraun duen egunetan, tarteko Gabonetako oporrak eta azterketa egunak ez dira kontutan hartu.

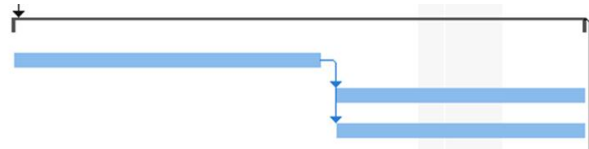
<b>▲ Laborategiko lana</b>	<b>25 días</b>
Laborategia ezagutu eta lana antolatu	6 días
Oskolen eskaneatzea	19 días
Oskolen irudien emaitzen analisia eta dokumentazioa	19 días



**5.17. Irudia.** Laborategiko lanaren zereginen Gantt diagramaren sakontzea.

Software bidezko analisiari dagokionez, laborategian lortutako emaitzak landu dira. Horretarako lehenik eta behin erabili den softwarea ezagutu eta ulertu da. Ondoren oskoletan analisiak egin dira eta aldi berean lortutako landmark-ak dokumentatu egin dira. Software bidezko analisiak iraun duen egunetan, tartean Aste Santuko oporren egunak ez dira kontutan hartu.

<b>Software bidezko analisia</b>	<b>42 días</b>
GOM Inspect softwarea ezagutu eta ulertu	27 días
Oskolen landmark-en analisia	15 días
Oskolen landmark-en dokumentazioa	15 días



**5.18. Irudia.** Software bidezko analisiaren zereginaren Gantt diagramaren sakontzea.

Azken zereginak, zeregin nagusietan azaldu denez, emaitzen analisia eta etorkizuneko ekarpenen azterketa izan dira. Zeregin guzti hauek burututa, zuzendariarekin komentatu dira eta lana amaitutzat eman da.





## 6. Oztupoak

---

### 6.1. 3D bidezko eskaneatzean agertutako oztupoak

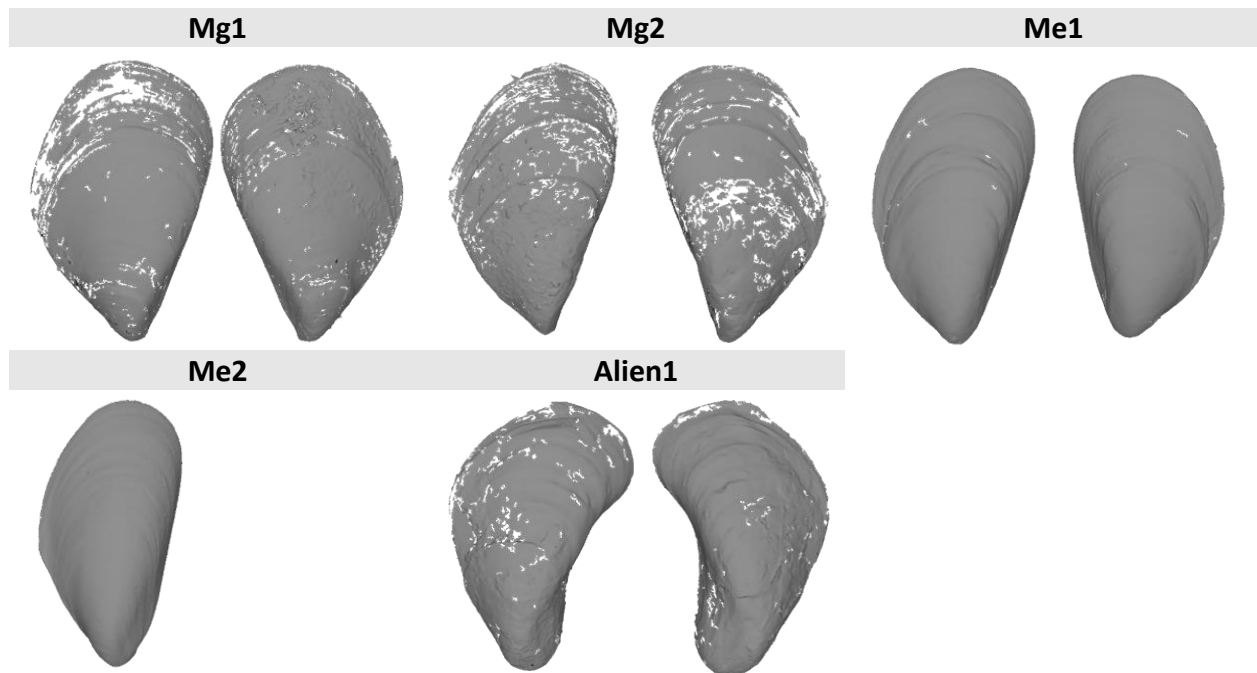
3D bidezko eskaneatzea burutzerako orduan ondorengo oztupoak agertu dira: Bilboko Termibuseko obrak eta Bilboko Ingeniaritza Eskolako Product Design Laboratory-ko lanek eragindako oztupoak.

#### 6.1.1. Bilboko Termibuseko obrak

Lan hau Bilboko Ingeniaritza Eskolako Product Design Laboratory-n egin da. Aldi berean Bilboko Termibuseko obrak aritu dira lanean. Obrako lanak egun osoan zehar irauten zutenez, obran sortzen ziren talka eta bibrazioak laborategira heltzen ziren, emaitzetan erroreak sortuz.

Obrek eragin handia eduki zuten eskanerraren hartualdietan, eskaneatze denboran eta eragiketa kostuetan. Eskanerra bibrazioekiko oso sentikorra denez, obretatik iristen ziren bibrazioak sentitzen zituen eta ondorioz eskanerra ez zen gai emaitza egokiak hartzeko, sentsorea mugimenduan zegoelako. Horren ondorioz eskaneatze prozesuan zehar lortutako emaitzetan puntu asko faltsuak ziren eta hartualdiak behin eta berriz errepikatu behar ziren emaitza egokienak eta zehatzenak lortzeko.

Horrek ere eragin handia eduki zuen oskolen eskaneatze denbora eta eragiketa kostuetan. Oskol bakarra eskaneatzeko, hartualdi asko egin behar ziren behin eta berriz emaitza faltsuak zuzentzeko eta horrek denbora asko kentzen zuen. Horregatik ezinezkoa zen egun bakar batean oskol bikote asko eskaneatzea bakoitzari bi ordu gutxi gorabehera eskaintzen baitzitzaizkion. Horren adibide dira prozedura desberdinetan lortu diren emaitzetan ikus daitezkeen irudiak. 6.1. Irudiaren arabera, egun bakar batean Mg1, Mg2, Me1, Me2 EZK eta Alien1 oskolen irudiak bakarrik lortu ziren. Irudi hauetan nabarmenak dira obren bibrazioen ondorioz irudietan sartutako erroreak, puntu-hodeietan hutsuneak ikusten direlarik. Mg1 oskolean agertzen dira hutsune gehien, obren bibrazioez gain, kolore ilun eta distira asko dituelako. Emaitzarik onenak Me1 oskolean lortu ziren, gainazaleko kolore marroiaren ondorioz.

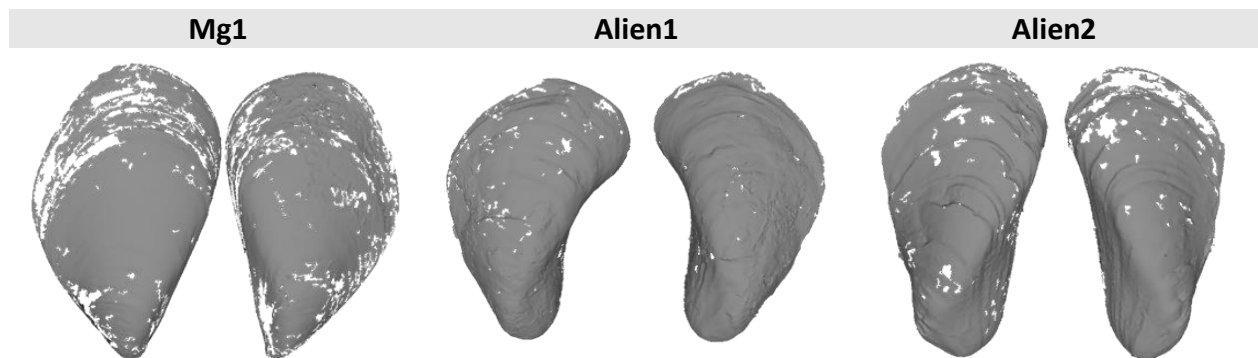


**6.1. Irudia.** *Mg1, Mg2, Me1, Me2 eta Alien1 oskolen puntu-hodeien irudiak obren bibrazioek eragindako erroreekin.*

### 6.1.2. Bilboko Ingeniaritza Eskolako Product Design Laboratory-ko lanak

Lan egiteko laborategia Bilboko Ingeniaritzako Eskolako hainbat departamentuk konpartitzen dute, ondorioz lan talde ezberdinak elkartzen ziren lan egiterako orduan. Lan honekin zerikusirik ez zuten lan taldeek laborategiko makinak erabiltzen zituztenean bibrazioak eragiten zituzten, eskanerrarentzako kaltegarria izanik eta emaitza egokiak lortzeko eragozpenak jarritz, aurretik azaldutako arrazoiengatik. Emaitzetan edukitako eragina obren kasuaren berdina da emaitzen zehaztasuna, eskaneatze denbora eta eragiketa kostuari dagokionez.

