

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

FRESADORA BATEN ANALISI ESTATIKOA ETA MEKANIZAZIO ADIBIDE BATEN AZTERKETA

Alumno/Alumna	Oseguera Gorbea, Eder
Director/Directora	Alonso Pinillos, Unai
Departamento	Ingeniería Mecánica
Curso académico	2018/2019

Bilbao, 02, Septiembre, 2019

AURKIBIDEA

1. ABSTRACT.....	6
RESUMEN.....	7
LABURPENA.....	8
2. TAULA, IRUDI ETA AKRONIMOEN ZERRENDA	9
2.1 Taulak.....	9
2.2 Irudiak	9
2.3 Akronimoak.....	11
3. SARRERA.....	12
4. TESTUINGURUA.....	15
4.1 Makina erreminta	15
4.2 CAD/CAM Sistema.....	18
4.3 CNC (Computer Numerical Control).....	19
4.4 Programazio metodoak.....	21
4.5 Kontrol numeriko sistemen sailkapena	21
5. HELBURUAK.....	23
5.1 Helburu nagusia	23
5.2 Bigarren mailako helburuak	23
6. ATAZEN DESKRIBAPENA. GANTT DIAGRAMA.....	25
6.1 Planifikazioa	25
6.2 Gantt diagrama	29
7. AURREKONTUA	32
7.1 Barne Orduak	32
7.2 Amortizazioak	32
7.3 Gastuak	34
7.4 Kostuen Laburpena eta Proiektuaren Kostu Totala	35
8. MAKINAREN ELEMENTUEN AZTERKETA.....	36
8.1 Ardatz eta Zinematikaren Deskribapena.....	36
8.2 Makinaren Osagaiak.....	37
8.2.1 Bankada.....	38
8.2.2 Makinaren Gidatze Sistema	39
8.2.3 Zubia	41
8.2.4 Kabezala	42
9. AKZIONAMENDUAK ETA ELEMENTU MEKATRONIKOAK	44
9.1 Motoreak	44
9.2 Gidatze Sistema.....	46
9.3 Aitzinamendu Eragite Sistemak.....	47
9.4 Ardatz Nagusiko Eragite Sistemak.....	48
9.5 Erreminta-Etxea	49
9.6 Hozte-Sistema	50
10. MAKINAREN ANALISI ESTATIKOA	51
10.1 Hipotesi Sinplifikatiboak.....	53

10.2 Plano Konstruktiboen Eraikuntza	54
10.3 Eredu Geometrikoaren Osaketa	54
10.4 FEM Ereduaren Definizioa.....	55
10.4.1 Mailatua	55
10.4.1.1 Erabilitako Elementu Ezberdinak	57
10.4.2 Bolumen Arteko Loturen Ikasketa Eta Definizioa	61
10.4.3 Euskarrien Definizioa	62
10.4.4 Karga Motak.....	63
10.4.5 Simulazioak	64
11.MEKANIZAZIOA. DENBORAREN ANALISIA	70
11.1 Fundamentu Teorikoak.....	70
11.1.1 Ardatz Bakarreko Desplazamendua	71
11.1.2 Bi Ardatzetan Zeharreko Mugimendu Generikoa	72
11.1.3 Interpolazio Zirkularreko Kasua	73
11.2 Erreminten Analisia	74
11.3 Kalkulu Teorikoak VS Froga Esperimentalak	78
11.3.1 X eta Y Ardatzetako Denborak	78
11.3.2 $X=2Y$ Norabideko Denborak	80
11.3.3 Norabideko Zirkularreko Denborak.....	81
11.3.4 Ondorioak	83
12. FABRIKAZIO KASU BATEN AZTERKETA.....	84
12.1 Piezaren definizioa (CAD eredu).....	85
12.2 Mekanizazioaren estrategia (CAM)	91
12.3 Mekanizazioa (Mach3)	99
13. PROGRAMA INFORMATIKOAK	103
13.1 Microsoft Office	103
13.2 AutoCAD.....	103
13.3 Ansys	104
13.4 SolidEDGE.....	104
13.5 Aspire	105
13.6 Mach3	105
14. ONDORIOAK	106
15. BIBLIOGRAFIA.....	107
I. ERANSKINA. MAKINAREN OSAGAIEN ZERRENDA.....	108
II. ERANSKINA. PLANO KONSTRUKTIBOAK	115
III. ERANSKINA. EREDU GEOMETRIKOA.....	151
III.1 Mahaiaren Modeloa.....	151
III.2 Kabezalaren Modeloa	152
III.3 Zubiaren Modeloa.....	153
IV. ERANSKINA. KONTAKTU MOTAK.....	154
V. ERANSKINA. SIMULAZIOEN EMAITZAK.....	161
V.1 Lehenengo Posizioa	161
V.1.1 X norabidean 1N-eko karga.....	161
V.2 Bigarren Posizioa.....	162
V.2.1 X norabidean 1N-eko karga.....	162
V.2.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	163
V.2.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	164

V.3 Hirugarren Posizioa	165
V.3.1 X norabidean 1N-eko karga.....	165
V.3.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	166
V.3.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	167
V.4 Laugarren Posizioa	168
V.4.1 X norabidean 1N-eko karga.....	168
V.4.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	169
V.4.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	170
V.5 Bostgarren Posizioa	171
V.5.1 X norabidean 1N-eko karga.....	171
V.5.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	172
V.5.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	173
V.6 Seigarren Posizioa	174
V.6.1 X norabidean 1N-eko karga.....	174
V.6.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	175
V.6.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	176
V.7 Zazpigarren Posizioa	177
V.7.1 X norabidean 1N-eko karga.....	177
V.7.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	178
V.7.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	179
V.8 Zazpigarren Posizioa	180
V.8.1 X norabidean 1N-eko karga.....	180
V.8.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	181
V.8.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	182
V.9 Bederatzigarren Posizioa	183
V.9.1 X norabidean 1N-eko karga.....	183
V.9.2 Y norabidean 1N-eko karga.....	184
V.9.3 Z norabidean 1N-eko karga.....	185

1.ABSTRACT

The milling consists of the cutting of the material that is machined with a rotating tool of several edges or teeth. Nowadays, due to the use of the numerical control, milling has become a very versatile mechanical method. In addition, it allows to mechanize different materials, such as wood, aluminium, iron or others. In this assignment, the static study of a three-axis milling machine will be carried out, based on a simplified model.

For this reason, it is necessary take out each piece of the machine and develop the construction drawings and the model taking into account a series of simplified hypotheses.

To carry out the real manufacturing example, first of all, an analysis of the cutting tools will be made. Next, the CAD / CAM model will be made for the actual manufacturing.

Key words: Milling, static analysis, model, manufacturing.

RESUMEN

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos o dientes. Gracias al control numérico el fresado se ha convertido en un método de mecanizado muy polivalente. Además, permite mecanizar distintos materiales, como pueden ser la madera, aluminio, hierro u otros. En este trabajo se va a realizar el estudio estático de una fresadora de tres ejes, partiendo de un modelo simplificado.

Por ello, es necesario realizar un despiece completo de la máquina y construir los planos constructivos y el modelo teniendo en cuenta una serie de hipótesis simplificativas.

Para llevar a cabo el ejemplo de fabricación real, en primer lugar, se hará un análisis de las herramientas de corte. A continuación, se realizará el modelo CAD/CAM para posteriormente llevar a cabo la fabricación real.

Palabras clave: Fresado, análisis estático, modelo, fabricación.

LABURPENA

Fresaketa prozesuan sorbatz edo hortz kopuru ezberdina duten biraketazko ebaketa erremintek materiala ebakitzen dute. Gaur egun eta gehienbat kontrol numerikoari esker balioaniztasun handiko mekanizazio prozesua da fresaketa. Gainera, material ezberdinak mekanizatzeko aukera ematen du, hala nola, zura, aluminioa edota burdina. Lan honetan hiru ardatzetako fresadora baten ikasketa estatikoa burutuko da, eredu sinplifikatu batetik abiatuta.

Horretarako, makinaren despiezea burutu ostean plano konstruktiboen eta modelo beraren eraikuntza egingo da, hipotesi sinplifikatiboak kontuan edukiz beti ere.

Fabrikazio kasu erreala aurrera eramateko, lehenik eta behin ebaketa erreminten analisia egingo da. Azkenik, CAD/CAM ereduaren diseinua jorratu dela fabrikazio erreala egingo da.

Hitz gakoak: Fresaketa, analisi estatikoa, modeloa, fabrikazioa.

2. TAULA, IRUDI ETA AKRONIMOEN ZERRENDA

2.1 Taulak

Taula 1. Gantt diagramaren atazak.	30
Taula 2. Barne orduak.	32
Taula 3. Amortizazioak.	34
Taula 4. Gastuak.	34
Taula 5. Kostuen laburpena eta proiektuaren kostu totala.	35
Taula 6. Bankadaren elementuak.	38
Taula 7. Luzetarako gidatze sistemaren osagaiak.	39
Taula 8. Zeharkako gidatze sistemaren osagaiak.	40
Taula 9. Mugimendu bertikalerako gidatze sistemaren osagaiak.	41
Taula 10. Zubia osatzen duten osagaiak.	42
Taula 11. Kabezala osatzen duten osagaiak.	43
Taula 12. X-Y ardatzetarako motoreen karakteristikak.	44
Taula 13. Z ardatzetarako motorearen karakteristikak.	45
Taula 14. Motoreak jarraitzen duen sekuentzia. <i>Iturria: Arduino.</i>	45
Taula 15. Deformazioa eta zurruntasuna.	65
Taula 16. Euskarrien eragina deformazioan.	66
Taula 17. Tentsio baliokidea posizio ezberdinetarako.	68
Taula 18. Deformazioak eta tentsioak balio errealarekin.	69

2.2 Irudiak

Irudia 1. Ebaketa prozesuko mugimenduak. <i>Iturria: IES Valle de Laciana.</i>	16
Irudia 2. Bost ardatzetako (RRLLL) makina baten eskema zinematikoa. <i>Iturria: Machine tools for high performance machining.</i>	16
Irudia 3. Indar ezberdinak. <i>Iturria: Machine tools for high performance machining.</i>	17
Irudia 4. Erroreen akumulazioa erremintan. <i>Iturria: Machine tools for high performance machining.</i>	17
Irudia 5. Sistema ezberdinak. <i>Iturria: V.Acuña.</i>	22
Irudia 6. Gantt diagrama.	31
Irudia 7. Aztertutako makina erreminta.	36
Irudia 8. Ardatzen kokapena, mahia plantaz ikusita.	37
Irudia 9. Eskema zinematikoa.	37
Irudia 10. Bankada	38

Irudia 11. Luzetarako gidatze sistema.....	39
Irudia 12. Zeharkako gidatze sistemaren eskema.	40
Irudia 13. Gidatze sistema bertikalaren marrazkia.....	41
Irudia 14. Zubiaren osagaiak eskematikoki.	42
Irudia 15. Kabezalaren osagaien eskema.	43
Irudia 16. Gida hidrostatikoa. Iturria: Metalmecánica.	46
Irudia 17. Lubrikazio bidezko gida karratua. Iturria: Famasa.	47
Irudia 18. Boladun torlojua bidezko aitzinamendu sistema. <i>Iturria: Famasa</i>	48
Irudia 19. Elektrohusilloa. <i>Iturria: Sanvik</i>	49
Irudia 20. Pintza-etxea eta pintzak. <i>Iturria: Sanvik</i>	50
Irudia 21. EFM-ren lan sekuentzia.....	51
Irudia 22. Preporzesatzailearen ohiko estruktura.	52
Irudia 23. Makina erremintaren plano konstruktiboak.	54
Irudia 24. Eredu geometrikoan multzoa.	55
Irudia 25. Mailatu globalerako Ansys-ek baimentzen dituen komandoak.	56
Irudia 26. Solid65 elementua.	57
Irudia 27. Solid187 elementua.	58
Irudia 28. Conta174 elementua.	59
Irudia 29. Targe170 elementua.....	60
Irudia 30. Makina erremintaren mailatua.	61
Irudia 31. Fixed Support euskarri mota.....	63
Irudia 32. Simulazioak burutu diren kokapenen eskema.	64
Irudia 33. Sinpleki eutsitako habea vs habe landatua.	67
Irudia 34. Gainezarpen printzipioa.....	68
Irudia 35. Von-Mises-en tentsio baliokidea.	68
Irudia 36. Mekanizazioan emandako indarra eskematikoki.	69
Irudia 37. Motoreen erresoluzioa.	70
Irudia 38. Ardatz bakarreko desplazamenduaren hurbilketa.....	71
Irudia 39. Desplazamendu generiko baten lehenengo hurbilketa.	72
Irudia 40. Desplazamendu generiko baten hurbilketa finala.	72
Irudia 41. Desplazamendu generiko baten hurbilketa finala.	73
Irudia 42. Interpolazio zirkularra, bi noranzko posibleetan.....	74
Irudia 43. D16 erremintaren parametroak.....	75
Irudia 44. D6 erremintaren parametroak.....	76
Irudia 45. D3 erremintaren parametroak.....	76
Irudia 46. D3 boladun erremintaren parametroak.	77
Irudia 47. D6 boladun erremintaren parametroak.	78
Irudia 48. Eragiketaren luzera eskematikoki.	78
Irudia 49. X=2Y eragiketa eskematikoki.....	80
Irudia 50. Ibilbide zirkularren eskema.....	81
Irudia 51. Fabrikatutako armarria.	84
Irudia 52. Hasierako konfigurazioa.....	85
Irudia 53. Programaren interfaza.	85
Irudia 54. Bektoreak ixteko aukerak.....	86
Irudia 55. “Modo edición de nodo” aukera.	87
Irudia 56. Simetriaren aplikazioa.....	88
Irudia 57. “Configurar tamaño” eta “Mover selección” estekak.....	89

Irudia 58. Abizenen CAD eredua.	90
Irudia 59. CAD eredu osoa.	90
Irudia 60. Angelu positibo eta negatiboaren arteko ezberdintasuna.....	91
Irudia 61. Hostoen modelizazioa.....	92
Irudia 62. Konponentearen banaketa.	93
Irudia 63. Eskalen ezberdintasuna grafikoki.....	93
Irudia 64. Modelo finalak.	94
Irudia 65. “Esculpir aukerak”.....	95
Irudia 66. “Configurar material” esteka.	96
Irudia 67. “Estrategia de perfilado”	96
Irudia 68. “Cajeado”.....	97
Irudia 69. Lanaren simulazioa.	98
Irudia 70. G-kodearen esportazioa.	99
Irudia 71. Hasierako interfaza.	99
Irudia 72. Settings esteka.	100
Irudia 73. Kalibrazio prozesua.	101
Irudia 74. Lanaren hasieraketa.....	101
Irudia 75. G-kodearen lerro sekuentzia bat.	102
Irudia 76. Pause/Start prozesua.	102
Irudia 77. Microsot Office-en irudi korporatiboa.	103
Irudia 78. Autodesk konpainiaren logoa.	103
Irudia 79. Ansys programaren marka erregistratua.	104
Irudia 80. SolidEdge ST9 bertsioaren lizentzia.	104
Irudia 81. Aspire programaren logotipoa.....	105
Irudia 82. Mach3 programa.	105

2.3 Akronimoak

CAD: Computer-Aided Design.

CAM: Computer-Aided Manufacturing.

CNC: Control Numérico Computarizado.

DIN: Deutsches Institut für Normung.

EFM: Elementu Finituen Metodoa.

MAL: Master Amaierako Lana.

MIT: Massachusetts Institute of Technology.

AG: Askatasun Gradu.

3. SARRERA

Master Amaierako Lan honek helburu nagusi bakarra eta bigarren mailako helburu ezberdinak ditu. Zuhaitz batekin antzekotasun bat eginez zuhaitzaren enborra helburu nagusia izango litzateke eta honetatik adar ezberdinak jaioko lirateke, bigarren mailako helburuak alegia. Hauetatik adar txikiagoak haziko lirateke, metaforarekin jarraituz, helburu sekundarioak aurrera eramateko beharrezkoak diren eginbeharrak dira hauek. Bere osotasunean zuhaitza edo MAL lana eratuz. Adarrak nahiz eta independenteak kontsideratu ahal diren benetan estuki egongo dira erlazionatuak. Aurrerantzean aipatutako estruktura jarraitzeko egin beharrekoak azaldu eta egin beharreko hauek osatzen duten fase ezberdinek izango duten garapena plazaratuko da. Proposatutako ildotik jarraituz, hau da, planteatutako metaforari jarraitasuna emanez, proiektu honen helburu nagusia fresaketa makina baten analisi estatikoa aurrera eramatea da.

Kanpo indar eta eskakizunen pean dagoen sistema mekaniko baten ikasketa garatzeko modelo sinplifikatu baten ikasketa egin behar da. Horretarako bigarren mailako helburuak sartzen dira jokoan. Lehenik eta behin makina erreminta osatzen duten pieza guztiak identifikatu behar dira. Ez dira bakarrik elementu egiturelak identifikatu behar, eragingailuk ere kontuan hartu behar dira. Beraz aipatutako elementuak guztiak identifikatzeaz gain hauen dokumentazioa egingo da, beronen neurriak ($l \times w \times h$) eta gorabeherako pisua eta bestelako ezaugarriak (adb. motorren kasuan potentzia, kontsumoa, etb.) barne hartuko ditu dokumentu honek.

Akzionamenduen diseinua eta elementu mekatronikoen azterketa soilik teorikoa izango da, hala ere, deskribapen sakona egingo da. Gidatze sistema (gida kontra gida) eta beronen ezaugarriak ikasiko dira, aukera edo alternatiba ezberdinak ikusi eta hauek eztabaidatuko dira. Aitzinamendu eragite sistemak ere kontuan hartu behar dira, hauek ardatzei mugimendua ematen diete. Posibilitate ezberdinak eztabaidatuko dira, hartutako aukera fabrikazio beharrezaneiei egokia den ala ez komentatu etb. Bestelako eragingailuak, lasterketa amaierak (Final de Carrera), sentsoreak,... balitu makina erremintak hauek zer nolako eginkizuna duten ere aipatuko da. Planoen eraikuntzaren bitartez itxiera emango zaio zeregin honi.

Arlo honekin bukatzeko, erabiltzen diren beste sistemak edo sistema laguntzaileak oso laburki azalduko dira. Hauek ematen dituzten aukerak ikusi, alternatibak baleude komentatu eta sistema berriak sartzeko aukerarik baleude, hauek proposatu.

Ondoren, eredu geometriko bera definitu beharra dago. Hipotesietan oinarrituz jokoan sartu daitezkeen faktore kopurua murrizten da, azterketa erraztuz. Nabaria denez, eredua errealitatera zenbat eta gehiago hurbildu orduan eta lortutako emaitzak zehatzagoak izango dira. Baina kostua (denbora, kostu konputazionala, etb.) handiagoa izango da. Hau da, zehaztasuna eta kostuaren arteko konpromisoa dago eta faktore honekin jokatu beharra dago.

Gero elementu ezberdinen arteko loturen azterketa egingo da. Bolumenen arteko lotura eta lurzorurako loturen artean bereiztu behar da hemen. Hau da, elementu-elementuen arteko lotura eta euskarri motak aukeratu, definitu eta zehaztu behar dira. Era berean, aztertutako eragingailuak kontuan izanik akzionamenduen definizioa eta modelizazioa egin behar da.

Elementu Finituen Metodoaren bitarteko eredu geometrikoa garatzeko, lehenik eta behin software mota hauetan formakuntza izatea beharrezkoa da, beraz honetan trebatu beharra dago. EFMa analisi prozedura bat da, sekuentzia bat jarraitzen duena.

Lehenik eta behin CAD ereduaren inportazioa eta honen konponketa egin behar da, eredua baliozkoa izan arte. Mailatuaz eta loturen euskarrien definizioaz ezin ahaztu dago. Hau aurre-prozesadore moduan ezagutzen da eta beronen kalitatea zehaztasun eta kostuaren araberakoa da. Azken finean, ereduan datuak sartzean eta karga eta euskarriak definitzean datza. Aplikaturako karga mota bakarria ebaketa indarra izango da, ardatz ezberdinetan (hiru ardatzetan) planteatuz. Kostuari dagokionez, fase hau kritikoa izan daiteke, datu kantitatea izugarria izan ahal delako.