Gainera oskolen eskaneatze probetan azaldu denez, proba bat laborategiko argiak itzalita egin zen. Horretarako laborategian ez zen lan talderik egon behar euren lana ez oztopatzeko. Hori lortzea zaila zen eta gainera denbora kopuru murriztuan lan egin behar zen argi itzaliekin. 6.2. Irudiaren arabera, argi itzaliarekin egun bakar batean hiru oskol bikoteen eskaneatzea bakarrik lortu zen, Mg1, Alien1 eta Alien2 oskolen ezkerreko eta eskuineko aurpegiak. Hiru oskol bikoteetan nabariak dira bibrazioen ondoriozko hutsuneak, nahiz eta argi itzaliekin ziurtatu zen laborategian bibrazioak ez zela egongo, kanpoko obren bibrazioak nabariak ziren. Horren adibide dira 6.2. Irudian agertzen diren oskolen irudien emaitzak.



**6.2. Irudia.** Mg1, Alien1 eta Alien2 oskolen puntu-hodeien irudiak argi itzaliarekin.

## 6.2. Oskolen ezaugarrien ondorioz agertutako oztopoak

Oskolak oso hauskorrak dira euren egitura kristalinoagatik. Horregatik manipulatzeko orduan kontu handiarekin ibili behar zen. Oskolak garbitzerako orduan batzuetan gainazal zatiren bat apurtzen zen. Plastilina jartzerako orduan ere kontu handiarekin ibili behar zen oskolek apurtzeko erraztasuna baitzuten.

Mt1 EZK oskola plastilina jartzerako orduan apurtu egin zen eta ez zen honen eskaneatzerik egin, landmark asko hartu gabe geratuko zirelako. Honen ondorioz aurreko ataletan eta hurrengoko Emaitzak atalean ez da Mt1 oskolaren daturik aipatzen.



**6.3. Irudia.** Mt1 EZK oskola apurtuta.

Oskol batzuek euren jatorritik ekartzen zituzten zikinkeria batzuk garbitzea ezinezkoak zen. Horregatik eskaneatzerako orduan zikinkeria horiek azaleratu egin ziren eta software bidezko analisiak egiterako orduan nahasteak sortu zituzten.

Beste alde batetik, oskolen gainazaleko kolore beltz ilunak eta distirak eskaneatzerako orduan arazoak erakusten zituzten, eskanerraren argiak ez baitzituen eremu hauek ondo bereizten eta ondorioz hutsuneak agertzen ziren irudiaren puntu-hodeietan. Horren adibide da Mg1 EZK oskolaren eskaneatzean lortutako irudia, Emaitzak atalean azalduta.

Oskolen kolore iluna ezkutatzeko hauts kapa bat bota zitzaient Mg1 eta Mg2 oskol bikoteei. Horren ondorioz hautsez zikinduta geratu ziren eta ezin izan ziren guztiz garbitu, emaitzetan errore txiki bat sartuz.

Oskol askoren itxura irregularragatik zaila zen oskolen barnealdeko puntako puntu guztiak hartzea, horregatik elementu lagungarriak erabili ziren eskaneatze prozesuan. Hala ere konponbide honek eragiketa kostu handia eragin zuen, hartualdi asko egin behar baitziren eta denbora asko galtzen zen.

Eskaneatzerako orduan lortutako puntu-hodeien irudietan, ez ziren zehaztasun nahikoarekin bereizten oskol bakoitzaren geruza kopurua ezta beraien arteko distantzia ere. Emaitza hau baztertzea erabaki zen eta oskolen software bidezko analisia morfologia geometrikoko azterketetara bideratzea erabaki zen, hau da, landmark-ak soilik hartzera. Oskolen gainazaleko geruza kopurua lortu nahi izatekotan edo hauen arteko distantzien neurriak, Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileek, eskaneatzeko beste metodoren bat bilatu beharko lukete edo eskaneatzeko beste eskaner bat erabili.

## 7. Emaitzak

---

### 7.1. Eskanerreko emaitzak

Aurreko ataletan azaldu den moduan, oskolak eskaneatzerako orduan proba desberdinak erabili dira, metodo egokiena bilatzeko helburuarekin. Jarraian proba bakoitzean lortutako emaitzak adierazi dira.

Oskolak eskaneatzeko erabilitako hasierako proban, Mg1 EZK oskola erabili zen a eta b orientazioekin eskaneatuz. Mg1 EZK oskolak zituen zikinkeriangatik eta distirengatik, eskanerrak ez zituen behar beste puntu eskuratu eta emaitzan hutsune asko gelditu ziren. Obrak ere oztopo izan ziren emaitza egokiak lortzeko. Antzeko erroreak agertu ziren proba honetan erabilitako Mg1 eta Mg2 oskol bikoteetan. Emaitza hauen zehaztasun faltagatik baztertu egin ziren eta metodo berrien emaitzak aztertu egin ziren. Arrazoi honengatik proba hauen irudiak ez dira txostenean azaldu.

Hautsarekin egindako probei dagokionez, emaitzak baloratu egin ziren eta emaitza nahiko antzekoak lortu ziren Mg1 eta Mg2 oskoletan hautsik gabe lortu zirenekoekin konparatuz. Beraz, hautsak zehaztasun aldetik errore txikia sartzen zuenez, gainontzeko eskaneatzeak hautsik gabe egitea erabaki zen errore hori baztertzeko. Hartualdi kostuari dagokionez, Mg1 EZK oskolarekin hautsik gabe 20 hartualdi egin ziren, puntu-hodeiko puntu asko lortzea zailagoa zelako bere gainazaleko kolore beltz eta distirengatik. Hautsarekin aldiz, 12 hartualdi egin ziren, baina sartzen zuen erroreagatik, hautsik gabe egitea erabaki zen.

Aipatutako bi proba hauetan oskolaren orientazioengatik eta oskolaren puntako formagatik, puntan lortutako puntuak ez ziren nahikoak izan oskolaren irudi osoa lortzeko (7.1. Irudia).



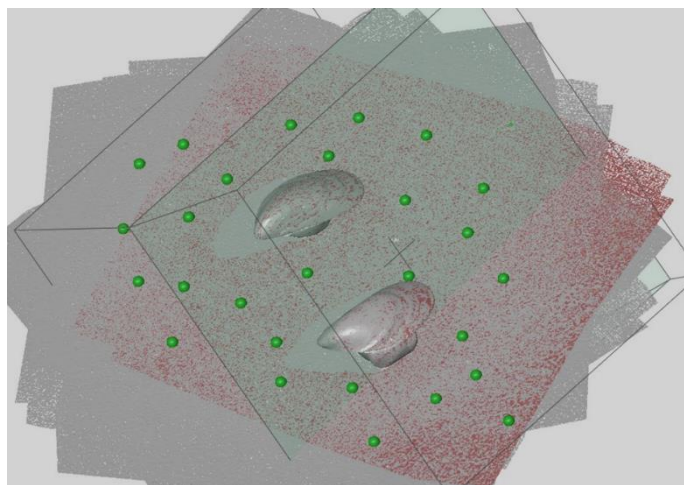
**7.1. Irudia.** Mg1 EZK oskolaren b orientazioaren eskaneatzean puntako puntu hodeien hutsunea urdinez.

Horregatik elementu lagungarri bat erabiltzea erabaki zen, hala ere aurretik azalduenez, emaitza hauek ere baztertu egin ziren.

Elementu lagungarria oskolaren atzean jarri zenean, oskolaren puntan puntu gehiago lortu ziren, hartualdi kopurua handituz eta ondorioz eragiketa kostua handituz. Mg1 oskol bikotea, Mg2 EZK, Me1 eta Me2 oskol bikoteak hautsarekin eta hautsik gabe eskaneatu ziren elementu lagungarriaren bi probetan eta hauen eskaneatzeek zuten kostuagatik, emaitzak baztertzea erabaki zen metodo berrien bilaketan zentratuz. Me1 eta Me2 oskol bikoteak eskaneatu ziren egunean obrek bibrazio ugari eragin zituzten eta anomaliak agertu ziren emaitzetan. Ondorioz emaitza hauek esan bezala baztertu egin behar izan ziren eta ez dira txosten honetan irudiak azalduko.

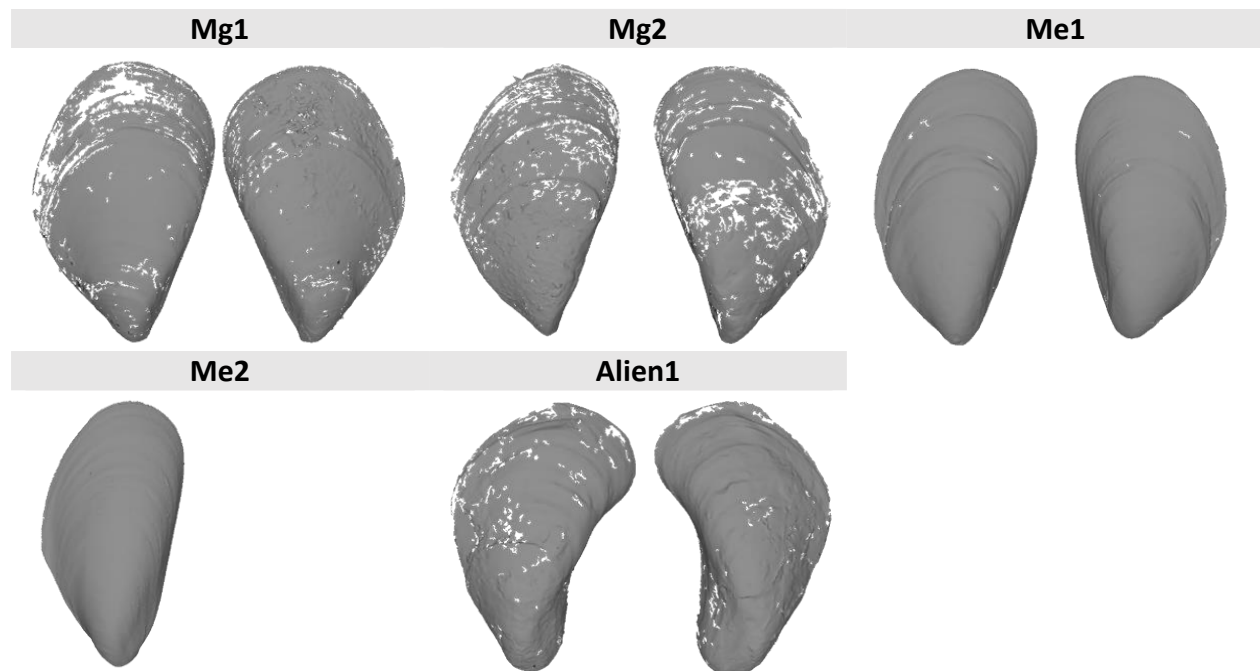
Aurreko emaitza guztiak aztertuz eta bakoitzaren zehaztasun falta eta kostu handia baloratuz, c orientazio bat aztertu zen, piezaren magnitude erreala eta geruzak hartzeko, oskolaren barruko puntuetan zentratu gabe (aipatutako barruko puntuko puntuak). Proba bezala Mg1 oskol bikotea erabili zen hautsik gabe. Oskolaren gainazalaren emaitzak, aurreko probetan lortutako emaitzen nahiko antzekoak ziren, obren bibrazioek sartutako errorea kontuan hartuta. Ondorioz behar genituen datuak eta emaitzak baloratuta, emaitza antzekoak lortzen zirenez, oskol guztiak c orientazioarekin eskaneatzea erabaki zen, bikoteka, hautsik gabe eta egun berean, horrela denbora eta hartualdi kostua izugarri murriztu ziren, seriezko produkziarako prozedura egokia lortuz.

Proba berri honen eskaneatzeak (c orientazioarekin) hiru egun desberdinetan egin ziren oskol bikote guztiak egun bakar batean eskaneatzeko helburuarekin.



**7.2. Irudia.** Me1 oskol bikoteen eskaneatze prozesuko irudiak ATOS Professional softwarean.

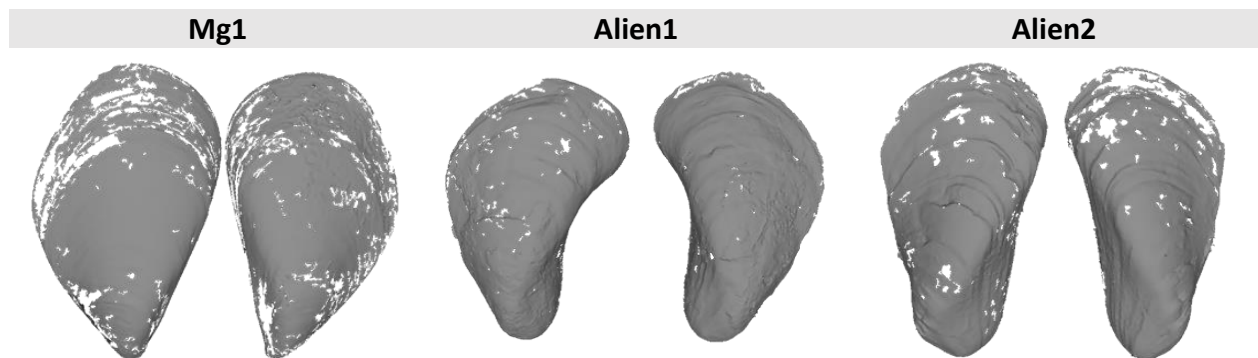
Lehenengo egunean, obren bibrazioak oso nabarmenak izan ziren eta bakarrik Mg1, Mg2, Me1, Alien1 oskol bikoteak eta Me2 EZK oskolak eskaneatu ziren.



**7.3. Irudia.** Mg1, Mg2, Me1, Me2 eta Alien1 oskolen puntu-hodeien irudiak obren bibrazioek eragindako erroreekin.

Emaitzetan ikusten denez oskoletan hutsuneak agertzen dira, hau da, bibrazioen eraginez eskanerrak hartu ezin izan zituen puntuak dira. Errore hauek oso nabarmenak dira Mg1 EZK oskolean, bibrazioez gain, gainazalean dituen kolore ilun eta distirengatik hutsune gehiago agertzen baitira. Mg2 oskolak ere hutsune asko erakusten ditu. Me1 oskol bikoteak eta Me2 EZK oskolek nahiko emaitza onak erakusten dituzte, gainazaleko kolore marroiak eskaneatzean puntuak lortzen laguntzen duelako. Hala ere Me1 oskol bikotean hutsune gutxi batzuk ikusten dira. Alien1 oskolean bibrazioengatik sortutako erroreak ere azaltzen dira.

Bigarren egunean, laborategiko argiak itzali ziren ordu batzuetan zehar eta Mg1, Alien1 eta Alien2 oskol bikoteak bakarrik eskaneatzea lortu zen. Egun honetan obrak ere egon ziren eta irudietan hutsuneak agertu ziren. Hala ere ez da desberdintasun handirik ikusten aurreko emaitzekin.



#### **7.4. Irudia.** Mg1, Alien1 eta Alien2 oskolen puntu-hodeien irudiak argi itzaliarekin.

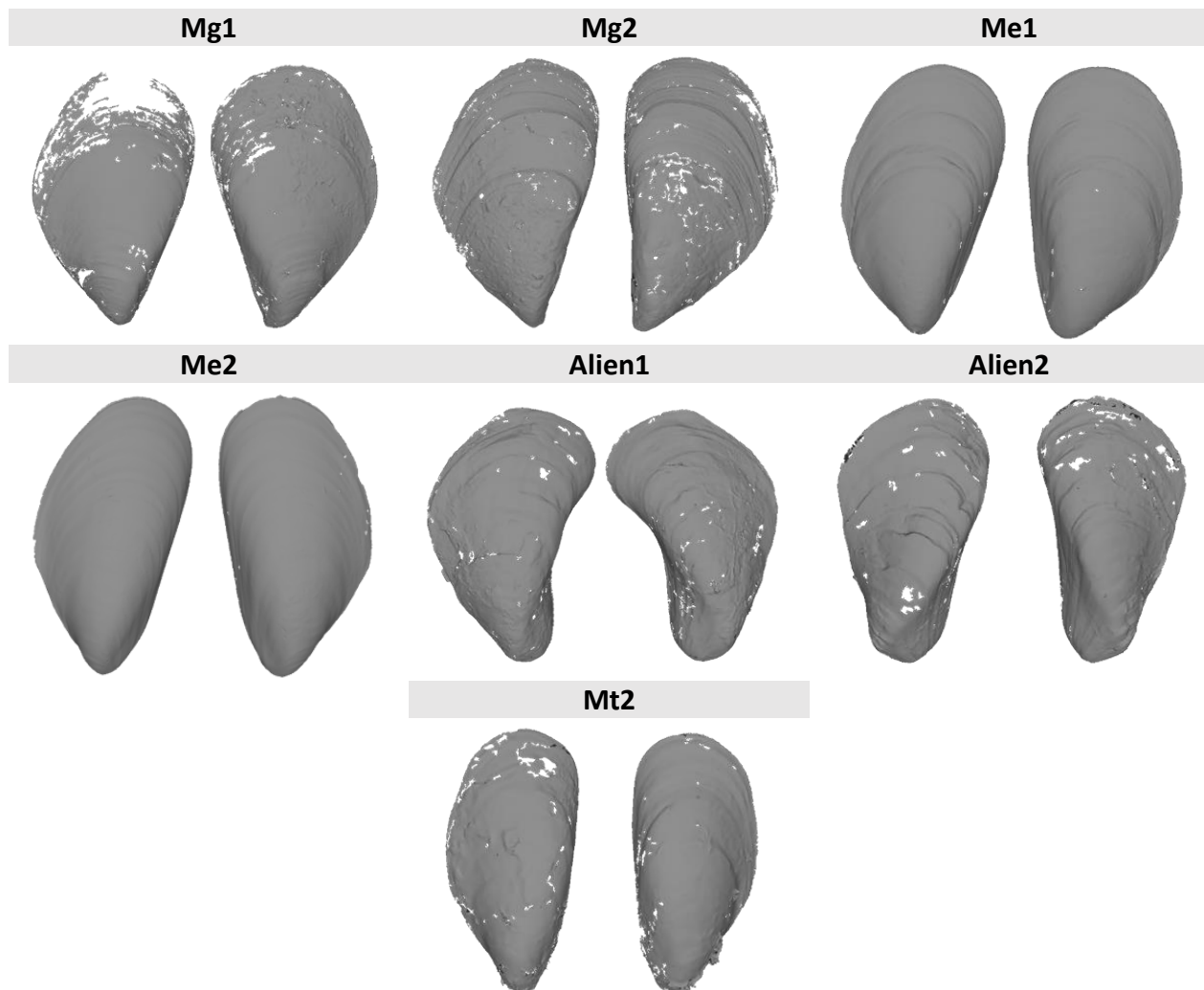
Emaitzetan ikusten da proba honetan ere Mg1 oskol bikoteak erakusten dituela hutsune gehien, argiarekin lortu ziren emaitzen antzeko emaitzak lortuz. Obrek sortutako bibrazioak nabariak dira, hiru oskol bikoteetan hutsuneak azaltzen baitira, hala ere Alien1 oskol bikotean argiarekin lortu zen emaitza baino hobea lortu zen kasu honetan.