Aurre-prozesadorean, definitutako datuetan oinarrituz programak modeloaren ekuazioak eraiki eta ebazten ditu, prozesu hau prozesaketa moduan ezagutzen da. Aipaturako ekuazioak elementuen propietateen araberakoak dira eta "e" elementu bakoitzaren $[k]^e$ zurruntasun matrize, $[c]^e$ indargetze matrize eta $[m]^e$ inertzia matrizeetan biltzen dira. Mihizadura operazioaren bitartez matrizeen dimentsioak handitzen dira, "n" askatasun gradu lortu arte.

Behin soluzioa lortu dela, emaitzak ikasi eta interpretatu behar dira, eraikitako eredua edo egindako diseinua baliozkotzat emateko edo ez. Emaitzak esperotakoak ez balira, diseinu txar bat dela eta edo planteaturako hipotesiak ez egokiengandik izan daitezke.

Fabrikazio kasu erreal baten azterketa burutu baino lehen mekanizazio denboraren analisia egingo da. Erabiltzen diren erreminta ezberdinetarako, beraz ebaketa parametro ezberdinetarako, ibilbide kasu ezberdinak planteatuz burutuko da atal hau. Mekanizazio denborak kalkulatzeko asmotan, kalkulu teorikoak zein

esperimentalak alderatuko dira, eskala faktore deritzon parametroa definitu eta kuantifikatu ahal izateko.

Bukatzeko, fabrikazioaren azterketa burutuko da. Honek edozein lanetarako sekuentzia bera jarraitzen du. Diseinu grafikorako Aspire programa erabiltzen da. Honen bitartez, piezaren definizioa edo CAD eredua lortzen da. Planteatuko den fabrikazio adibidea adibide konplexua izango da, hau da, programa honek baimentzen dituen aukera ezberdinak edo mekanizazio estrategia ezberdinak jorrazteko beta emango duena izango da. Beraz, marrazki, modelatze etb. posibilitateak laburki ikusiko dira. Aspirek erreminta liburutegi bat du, honek aukera ezberdinak ematen ditu, erreminta berriak sortu, parametroak aldatu,... eskala faktorea deritzon aukeraren bitartez eragiketa bat egiteko beharrezkoa den denbora kalkulatu etb.-erako gai da programa.

Ordenagailua eta motorren artean komunikazioa ahalbidetzen duen kontrol sistemak Mach3 izena du. Programa honek, diseinu grafikoko softwareak sortutako kodea inplementatzen du. Laburki kodearen ezaugarriak azaltzeaz gain pantailaratzen den informazioa zein den eta nola interpreta behar den ikusiko da. Bukatzeko, “martxan jartzea” atalarekin erabat erlazionatuta dagoen kalibrazio irispideak eta prozedura azalduko da. Prozesu hau ezinbesteko da makinaren mugimendu “teorikoa” edo Mach3 programak adierazten duena, eta mugimendu errealek bat egin dezaten eta ondorioz, erroreak saihesteko. Izan ere, prestakuntza eta kalibrazio oso garrantzitsuak dira. Prestakuntzaz hitz egiten denean taila edo grabazioa hasi baino lehen egin behar den lanari egiten zaio men. Nahiz eta prozesu sinplea izan azaltzeak pena merezi du. Makinaren ardatz fisikoak eta Aspire diseinu programak dituen ardatzen kokapenak bat egiteko prestatu behar da. Hau aldi bakar batean egitearekin nahikoa da. Bestetik, lan gunea “eskuairatu” behar da. Eskuairatzea lortzeko erabiltzen diren metodoak laburki azalduko dira.

Azkenik, fabrikatzea bera burutuko da, honen dokumentazio grafikoa erantsiko da.

Lan honetan zehar praktikan jarritako metodologia dokumentatu beharra dago. Horretarako ezinbestekoak izango dira ataza, fase, multzo eta prozedura ezberdinen deskripzioa eta kronograma edo Gantt diagrama. Aspektu ekonomikoa ezin da alde batera utzi, ondorioz, proiektua aurrera eramateko beharrezkoa den aurrekontua bistaratuko da.

4. TESTUINGURUA

MAL batean ikasleak urteetan zehar lortutako disziplina eta oinarri zientifiko teknikoak praktikan jartzea dira. Kasu honetan, ezagutza mekanikoak, materialen erresistentzia, estrukturen teoria eta bereziki fabrikazio sistemak (konkretuki fresaketa prozesua) integratzen dira.

Bestetik, esperientzia eta egoera pertsonalek garapen akademikoan ere eragina dute, bizitzako beste edozein arlotan bezalaxe. Hain zuzen ere, horietako esperientzia baten ondorioz jaio eta hazi zen MAL honen ideia. Fresaketa makina bat erosteko aukera izan eta hau ez zen pasatzen utzi. Fresaketa makinari buruz informazio gehiago izateko eta azterketa sakonago baten pean jartzeko posibilitatea edukiz proiektuari ekin zitzaion.

4.1 Makina erreminta

Makina erremintak material solidoei, hala nola metal, zura edota harriei forma emateko edo modelatzeko erabiltzen diren makina motordun eta estazionarioak bezala definitzen dira. Modelatua piezaren materialaren parte bat kenduz edota forma determinatu batez estanpatuz lortzen da. Orokorrean, produktuak eta zerbitzuak fabrikatzeko erabiltzen dira, era zuzen edo ez-zuzen batean. Industria modernoaren oinarria osatzen dutela esan daiteke.

Makina hauek hiru kategoria ezberdinetan sailka daitezke, hauek dira:

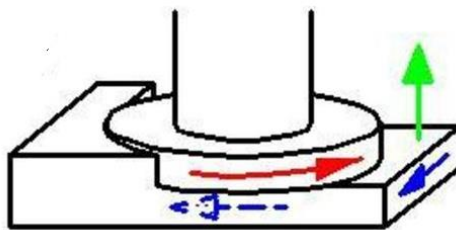
- Makina konbentzionalak, hauen bitartez pieza bati forma ematen zaio txirbil harroketaren bitartez.
- Prentsak, modelatze metodo ezberdinak baimentzen ditu, hala nola, zizailamendua, enbutizioa, etb.
- Makina erreminta bereziak, energia forma ezberdinetan (gasa temperatura altuan, argiaren energia,...) erabiltzen dute materialei forma emateko.

Lan honen protagonista den makina erreminta, hau da, fresadora lehenengo kategorian sartzen da, makina konbentzionaletan hain zuzen ere. Fresadoraz gain multzo honetan tornuak, makina zulagailuak eta orokorrean txirbil harroketaren bidez materiala deformatzen duten makina guztiak sartzen dira.

Aipatu den bezala, ebaketa operazioetan materiala txirbil forman ateratzen da, erreminta baten bitartez. Txirbilaren forma, tamaina eta orokorrean karakteristika ezberdinak hautatutako erreminta, materiala eta ebaketa aukeraren araberakoa da.

Mugimendu ezberdinen koordinazioari esker txirbilaren harroketa lortzen da. Harroketa jarraitua edo periodikoa izan daiteke. Mekanizazio prozesuan zehar ematen diren lan mugimenduak ondorengoak dira:

- Ebaketa mugimendua, pieza eta erremintaren arteko mugimendu erlatiboa.
- Aitzinapen mugimendua, honen bitartez erreminta material berriaz elikatzen da.
- Penetrazio mugimendua, erreminta materialera hurbildu edo sartzeko mugimendua.



Ebaketa mugimendua

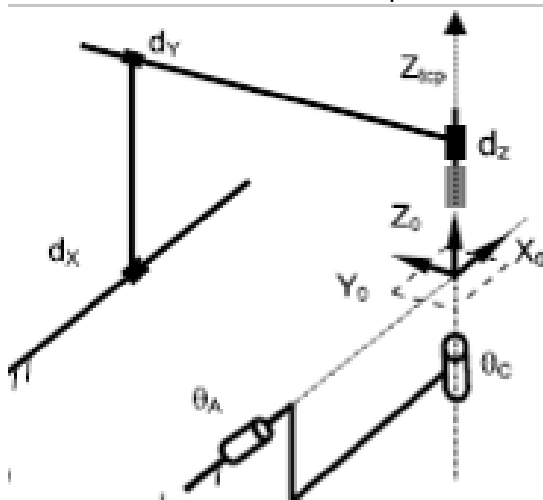
Aitzinapen mugimendua

Penetrazio mugimendua

Irudia 1. Ebaketa prozesuko mugimenduak. Iturria: IES Valle de Laciana.

Makina erremintek bete behar dituzten ezaugarri nagusiak hauek dira:

- Plataforma zinematikoa, prozesua burutzeko behar diren ardatzak (askatasun graduak) eta hauen kokapena non dagoen. Arestian aipatutako mugimendu erlatiboa ardatz ezberdinak aldi berean interpolatuz lortzen da.



Irudia 2. Bost ardatzetako (RRLLL) makina baten eskema zinematikoa. Iturria: Machine tools for high performance machining.

- Egonkortasun termikoa, ebaketaz aparteko bero iturrien ondorioz dilatazioak ere ager daitezke. Bi bero iturri nagusi bereizten dira, barne bero iturriak (motore, engranaje,...) eta kanpo bero iturriak (makina hurbilak,...). Hozte kanalak kontuan hartu behar dira,...

Aipatutako mugimenduak eta propietate guztiak lortzeko makina erremintak ondorengo oinarriko elementuak ditu.

- Elementu estrukturalak, oso zurrunkak izan behar dira eta mekanizazio prozesuan zehar indarrak xurgatzeko gai izan behar dira. Arrunta da gain dimentsionaturik aurkitzea jasan behar dituzten esfortzuekin konparatuz. Zulo, ahokaleku, hutsune etab. dituzte makinaren beste elementu batzuekin muntatzeko edo kondukzio elektrikoentzat. Hauen adibide bankada edo buruaren ahokalekuak dira.
- Gidatze sistema, elementu giltzarria da makina erreminta baten eraikuntzan, mugimenduaren zehaztasunean eragina zuzena duelako. Mugimendua ziurtatzen duten bi elementutan oinarritzen da. Mugimenduaren erreferentzia den gida eta beronen zehar desplazatzen den kontra gida. Sistema aukeratzeko irizpideak zimurtasuna, karga jasateko gaitasuna, zurruntasuna, abiadura eta zehaztasuna dira.
- Aitzinamendu eragingailuak, ardatzei mugimendua ematen diete. Boladun torlojuak edo motore linealak izan daitezke.
- Ardatz nagusiko eragite sistemak, ebaketa edo oinarriko mugimendua transmititzen dute, ondorioz, aitzinamendu eragingailuak baino tamaina eta potentzia gehiago dute.

4.2 CAD/CAM Sistema

Produktu edo zerbitzuen garapena eta fabrikazioaren hobekuntzan erabiltzen den prozesuari CAD/CAM sistema deritze. Teknologia informatikoaren bitartez beronen fabrikazioa azkarragoa, zehaztasun handiagoaz eta kostu txikiagoaz aurrera eramateko aukera dago.

CAD (Computer Aided Design) sistemek modeloak sortzeko aukera ematen dute eta modelo horri karakteristika ugari esleitzea ere baimentzen dute. Karakteristika hauen adibide konponente baten tamaina, forma edota ingurunea izango lirateke. Aipatutako modeloa bi edo hiru dimentsioetako izan daiteke. Behin datu dimentsionalak sisteman sartu eta gorde diren, diseinatzaileak datu guzti hauek manipulatu eta aldatzeko aukera du, produktuaren garapena errazagoa eginik.

Diseinatzaileek normalean lan taldean lan egiten dute, sare informatikoen bitartez posiblea litzateke artxibo bakar batean guztien ideiak konbinatzea, nahiz eta fisikoki leku berean ez egon, produktu edo zerbitzuaren garapena sustatuz. Sistema hauen bitartez simulazioak egiteko aukera ere dago.

CAD sistemak ordenagailuen bitartez kontrolaturiko fabrikazio unitate batera daude konektaturik, ondorioz CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing) sistema integratua osatzen dutela deritze.

Ordenagailu Bidezko Fabrikazioak fabrikazio metodo tradizionalekin konparatuz hainbat abantaila eskaintzen ditu. Orokorrean langile batek egin ditzakeen erroreak ezabatzen ditu eta esku lanaren kostuak ere txikiagoak dira. Sistema honek eskaintzen duen zehaztasuna eta erabilera optimo edo egokiago batek abantaila are handiagoak eskaintzen ditu. Adibidez, ebaketa erremintek erabilera egokiagoa izango dutenez beraien higadura mantsoagoa izango da eta ondorioz fabrikazio kostuak hein handi batean murriztuko dira.

Honen kontra kostu kapitalak, hau da, makinariaren kostuak, altuagoak izango dira eta kostu sozialak ere ezin dira ahaztu. Hau da, produktibitate handia mantentzearen prozesu guztien automatizazioa handiagoa izango da eta esku-lana murriztuko da, langabezia igoaraziz.

CAM sistemek artxibo informatikoetan gordeta dauden kode numerikoetan oinarritzen dira, hauen bitartez fabrikazioa kontrolatzeko gai dira. Artxibo informatiko hauek hein handi batean software informatiko berezien bitartez sortzen da, CAD/CAM sistema arteko loteslea izango dena. Hala ere, eskuz ere sortu edo garatu daitezke aipatutako artxiboak.

CAD/CAM sistemen karakteristikak diseinatzaile, ingeniari eta fabrikatzaileen beharrez egokitzen dira, gainera etengabeko garapena duen sektore batez hitz egiten ari da. Etorkizun batean garapenari esker sistema gehiagoen integrazioa lortuko da, diseinatzaileen lana erraztuz. Adibidez, errealitate birtualaren integrazioaren bitartez prototipoekin interaktuatzeko aukera legoke.

4.3 CNC (Computer Numerical Control)

Makina erremintek munduaren garapen teknologikoan oinarritzko papera izan dute, izan ere, makina erreminten garapena zuzenki dago erlazionatuta estatu baten garapen industrialaren tasarekin. Makina erremintei esker praktikoki edozein motatako makinaria fabrikatzea lortu da, nahiz eta sortuta egon eta komertzializatzea ezinezkoa izan.

Pieza baten mekanizazioa osoa lortzeko, logikoaenez, operazio ezberdinak egitea beharrezkoa izan daiteke. Hala nola, fresaketa, mandrinaketa, torneaketa, zulaketa, etab. Operazio guztiak egiteko beharrezkoak diren makina multzoa gertu izango balitz efizientzia handia lortuko litzateke, baina are eta efizientzia handiagoa lortuko litzateke multzoa makina bakar batean bateraturik baleude. Beharrian honengatik eta beste batzuegandik fabrikazio prozesuetan kontrol numerikoa sortu zen, arrazoi hauek hurrengoak dira besteak beste:

- Automatizaziorik gabe fabrikatzeko ezinezkoak diren produktua keta kalitate edo kantitate handian fabrikatzearen beharria.
- Konplexutasuna dela eta momentu horren arte ezinezkoak diren produktuak fabrikatzea.
- Erlatiboki baxuak diren prezioetan produktuak fabrikatzeko beharra.
- Bestelako faktoreak, hala nola zehaztasuna, malgutasuna edota azkartasuna.

50.hamarkadan lehen aldiz fresadora handi baten automatizazioa eman zen, MIT-en (Massachusetts Institute of Technology). Garai hartan konputagailuek makina bera baino tamaina handiagoa zuten, izan ere, beraien existentzia hasieran zeuden. Gaur egun konputagailuak askoz txikiagoak eta ekonomikoagoak dira, honen ondorioz, CNC-ren erabilera zabaldu da.

CNC makinetan ordenagailuak ardatzak akzionatzen dituzten motoreen posizioa eta abiadura kontrolatzen du. honi esker eskuz egin ezin diren mugimenduak egin daitezke, hala nola, zirkunferentziak, lerro diagonalak edota irudi tridimentsionalak.

Makinari bidalitako aginduak kode numerikoen bitartez bidaltzen direnez “kontrol numerikoa” terminoa erabiltzen da. Hasiera batean fabrikatzaile bakoitzak programazio kode propioa erabiltzen zuen. Ondorioz, esan daiteke programazioaren garapena garapen kaotikoa izan zela. Kodeen normalizazioa beharria zen, beraz, DIN 66024 eta DIN 66025 arauak plazaratu ziren. Norma hauek erabiltzen duten nomenklatura hau da:

- N: Bloke edo sekuentzia zenbaki bati men egiten dion helbidea da. Helbide bakoitzari hiru edo lau zifratako zenbaki bat jarraitzen dio.
- X,Y,Z: Lan gunearen plano kartesiarrak eta ardatz ezberdinen helbide koordinatuak.
- G: Funtzio ezberdinen helbideak. Izan daitezke:
 - G00: Programatutako mugimendua abiadura maximoan egiteko ordena.
 - G01: Erreminta lerro zuzen baten zehar desplazatzeko ordena.

- G02: Interpolazio zirkularra, erlojuaren orratzen noranzkoan.
- G03: Interpolazio zirkularra, erlojuaren orratzen noranzkoaren kontra.

4.4 Programazio metodoak

Bi programazio metodo ezberdin bereiz daitezke, hurrengoak dira:

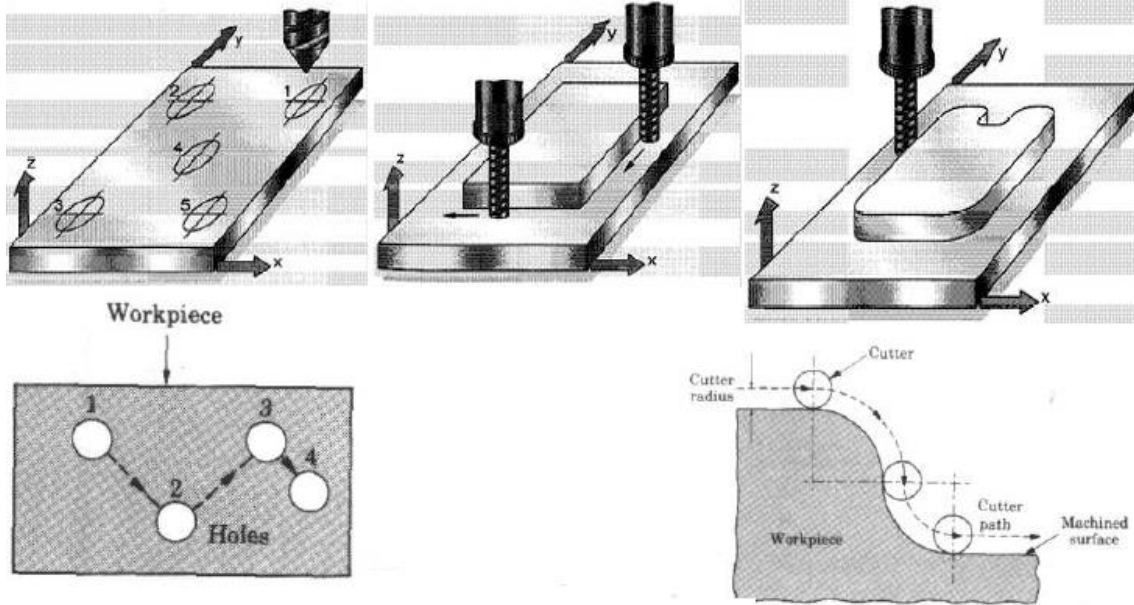
- Programazio automatikoa: Kalkuluak ordenagailuaren softwareak egiten ditu, CAM izenaz ezagutzen da.
- Programazio manuala: Operario batek idazten du programa, beronek egindako arrazoinamendu eta kalkuluen bitartez.

4.5 Kontrol numeriko sistemen sailkapena

Sistemak hiru motetakoak izan daitezke:

- Puntutik punturako kontrola: Softwareak edo operarioak emandako informazioan oinarrituz, mugimendua hasi baino lehen sistemak egin beharreko bide guztia kalkulatzeko du. Puntu batera prezisio eta azkar batean ailegatzea da garrantzitsua kasu honetan.
- Kontrol lineala: Ardatz bakar baten mugimendua soilik kontrolatzen da sekuentzia bakoitzean.
- Ingurune kontrola: Kurbak sortzeko gai den kontrol sistema.

Agerikoa da kontrol sistema lineal batez lan egiten duen makina bat puntu punturako lana egiten duen makina batek egin dezakeela. Era berean, ingurune kontroleko makina batek aurreko bi makinena burutu dezakeela bistakoa da.



Irudia 5. Sistema ezberdinak. Iturria: V.Acuña.

5. HELBURUAK

5.1 Helburu nagusia

Master Amaierako Lan honen helburu nagusia jadanik eraikita eta funtzionamenduan dagoen, edo beste modu batean esanda, lanean dagoen makina erreminta baten analisi estatikoa egitea da, modelo teoriko batetik abiatuta. Azterketa estatikoaren bitartez egoera karga estatikoen deformazio egoera eta balioak lortuko dira.

5.2 Bigarren mailako helburuak

1. HELBURUA: Makina erreminta osatzen duten elementu ezberdinen azterketa burutzea.

Lehenik eta behin modeloaren ikasketarekin hasi aurretik makina erremintaren egitura elementuak zein eragingailuak identifikatu behar dira.

2. HELBURUA: Hipotesi eta sinplifikazioetan oinarrituz makinaren portaera simulatzeko modelo teorikoa eraikitzea.

Modelo teoriko hau elementu finituez egongo da osatua. Elementuen arteko lotura mota eta karga kasu mota ezberdinek makina erremintaren zurruntasun balioa emango du. Aipatutako modelo esperimentera ere egokia izan behar da. Hau da, lortutako emaitzek benetako makinaren ezaugarriekin bat egin behar dute

3. HELBURUA: Mekanizazioaren ikasketa. Mekanizazio denboraren analisia.

Erreminta motaren arabera mekanizazio parametroak aldatzen dira, hori dela eta, mekanizazio denborak kalkulatu dira erreminta ezberdinetarako. Kalkulu teorikoak balidatzeko asmoz, froga esperimentera egin beharko dira.

4. HELBURUA: Fabrikazio kasu baten azterketa.

Aztertutako makina erremintak ematen dituen fabrikazio aukeren artean kasu bat aukeratuko da eta horren azterketa egingo da. Piezaren fabrikazio fisikoa ere burutuko da.

6. ATAZEN DESKRIBAPENA. GANTT DIAGRAMA

Atal honetan zehar lana aurrera eramateko beharrezkoak izan diren ataza ezberdinak azalduko dira. Atazek azpi-ataza sekuentziaz egongo dira osatuak. Erreminta gisa Gantt diagrama erabiliko da. Gantt diagrama proiektua osatzen duten atazak denbora eremu zehatz batean planifikatu eta programatzeko erreminta baliagarria da. Kasu honetan GanttProject programa erabiliko da, honek etapa ezberdinetan inbertitutako denbora, erabilitako baliabide ezberdinak eta ataza ezberdinen arteko hartu-emana edo erlazioak grafikoki ikustea baimentzen du. Jarraipen eta kontrol lana erraztuz.

Hasiera batean ataza ezberdinen deskribapena plazaratuko da laburki. Deskribapen honek atazaren hasiera data, denboran duten luzapena eta entregagarriak barneratuko ditu.

Akzio batzuk paraleloan garatu daitezke. Beste batzuk ordea aurreko atazekiko dependentsia izan dezakete, kasu hauetan amaiera-hasiera erlazioa izango dute atazek.

Bukatzeko, Gantt diagrama bera kronograma formatuan atxikituko da. Diagraman atazak lerro horizontal moduan ageri dira, denbora sekuentzia konkretu batean ordenatuta daudelarik.

6.1 Planifikazioa

ATAZA 1: Makinaren elementuen azterketa.

- Deskribapena: Makina osatzen duten elementu egiturak eta akzionamendu ezberdinak dokumentatu dira. Zuzenean makinan bertan neurketak egin ondoren karakteristika ezberdinak eta materialen sailkapena egin da.
- Hasiera: Uztaila.
- Luzapena: 4 aste.
- Azpi-atazak:
 - 1.azpiataza: Elementu estrukturalen datuen eskurapena.

- 2.azpiataza: Eragingailuen datuen eskurapena eta deskribapena.
- 3.azpiataza: Planoen konstrukzioa.
- Entregagarria: Piezen sailkapena, eragingailuen azterketa eta plano konstruktiboak CAD formatuan.

ATAZA 2: Eredu geometrikoen definizioa.

- Deskribapena: FEM analisia burutzeko sinplifikazioak planteatu ostean pieza ezberdinen modelo geometrikoak osatu dira. Hasiera batean CAD softwarearen formazio autodidakta burutu da. Ondoren eredua osatu da..
- Hasiera: Abuztua.
- Luzapena: 3 aste.
- Azpi-atazak:
 - 1.azpiataza: Sinplifikazioen planteaketa.
 - 2.azpiataza: Eredu geometrikoa osatzea.
- Entregagarria: Artxibo dokumentala.

ATAZA 3: Loturen azterketa.

- Deskribapena: Aukeratutako programak dituen analisi aukera ugariak baliatuz aurretik ikasitako pieza eta bolumen arteko loturak eta euskarri ezberdinen azterketa burutu da.
- Hasiera: Iraila.
- Luzapena: 2 egun.
- Azpi-atazak:
 - 1.azpiataza: Bolumen arteko loturen ikasketa.
 - 2.azpiataza: Euskarrien ikasketa.
- Entregagarria: Artxibo digitalak.

ATAZA 4: Akzionamenduen modelizazioa.

- Deskribapena: Aurretik ikasitako akzionamenduak kontuan hartuz beronen modelizazioa burutu da.
- Hasiera: Iraila.
- Luzapena: 3 egun.

- Entregagarria: Artxibo digitalak.

ATAZA 5: FEM ereduaren definizioa.

- Deskribapena: Aurretik lortutako eredu geometrikoa, bolumen arteko loturak, euskarriak eta akzionamenduen modelizazioa kontuan harturik FEM bitarteko analisia burutu da, ANSYS programaren bitartez.
- Hasiera: Abuztua.
- Luzapena: 9 aste.
- Azpi-atazak:
 - 1.azpiataza: Formakuntza FEM programan.
 - 2.azpiataza: CAD ereduaren inportazioa eta konponketak.
 - 3.azpiataza: Mailatua.
 - 4.azpiataza: Loturaren definizioa.
 - 5.azpiataza: Euskarrien definizioa.
 - 6.azpiataza: Karga kasu ezberdinen planteamendua.
- Entregagarria: Prozesuan zehar lortutako emaitzak biltzen dituen dokumentua.

ATAZA 6: Datuen analisia.

- Deskribapena: Aurreko atalean burututako emaitzen analisia burutu da atal honetan.
- Hasiera: Urria.
- Luzapena: 2 aste.
- Entregagarria: Lortutako emaitzen analisia biltzen duen dokumentua.

ATAZA 7: Mekanizazio denboraren analisia.

- Deskribapena: Erreminten analisia eta mekanizazio parametro ezberdinak kontuan izanik, ibilbide kasu ezberdinak planteatu dira eta lortutako kalkulu teorikoak emaitza esperimentalekin konparatu dira.
- Hasiera: Azaroa.
- Luzapena: 3 aste.
- Azpi-atazak:
 - 1.azpiataza: Erreminten analisia.
 - 2.azpiataza: Mekanizazio parametroak.

- 3.azpiataza: Ibilbide kasuak planteatzea.
 - 4.azpiataza: Kalkulu teorikoak.
 - 5.azpiataza: Froga esperimentalak.
 - 6.azpiataza: Emaitzen azterketa.
- Entregagarria: Azpiataza guztiak biltzen dituen memoria.

ATAZA 8: Fabrikazio kasuaren azterketa.

- Deskribapena: Fabrikazio aukera ezberdinak biltzen dituen adibide baten fabrikazioa egin da, horretarako lehenik eta behin CAD ereduaren definizioa burutu da, ondoren CAM estrategia planteatu da. Azkenik fabrikazio bera burutu eta dokumentatu da.
- Hasiera: Azaroa.
- Luzapena: 3 aste.
- Azpi-atazak:
 - 1.azpiataza: Piezaren definizioa (CAD eredu).
 - 2.azpiataza: Mekanizazioaren estrategia (CAM estrategia).
 - 3.azpiataza: Mekanizazio denboraren hurbilketa.
 - 4.azpiataza: Fabrikazioa.
- Entregagarria: Azpiataza guztiak biltzen dituen memoria.

ATAZA 9: Lan guztiaren dokumentazioa.

- Deskribapena: Proiektuaren azken fasea da hau, beharrezkoa den dokumentazio osoaren idazketa burutu da bertan, planteamenduak, analisiak, emaitzak etab. bildu direlarik.
- Hasiera: Azaroa.
- Luzapena: 13 aste.
- Entregagarria: Proiektu osoaren memoria.

6.2 Gantt diagrama

ATAZA	MUGARRI	HASIERA	BUKAERA	IRAUPENA
Proiektuaren definizioa	BAI			
Planteaketa eta jarduera ildoak		03/07/18	04/07/18	1 egun
Elementuen azterketa garatzea	BAI			
Makinaren elementuen azterketa		06/07/18	27/07/18	15 egun
Elementu estrukturalen datuen eskurapena		06/07/18	12/07/18	4 egun
Eragingailuen datuen eskurapena eta deskribapena		10/07/18	17/07/18	5 egun
Planoen konstrukzioa		17/07/18	27/07/18	8 egun
Eredu geometrikoa eraikitzea	BAI			
Eredu geometrikoen definizioa		03/08/18	23/08/18	13 egun
Eredu geometrikoen definizioa		03/08/18	07/08/18	2 egun
Eredu geometrikoa osatzea		07/08/18	23/08/18	11 egun
Loturen azterketa		03/09/18	05/09/18	2 egun
Bolumen arteko loturen azterketa		03/09/18	04/09/18	1 egun
Euskarrien azterketa		04/09/18	05/09/18	1 egun
Akzionamenduen modelizazioa		10/09/18	13/09/18	3 egun
FEM ereduaren definizioa		13/08/18	30/10/18	54 egun
Formakuntza FEM programan		13/08/18	24/08/18	8 egun
CAD ereduaren inportazioa eta konponketak		23/08/18	22/09/18	22 egun
Mailatua		24/09/18	09/10/18	11 egun
Loturen definizioa		24/09/18	28/09/18	4 egun
Euskarrien definizioa		01/10/18	05/10/18	4 egun
Karga kasu ezberdinen planteaketa		09/10/18	30/10/18	14 egun
Datuen analisisa		30/10/18	16/11/18	12 egun
Mekanizazioaren ikasketa	BAI			
Mekanizazio denboraren analisisa		06/11/18	27/11/18	15 egun
Erreminten analisisa		06/11/18	10/11/18	4 egun
Mekanizazio parametroak		12/11/18	17/11/18	5 egun
Ibilbide kasuak planteatzea		07/11/18	09/11/18	2 egun
Kalkulu teorikoak		19/11/18	22/11/18	3 egun
Froga esperimentalak		12/11/18	17/11/18	5 egun
Emaitzen azterketa		22/11/18	27/11/18	3 egun
Fabrikatzea	BAI			
Fabrikazio kasuaren azterketa		28/11/18	18/12/18	13 egun
Piezaren definizioa (CAD ereduak)		28/11/18	08/12/18	7 egun
Mekanizazioaren estrategia (CAM estrategia)		12/12/18	12/12/18	2 egun
Mekanizazio denboraren hurbilketa		12/12/18	15/12/18	3 egun

Fabrikazioa		17/12/18	18/12/18	1 egun
Aurrekontuaren kalkulua		29/10/18	03/11/18	4 egun
Lan guztiaren dokumentazioa		05/11/18	01/02/19	61 egun

Taula 1. Gantt diagramaren atazak.



Irudia 6. Gantt diagrama.

7. AURREKONTUA

Aurrerantzean proiektua aurrera eramateko behar izan den aurrekontua plazaratuko da. Bistakoa denez proiektua teorikoki zein esperimentalki burutu da, beraz, analisi teoriko eta ariketa esperimentalak kontuan hartuko dira. Hala eta guztiz ere, kontzeptu basiko batzuk bilduko dira puntu honetan. Kontzeptu hauek barne orduak, inbertsio edo amortizazio eta gastu moduan sailkatuko dira.

7.1 Barne Orduak

Proiektua 30 asteen zehar garatu dela kontsideratu da kalkuluak egiteko, hau da, urte oso baten %60 gutxi gora behera. Ingeniari juniorrak astean zehar 19 ordu lan egin dituela suposatu da.

Proiektuaren zuzendariak lanaren jarraipena egin du, horretarako astero 2 ordu behar izan ditu.

Barne Orduak	Kostua (€/h)	Orduak (h)	Kostu Totala (€)
Proiektu Zuzendaria	40	50	2400
Junior Ingeniaria	20	600	12000
Guztira (€)			14400

Taula 2. Barne orduak.

7.2 Amortizazioak

- Office Lizenzia:
 - Kostua: 335€
 - Bizitza erabilgarria: $1\text{urte} \cdot 200\text{egun/urte} \cdot 8\text{h/egun} = 1600\text{h}$
 - Erabilera: $2,5\text{aste} \cdot 5\text{egun/aste} \cdot 8\text{h/egun} = 100\text{h}$
- AutoCAD Lizenzia:
 - Kostua: 471,9€
 - Bizitza erabilgarria: $1\text{urte} \cdot 200\text{egun/urte} \cdot 8\text{h/egun} = 1600\text{h}$
 - Erabilera: $3\text{aste} \cdot 5\text{egun/aste} \cdot 8\text{h/egun} = 120\text{h}$

- ANSYS Lizentzia:
 - Kostua: 11500€
 - Bizitza erabilgarria: $1\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 1600\text{h}$
 - Erabilera: $14\text{aste} * 5\text{egun/aste} * 8\text{h/egun} = 560\text{h}$

- Solid Edge Lizentzia:
 - Kostua: 3500€
 - Bizitza erabilgarria: $1\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 1600\text{h}$
 - Erabilera: $3\text{aste} * 5\text{egun/aste} * 8\text{h/egun} = 120\text{h}$

- ASPIRE Lizentzia:
 - Kostua: 1800€
 - Bizitza erabilgarria: $1\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 1600\text{h}$
 - Erabilera: $5\text{aste} * 5\text{egun/aste} * 8\text{h/egun} = 200\text{h}$

- Mach3 Lizentzia:
 - Kostua: 175€
 - Bizitza erabilgarria: $1\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 1600\text{h}$
 - Erabilera: $5\text{aste} * 5\text{egun/aste} * 8\text{h/egun} = 200\text{h}$

- 3mm-ko fresa laua:
 - Kostua: 12,75€
 - Bizitza erabilgarria: 150h
 - Erabilera: 1h

- 3mm-ko fresa borobila:
 - Kostua: 10,25€
 - Bizitza erabilgarria: 180h
 - Erabilera: 0,75h

- Fresadora:
 - Kostua: 15000€
 - Bizitza erabilgarria: $6\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 9600\text{h}$
 - Erabilera: 1h

- Internet Konexioa:
 - Kostua: 600€
 - Bizitza erabilgarria: $2\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 3200\text{h}$
 - Erabilera: $3,75\text{aste} * 5\text{egun/aste} * 8\text{h/egun} = 150\text{h}$

- Ordenagailu Portatila:
 - Kostua: 450€
 - Bizitza erabilgarria: $2\text{urte} * 200\text{egun/urte} * 8\text{h/egun} = 3200\text{h}$
 - Erabilera: $6,25\text{aste} * 5\text{egun/aste} * 8\text{h/egun} = 250\text{h}$

Amortizazioak	Kostua (€)	Bizitza Erabilgarria (h)	Erabilera (h)	Kostu Totala (€)
Microsoft Office Lizentzia	335	1600	100	21
AutoCAD Lizentzia	471,9	1600	120	35
ANSYS Lizentzia	11500	1600	560	4025
Solid Edge Lizentzia	3500	1600	120	262
ASPIRE Lizentzia	1800	1600	200	225
Mach3 Lizentzia	175	1600	200	22
3mm-ko fresa laua	12,75	150	1	0,09
3mm-ko fresa borobila	10,25	180	0,75	0,04
Fresadora	15000	9600	5	8
Internet Konexioa	600	3200	150	28
Ordenagailua	450	3200	250	35
Guztira (€)				4661

Taula 3. Amortizazioak.

7.3 Gastuak

Gastuak	Kostua (€)
Desplazamendua	40
Ofizinako Materiala	15
Frogak Egiteko Materiala	5
Zura (Haritza)	20
Liburu Bibliografikoak	35
Dokumentuen Inprimazioa	10
Guztira (€)	125

Taula 4. Gastuak.

7.4 Kostuen Laburpena eta Proiektuaren Kostu Totala

Kostuen Laburpena	Kostua (€)
Barne Orduak	14400
Amortizazioak	4661
Gastuak	125
Kostu Zuzenak	19186
Kostu Ez-Zuzenak (%3)	576
Azpitotala	19762
Ez-Ustekoak (%5)	988
Kostu Totala (€)	20750

Taula 5. Kostuen laburpena eta proiektuaren kostu totala.

8. MAKINAREN ELEMENTUEN AZTERKETA

Jadanik azaldu den moduan proiektu honetan fresadora baten azterketa burutuko da, helburua beronen analisi estatikoa garatzea da, modelo teoriko batetik abiatuz. Fresadorak makina erremintarik malguenak dira, zehaztasun handiko azalera kurbatuak eta kalitate handiko akaberrak lortu daitezkeelako. Arkitektura ezberdin mota asko daude gainera. Kasu honetan, mahai-zubia arkitektura du makinak. Modeloa gauzatu ahal izateko lehenik eta behin makina osatzen duten elementuen azterketa garatu behar da.



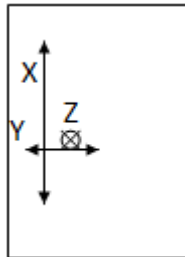
Irudia 7. Aztertutako makina erreminta.

8.1 Ardatz eta Zinematikaren Deskribapena

Arestian mekanizazio prozesuan zehar ematen diren mugimenduak generikoki planteatu dira. Orain bi mugimendu ezberdinen artean bereizketa egingo da. Alde batetik, mahiaren mugimendua eta bestetik erremintaren mugimendua.

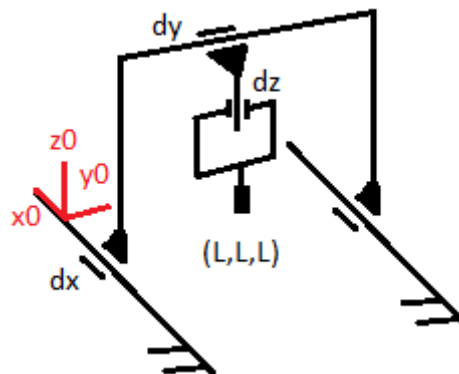
Mahaiaren mugimenduei dagokienez:

- Luzeetarako mugimendua: X ardatzarekiko, lan mugimenduarekin bat dator. Mugimendu tartea: 0-1200mm.
- Zeharkako mugimendua: Y ardatzarekiko, erreminta kokatzeko mugimendua da normalean. Mugimendu tartea: 0-800mm.
- Mugimendu bertikala: Z ardatzarekiko, mekanizazio sakontasuna finkatzeko da. Mugimendu tartea: 0-200mm.



Irudia 8. Ardatzen kokapena, mahia plantaz ikusita.

Erremintaren mugimenduaz aritzean beronen ardatzarekiko biraketa mugimenduari men egiten zaio. Makina batzuetan erremintaren inklinazioa posiblea da, kasu honetan ez. Dena den, mugimendu mota hau ez da askatasun gradu moduan kontuan hartzen. Ondorioz, makina honek hiru A.G. (X,Y,Z) ditu, eskema zinematikoa hurrengo delarik.



Irudia 9. Eskema zinematikoa.

8.2 Makinaren Osagaiak

Makina osatzen duten osagai nagusien zerrenda eta azalpen labur bat l.Eranskinean aurkitzen da. Horretaz gain hurrengo lerroetan multzo garrantzitsuen deskribapena aurkitu daiteke.