Azken egunean, oskol bikote guztiak eskaneatu ziren. Egun honetan ez zen obrarik egon eta emaitzetan ikusten denez emaitzarik zehatzenak lortu ziren. Emaitza hauek lortzeko eskanerrean oskol bakoitzean 22 hartualdi egin ziren gutxi gorabehera. Hartualdi kopurua handia da kostu aldetik baina zehaztasun aldetik irudi egokiak lortu ziren 7.5. Irudian ikusten den moduan.

Emaitzetan ikusten da nahiz eta azken proba hau laborategiko argiarekin egin, obren bibrazioak nabariak ez zirenez, emaitza onak lortu zirela kasu gehienetan. Mg1 oskol bikoteari dagokionez, emaitzak aurreko bi probetan baino okerragoak dira, bere gainazaleko kolore eta distirengatik. Hala ere errore hori onartzea erabaki da, oskol guztiak egun berean eskaneatzea lortu zelako. Gainontzeko oskol bikoteei dagokionez emaitza onak izan dira. Emaitzarik onenak Me oskoletan azaltzen dira, aurretik aipatu den bezala bere gainazaleko kolore marroiarengatik. Mg2, Alien1, Alien2 eta Mt2 oskol bikoteetan agertzen diren hutsuneei dagokionez, errore hori gainazalean aurki daitezkeen zikinkerien ondorioz sortuak izan daitezke, edo momentu horretan laborategiko makinaren bat funtzionatzen ari bazen sortutako bibrazioengatik. Mg1 eta Mg2 oskol bikoteen kasuan, hautsez zikinduta geratu zirenez, hutsuneak hautsak sartutakoak izan daitezke, errore hori nabarmena izanik.

Mg1 EZK oskolaren kasuan, landmark guztiak eskuratzea ezinezkoa izan zenez, aurrerago software bidez oskolaren berreraikitzea aplikatzea erabaki zen, gutxi gorabeherako landmark-ak lortzeko eta landmark guztiak oskolaren gainazalean edukitzeko. Kasu honetan gutxi gorabeherako landmark-a L5 da.





**7.5. Irudia.** Zazpi oskol bikoteen oskolen puntu-hodeien irudiak argiarekin eta obren bibraziorik gabe eskuratuta.

Hiru egunetako emaitzak konparatuz, erabaki zen egun bakar batean lortutako emaitzak hartzea egokiena zela, euren arteko konparaketak egiteko eta etorkizuneko morfologia geometrikoko azterketa zehatzagoak egiteko. Ondorioz, oskol guztien irudiak azken egunean bakarrik lortu zirenez, azken eguneko irudiak hartu ziren analisirako. Gainera aipatu den bezala, emaitzarik zehatzenak izan ziren errore aldetik.

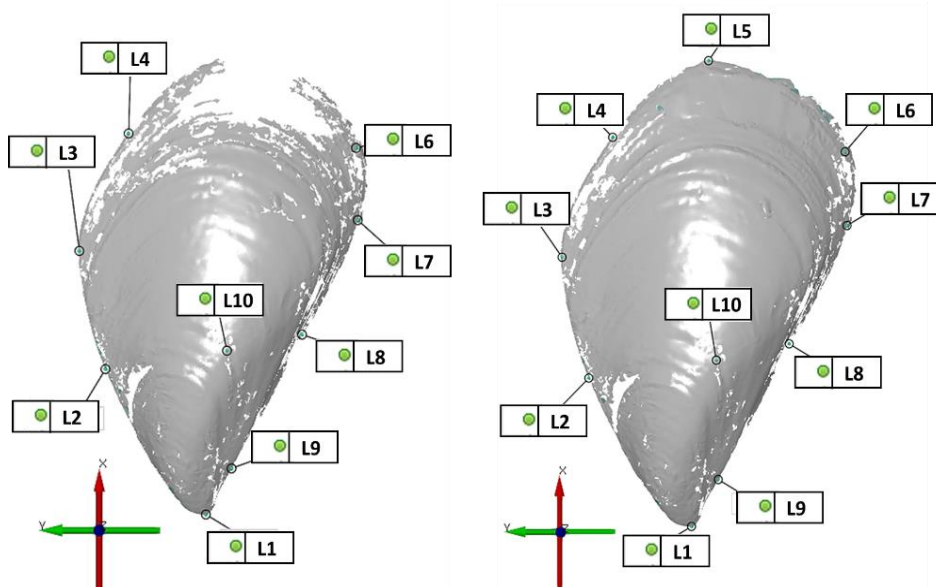
## 7.2. Software bidezko analisiaren emaitzak

Aurretik azaldu den bezala, oskolen geruzak eskaneatzean ez zirenez zehaztasun handiarekin lortu, software bidezko analisisian landmark-en koordinatuak bakarrik aztertu ziren, ondorengo morfologia geometrikoko azterketetarako baliagarriak izan daitezkenak.

*GOM Inspect* softwarean Mg1 EZK oskolarekin hasierako probak egitean, ardatzen orientazioa ez zen zehatza izan eta z ardatzean koordinatu negatibo eta positiboak lortzen ziren, konparatzeko zailak zirenak. Ondorioz z ardatza  $z=0$  kokapenean kokatzean, koordinatu positiboak lortu ziren eta konparatzeko koordinatu erosoagoak bihurtu ziren.

Hasieran L10 puntua, oskolaren erdiko puntu bezala hartzen zen. Ikusi zen egokiagoa zela puntu hori erdiko ardatzetik deszentratuagoa egotea eta oskol guztietan oskolaren punturik altuena izatea, horrela oskolen altuera desberdinak konparatzeko puntu aproposagoa izango litzatekeen. Horretarako oskol bakoitza perfilez jartzea erabaki zen eta bertan punturik altuena neurtzea.

Mg1 EZK oskolaren kasuan, eskaneatzean ez ziren puntu guztiak lortu, aurreko atalean ikusi den moduan. Horregatik ezinezkoa zen landmark guztiak oskolean hartzea, hau da, L5 landmark-a ez zen existitzen. Arazo hori konpontzeko, oskolaren hutsunea *GOM Inspect*-ekin berreraiki zen (5.2.4. Oskolen berreraikitzea atalean azalduta). Oskola berreraiki zenean L5 landmark hurbilduaren koordinatuak hartu ziren.



**7.6. Irudia.** Ezkerrean Mg1 EZK oskola landmark-ekin eta eskuinean Mg1 EZK oskola berreraikita L5 landmark-a gainontzeko landmark-ekin adierazita.

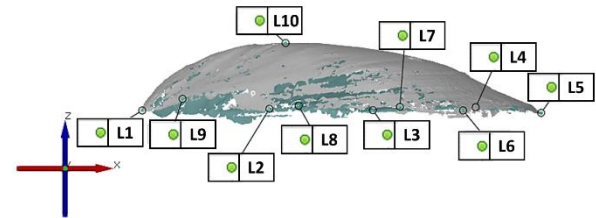
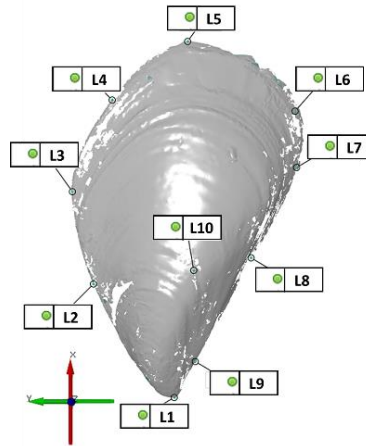
Jarraian zazpi oskol bikoteetan software bidez lortutako landmark-en koordenatuak azalduko dira. Oskolaren ezkerreko eta eskuineko aurpegiak banaka aztertu direnez, guztira hamalau emaitza desberdin lortu dira. Bakoitzean landmark-en koordenatuen taula batetan adierazi dira (7.1. Taula), ezkerrean koordenatuak daude milimetrotan adierazita eta eskuinean oskolaren aurretiko eta alboko bistak agertzen dira, bakoitzean landmark-ak adierazi direlarik. Oskolaren altuera L10 landmark-aren z ardatzeko koordenatuak emanda etorriko da eta oskolaren luzera L5 landmark-aren x ardatzeko koordenatuak emanda.

Aipatu beharra dago 7.1. Taulan agertzen diren Mg1 EZK oskolaren L5 landmark-aren koordenatuak hurbilduak direla aurretik azaldu den berreraikitzearen arrazoiarengatik. Hurrengo orrietan azaltzen dira atal honetan lortutako emaitzak.