8.2.1 Bankada

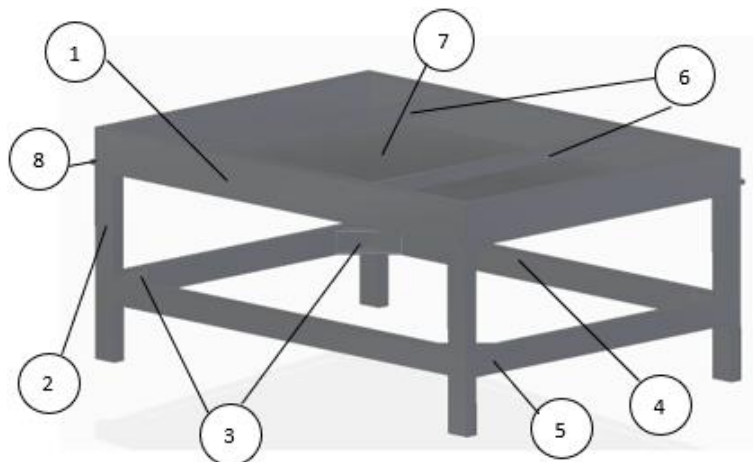
Makina erremintaren oinarrizko elementua da hau, izan ere, honen gainean makina osatzen duten gainontzeko elementu guztiak kokatzen dira. Era berean, mekanizazio prozesuan zehar indarrak xurgatzeko gai izan behar dira. Lan egiten duten elementuen desplazamendu egokia eta beharrezkoa den lan zehaztasuna bermatzeaz gain gidatze sistema integratu behar du.

Lan egoera edo baldintzen arabera bankadaren dimentsionatzea, eraikitze materiala eta metodoa eta, oro har, lan baldintzak ezartzen dira. Ohikoa da burdinurto grisa erabiltzea bankadetarako, kasu honetan, altzairu laminatua erabiltzen da. Izan ere, lan baldintzak kontuan izanik bankada nahiko sinplea du makinak, kostuak ahalik eta txikienak izan daitezten. Gainera, muntatze denborak murriztea ere lortzen da.

Mahaia bankadan integratzen da eta bi langatxoetan oinarrituz hurrengo lortzen da, alde batetik zurruntasun estruktural gehiago ematen dio gorputzari eta bestetik piezak kokatzea eta hozte-jariakina (ura/taladrina) kanporatzea baimentzen du. Eredue geometrikoa eraikitzerako orduan, mahaia guztia pieza bakarria moduan hartu da kontuan, eraikitzea errazagoa izateko. Ondorioz, aurrerantzean adieraziko diren 1,2,4,5,6 eta 7 elementuak gorputz bakarria osatzen dute.

Bankadaren elementuak
Mahaia (1)
Hankak (2)
Eskuairak (3)
Langak Luzetarako (4)
Langak Zeharkako (5)
Langatxoak (6)
Txapoia (7)
Lasterketa amaierak (8)

Taula 6. Bankadaren elementuak.



Irudia 10. Bankada

8.2.2 Makinaren Gidatze Sistema

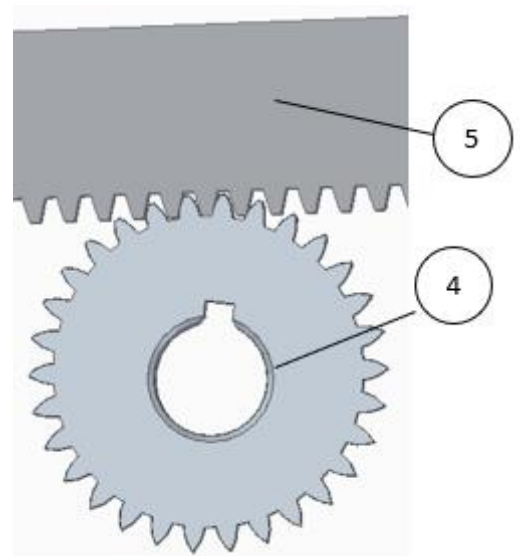
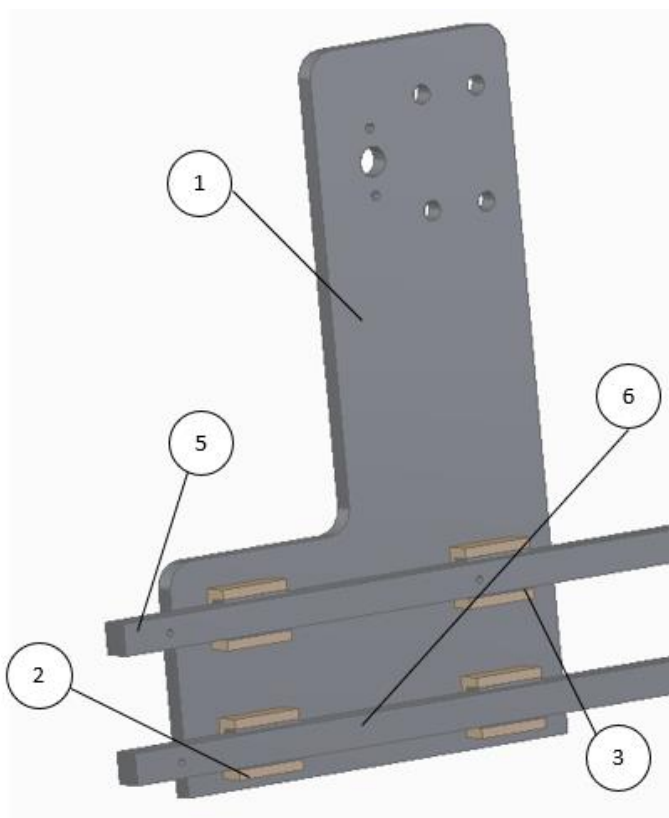
Jadanik komentatu den moduan gidatze sistema oso garrantzitsua da, azken finean lan finalaren hainbat karakteristiken gakoa da, hala nola zehaztasuna edota doitasuna. Mugimenduak leunak izan daitezzen mekanizatuak daude.

Hiru gidatze sistema bereiztuko dira aurrerantzean, luzetarako gidatze sistema, zeharkako gidatze sistema eta mugimendu bertikalerako gidatze sistema. Hau da, X,Y eta Z ardatzetako gidatze sistemak hurrenez-urren.

Luzetarako gidatze sistemak hurrengo osagaiak ditu:

Luzetarako Gidatze Sistema
Zubiko Txapa (1)
Kontra-gida (2)
Kontra-gidaren kaskiloa (3)
Pinoia (4)
Kremailera (5)
Luzetarako gida (6)

Taula 7. Luzetarako gidatze sistemaren osagaiak.



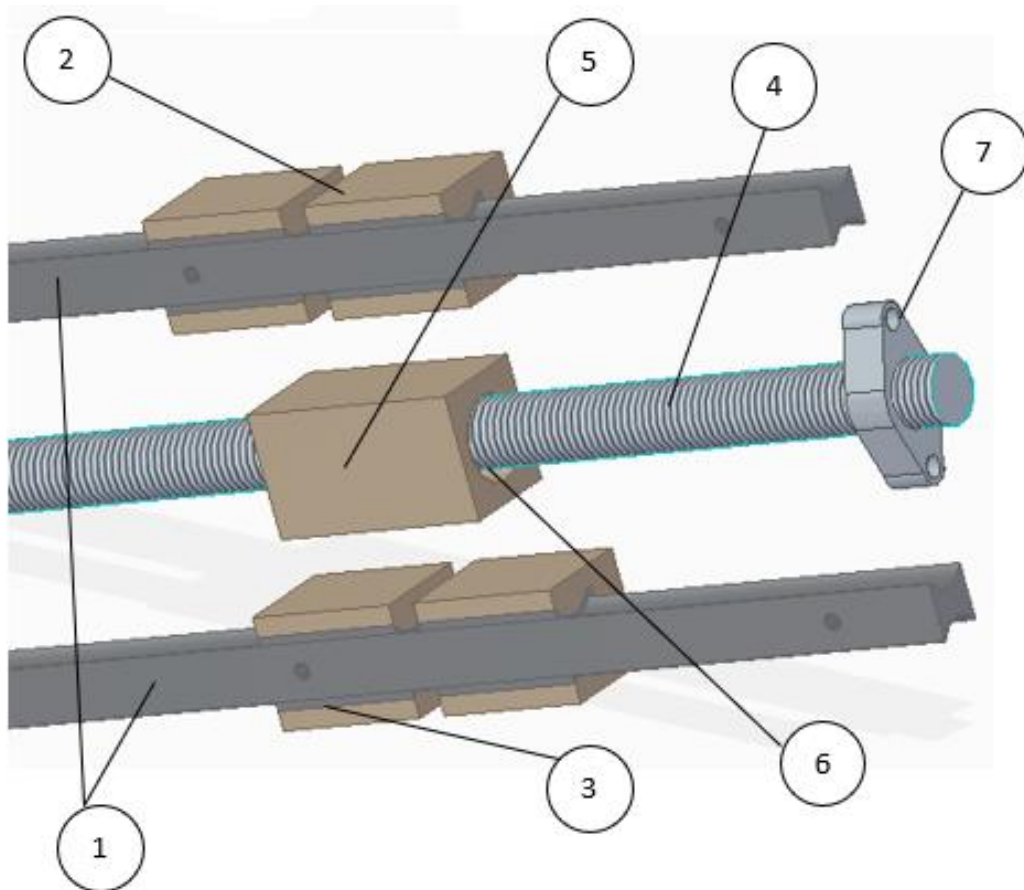
sistema.

Irudia 11. Luzetarako gidatze

Zeharkako gidatze sistemaren osagaiak hauek dira:

Zeharkako Gidatze Sistema
Zeharkako gida (1)
Kontra-gida (2)
Kontra-gidaren kaskiloa (3)
Boladun Torlojua (4)
Torlojuaren kontra Gida (5)
Tor. Kontra-gidaren kaskiloa (6)
Euste torlojua (7)

Taula 8. Zeharkako gidatze sistemaren osagaiak.

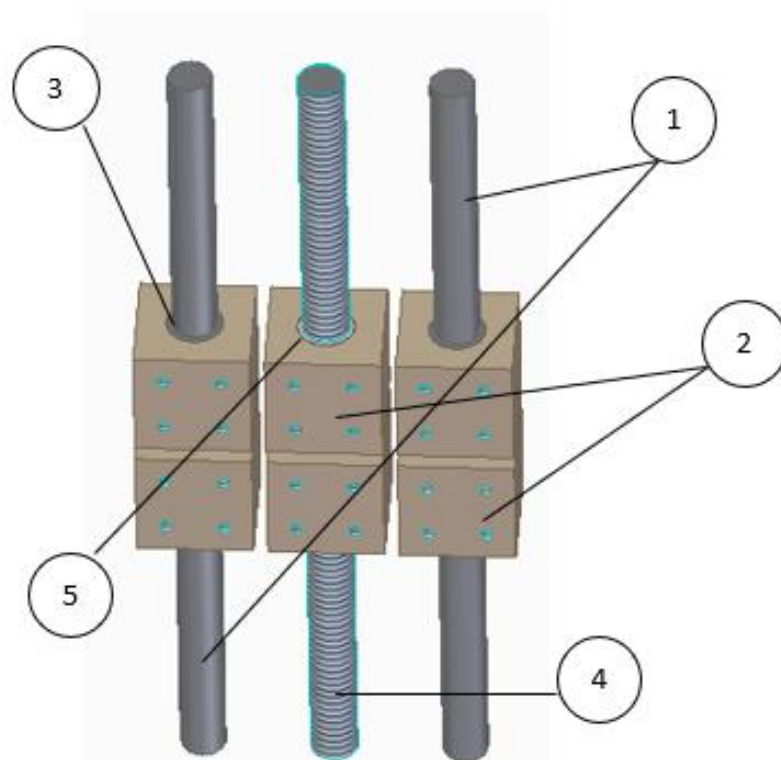


Irudia 12. Zeharkako gidatze sistemaren eskema.

Azkenik, mugimendu bertikala baimentzen duen sistema, hurrengo taulan ageri diren osagaiak dago osatuta:

Mugimendu Bertikalerako Gidatze Sistema
Gida bertikala(1)
Kontra-gida bertikala (2)
Kontra-gida bertikalaren kaskiloa (3)
Am. gab. torloju bertikala (4)
Am. gab. torloju bertikalaren kaskiloa (5)

Taula 9. Mugimendu bertikalerako gidatze sistemaren osagaiak.



Irudia 13. Gidatze sistema bertikalaren marrazkia.

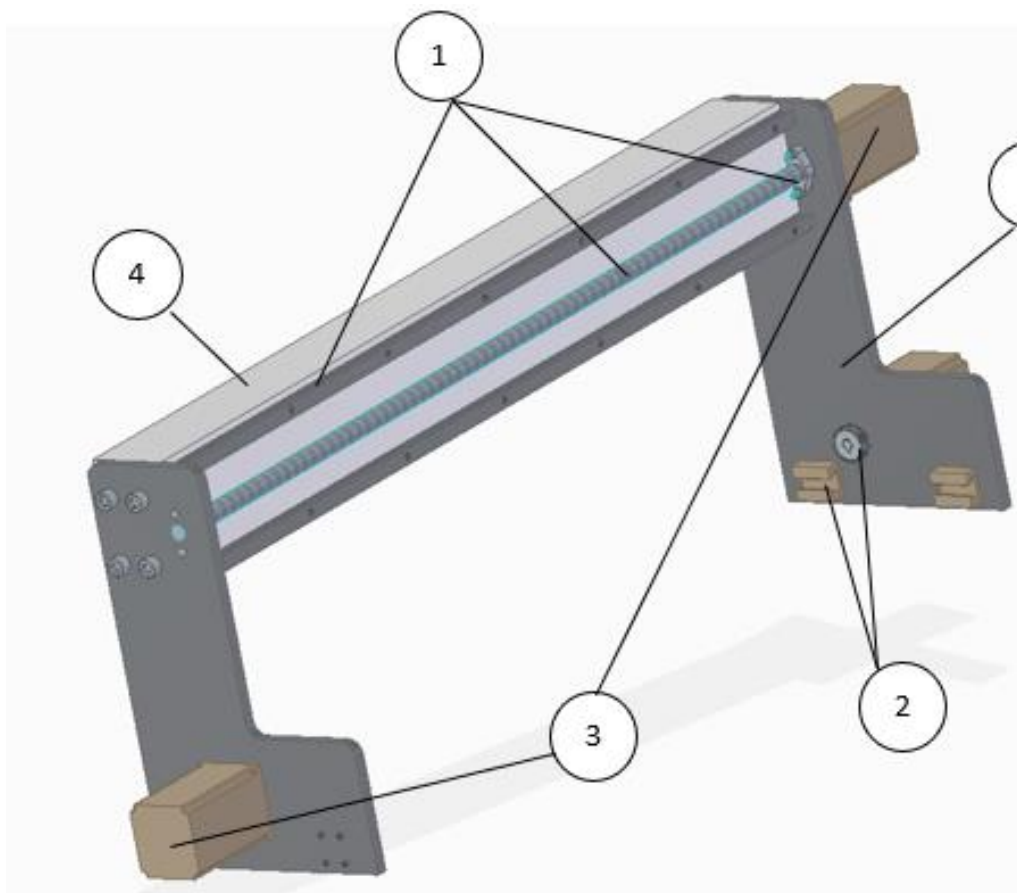
8.2.3 Zubia

Fresadora honen estruktura dela eta zubia mugikorra da. Mugikorra denez eta pisua/kostuak murrizteko asmotan aluminioa erabili da beronen eraikuntzarako. Bai mugimendu nagusia zein ardatzetako aitzinamenduak eragiten duten elementuak bertan kokatzen dira. Hau da, motoreak eta zeharkako gidatze sistema zubian integratua dago. Zubia azpimultzotzat kontsideratu da, ondorioz, arestian azaldutako gidatze sistemen elementu batzuk berriz ageri dira.

Osagaiak hurrengoak dira:

Zubiko Osagaiak
Zeharkako gidatze sistemaren elementuak (1)
Luzetarako gidatze sistemaren elementuak (2)
X eta Y motoreak (3)
Zubiko estruktura (4)
Zubiko txapak (5)

Taula 10. Zubia osatzen duten osagaiak.



Irudia 14. Zubiaren osagaiak eskematikoki.

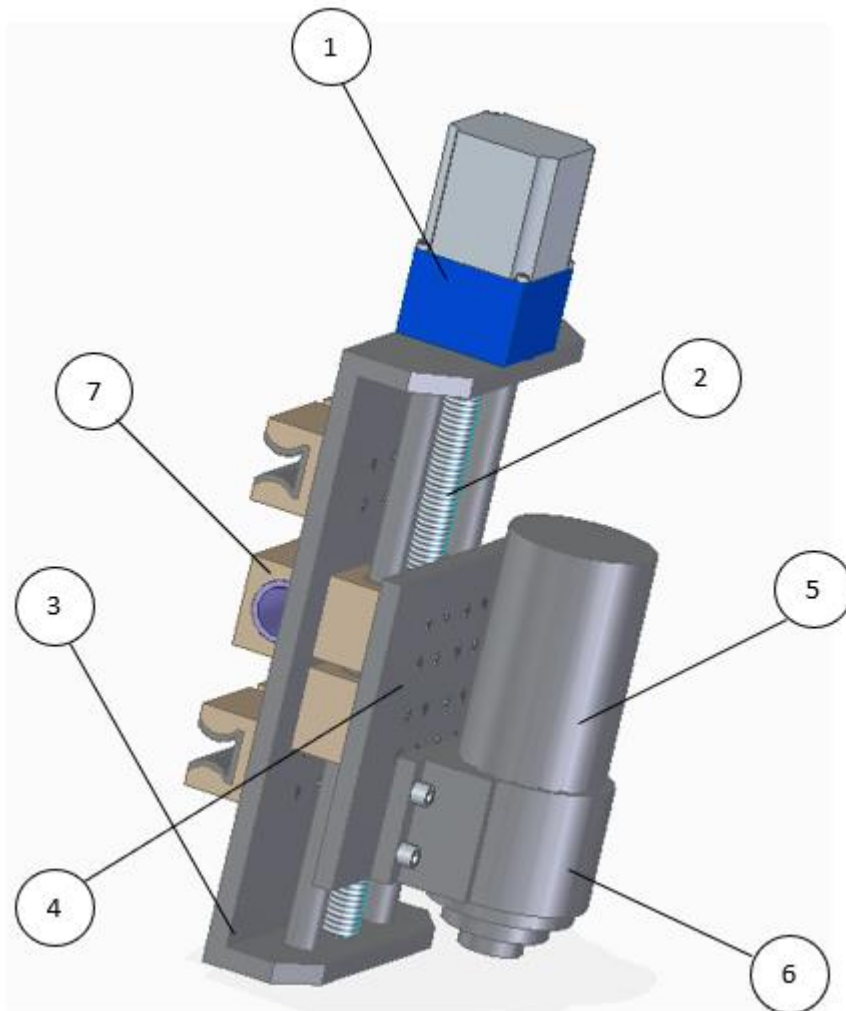
8.2.4 Kabezala

Kabezalean eragite sistema nagusiaz gain, elektrohusilloaz gain alegia, gidaketa sistema bertikala ere kokatzen da. Altzairuko plakaz dago eraikita, erremintaren puntan zurruntasuna eta doitasuna bermatzeko asmotan. Eragite sistema nagusia motore bati esker mugitzen da.

Hurrengoaz dago osatuta sistema:

Kabezalaren Osagaiak
Z motorea eta akoplea (1)
Gidatze sistema bertikala (2)
C-kabezala (3)
Txapa elektrohusillo (4)
Elektrohusilloa (5)
Itxiera (6)
Zeharkako gidatze sistemaren elementuak (7)

Taula 11. Kabezala osatzen duten osagaiak.



Irudia 15. Kabezalaren osagaien eskema.

9. AKZIONAMENDUAK ETA ELEMENTU MEKATRONIKOAK

Atal honetan akzionamenduen diseinua eta elementu mekatronikoen azterketa egingo da, azterketa teorikoa soilik. Hala ere deskribapen sakona egingo da. Komentatuko dira motoreak eta hauen ezaugarriak, alternatiba ezberdinak, gidatze sistema (gida kontra gida), beronen ezaugarriak eta alternatiba posibleak. Aitzinamendu eragite sistemak ere kontuan hartu behar dira, hauek ardatzei mugimendua ematen dietelarik. Aukera ezberdinak eztabaidatuko dira, hartutako aukera fabrikazio beharrezanez egokia den ala ez aztertu etb.

9.1 Motoreak

Aztergai den makina erremintak lau motore ditu. Pausuz pausu edo Step by step motoreak dira, euren ezaugarriak hurrengoak direlarik:

X ardatzeko luzetarako mugimendurako bi motore erabiltzen dira. Y ardatzarekiko edo mugimendu transbersalarako motore bakarra dago, hiru motore hauek berdinak dira eta euren karakteristikak ondorengo hauek:

X-Y ardatzetarako motoreen karakteristikak	
Numerazioa	34HS5435C-37B2
Pausua	1,8deg/step
Intentsitatea	3,5(A)
Cos θ	0,96
Potentzia	$V \cdot I \cdot \text{Cos}\theta = 220 \cdot 3,5 \cdot 0,96 = 0,74 \text{KW}$
Polobakarra	Monofasikoa

Taula 12. X-Y ardatzetarako motoreen karakteristikak.

Z ardatzerako edo mugimendu bertikalerako erabiltzen den motoreak hurrengo ezaugarriak ditu:

Z ardatzetarako motorearen karakteristikak	
Numerazioa	23HS9430
Pausua	1,8deg/step
Intentsitatea	3,0(A)
Cosθ	0,96
Potentzia	$V \cdot I \cdot \text{Cos}\theta = 220 \cdot 3 \cdot 0,96 = 0,64 \text{KW}$
Polobakarra	Monofasikoa

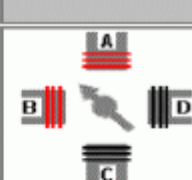
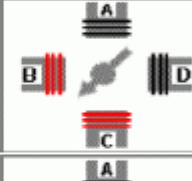
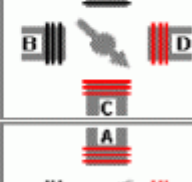

Taula 13. Z ardatzetarako motorearen karakteristikak.

Aurrerantzean laburki azalduko da Step by step motoreen funtzionamendua, eta hauek korronte zuzen eta servo motoreekiko dituen abantailak eta desabantailak komentatuko dira.

Korronte zuzeneko motoreak eta Step by step motoreak antzeko zamarrak dira, baina azken hauek bobina bakarra izan beharrean bobina multzo bat dute. Bobinatuen arteko distantzia (edo pausua) kontrolatzea da helburua bobinak eszitatuz. Hau da, mugimendua posizio diskretuen jarraituen artean salto eginez biraketa lortzen da. Eszitzazioa mantentzen den bitartean mugimendua dago, hala ere, prozesua orden eta denbora jakin batean egin beharra dago, uko eginez motorea gelditu egiten da jakina den posizio batean.

Makinaren mugimendua lortzeko erabiltzen diren motore orok launa bobina dituzte. Nabaria denez, zenbat eta bobina kopurua handiagoa izan orduan eta mugimenduaren zehaztasuna handiagoa izan da. Baina bobina kopurua handitzea garestia denez, erreduktore mekanikoak erabiltzen dira. Kasu honetan, buelta bat emateko 200 pausu behar direnez ($360^\circ/1,8^\circ/\text{pausu}$) 50:1-eko erreduktorea erabiltzen da. Izan ere, $50 \times 4 = 200$ pausu.

Motore polobakarren sekuentzia ohikoena eta fabrikatzaileak gomendatzen duena hurrengoa da. Kasu honetan sekuentzia bakoitzean bobina bi daude aktibatutak eta motoreak pausu bat ematen dute.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Taula 14. Motoreak jarraitzen duen sekuentzia. Iturria: Arduino.

9.2 Gidatze Sistema

Gidatze sistema makina erreminta baten elementu giltzarria da beronen eraikuntzan. Izan ere, mugimenduaren zehaztasunean eta leuntasunean eragin zuzena du. Labainketa sistema honetan kontaktu azalera bi aurkitzen dira, bata finkoa eta bestea mugikorra. Gida eta kontra gida alegia. Kontra gida orga bezala ere ezagutzen da. Gidek bete behar duten parametro funtzionalak hurrengoak dira.

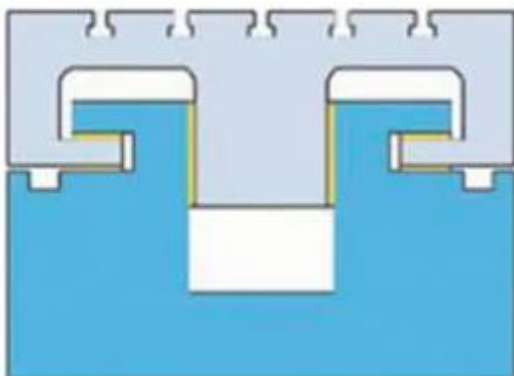
Marruskadura zenbat eta txikiagoa izan, orduan eta potentzia beharra txikiagoa izango da, beraz motore txikiagoak erabili ahal dira eta kontsumoa baxuagoa izango da. Horretaz gain erresistentea izan behar da gida, ez soilik higadurarekiko baizik eta mekanizaziotik etorritako kolpe txikiekiko baita ere.

Zurruntasuna eta doitasuna zuzenki erlazionatuta daude, zenbat eta zurruntasuna handiagoa izan orduan eta doitasuna handiagoa izango da, izan ere deformazioa txikiagoa izango da eta ebaketa ondorioz agertzen diren indar eta kargei erantzuna egokiagoa da. Deformazio txiki bat nahitaez agertzen da, kasu horretan gomendagarria da gidaren luzerarekiko jokaera simetrikoa izatea. Doitasun txikiko makinetan gidetako perdoia $80\mu\text{m}$ inguruan dabilta, doitasun handiko makinetan ordea, $5\mu\text{m}$ inguruan. Beraz, perfekzio geometrikoa beharrezkoa da.

Kontra gidek beharizan gehigarriak bete behar dituzte, esaterako:

Gidarekiko ahokadura egokia izan behar da, lortzeko normalean, kontra gida gida baino malgua eta leunagoa izan ohi da. Gidaren luzeran zeharreko mugimendua leuna lortuko da ere. Gidatze sistemak bere osotasunean ahalik eta motelgarritasunik handiena eskaini behar du, transmititutako bibrazioa ahalik eta txikiena izan dadin.

Aurrekoa kontuan hartuz, hiru gidatze sistema ezberdintzen dira. Gida hidrostatiakoak, errodadura bidezko gidak eta lubrikazio bidezko gidak.



Gida hidrostatiakoetan hauen eta kontra gida artean labaingarria injektatzen da presiopean eta era jarraituan. Labaingarriaren pelikulak lodiera nahikoa izan behar du azalaren arteko kontaktua ekiditeko uneoro. Prestazio altuko makina handietan erabiltzen da soilik, bere kostua altua bai da.

Irudia 16. Gida hidrostatiakoa. Iturria: Metalmecánica.

Errodadura bidezko gidetan kontra gidatan boladun erabiltzen dira. Boladun gidak oso erabiliak dira mugimendu leuna eta zehatza baimentzen dutelako karga arin

eta abiadura handietan. Erlatiboki ekonomikoa da, muntatzeko erraza eta mantentze gutxi behar du sistema honek. Mekanizazio zentro eta makina modernoetan erabiliak dira. Boladun irristadurak erabili beharrean rodillo motako irristagailuak erabili daitezke. Kasu honetan kargen distribuzioa uniformeagoa da baina kostua handiagoa da. Eragozpena motelgarritasunean aurkitzen da, metal-metal kontaktua ematen denez txikia da eta bizitza erabilgarria mugatuago dute.

Aztergai den makina erremintan lubrikazio limitea bidezko gida karratuak erabiltzen dira. Gida mota hauetan kontra gida gidaren zehar desplazatzen da labaingarri pelikula baten gainean, olio normallean, elementuen artean kontaktua eman daitueklarik. Labaingarria periodikoki injektatu beharra dago kontra gidan, funtzionamendu erregimena egokiena izan dadin. Nahiz eta frikzio koefizientea baxua izan abiadura moteletan stick-slip fenomeno tipikoa da. Gida karratuak direnez zurruntasun eta geldikortasunik handiena dute, bere fabrikazio ezaugarriak direla eta kontaktu azalera handiena dute. Horrek inpaktu, bibrazio eta kargekiko erresistentzia bermatzen du, desplazamendu abiadura sakrifikatuz. Aplikazio tipikoak abiadura exijentzia handirik gabeko makina konbentzionalak dira, hain zuzen ere lan honetan ikasten den makina erreminta mota. Aldiz, abiadura erregimen altuetan marruskaduragatik agertzen den beroa zehaztasunean eta gidaren bizitza erabilgarrian eragina izan dezake, hauek murriztuz. Altzairu gogortuaz daude eraikiak.



Irudia 17. Lubrikazio bidezko gida karratua. Iturria: Fama.

9.3 Aitzinamendu Eragite Sistemak

Aitzinamendu eragingailuek ardatzei mugimendua ematen diete. X ardatzerako motor linealak erabiltzen dira, ordea Y eta Z ardatzetarako boladun torlojua erabiltzen

da. Mota honetako aitzinamendua oso erabilia da errotazio mugimendua mugimendu linealean bihurtzeko soluzio tekniko bikaina delako.

Boladun torlojua torloju azkoin sisteman oinarritzen da. Beraz aipatu den bezala, torlojuaren biraketa azkoinaren mugimendu lineal bihurtzen da. Torloju eta azkoinaren arteko marruskadura bidezko higadura murrizteko, bola batzuk tartekatzen dira errodatzeko.

Motor linealek zurruntasun handia ematen dute, ardatzik ez dutelako. Boladun torlojuekin konparatuz abiadura eta azelerazio handiagoa emateko gai dira. Gidetan baino ez dagoenez kontaktua bibrazio eta higadura txikiagoak pairatzen dituzte, ez dagoelako bestelako kontaktu mekanikorik. Baina bero iturri handiagoa da eta garestiagoak dira.



Irudia 18. Boladun torlojua bidezko aitzinamendu sistema. *Iturria: Famasa.*

9.4 Ardatz Nagusiko Eragite Sistemak

Makina erreminta munduan ardatz nagusiko eragite sistemak papera oso garrantzitsua betetzen du, izan ere, erremintari ebaketa abiadura elikatzen dio eta estruktura-erreminta-pieza arteko indarren transmisio katearen parte da. Sistema hauek oinarrizko mugimendua transmititzen dute, hau da, ebaketa mugimendua transmititzen dute. Ondorioz, aitzinamendu eragingailuak baino tamaina eta potentzia handiagoa dute.

Mekanizazio prozesu bakoitzak bere karakteristika propioak izango ditu ebaketa abiadura eta aitzinapen mugimenduei dagokienez. Fresaketan, aitzinapen abiadura husilloaren norabidearekiko perpendikularra da.

Oinarrizko eragingailu mota hiru daude: Uhal edo engranaje bidezko transmisioa, akoplamendu zuzena motor eta ardatzaren artean eta sistema integratua edo elektrohusilloa. Hauen artean aukeratzeko hurrengoak kontuan hartu behar dira:

- Errendimendu orokorra, mugimendua, indarra, potentzia, pareta eta abiaduraren ikuspuntutik.
- Beroaren sorrera, hedadura eta galera.
- Bibrazioak.
- Zarata.



Irudia 19. Elektrohusilloa. *Iturria: Sanvik.*

9.5 Erreminta-Etxea

Fresaketa prozesuan ardatz nagusiko eragite sistema eta ebaketa erremintaren arteko interfazea, beste modu batean esanda, lotura erreminta-etxearen bitartez ematen da. Honen bitartez biraketazko mugimendua transmititzen zaio ebaketa erremintari. Erreminta-etxe desegoki batek dimentsioan, zehaztasunean eta kalitatean eragin zuzena izan dezake piezan eta erremintan eta husilloaren bizitza erabilgarria murriztu dezake.

Lotura bermatzen duen sistema simple eta eraginkorra da. Kasu honetan mandril-pintza-etxe-pintza sistema erabiltzen da. Hau da, mandrilean pintza-etxea kokatzen da eta honetan pintza ezberdinak akoplatu daitezke, erremintaren diametroaren arabekoak izango direlarik.



Irudia 20. Pintza-etxea eta pintzak. *Iturria: Sanvik.*

9.6 Hozte-Sistema

Ardatz nagusiko eragite sistemaren hozketa beharrezkoa da tenperaturak egonkortzeko eta bero iturriek sortutako tenperatura aldaketen bitartezko dilatazio termikoak eta hauen ondorioz agertutako erroreak ekiditeko. Hori dela eta husilloaren zehar hozte jariakinak igarotzeko kanalak daude. Helburua ardatzaren inguruan hozte zirkuitoa sortzea da. Makinak hozte-sistema itxi bat du, hozte jariakina kanpotik ponpatzen den. Horrela bero trukagailu modura lan egin dezake sistemak.

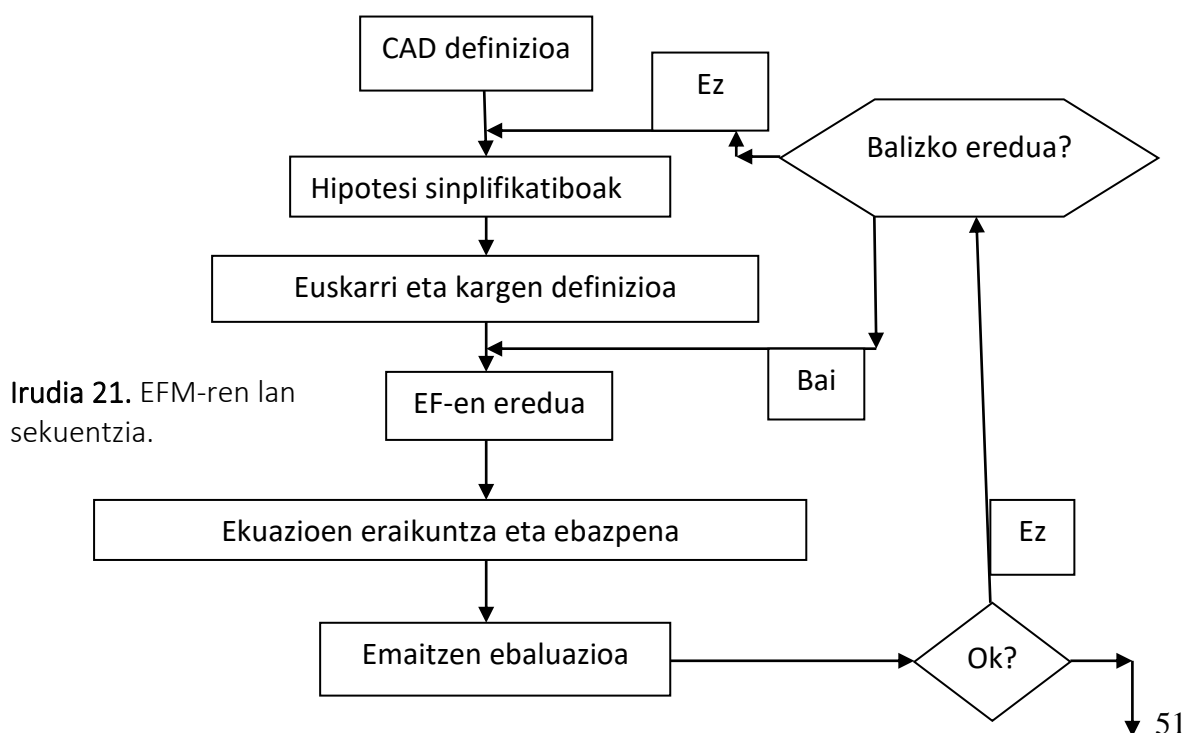
10. MAKINAREN ANALISI ESTATIKOA

Analisi estruktural estatikokoak materialen erresistentziaren ekuazioen erabilerari egiten dio men, barne-esfortzuak, deformazioak eta orokorrean estruktura batean (eraikinak, eskeletoak,...) eragina duten tentsioak aurkitu eta kuantifikatzeko erabiltzen da.

Solido baten gain karga batzuk aplikatzen direnean, solidoak deformazioa bat jasaten du eta honek solidotik transmititzeko gaitasuna du. Kanpo indarrek barne indar eta erreakzioak eragiten ditu, solidoa oreka egoera batera eraman arte.

Beraz, analisi estatiko baten bitartez, desplazamenduak, deformazio unitarioak, tentsioak eta erreakzio indarrak kalkulatu dira, karga egoera baten pean beti ere. Nabaria denez honek sistemaren eredu geometriko sinplifikatu baten eraikuntza behar du. Ingeniaritzako problema batean bat egiten duten faktore kantitatea (determinista zein probabilistikoak) izugarria da, guztiak ezagutu eta kontuan hartzea ezinezko da, ondorioz, eredu sinplifikatuaren bitartez emaitza hurbilduak lortzen dira. Zenbat eta antzekoagoak izan eredu geometrikoa eta benetako makina geroz eta gehiago hurbilduko da lortutako emaitza errealitatera, baina kostu konputazionala handiago izango da.

Aurrerantzean EFM-ren bitartez makinaren analisia burutzeko emandako pausuak azalduko dira. Behin diseinatu beharreko sistemaren CAD eredu definituta dagoela hipotesi sinplifikatiboak planteatzen dira. Ondoren sistemaren gain aktuatzen duten kargak definitu behar dira eta sistemaren euskarriak. Elementu finituen modeloaren sorkuntzaren ondoren ekuazioak eraiki eta ebatzen dira. Azkenik, lortutako emaitzak ebaluatu beharra dago. Sekuentzia hurrengoa da.



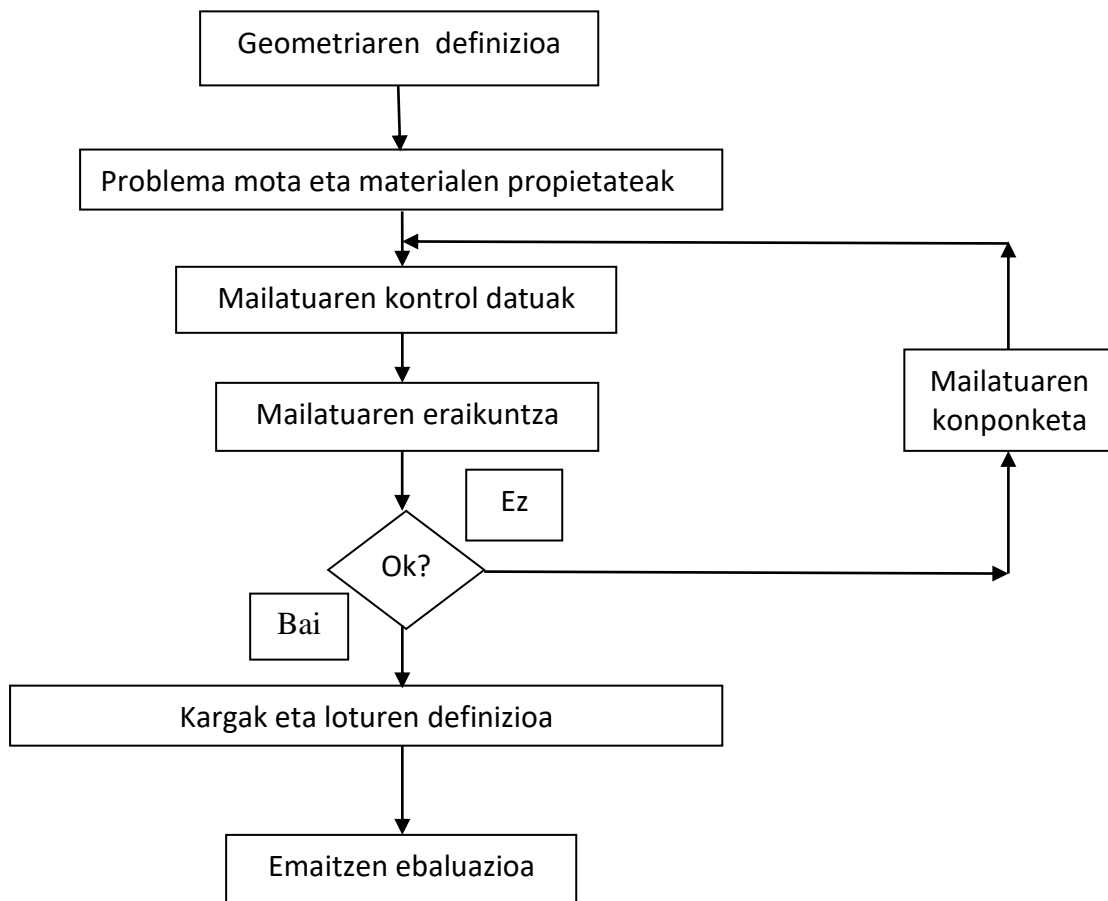
Irudia 21. EFM-ren lan sekuentzia.

EFM-ren helburu nagusia sistema mekaniko baten jarrera ikastea da, simulazioen bitartez eraikitako modeloaren erantzuna karga sistema baten pean lortzen da. Aipatutako simulazioak burutu ahal izateko datuen prestaketa eta antolaketa egokiak egin beharra dago. Hiru modulu bereizten dira, preprozesadorea, prozesadorea eta postprozesadorea.