**7.1. Taula.** Zazpi oskol bikoteen landmark-en koordinatuak bakoitzaren aurretiko eta alboko irudiarekin lagunduta.

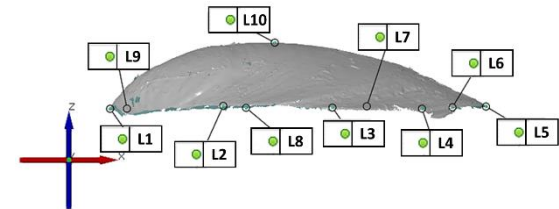
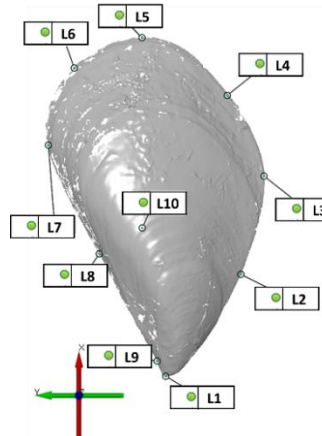
**Mg1 EZK:** oskolaren altuera 7mm-takoa da eta luzera hurbildua 41,45mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	13,22	9,39	0,17
L3	23,97	11,83	0,03
L4	34,65	7,23	0,34
*L5	41,45	-1,57	-0,25
L6	33,34	-14,05	0,01
L7	26,77	-14,21	0,37
L8	16,35	-8,99	0,46
L9	4,19	-2,40	1,21
L10	14,90	-1,97	7,00



**Mg1 ESK:** oskolaren altuera 7,32mm-takoa da eta luzera 41,62mm-takoa.

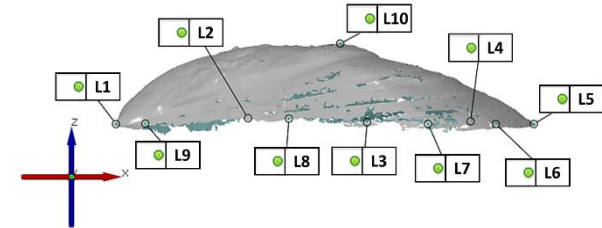
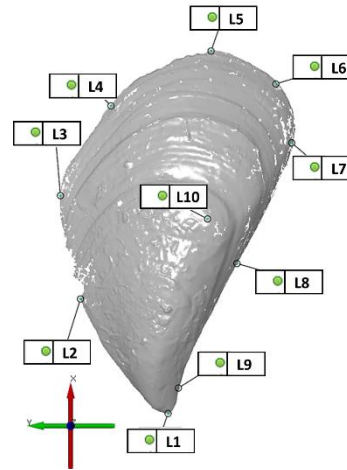
	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	12,52	-9,26	0,33
L3	24,61	-12,11	0,14
L4	34,52	-7,58	0,01
L5	41,62	2,91	0,25
L6	37,90	11,27	0,17
L7	28,42	14,45	0,28
L8	15,05	8,17	0,11
L9	1,87	1,06	0,02
L10	18,24	2,88	7,32





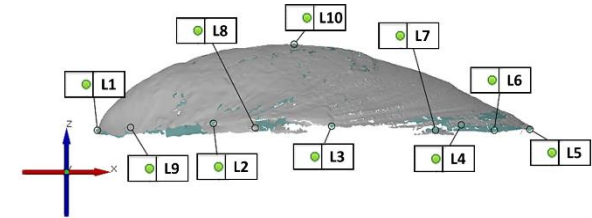
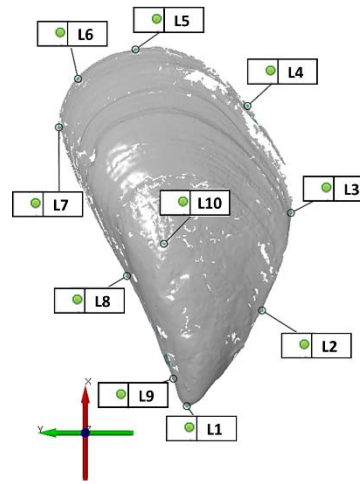
**Mg2 EZK:** oskolaren altuera 8,05mm-takoa da eta luzera 41,96mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	13,26	10,14	0,59
L3	25,22	12,47	0,19
L4	35,62	6,61	0,27
L5	41,96	-4,98	0,00
L6	38,15	-12,48	0,00
L7	31,35	-14,32	0,02
L8	17,36	-7,99	0,54
L9	2,94	-1,20	0,05
L10	22,52	-4,58	8,05



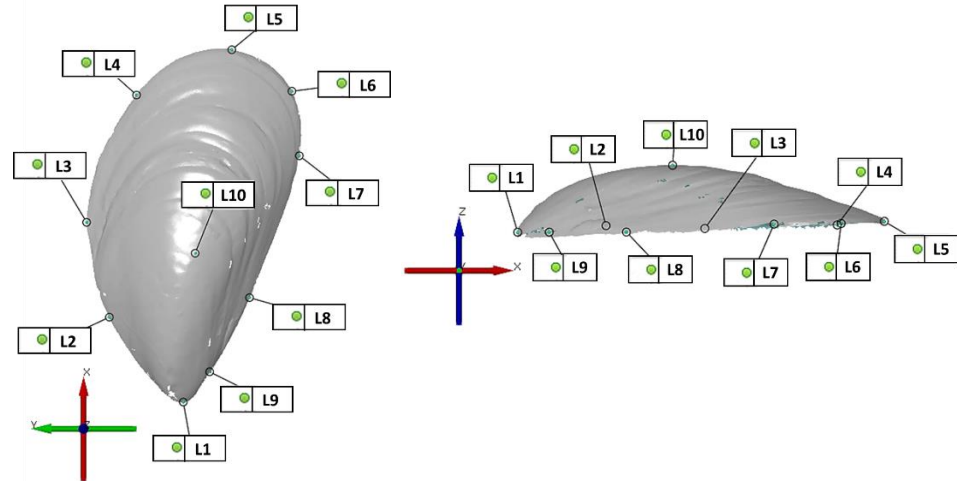
**Mg2 ESK:** oskolaren altuera 8,29mm-takoa da eta luzera 41,87mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	11,23	-8,82	0,67
L3	22,68	-12,21	0,40
L4	35,23	-7,11	0,52
L5	41,87	6,03	0,09
L6	38,42	12,77	0,00
L7	32,74	15,01	0,01
L8	15,28	7,02	0,23
L9	3,22	1,58	0,28
L10	19,05	2,68	8,29



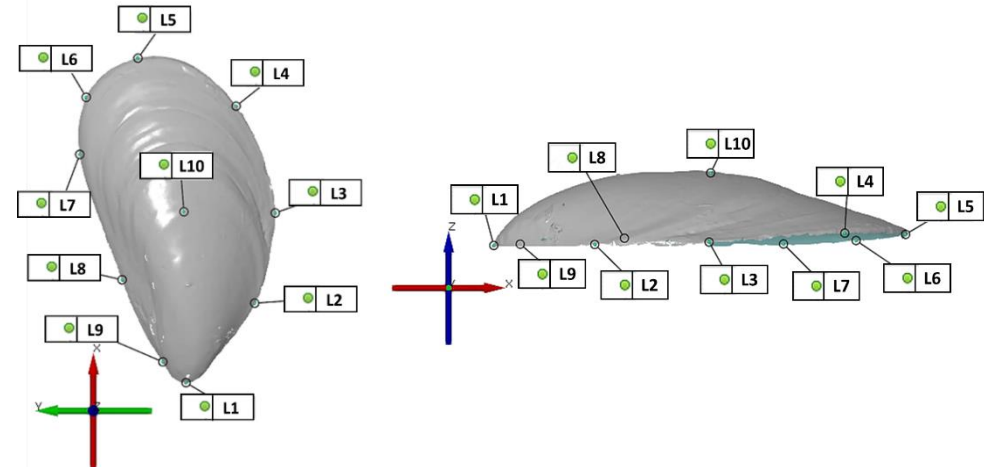
**Me1 EZK:** oskolaren altuera 6,99mm-takoa da eta luzera 38,34mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	9,24	8,05	0,68
L3	19,57	10,54	0,39
L4	33,42	5,09	0,76
L5	38,34	-5,29	1,14
L6	33,83	-11,83	0,92
L7	26,81	-12,65	0,85
L8	11,37	-7,21	0,02
L9	3,30	-2,87	0,01
L10	16,20	-1,29	6,99



**Me1 ESK:** oskolaren altuera 6,92mm-takoa da eta luzera 38,24mm-takoa.

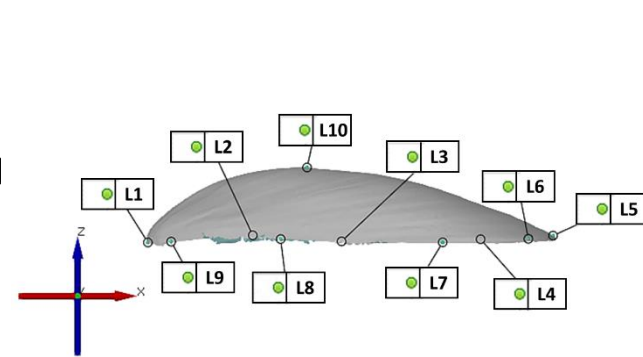
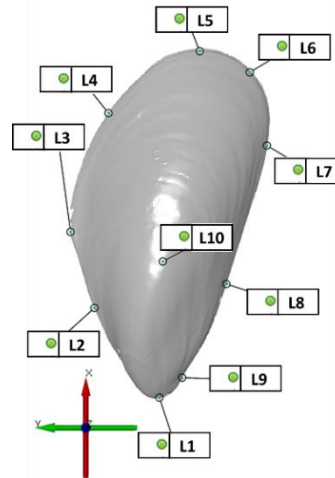
	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	9,37	-8,11	0,09
L3	19,99	-10,54	0,31
L4	32,59	-5,91	1,14
L5	38,24	5,67	1,03
L6	33,64	11,79	0,46
L7	26,90	12,55	0,14
L8	12,13	7,54	0,68
L9	2,45	2,74	0,12
L10	18,84	1,79	6,92