Lehenengoaren bitartez modeloaren datuak definitzen dira, datu geometrikoak zein kargak eta lotura ezberdinak (piezen artean zein sistema-ingurune artean). Atal hau atazarik gogorrena da, izan ere modeloak milaka nodo eta elementu ditu, ondorioz zenbat eta gehiago sinplifikatu hobea.

Prozesadoreak modeloaren ekuazioak eraiki eta burutzen ditu, elementuen propietateak kontuan hartzen dira honetarako.

Postprozesadorea emaitzak ebaluatu eta interpretatzeko erabiltzen da, lortutakoaren arabera diseinua baliozkotzat emango da ala ez. Jada komentatu den moduan, emaitzak errealitatearekin gehiago edo gutxiago bat egingo dute erabilitako hipotesi sinplifikatzaileen arabera.



Irudia 22. Preprozesatzailearen ohiko estruktura.

10.1 Hipotesi Sinplifikatiboak

Modeloa burutu eta ikasteko orduan hurrengo hipotesi sinplifikatiboak hartu dira kontuan.

- Jarraitasuna. Solidoari egotzitako bolumena osoki okupatzen duela suposatzen da, ondorioz arrakala posibleak deuseztatzen dira.
- Homogeneotasuna. Materialak propietate berdinak ditu bolumena eta posizioa edozein izanda ere.
- Linealtasuna. Aplikatutako karga eta erantzunaren arteko erlazioa lineala da. Hau da, karga bikoiztuko balitz, modeloaren erantzuna (deformazio unitarioak, tentsioak, etb.) ere bikoiztuko litzateke.
- Deformazio txikiak. Estrukturaren geometriarekin konparatuz deformazioak txikiak dira eta ez dute eragin signifikatiborik estrukturan.
- Makina erremintaren benetako geometria sinplifikatu da, ez dira kontsideratu txaflanik, kontaktuak sinplifikatu dira, etb. Aurrerantzean sakontasun gehiagoz azalduko da puntu hau.
- Ebaketa erreminta, hau da fresa, ez da kontuan hartu modeloa eraikitzeke orduan. 8.4.4 atalean azalduko da hipotesia xehetasunez eta hartutako soluzioa.
- Kargak kuasiestatikoak direla suposatu da. Hau da, kargak mantso-mantso eta gradualki aplikatzen dira, ondoren konstante mantentzen dira (hau da, denborarekiko ez dute aldaketarik jasaten). Hipotesi hau kontuan hartuz, indar inertzial eta indargetze indar txikiak deuseztatzea baimentzen digu. Suposizio hau baliagarria da soilik eredu estatikoa burutzeko.
- Tenperaturaren aldaketa ez da kontuan hartzen, hau da, aldaketa termikoak ez du eraginik analisisan.

10.2 Plano Konstruktiboen Eraikuntza

Plano konstruktiboak proiektu baten irudikapen grafikoa da, bertan, eskakizun konstruktiboak azaltzen dira, hala nola aurretiko, goitiko eta albotiko bistak, bista isometrikoa, zenbait ebakidura eta neurriak eta akotazioak.

Lehenik eta behin, in-situ elementu estrukturalen datuen eskurapena eta makina erreminta osatzen duten elementu guztien zerrenda burutu da (ikus 6.atala). Gauzatzeko zinta metrikoaz eta eskuairaz baliatu da. Era berean eragingailuen datuen eskurapena eta deskribapena burutzea erabaki da (ikus 7.atala).

Arestian aipatu den lez makina erremintaren geometria sinplifikatu da. Alde batetik, makinaren mahaia edo bankadak eta zubiak dituen alaka eta arrailak ez dira kontuan hartu, azterketa estatikoan eragin txikia izango luketelako. Bestetik, eragingailuen geometria ere sinplifikatu da, izan ere motoreek duten forma aldatu da, karratuagoa eginez. Gida kontra-gidei dagokienez euren kurbadura eta erradio ezberdinak eraldatu dira, kurba bakar batean sinplifikatuz.

Hozte sistema eta erreminta-etxeak ez dira kontuan hartu planoetan. Lehenengoari dagokionez ezta eredu geometrikoan ere.

Plano konstruktiboak II. eranskinean aurkitzen dira.

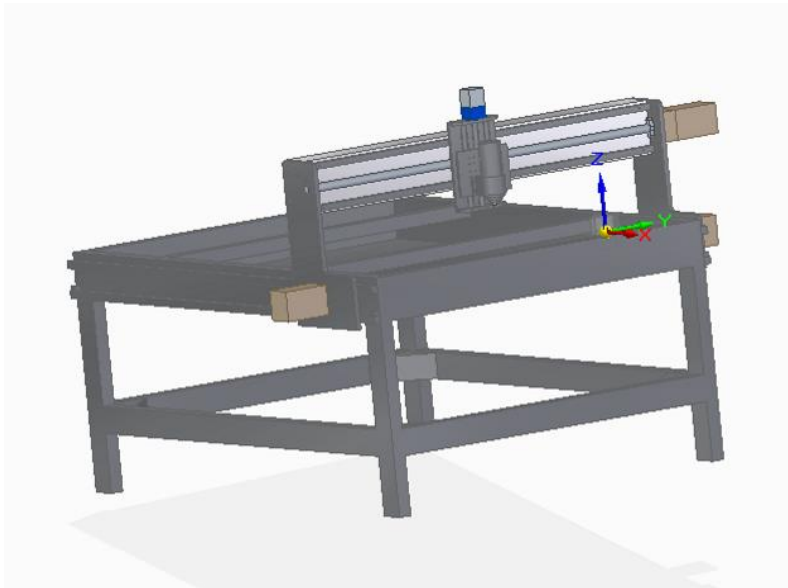
10.3 Eredu Geometrikoaren Osaketa

Makinaren modelizazioa SolidEdge programaren bitartez burutu da. Lehenik eta behin banan-banan makina erreminta osatzen duten elementuak (6.2 atalean ageri den taula erreferentziatzat hartuz) eta arestian aipatutako sinplifikazioak kontuan hartuz diseinatu dira.

Ondoren, “Conjunto” bitartez pieza ezberdinen muntaia ematen da, modelo finala eraikitzeke asmotan. Ikusiko den bezala, hiru modelo, edo beste modu batean esanda, modeloa bera hiru posizio ezberdinetan lortu da, geroago aipatutako posizioak ikasteko.

Modelizazioa multzoka burutu da, hau da, azpi konjuntuak muntatu dira konjuntu osoa muntatu baino lehen. Ondorioz, “mahaia”, “zubia” eta “kabezala” azpi konjuntuek modelo osoa osatzen dute. Izan ere hauek dira elementu estruktural nagusienak. Hurrengo lerroetan erakutsiko dira.

Modelo geometrikoa III. eranskinean ageri da. Hurrengo irudian multzoa muntatuta ikus daiteke.



Irudia 24. Eredu geometrikoan multzoa.

10.4 FEM Ereduaren Definizioa

Ansys-en CAD ereduaren inportazioa eta konponketak egin ostean ereduaren mailatuari ekin zaio.

10.4.1 Mailatua

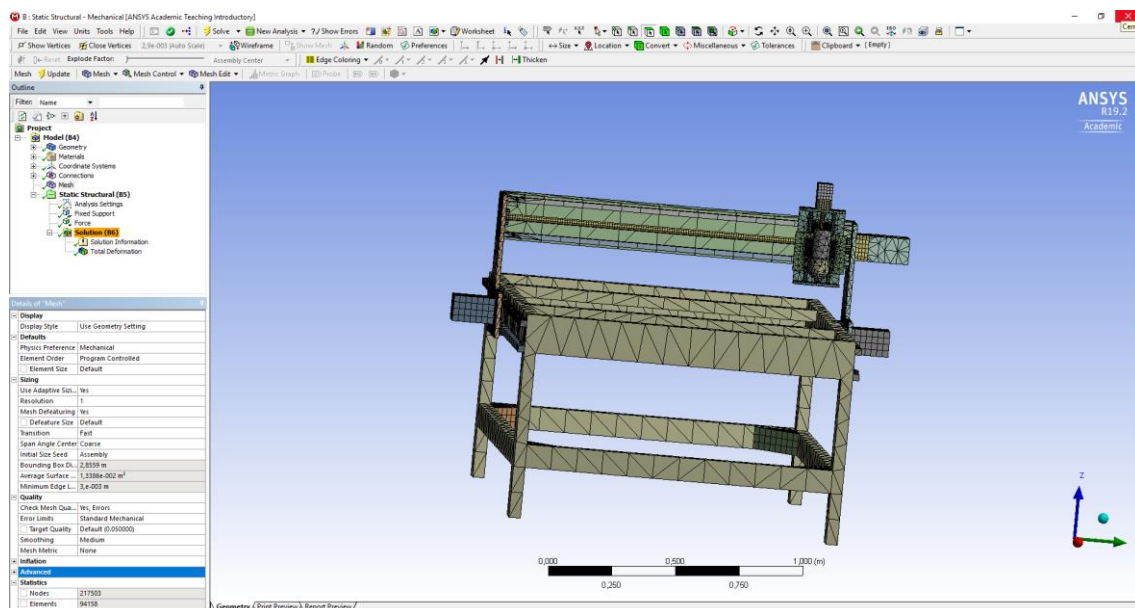
Tutorial ezberdinak eta formakuntza egin ostean mailatua burutu da, hurrengo lerroetan mailatua burutzeko eskuragarri dauden aukera ezberdinak ulertuko dira, zeintzuk erabili diren komentatu eta erabili diren elementu ezberdinak azalduko dira.

Ulertu beharreko lehenengo kontzeptua mailatu globala eta mailatu lokalaren arteko ezberdintasuna da. Lehenengoak mailatu orokorra definitzen du eredu osorako, aldiz, bigarrenak piezak indibidualki mailatzea eta mailatu horretan aldaketak egitea posiblea egiten du.

Beste oinarrizko kontzeptua mailatuaren finketa edo zehaztasuna da, zenbat eta fina edo konplexutasun handiagoa duen mailatuak orduan eta lortutako emaitzak zehatzagoak izango dira baina, aldi berean, kostu konputazionala handiagoa izango da denboran. Ondorioz, fintasuna/kostu konputazionalaren arteko konpromisua bilatzea ezinbestekoa da.

Behin oinarrizko azalpenak burutu diren aurrerantzean programak eskaintzen dituen eta era batera edo bestera erabili diren aukerak agerian utziko dira. Mailatu globalari dagokionez.

- Physics Preference: Mechanical. Tentsio eta deformazioen ikasketarako erabiltzen da nagusiki.
- Relevance. Modeloaren fintasunarekin erlazionatuta dagoen kontzeptua da hau. Balio numerikoa esleitzean dagokio (-100/+100). Zenbat eta positiboagoa izan zenbakia orduan eta finagoa izango da mailatua, hau da, elementuak txikiagoak izango dira.
- Relevance Center. Coarse/Medium/Fine aukeren bitartez mailatua oraindik gehiago errefinatu daiteke.
- Element Size. Elementuek izan dezaketen gehiegizko tamaina ezartzeko. Tamaina uniforme esleitzeko ezberdin zero den balio bat ezarri behar da.
- Smoothing. Elementuaren kalitatea hobetzeko aukera (Low/Medium/High).
- Use Advanced Size Function.
 - On Curvature. Aurpegi kurbadura kontuan hartzen da, hau da, kurbetan angelu minimoa esleitzen zaio. Zenbat eta angelua handiagoa izan, orduan eta kurbadura txikiagoa izango da eta ondorioz errefinamendu txikiagoa.
 - On Proximity. Ertz inguruko zela kopurua definitzeko. Zenbat eta zenbaki handiagoa esleitu orduan eta fintasun handiagoa lortzen da.
 - On Fixed. Elementu kopuru maximo eta minimoa definitzeko erabiltzen da.



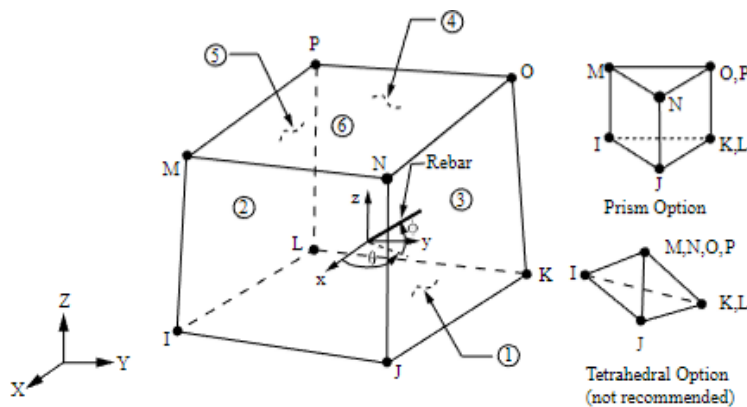
Irudia 25. Mailatu globalerako Ansys-ek baimentzen dituen komandoak.

Mailatu lokalari dagokionez hiru metodo ezberdin erabili dira. Aplikatzeko lehenik eta behin gorputza aukeratuta izan behar da.

- Method.
 - Tetrahedrons. Defektuz agertzen den aukera da.
 - Hex Dominant. Mailatu hexaedrikoa izateko.
 - Sweep.
 - Multizone. Mailatua uniformea izateko.
- Sizing. Geometria konkretu bati elementuen tamaina finko bat definitzeko.
- Contact Sizing. Kontaktu gunetan elementuen tamaina kontrolatzeko.

Programa honen lizentziak dituen murrizketak direla eta mailatuaren tamainarekin etengabe jokatu behar izan da, izan ere, mailatua defektuz definitzean 477620 nodo eta 233068 elementu eraikitzen ziren. Konpilatu ahal izateko nodo kopurua 255000-ra murriztu behar izan da.

10.4.1.1 Erabilitako Elementu Ezberdinak



Irudia 26. Solid65 elementua.

Estruktura tridimentsional solidoak modelatzeko erabiltzen den elementua **Solid65** da. hiru a.g. dituen, zortzi nodo eta material beraren propietateen bitartez definitzen da. Presiopean arrakalak izateko, konpresiopean zanpatzeko, deformazio handiak eta "creep" fenomenoak jasateko, etb. errepresentatzeko

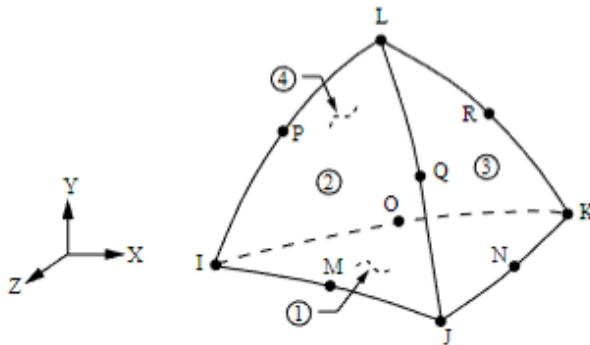
baliagarria da.

Aipatutako a.g.-ak X, Y eta Z norabideetan definitzen dira hurrenez hurren eta sartu beharreko nodoak (I, J, K, L, M, N, O eta P) dira. Materialari dagokionez isotropikoa izan ohi da. Eta beronen orientazioa elementuaren sistema koordinatuaren bi angeluen bitartez definitzen da. Beste alde batetik, karga nodal atalean karga egoera definitzen da. Hau da, presioak azalera karga moduan adieraz

daitezke elementuaren aurpegi batean kokaturik. Presio positiboak elementuaren gain jokatzen dutelarik.

Solid187 elementuaren bitartez CAD sistematik eratorritako geometria konplexuak diskrezitatu daitezke. Maila goreneko elementu solido tetraedrikoa da hau. Hiru a.g. dituen (X, Y eta Z), hamar nodo (I, J, K, L, M, N, O, P, Q eta R) eta material beraren propietateen bitartez definitzen da. Elementu honek desplazamendu koadratikoko jarrera du eta mailatu irregularretara egokitzen da.

Nodoak ez ezik, sarrera datuak material anisotropiko edo ortotropoen propietatean definitzen ditu. Materialaren erreferentzia atalean, material linealaren propietateetan agertzen den deskripzioaren arabera elementuaren koordinatu sistema definitzen da. Beste alde batetik, aurreko elementuan gertatzen zen moduan karga nodal atalean karga egoera definitzen da. Kasu honetan ere, presioak azalera karga moduan adieraz daitezke elementuaren aurpegi batean kokaturik. Presio positiboak elementuaren gain jokatzen dutelarik.

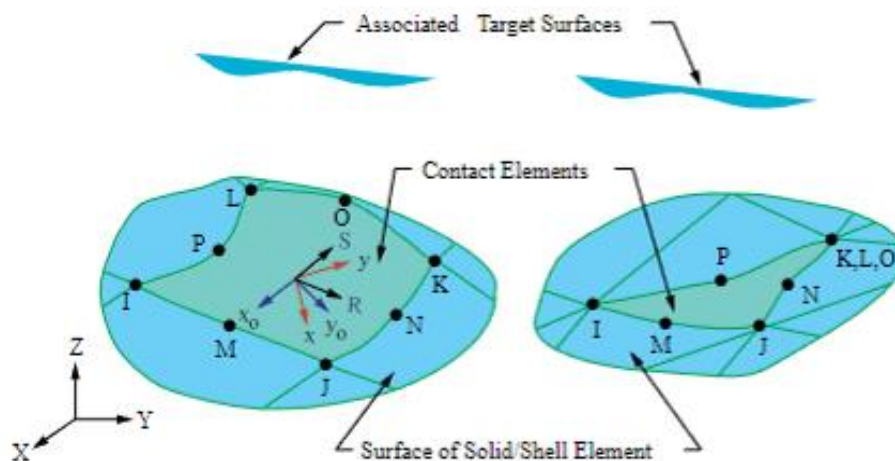


Irudia 27. Solid187 elementua.

Azalera tridimentsional deformagarrien artean kontaktua irudikatzen **Conta174** elementu erabili ohi da. Kasu honetan ere, bai kontaktu orokorra zein pareetan oinarritutako kontaktu mota erabili daiteke. Azkenengo kasu honetarako TARGE-170-n definitutako 3D-ko helburua elementuaren arabera definitzen da. Aldiz, kontaktu orokorreko kasuan helburua azalera CONTA174 elementuaren bitartez defini daiteke. Aipatu beharra dago modelo berean bi kontaktu mota hauek definitu daitezela. Gainera, pareetan oinarritutako mota kontaktu orokorrean oinarritutakoa baino efizienteago da.

Elementuen artean frikzioa baimenduta dago, esfortzu kortantearen ondoriozko marruskadura, Coulomb-en marruskadura (material isotropikoaren kasuan marruskadura koefiziente bakarra definitu behar da eta materiala anisotropikoa bada bi koefiziente definituko dira) edota eskuz inposatutako marruskadurak definitzea posiblea da.

Kasu honetan erabiltzen diren nodoak zortzi dira: I, J, K, L, M, N, O, eta P.



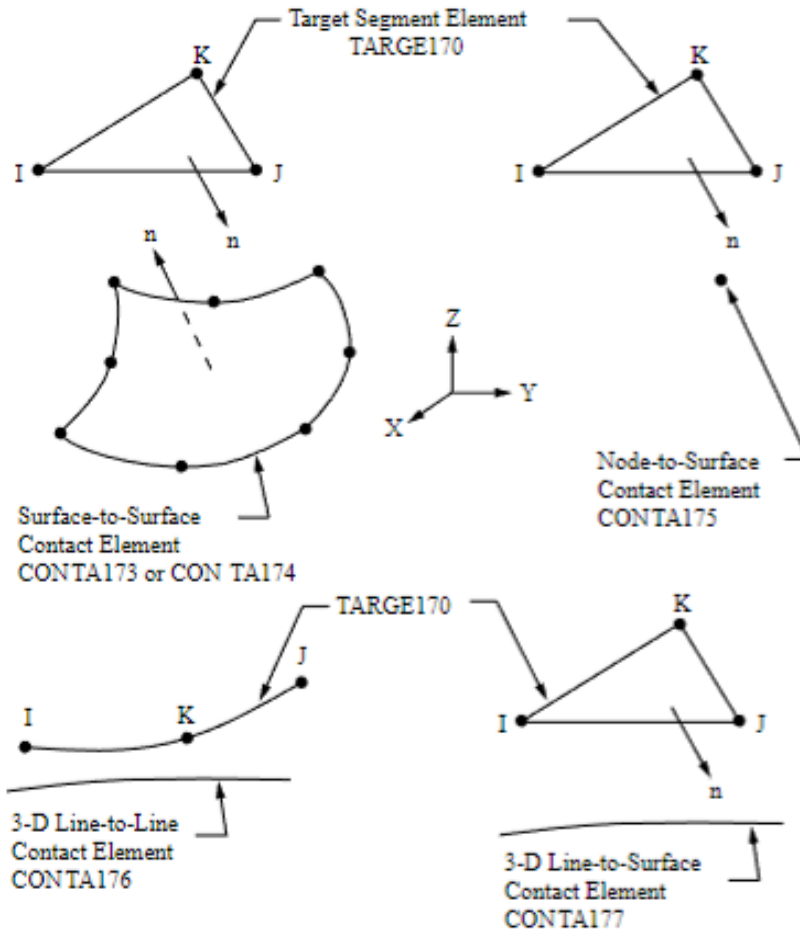
Irudia 28. Conta174 elementua.

Jomuga moduan kontsideratzen diren azaleretan kontaktu elementuak irudikatzeko erabiltzen den elementua **Targe170** bezala ezagutzen da. Kasu honetan kontaktu elementuak elementu solidoei gainjartzen zaie, gorputza deformagarria bada eta definitutako azalera helburuarekin (Targerekin) kontaktuan badaude beti ere.

Helburua den elementuan edozein desplazamendu inposa daiteke, hau da, translazioa, errotazioa,... era berean indarrak eta momentuak inposa daiteke.

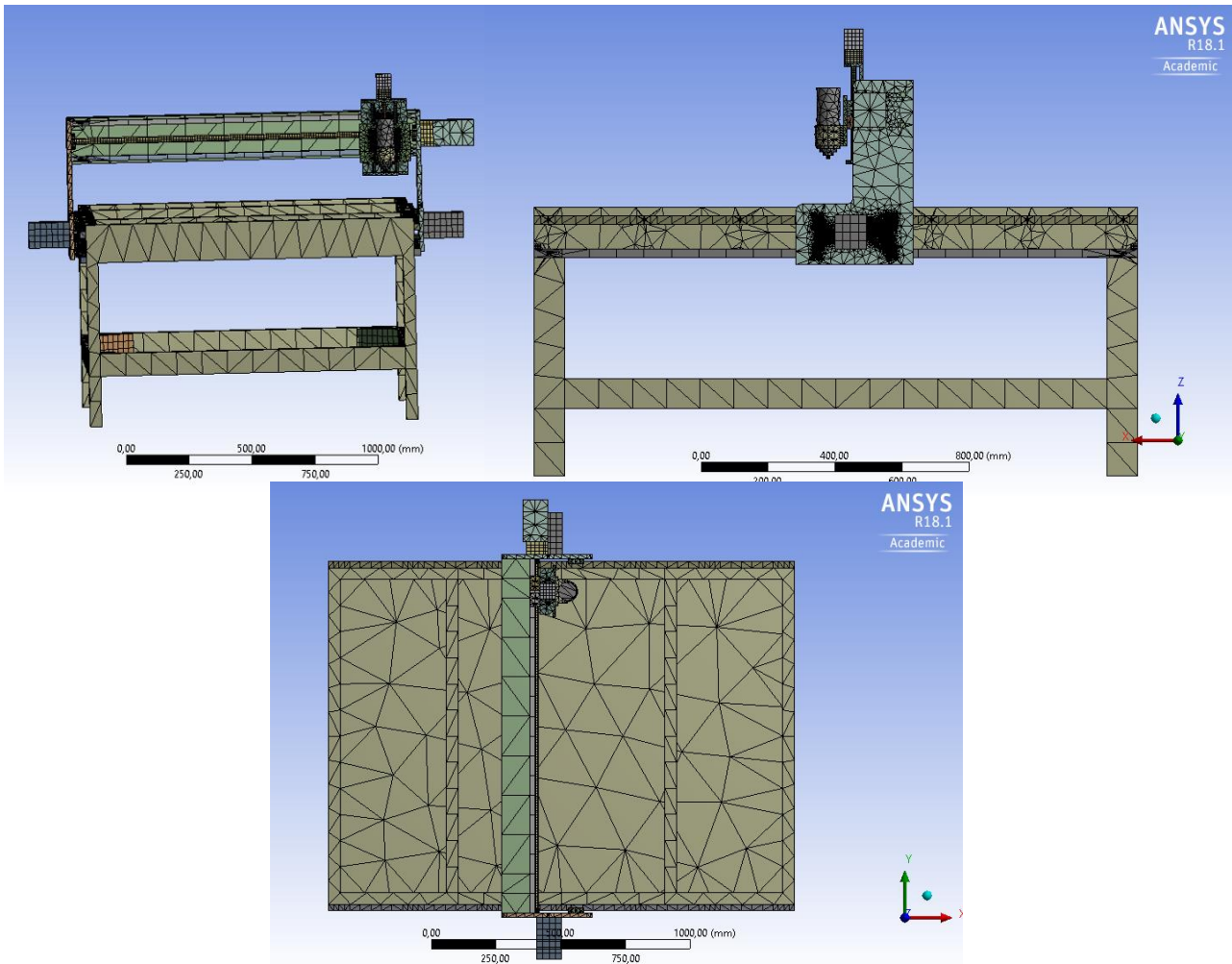
Kontaktuaren definizioa egokia izan dadin Targe objektuaren nodoen ordenak garrantzia du, hau da, ordena egokia izan behar da definizioak balio dezan. Beraz, arlo hau arlo kritikoa da. Kontakto orokor bat definitzean GCGEN komando lanean sartzen da eta honek automatikoki kontaktuen generazioa egiten du, elementu bakoitzari ID bat atxikituz. Modelo beran bestelako kontaktu motak ageri daitezke, paretan oinarritutako kontaktu motari erreferentzia egiten da hemen.

Orokorrean definitzen diren nodoak I, J, K, L, M, N, O, eta P dira, baina kasu honetan kontuan eduki behar da J eta P nodoak ez direla beharrezkoak definitutako kontaktu mota guztietan.



Irudia 29. Targe170 elementua.

Nodoetan murrizketa zinematikoak ezartzeko MPC184 elementua dago. Honek, “murrizketa elementuak” edota “lotura elementuak” moduan sailkatzen ditu elementu ezberdinak. Murrizketa zinematikoak bi erataraz defini daitezke, ezabapen zuzeneko metodoa edota Lagrangeren biderkatzaile metodoa. Lehenengoaren bitartez barne ekuazioak sortzen dira eta hauen bitartez askatasun graduak ezabatzen dira. Bigarren metodoarekin aldiz, murriztapenak Lagrangeren biderkatzaileen bitartez lortzen dira eta ondorioz ez dira a.g-ak ezabatzen. Bigarren metodo hau baliagarria da soilik lehenengo metodoa ezin denean erabili.



Irudia 30. Makina erremintaren mailatua.

10.4.2 Bolumen Arteko Loturen Ikasketa Eta Definizioa

Bolumen arteko konexioak ikasterako orduan, bi kontaktu mota hartu behar dira kontuan, alde batetik gorputz malguetarako “Contact” mota eta bestetik gorputz zurruntarako “Join” aukera. Bestetik, konexio ezberdinak hurrengoak dira.

- Bonded. Ez du baimentzen ez banantzea ez labaintzea gorputzen artean.
- No Separation. Ez du baimentzen banantzea baina bai labaintze txikiak gorputzen artean.
- Frictionless. Banantzea eta labainketa librea baimentzen da. $\mu=0$.

- Rough. Kontaktuan dauden azalerak labaindu dezakete, $\mu_r = \infty$ baldin bada, ez dago labainketarik.
- Forced Frictional Sliding. Bakarrik labainketa baimentzen da, ez da kontuan hartzen ebakitzaila (τ).
- Frictional. μ_r existitzen da. Ebakitzailaren magnitude edo kopuru konkretu bat jasateko gai dira labainketa hasi aurretik. Frikzio koefizientea 0-0,2 balio tartean mugitzen bada lortutako soluzioa lineala da eta bere konbergentzia errazten da, hori da hain zuzen ere atal honetan egindako sinplifikaziorik nagusia.

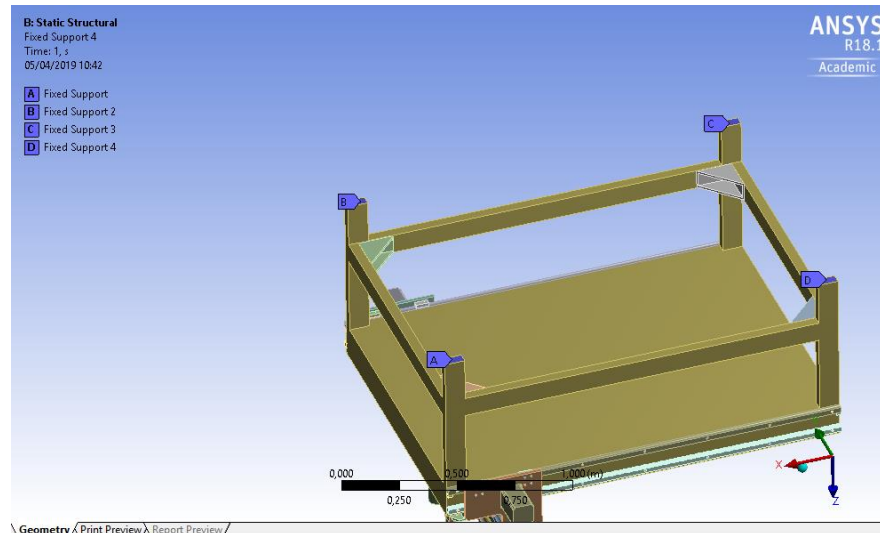
IV. eranskinean lotura guztiak biltzen dituen taula ageri da.

10.4.3 Euskarrien Definizioa

Hurrengo euskarri motak definitu daitezke.

- Fixed. Soluzio prozesuaren bitartez finkatutako elementuen nodoak ezin dira mugitu.
- Displacement. Hautatutako edozein ardatzean mugimendu librea baimentzen da, desplazamendua aukeratutako aurpegian ematen delarik.
- Remote Displacement. Mugimendua aplikatzen den jatorri puntua aukeratzean datza.
- Frictionless Support. Hautatutako edozein aurpegiri beronen planoari dagokion noranzkoan mugitzea behartzen zaio. Hau da, euskarria ezin da desplazatu aukeratutako aurpegiarekiko perpendikularki.
- Elastic Support. Gainditua izan daitekeen zurruntasun bat existitzen da, kasu horretan euskarriak mugituko lirarteke. Hau da, malguki moduan jokatzen du euskarriak.

Aplikatutako kasuan, alde batetik, modeloak plano konstruktiboekin bat egin dezan eta bestetik, fresaketa prozesuan ematen diren indarrak kabezalean kontzentratzen direla gehien bat, eta ondorioz, bankadak jasaten dituen tentsio eta deformazioak txikiak direla suposatu ondoren makinaren hankak landatuak daudela kontsideratu da. Beraz, hanken oinarriek ezin dute desplazamendurik/mugimendurik jasan.



Irudia 31. Fixed Support euskarri mota.

10.4.4 Karga Motak

Karga mota ezberdin bi aplikatu daitezke modeloaren gain, karga inertzialak eta karga indibidualak hain zuzen ere. Lehenengoak, azeleraziozko edota grabitatezko kargak dira eta modelo osoari aplikatzen eragiten diete. Bigarrenak aldiz, indibidualki aplikatzen dira eta hurrengoak izan ahal dira.

- Pressure. Azalera baten gain aplikatzen dira.
- Force. Ertz, azalera edota lerro baten gain aplikatu daitezke. Indar puntual moduan kontsideratzen dira hauek.
- Remote Force. Aurreko motatako karga bezala aplikatzen da, baina kasu honetan ez du aplikatutako azalera egon beharrik.
- Torque. Azalera baten puntu batean aplikatzen den karga kasua da hau.
- Pressure Line. Aplikatutako karga presio lerro ez puntual baten gain aplikatzen da, hau da, ertz oso baten gainean aplikatzen da.

Arestian aipatu den moduan, ebaketa erreminta edo fresa, ez da kontuan hartu modeloa eraikitzeke garaian. Ondorioz, F_x , F_y eta F_z karga unitarioak (1N-eko baliodunak) aplikatu ahal izateko kabezalean masarik gabeko eta zurruntasun infinituko elementua eraiki da.

Datorren taulan lortutako deformazioen balio numerikoa eta ardatz bakoitzeko zurruntasuna posizio ezberdinetarako ageri da.

Posizioa	X (1N)	Rx (N/ μ m)	Y (1N)	Ry (N/ μ m)	Z (1N)	Rz (N/ μ m)
1 Landatu	5.33 ¹⁰⁻⁸	18,76	-	-	-	-
1 Landatu	-	-	7.95 ¹⁰⁻⁸	13,07	-	-
1 Landatu	-	-	-	-	3.97 ¹⁰⁻⁸	25,19
1 S. Eutsi	6.77 ¹⁰⁻⁸	14,77	-	-	-	-
1 S. Eutsi	-	-	8.74 ¹⁰⁻⁸	11,44	-	-
1 S. Eutsi	-	-	-	-	4.48 ¹⁰⁻⁸	22,32
2 Landatu	4.24 ¹⁰⁻⁸	23,58	-	-	-	-
2 Landatu	-	-	7.84 ¹⁰⁻⁸	12,75	-	-
2 Landatu	-	-	-	-	3.12 ¹⁰⁻⁸	32,05
2 S. Eutsi	5.51 ¹⁰⁻⁸	18,14	-	-	-	-
2 S. Eutsi	-	-	9.64 ¹⁰⁻⁸	10,37	-	-
2 S. Eutsi	-	-	-	-	4.92 ¹⁰⁻⁸	20,32
3	4.92 ¹⁰⁻⁸	20,32	-	-	-	-
3	-	-	8.23 ¹⁰⁻⁸	12,15	-	-
3	-	-	-	-	3.12 ¹⁰⁻⁸	32,05
4	4.47 ¹⁰⁻⁸	22,37	-	-	-	-
4	-	-	7.72 ¹⁰⁻⁸	12,95	-	-
4	-	-	-	-	4.17 ¹⁰⁻⁸	23,98
5	5.01 ¹⁰⁻⁸	19,96	-	-	-	-
5	-	-	7.80 ¹⁰⁻⁸	12,82	-	-
5	-	-	-	-	4.15 ¹⁰⁻⁸	24,09
6	4.57 ¹⁰⁻⁸	21,88	-	-	-	-
6	-	-	7.83 ¹⁰⁻⁸	12,77	-	-
6	-	-	-	-	3.92 ¹⁰⁻⁸	25,51
7	4.85 ¹⁰⁻⁸	20,61	-	-	-	-
7	-	-	7.95 ¹⁰⁻⁸	12,57	-	-
7	-	-	-	-	3.86 ¹⁰⁻⁸	25,90
8	5.34 ¹⁰⁻⁸	18,72	-	-	-	-
8	-	-	7.57 ¹⁰⁻⁸	13,21	-	-
8	-	-	-	-	4.06 ¹⁰⁻⁸	24,63
9	4.92 ¹⁰⁻⁸	20,32	-	-	-	-
9	-	-	7.92 ¹⁰⁻⁸	12,62	-	-
9	-	-	-	-	3.88 ¹⁰⁻⁸	25,77

Taula 15. Deformazioa eta zurruntasuna.

V.eranskinean emaitzak grafikoki ageri dira. Lehenik eta behin ingurumen baldintzei erreparatu behar zaie. Arestian aipatu den bezala, hasiera batean ingurumen baldintza ezberdin bi konparatu dira, euren emaitzetan ematen diren ezberdintasunak ikusteko asmoarekin. Gogoratu beharra dago aplikatutako ingurumen baldintzek garatu eta ebatzi beharreko ekuazio diferentzialetan influentzia dutela, ekuazioak osatzen duten elementuetan eragin zuzena dutelako.

Emaitzei erreparatuz, ikusi da orokorrean aplikatutako indarra (0,1,0) norabidea jarraitzen duenean deformazio kritikoenak agertzen direla. Aldiz, (0,0,1) bektoreaz

aplikatzen denean karga deformazio txikiak ematen dira. Makinaren zubiak portiko bat bezala jokatu du. Beraz, bi zutabe eta habe batez dagoela osatuta suposatuta daiteke. Hori horrela izanda, honek norabide bi izango lituzke, indartsua eta ahula, hain zuzen ere. Azkenengo hau, X norabidearekin bat egiten du eta lehenengoak Z norabidearekin bat. Beraz, norabide hauetan ematen diren deformazioak ezberdinak izango dira eta Z norabidean txikiagoak, ikus daitezenez emaitzekin bat egiten du honek. Bestetik, Y norabidean ematen dira deformazio handienak, eta zutabeen karakteristikak direla eta (euren lodiera altueraren magnitudearen hamarrena baino txikiagoa da) horma meheko perfil irekiak bezala kontsideratu daitezke. Hanean ematen diren esfortzuak trakzio/konpresiokoak dira, baina, zutabeetan ebakiduragatik sortutako tentsio tangentialak eta deformazioak ageri dira, hauek magnitudean handienak izanik. Erreferentzia gisa, norabiderik ahulenaren zurruntasuna hartuko da, eta balio numeriko bakarra izateko, norabide bakoitzeko zurruntasunaren batezbesteko aritmetikoa hartu ez gero, hurrengo konparaketa egin daiteke:

- $R_x(\mu\text{m})=20,72=\%162,38$
- $R_y(\mu\text{m})=12,76=\%100,00$
- $R_z(\mu\text{m})=26,57=\%208,26$

Zubiarekin jarraituz, kontsideratu genezake honek habe landatu baten moduan jokatu duela. Jada komentatu denez hasierako lehenengo bi posizioetan bai landatua bai sinpleki eutsita dagoela habea suposatuta da, konparaketa egiteko asmoz. Espero zen bezala, habea sinpleki eutsita dagoela imajinatzean lortzen diren deformazioak handiagoak dira, hau da, gezi maximoa handiago da. Era berean ez da gauza bera kabezala posizio batean edo bestean egotea, deformazioak ezberdinak direlako, bai magnitude zein proportzioan. Hurrengo taula baliatuz errazago ikusten da.

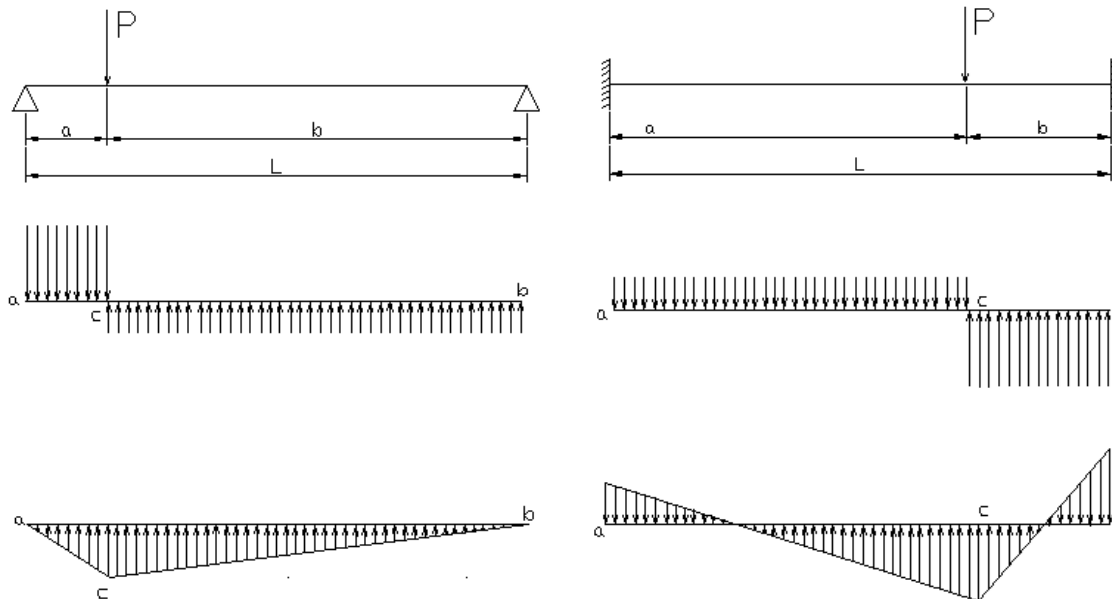
Posizioa	X (1N)	Aldea(%)	Y (1N)	Aldea(%)	Z (1N)	Aldea(%)	Guztizko (%)
1 Landatu	$5.33 \cdot 10^{-8}$	-	$7.95 \cdot 10^{-8}$	-	$3.97 \cdot 10^{-8}$	-	100 (erreferentzia)
1 S. Eutsi	$6.77 \cdot 10^{-8}$	27,01	$8.74 \cdot 10^{-8}$	9,9	$4.48 \cdot 10^{-8}$	12,8	16,57
2 Landatu	$4.24 \cdot 10^{-8}$	-	$7.84 \cdot 10^{-8}$	-	$3.12 \cdot 10^{-8}$	-	100 (erreferentzia)
2 S. Eutsi	$5.51 \cdot 10^{-8}$	29,9	$9.64 \cdot 10^{-8}$	23,2	$4.92 \cdot 10^{-8}$	58,1	37,07

Taula 16. Euskarrien eragina deformazioan.