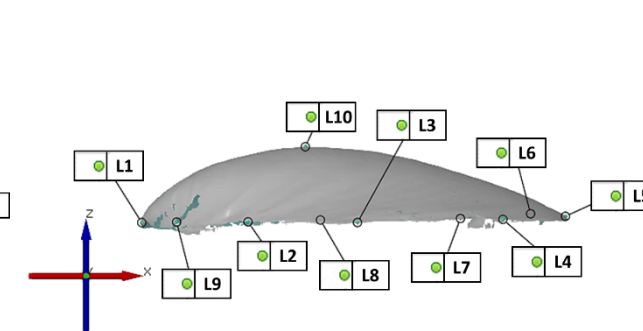
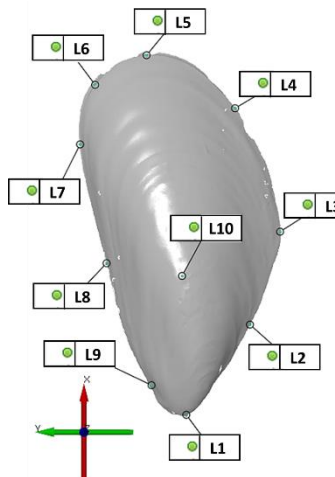
**Me2 EZK:** oskolaren altuera 7,31mm-takoa da eta luzera 39,72mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	10,28	7,45	0,70
L3	18,99	10,19	0,11
L4	32,62	5,84	0,32
L5	39,72	-4,63	0,67
L6	37,30	-10,37	0,35
L7	28,90	-12,33	0,01
L8	13,02	-7,68	0,33
L9	2,28	-2,61	0,08
L10	15,60	-0,39	7,31



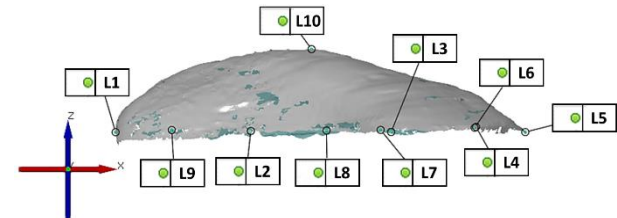
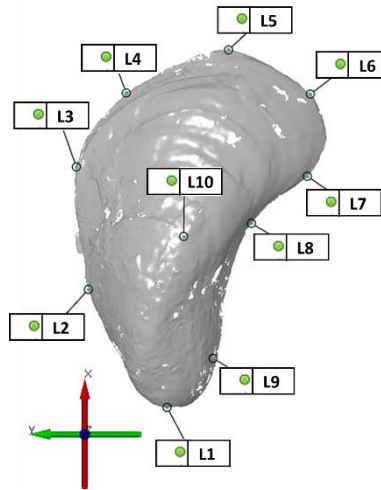
**Me2 ESK:** oskolaren altuera 7,13mm-takoa da eta luzera 39,89mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	10,01	-7,06	0,07
L3	20,31	-10,41	0,01
L4	34,00	-5,41	0,30
L5	39,89	4,41	0,59
L6	36,60	10,12	0,83
L7	30,00	11,79	0,38
L8	16,82	8,85	0,25
L9	3,29	3,86	0,05
L10	15,40	0,47	7,13



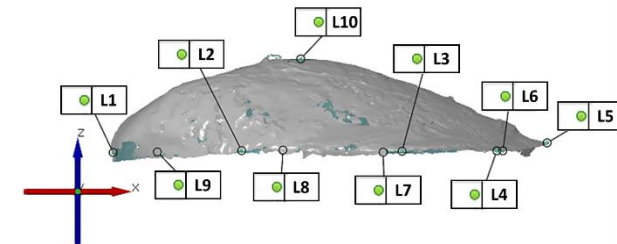
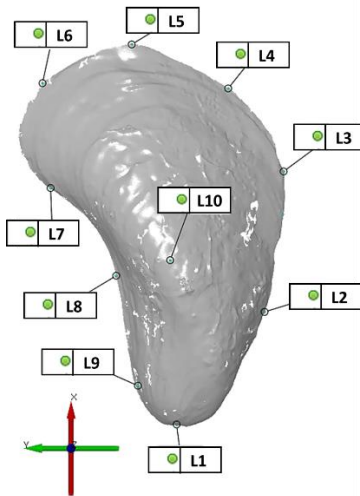
**Alien1 EZK:** oskolaren altuera 6,54mm-takoa da eta luzera 32,35mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	10,68	7,11	0,10
L3	21,76	8,21	0,02
L4	28,46	3,68	0,41
L5	32,35	-5,56	0,01
L6	28,36	-12,96	0,36
L7	20,93	-12,68	0,18
L8	16,65	-7,63	0,14
L9	4,43	-4,16	0,18
L10	15,47	-1,50	6,54



**Alien1 ESK:** oskolaren altuera 6,94mm-takoa da eta luzera 32,29mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	9,57	-7,49	0,14
L3	21,50	-9,11	0,09
L4	28,56	-4,39	0,13
L5	32,29	3,82	0,71
L6	29,01	11,42	0,13
L7	20,09	10,73	0,02
L8	12,64	5,14	0,18
L9	3,29	3,29	0,04
L10	13,96	0,55	6,94

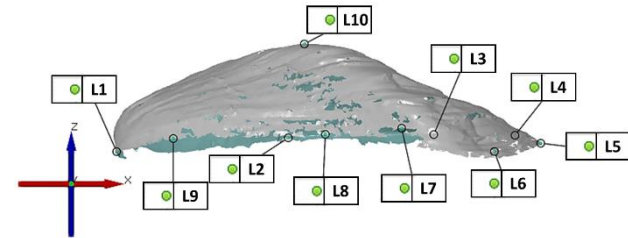
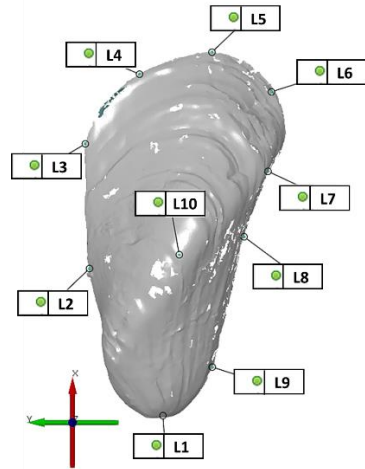






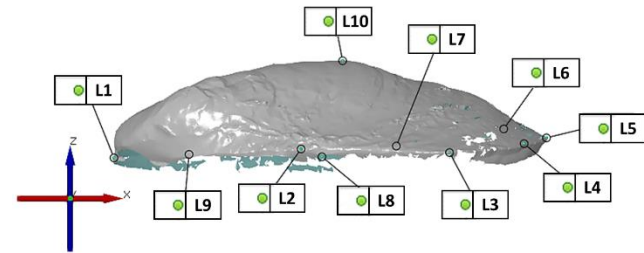
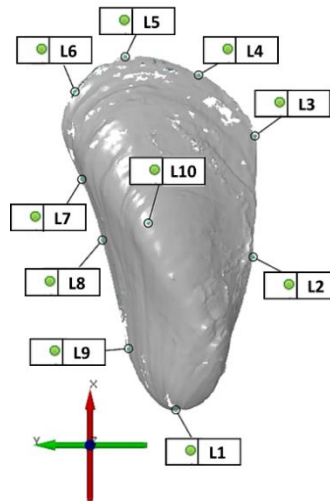
**Alien2 EZK:** oskolaren altuera 7,69mm-takoa da eta luzera 30,27mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	12,25	6,11	0,99
L3	22,64	6,46	1,22
L4	28,43	1,95	1,16
L5	30,27	-4,08	0,60
L6	26,97	-9,03	0,01
L7	20,34	-8,74	1,68
L8	14,90	-6,75	1,23
L9	4,04	-4,10	0,94
L10	13,40	-1,36	7,69



**Alien2 ESK:** oskolaren altuera 6,78mm-takoa da eta luzera 30,18mm-takoa.

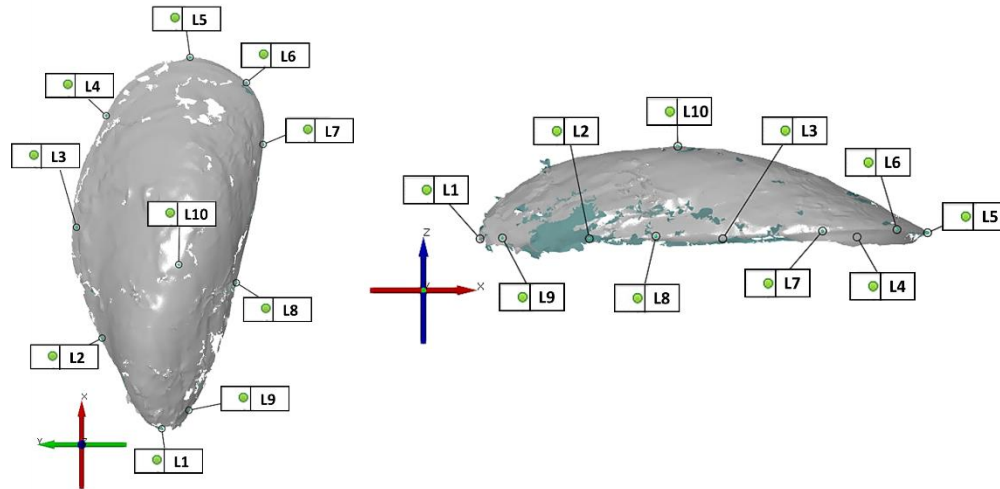
	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	13,06	-6,60	0,62
L3	23,42	-6,75	0,37
L4	28,62	-1,94	0,99
L5	30,18	4,32	1,40
L6	27,20	8,61	2,02
L7	19,70	8,02	0,82
L8	14,51	6,28	0,08
L9	5,24	4,03	0,24
L10	15,96	2,36	6,78





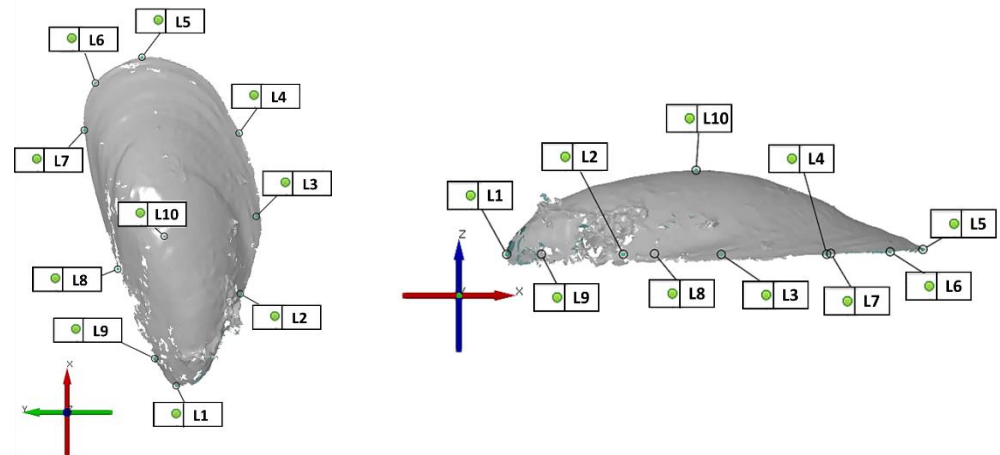
**Mt2 EZK:** oskolaren altuera 5,33mm-takoa da eta luzera 25,80mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	6,30	4,15	0,01
L3	13,99	5,93	0,00
L4	21,74	3,87	0,10
L5	25,80	-1,97	0,35
L6	24,03	-5,89	0,53
L7	19,75	-7,06	0,45
L8	10,14	-5,19	0,16
L9	1,29	-1,89	0,05
L10	11,40	-1,19	5,33



**Mt2 ESK:** oskolaren altuera 5,19mm-takoa da eta luzera 25,70mm-takoa.

	X	Y	Z
L1	0,00	0,00	0,00
L2	7,20	-4,99	0,00
L3	13,25	-6,24	0,00
L4	19,76	-4,91	0,01
L5	25,70	2,66	0,31
L6	23,68	6,29	0,16
L7	20,01	7,16	0,06
L8	9,13	4,56	0,04
L9	2,14	1,67	0,01
L10	11,70	0,93	5,19



Oskol guztien altuera eta luzera batzeko asmoarekin, 7.2. Taulan oskol bakoitzaren L5 landmark-aren x koordinatuaren eta L10 landmark-aren z koordinatuaren datuak bildu dira. Datuak milimetrotan adierazita daude eta Mg1 EZK oskolaren L5 landmark-aren koordinatua hurbildua da.

**7.2. Taula.** Oskol bakoitzaren L5 eta L10 landmark-en koordinatuak.

	L5 (X)	L10 (Z)
Mg1 EZK	*41,45	7,00
Mg1 ESK	41,62	7,32
Mg2 EZK	41,96	8,05
Mg2 ESK	41,87	8,29
Me1 EZK	38,34	6,99
Me1 ESK	38,24	6,92
Me2 EZK	39,72	7,31
Me2 ESK	39,89	7,13
Alien1 EZK	32,35	6,54
Alien1 ESK	32,29	6,94
Alien2 EZK	30,27	7,69
Alien2 ESK	30,18	6,78
Mt2 EZK	25,80	5,33
Mt2 ESK	25,70	5,19

eman ta zabal razu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

## 8. Ondorioak

---

Eskaneatzeari dagokionez, ondorengo ondorioetara heldu da:

- Eskaneatzean egindako proba ezberdinak konparatu ondoren, egindako azken proba baliagarria izan da serieko produkzioko piezak eskaneatzeko. Hau da, oskolak bikoteka jarriz eta c orientazioarekin bakarrik eskaneatuz, denbora aurreztu da, eskaneatzean hartualdiak murriztu dira eta eskakizunak betetzen zituzten emaitza egokiak lortu dira.
- Oskolen puntu-hodeietan hutsuneak agertzen diren arren, ondorioztatu da egokiagoa dela hartualdi kopurua murriztea eta emaitzetan errore hori sartzea, eragiketa kostua eta emaitzen zehaztasunen artean oreka bat lortuz. Hau da, elementu lagungarriak baztertzea egokiagoa da eragiketa kostua murrizteko.
- Eskaneatzerako orduan obrak egongo ez balira, eskaneatzeak arinago egingo liritezke, hartualdietan lortutako emaitzak hobetuz eta denbora aurreztuz. Oztopoak lana garatzen den ingurunearen arabera aldatzen dira, emaitzetan eragin nabariak sortuz. Lan honen kasuan, oskolen puntu-hodeietan hutsuneak edo puntu faltsuak agertu dira oztopoen ondorioz.
- Oskolak c orientazioarekin bikoteka eskaneatzean plastilina beltza azpian jartzeak CAD artxiboa gordetzerako orduan erraztu egin du puntu-hodeien inguruan azaldu diren zikinkeriak moztea.
- Lortutako puntu-hodeien irudiari dagokionez, oskol gehienek itxura antzekoa erakusten dute geometriari dagokionez. Alien1 eta Alien2 oskolak dira itxura desberdina erakusten dutenak. Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileek aztertuko dute aldaketa horren eragina zein izan daitekeen, eragile horien artean ur kutsadura eragile bat izanik.
- Oskolen irudietan ezin izan da irudia zehaztasun osoarekin lortu gainazaleko geruzei dagokionez. Kasu honetan, geruza horien arteko distantziak nahi izango balira, beste metodo berri bat bilatu beharko litzateke edo eskaneatzeko beste tresnaren bat bilatu.

Oskolen landmark-en koordinatuei dagokionez, ondorengo ondorioetara heldu da:

- Oskoletan hutsune nabariak agertzen badira eta morfologia geometrikoko azterketetarako baliagarriak izan daitezkeen landmark guztiak hartzea eragozten badute, *GOM Inspect* software bidezko berreraikitzea aukera ona da landmark-en emaitza hurbilduak lortzeko eta etorkizuneko azterketekin jarraitu ahal izateko.
- Mg1 EZK oskolaren berreraikitzearen kasuan, L5 landmark hurbildua aztertuta, ikusi da Mg1 ESK oskolaren L5 landmark-aren koordinatuekin antzekotasuna erakusten duela. Beraz, berreraikitzea nahiko zehatza izan da.

- Oskolen landmark-en koordinatuei dagokionez, ikusten da oskolak ez direla bikoteka berdinak, hau da, ezkerreko eta eskuineko aurpegiak ez dira guztiz berdinak. Nahiz eta milimetrotako desbideratzeak izan, aldaketak erakusten dituzte. Gainera oskolen L10 landmark-a ez da oskol bikoteetan erdiko puntuan agertzen ezta simetrikoki kokatzen, desbiderapen nabariak agertzen dira aurpegi batetik bestera. Adibidez Alien2 oskol bikotean ikus daiteke aldaketa hau.
- Emaitzetan erreparatuz, Mg2 oskol bikotea da oskolik handiena, eskuineko aurpegia altuena izanik eta ezkerreko aurpegia luzeena gainontzeko oskolekin konparatuz.

## 9. Alderdi ekonomikoa

Atal honetan lana garatzeko aurrekontua azaltzen da. Aurrekontua ingeniarien barne orduekin, erabilitako tresneriaren amortizazioekin eta gastuekin osatuta dago.

### 9.1. Taula. Lanaren aurrekontua.

## AURREKONTUA

<b>BARNE ORDUAK</b>				
		<b>UNITATEKO KOSTUA</b>	<b>ORDUAK</b>	<b>GUZTIRA</b>
▪ INGENIARI JUNIORRA		25,00 €/h	170 h	4.250,00 €
▪ LABORATEGIKO TEKNIKARIA		35,00 €/h	38 h	1.330,00 €
▪ INGENIARI SENIORRA - ZUZENDARIA		70,00 €/h	5 h	350,00 €
			<b>GUZTIRA</b>	<b>5.930,00 €</b>
<b>AMORTIZAZIOAK</b>				
	<b>KOSTUA</b>	<b>BIZITZA ERABILGARRIA</b>	<b>DENBORA ERABILGARRIA</b>	<b>GUZTIRA</b>
▪ 3D ESKANERRA	40.000,00 €	8 urte	38 h	21,69 €
▪ ORDENAGAILUA	1.100,00 €	4 urte	170 h	5,34 €
▪ OFFICE PACK	149,00 €	1 urte	4 hilabete	49,67 €
			<b>GUZTIRA</b>	<b>76,70 €</b>
<b>GASTUAK</b>				
<b>KONTSUMO ELEKTRIKOA</b>				
	<b>KOSTUA</b>	<b>DENBORA ERABILGARRIA</b>	<b>POTENTZIA</b>	<b>GUZTIRA</b>
▪ 3D ESKANERRA	0,12438 €/kwh	38 h	9 kw	42,54 €
▪ ORDENAGAILUA	0,12438 €/kwh	170 h	0,42 kw	8,88 €
			<b>GUZTIRA</b>	<b>51,42 €</b>

<b>LURSAILA</b>			
	<b>KOSTUA BILBON</b>	<b>AZALERA</b>	<b>GUZTIRA</b>
▪ PRODUCT DESIGN LABORATORY	3,308 €/m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>	99,24€
<b>GUZTIRA</b>			<b>99,24€</b>
<b>BESTELAKO GASTUAK</b>			
			<b>GUZTIRA</b>
▪ PLASTILINA			2,07 €
▪ HAUTSA			29,99 €
▪ PEGATINAK			10,00 €
▪ JABOIA			2,20 €
▪ INPRIMATUTAKO ORRIAK			10,50 €
▪ IDAZTEKO MATERIALA			7,84 €
<b>GUZTIRA</b>			<b>62,60 €</b>
<b>GUZTIRA</b>			<b>6.219,96€</b>
<b>EZUSTEAK (%5)</b>			311,00€
<b>GUZTIRA</b>			<b>6.530,96€</b>
<b>BEZ (%21)</b>			1.371,50€
<b>GUZTIZKOA</b>			<b>7.902,46€</b>

Aurrekontua ulertzeko aipatu beharra dago analisisan erabilitako bi softwareak *ATOS Professional* eta *GOM Inspect* software libreak direla, hau da, eskuragarri daude ikasleentzako bertsioak GOM enpresaren web orrialdean. Ondorioz dohainik direnez, ez dira amortizazioetan sartu.

3D Eskanerraren kostuari dagokionez, bertan sartuta daude *ATOS Compact Scan* eskanerra, kalibratzeko panela eta panel beltz birakariaren kostuak. Guztien batura 9.1. Taulan agertzen den 3D eskanerraren kostua da.

Lana burutzeko erabilitako lursaila Bilbon dago, hain zuzen Bilboko Ingeniaritza Eskolaren barnean dago Product Design Laboratory laborategia. Nahiz eta lursailaren kostua azaldu den, aipatu beharra dago lan honetan Product Design Laboratory laborategia Eskolak emandako baimen bati esker erabili dela. Hau da Eskolako eraikinaren kostua ez da gastuetan azaldu



laborategiko eremuaren erabilera dohainik izan delako. Laborategiko altzarien kostua eta argiaren kostua ezta ez dira azalduko Eskolako baimenaren barnean sartu direlako.

Lanean agertu daitezkeen ezustekoen ehunekoa %5 hartu da eta aurrekontu osoaren guztizkoa %BEZ-a kontutan hartuta kalkulatu da.

eman ta zabal razi



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

## 10. Etorkizuneko ekarpena

---

Etorkizuneko lanak lan honetan zehar lotutako emaitzetatik abiatuz jarraitu daitezke. Eskaneatzeari dagokionez, oskolen eskaneatzean proba ezberdinak egin eta gero, c orientazioarekin eskaneatuz lortutako emaitzen eskaneatze abiadura eta irudien zehaztasuna kontutan hartuz, etorkizunean oskolak seriezko produkzioan eskaneatzeko azaldutako prozedura erabil daiteke. Horrela hainbat oskolen irudiak lortu daitezke ordu gutxitan probarik egin gabe, lan honetan azaldutako azken probaren metodologia errepikatuz.

Plentziako Itsas Estazioko ikertzaileei dagokionez, oskolen irudien geometria, ezagutza berriak lortzeko erabil dezakete, hala nola uraren kutsadurak oskolen gainazaleko geruzen hazkundean eduki dezakeen eragina aztertzeke edota beste eragileren batek oskolen itxuran duen eragina ikusteko.

Landmark-etan lortutako koordenatuak ere etorkizuneko ikerkuntzetarako aurrekari izan daitezke, muskuilu oskolen inguruan ikerketak egiteko eta ezagutzak lortzeko. Muskuilu oskolen geometria ere teknologia berrien diseinuan erabil daiteke biomimetika praktika erabiliz adibidez.

Lan honetan lortutako hamalau oskolen landmark-en koordenatuak baliagarriak dira lau espezie desberdinen arteko aldaketa morfologikoak aztertzeke. Morfologia geometrikoko azterketak eginez oskol batetik bestera dauden aldaketa morfologikoak aztertu daitezke.

Lan honen xedea, etorkizunean errepikatu daitekeen metodologia argi bat zehaztea izan da, eta metodologia horretaz baliatuta biomimetika eta morfologia geometrikoko azterketak bideratzeko emaitzak lortzea.

eman ta zabal razi



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

## 11. Bibliografía

---

- Fernández Rodríguez, J. D. (2013). Ciencia, tecnología y biomimética: La innovación está ahí fuera: [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/6752/slides\\_bilbao.pdf?](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/6752/slides_bilbao.pdf?) (accessed 2017.10.17)
- gom - Precise Industrial 3D Metrology. (2011). ATOS Compact Scan – Portable 3D Scanner. gom: <https://www.gom.com/metrology-systems/atos/atos-compact-scan.html> (accessed 2017.11.08)
- González, A. C. (s.f.). La Concha de los Moluscos. El Litoral de Granada: <http://litoraldegranada.ugr.es/el-litoral/el-litoral-sumergido/fauna/moluscos/la-concha-de-los-moluscos/> (accessed 2017.10.13)
- Laitano, M. V., Nuñez, J. D., Cledón, M. (2013). Shell alterations in the limpet *Bostrycapulus odites*: A bioindicator of harbour pollution and mine residuals. *Ecological Indicators* vol. 34, pp. 345–351. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.05.022
- Márquez, F., González-José, R., Bigatti, G. (2011). Combined methods to detect pollution effects on shell shape and structure in Neogastropods. *Ecological Indicators* vol. 11, no. 2, pp. 248–254. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.05.001
- Márquez, F., Nieto Vilela, R. A., Lozada, M., Bigatti, G. (2015). Morphological and behavioral differences in the gastropod *Trophon geversianus* associated to distinct environmental conditions. *Sea Research* vol. 95, pp. 239–247. DOI: 10.1016/j.seares.2014.05.002
- Márquez, F., Primost, M. A., Bigatti, G. (2017). Shell shape as a biomarker of marine pollution historic increase. *Marine Pollution Bulletin* vol. 114, no. 2, pp. 816–820. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.11.018
- Martín E, M., José L, A., & Julio C, R. (2016). Modelo ontológico para contextos de uso de herramientas de ingeniería inversa / ontological model for contexts of use of reverse engineering tools. *Información Tecnológica* vol. 27, no. 4, pp. 165-174. DOI: 10.4067/S0718-07642016000400018
- Martín E, M., José L, A., & Julio C, R. (2017). Caracterización de los contextos de uso de la ingeniería inversa / characterization of the contexts of use of reverse engineering. *Información Tecnológica* vol. 28, no. 4, pp. 75-84. DOI: 10.4067/S0718-07642017000400010

- Massimiliano Scalici, L. T. (2016). Using 3D virtual surfaces to investigate molluscan shell shape. *Aquatic Living Resources* vol. 29, no. 2, pp. 207-212. DOI: 10.1051/alr/2016019
- Massimiliano Scalici, L. T. (2017). Shell fluctuating asymmetry in the sea-dwelling benthic bivalve *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) as morphological markers to detect environmental chemical contamination. *Ecotoxicology* vol. 26, no. 3, pp. 396-404. DOI: 10.1007/s10646-017-1772-9
- Plentzia Marine Station University of the Basque Country (PiE-UPV/EHU) (2012). History - PiE-UPV/EHU initiative. PIE - Plentziako Itsas Estazioa: <http://www.ehu.eus/PIE/index.php/whats-pie/history/> (accessed 2017.10.11)
- Sánchez Merino, R. (2015). Biomimética : Una metodología de diseño sostenible = biomimetics: Sustainable design methodology. *Arquetipo*, no. 11, pp. 23-40.
- Santos, E., Gómez-Olivencia, A., Arlegi, M., Arsuaga, J. L. (2015). Cranial morphological differences within *U. deningeri* – *U. spelaeus* lineage: A double traditional and geometric morphometrics approach. *Quaternary International* vol. 433, pp. 347–362. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.11.096
- Toro Ibacache, M. V., Manriquez Soto, G., Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: De la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology* vol. 28, no. 4, pp. 977-99.
- Van der Schalie, W. H., Shedd, T. R., Knechtges, P. L., Widder, M. W. (2001). Using higher organisms in biological earlywarning systems for real-time toxicity detection. *Biosensors and Bioelectronics* vol. 16, no. 7–8, pp. 457–465. DOI: 10.1016/S0956-5663(01)00160-9