Loturei dagokionez, landatuak erabiltzen direnean mahaian ematen diren deformazioak txikiagoak dira eta makinaren bestelako piezetan duen hedapenean ere influentzia dauka. Teorikoki hurrengo azterketa burutu daiteke sinpleki eutsita dagoen edota landatuta dagoen habe bien arteko deformazioan karga baten pean. Edozein P kargapean dagoen habe bi daude, lehenengo sinpleki eutsita eta bigarrena landatua. Lehenik eta behin esfortzu ebakitzailen eta momentu momentuen diagramak kalkulatu dira. Ondoren, ingurumen baldintzak aplikatzen dira, hauek direlarik:

- Sinpleki eutsita dagoen habean:
 - Muturretan (a eta b) gezia nulua da.
 - Biraketa angelua eta gezia c-n berdina izan behar da.
- Habe landatuan:

- Gainezarpenaren teorema aplikatzen da.
- Elastikaren ekuazioa lortzen denean nahi den koordinatuaren distantzia ordezkatzeko da bertan.



Irudia 33. Sinpleki eutsitako habea vs habe landatua.

Ondorioz, lortzen den gezi maximoa hau da:

- Sinpleki eutsita dagoen habean: $d_{\max} = (Pb(L^2 - b^2)^{3/2}) / (9(3^{1/2})LEI)$
- Habe landatuan: $d_{\max} = 2Pa^3b^2 / (3EI(L+2a)^2)$

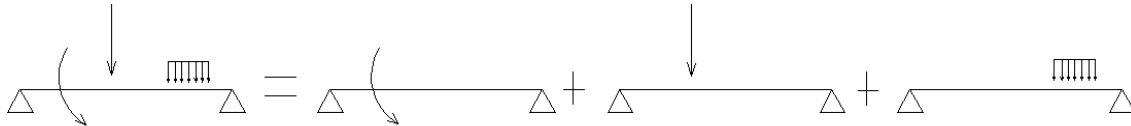
Aurreko ekuazioetan balio numerikoak ordezkatu ez gero, ikus daiteke lehenengo kasuan ematen den gezi maximoa handiago dela. Honek bat egiten du esperimentalki lortutako emaitzekin.

Esan beharra dago, posizio ezberdinetan lortutako balio numerikoak antzerakoak izan direla, ezin delarik patroiz zehatz bat aurkitu, dena den posizioaren arabera deformazioak duten distribuzioa eta garapena ikusteko baliogarriak dira. Amaitzeko gogoratu beharra dago hau hurbilpen bat dela eta egindako hipotesiek eta sinplifikazioek azkenengo emaitzan eragina dutela.

Tentsioei so eginez, tentsiorik handienak Y norabidean aplikatzen denean indarra ematen dela ikusten da. Deformazioekin gertatzen den bezala ez da erraza patroiz zehatz bat aurkitzea posizio ezberdinetako emaitzak euren artean era eraginkor batean konparatzeko.

Dena den, tentsioen ikasketa egin ahal izateko eta hauen ideia nagusi bat edukitzeko gainezarpen printzipio aplikatuko da. Demagun P_1 kargapean dagoen estruktura bat. Honek, esfortzu, tentsio eta deformazio batzuk eragiten ditu. Demagun orain beste P_2 karga aplikatzen dela, horen ondorioz, beste esfortzu, tentsio eta

deformazioak agertzen dira. Gainezarpen printzipioaren arabera, esturktura bi sistemen batura den kargapean (P_1+P_2) jartzen bada, sortutako esfortzu, tentsio eta deformazio erresultanteak eta aurreko bi sistema isolatuek eragindako esfortzu, tentsio eta deformazioen batura berdina da.



Irudia 34. Gainezarpen printzipioa.

Puntu bateko tentsio egoerak onargarriak diren edo ez jakiteko hutsegite teoriak erabiltzen dira. Esturktura baten elementu batek era askotara hutsegini dezake, baina azterketa estatikoa burutu denez, ez dira kontuan hartuko esate baterako, hutsegite dinamikoak, “creep” fenomenoak ezta gilborduragatik hutsegitea. Hutsegite teoria estatikoen barnean bi kategoria ezberdintzen dira, hausturagatik hutsegitea eta deformazio plastikoagatik hutsegitea. Kasu honetan, makina material harikorrez osatuta dago gehien batean (altzairua eta aluminioa), ondorioz, bigarren kategorian aurkituko litzateke beronen hutsegitea. Irizpide bezala Von-Mises-en teoria hautatu da. Izan ere, teoria honek beste teoriekin konparatuz (adibidez, Trescaren teoria), tentsio egoera triaxial batean, hiru tentsio nagusien influentzia hartzen du kontuan. Irizpidearen arabera, tentsio egoera orokor baten menpean dagoen puntu batean akatsa emango da, puntu horren distortsio energia bolumen unitateko trakzio saiakuntzan lortutako baino handiago bada. Hau da, Von-Mises-en tentsio baliokidea isurpen tentsioa (σ_f) baino handiagoa edo berdina baldin bada, hutsegitea ematen da. Aluminioaren kasuan isurpen tentsioa 310Mpa inguruan kokatzen da.

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2}{2}}$$

Irudia 35. Von-Mises-en tentsio baliokidea.

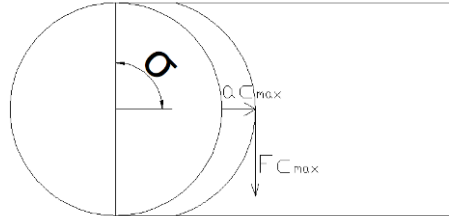
Posizioa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ_{bal} (Pa)	6317,2	8244,0	8844,3	6718,1	6445,8	5652,7	7354,6	6085,3	7193,9
Isurpen tentsio(%)	0,0030	0,0039	0,0042	0,0031	0,0030	0,0027	0,0035	0,0028	0,0034

Taula 17. Tentsio baliokidea posizio ezberdinetarako.

Emaitzei erreparatuz, ikus daiteke tentsiorik altuenak muturreko posizioetan ematen direla, hauetako bat (3. kokapena) posizio kritikoena delarik. Ateratako tentsio baliokideak materialaren isurpen limitearekin konparatuz oso txikiak dira (35000 aldiz txikiagoak). Kontuan eduki behar da aplikatutako indarra unitarioa izan dela eta errealtatean ordena handiagoko indarrak sartzen direla jokoan.

Bukatzeko, ikusiko da benetako kasu baten aurrean gutxi-gora behera zenbateko indarrak eta deformazioak eman daitezkeen. Hurrengoak suposatuz:

- Materiala: Zura (haritza).
- Ebaketa energia espezifikoa $P_s=1255 \cdot a_c^{-0,25}$ (N/mm²).
- Iraganaldi sakonera $a_p=2$ (mm).
- Txirbil lodiera $a_c=f_z \cdot \sin(\sigma) \cdot \sin(Kr)$. Non $Kr=45^\circ$.
- Erreminta D3 eta hortzeko aitzinapena $f_z=0,277$ (mm/hortz).



Irudia 36. Mekanizazioan emandako indarra eskematikoki.

Beraz, aurreko balioak eta $F_c=P_s \cdot S_c=P_s \cdot f_z \cdot \sin(\sigma) \cdot \sin(Kr) \cdot a_p / \sin(Kr)$ (N) erlazioa kontuan hartuz, hurrengo balio lortzen da. $F_c=1225 \cdot 0,29 \cdot 2 \cdot 1,4142=1020N$.

Hau da, 510N-eko indarra lortu da. Arestian aipatu den moduan, eraikitako modelo lineala da, ondorioz, indar honekin lortuko liratekeen deformazioak hirugarren posizioan, posizio kritikoenean, hauek dira:

Posizioa	X(1020N)	Y(1020N)	Z(1020N)
Deformazioa	$5.01 \cdot 10^{-5}$	$8.39 \cdot 10^{-5}$	$3.18 \cdot 10^{-5}$
σ_{bal} (MPa)	19.37		
Isurpen tentsio(%)	9.88		

Taula 18. Deformazioak eta tentsioak balio errealarekin.

Aurreko taulan ikusten den moduan, lortutako tentsioa isurpen tentsiotik oso urrun dago oraindik. Nahiz eta egindako kalkuluak hurbilpenetan oinarritu diren makina gain dimentsionaturik dagoela baieztatu daiteke.

11.MEKANIZAZIOA. DENBORAREN ANALISIA

Mekanizazio prozesu orotan oso garrantzitsua den analisia mekanizazio-denboraren kuantifikatzea da. Izan ere, besteak beste, honen arabera prozesu bat errentagarria izango da edo ez. Erreminta motaren arabera mekanizazio parametroak aldatzen dira, ondorioz mekanizazio denborak ere aldatuko dira. Aspire programak mekanizazio prozesuak aurrera eramateko beharrezkoa den denbora kalkulatzeko parametro bat erabiltzen du. Parametro hau erremintaren arabera aldatu daiteke. Atal honetan aipatutako parametroa kalkulatu da, kalkulu teorikoetatik abiatuz. Kalkulu teorikoak bateratzeko asmoz froga esperimentalak egingo dira. Lehenago sistemak egiten dituen interpolazioen fundamentu teorikoak eta funtzionamendua azalduko da.

11.1 Fundamentu Teorikoak

Arestian aipatu den moduan aztertutako makina erremintak 3 askatasun gradu ditu. Luzetarako mugimendua (X ardatzean zehar), zeharkako mugimendua (Y ardatzean zehar) eta mugimendu bertikala (Z ardatzean zehar). Aitzinapen mugimendu orok aztertzekeo ibilbide kasu ezberdinak planteatuko dira. Planteamenduarekin hasi baino lehen azalpen teorikoa plazaratu beharra dago.

Software-hardware-en arteko komunikazioa bi elementutan sustatzen dela kontuan hartu behar da, alde batetik seinale elektrikoak eta bestetik sistema mekanikoa.

Seinale elektrikoek dagokienez ere bi klase ezberdin bereizten dira. Lehenengoa pulsutan zatitutako seinalea da, honek motorearen desplazamendua eragingo luke. Bigarren seinaleak ardatzean zehar motoreak jarraitu beharreko norabidea agintzen du. Arestian aipatu den moduan step-by-step motoreetan hauen errotazio mugimenduaren handipena pulsu zenbaki konkretuen bitartez kontrolatzen da. Ondorioz, errotazioaren handipen bakoitzak luzera txikiko desplazamendua eragiten du. pulsu/distantzia arteko erlazioa definitzea beharrezkoa da, erresoluzioaren bitartez egingo da hau.

$$\text{Resolución (mm/pulso)} = \frac{\text{Paso del husillo (mm/revolución)}}{\text{Pulsos por vuelta (pulsos/revolución)}}$$

Irudia 37. Motoreen erresoluzioa.

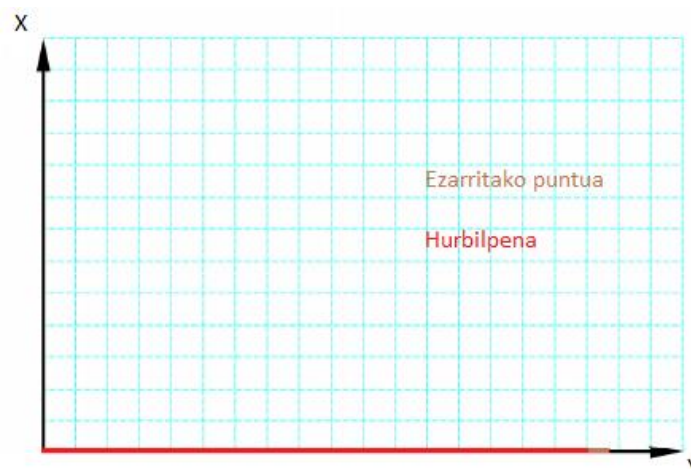
Pultsu elektriko bat transmititzen denean motorearen mugimendu zirkularra ematen da hasiera batean. Husilloaren pausuak motorearen ardatzaren buelta oso baten ondorioz desplazamendu lineala definitzen du (mm/bira). Buelta oso bat emateko beharrezkoak diren pultsu kopurua “pulsos por vuelta” bitartez definitzen da (pultsu/bira). Ondorioz pultsu serie bat dago, guztiak berdinak, eta hauek motorearen ardatzak biratuko dituen gradu kopurua determinatzen du eta mugimendu hau beste motatako mugimenduan transformatuko da, mugimendu linealean alegia.

Ardatzetan zeharreko desplazamendua definitzen duen seinalearen iraupena aurre determinatuta dagoenez desplazatutako distantziak konkrituak dira. Ardatzen mugimendua kontrol sistemaz dago kontrolatuta eta honen bitartez erremintaren punta aurre finkatutako koordenatuetan kokatzea bermatzen da. Baina, posizio konkritu bateraino mugitzeko beharrezkoak diren pausuak ez da beti zenbaki oso bat izango, ondorioz, errore bat izango da. Posizioaren borobiltzea egingo da. Beraz, erresoluzio kontzeptua beharrezkoa da. Hala ere, normalean erresoluzioa makinaren prezisioaren gainetik dago, ondorioz ematen den errorea ez da kontuan hartzeko modukoa.

11.1.1 Ardatz Bakarreko Desplazamendua

Ardatzari paralelo den lerro bat hartuko da kontuan. Kasu honetan bai X bai Y ardatzetan egingo dira froga esperimentalak. Mugimenduan soilik ardatz bakarrak hartzen duenez parte ardatz horren abiadura programatutakoa izango da eta gainontzeko ardatzen abiadura nulua izango da. Esan beharra dago ez dela interpolazio linealik existitzen, mugimenduaren norabidea ardatzarekin bat egiten duelako.

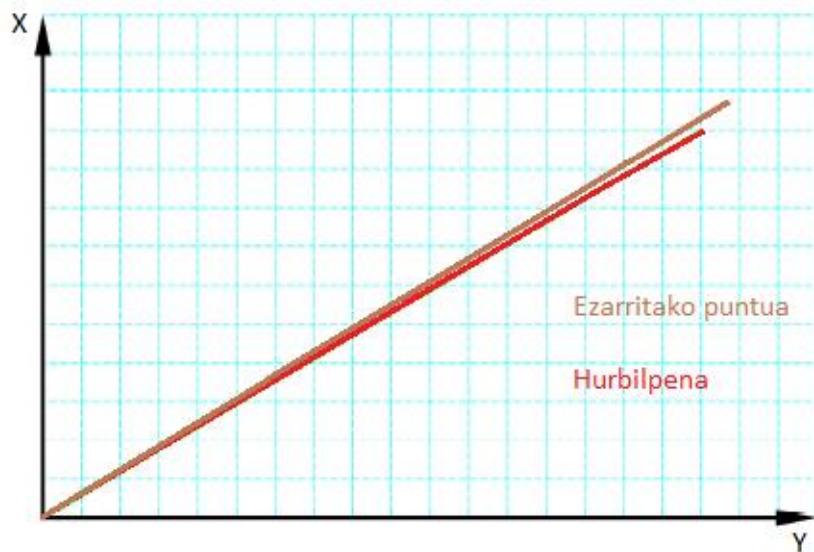
Demagun orain X ardatzean zeharreko distantzia lineala. Distantzia honek ez du bat egiten pultsu kopuru konkritu batekin. Ondorioz, distantziaren hurbilketa bat egingo du sistemak, aurreko pultsu osora hurbilketa egingo delarik.



Irudia 38. Ardatz bakarreko desplazamenduaren hurbilketa.

11.1.2 Bi Ardatzetan Zeharreko Mugimendu Generikoa

Demagun lerro bat marraztu nahi dela, lerro generikoa eta hau ez dagoela ardatzekiko 45° -tan eta distantziak ez duela pultsu osoekin bat egiten. Kasu honetan interpolazio prozesuak bi hurbilketaz dago osatuta. Hasiera batean pultsu kopuru oso batera hurbilduko da lerroa. Kontuan izanik sistema soilik ardatz bakarrean zehar edota 45° -tan dauden lerroetan mugitzeko gaitasuna duenez hurrengo hurbilketa egingo da. Hau da, ardatz bakarreko eta 45° -ko desplazamenduaz osatuko da prozesua.



Irudia 39. Desplazamendu generiko baten lehenengo hurbilketa.



Irudia 40. Desplazamendu generiko baten hurbilketa finala.

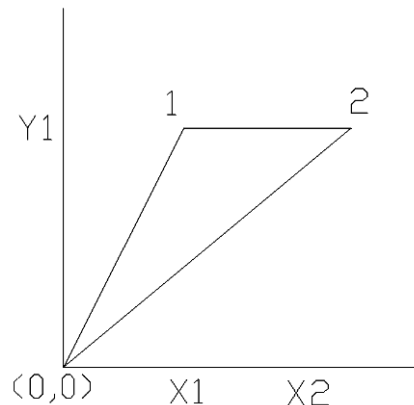
Nabaria denez, mugimenduan bi ardatz baino gehiago sartzen direnean jokoan hauen desplazamendu abiadura eta programatutako abiadurek ez dute inoiz bat egingo. Izan ere, ardatz bakoitzaren abiadura mugimendu bektorearen proiektzioen araberakoa izango da.

Hurrengo irudia kontuan hartuz: P1-P2-ra pasatzeko 45º-ko desplazamendu lineala egin behar da, ondorioz X eta Y ardatzen desplazamendu abiadura berdina izango da.

- $V_x = V \cdot \sin 45 = 0,707V$
- $V_y = V \cdot \cos 45 = 0,707V$

Aldiz, P1-P3-ra pasatzeko desplazamendua generikoa da, $Y=2X$ izanik. Ondorioz, ardatzen desplazamendu abiadura ezberdina izango da.

- $V_x = V \cdot \sin \emptyset = 0,477V$
- $V_y = V \cdot \cos \emptyset = 0,894V$

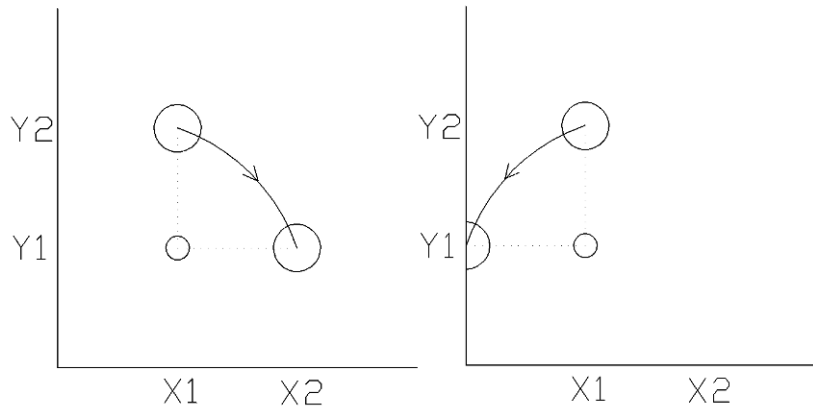


Irudia 41. Desplazamendu generiko baten hurbilketa finala.

11.1.3 Interpolazio Zirkularreko Kasua

Interpolazio zirkulartzat kontrol numerikoko makinak bi posizio jarraituen artean desplazatzeko gaitasuna moduan ulertzen da, mugimendua hori zirkularra delarik.

Interpolazio zirkularrean (Ph) hasierako puntutik (Pb) bukaerako puntura desplazatzeko desplazamenduaren noranzkoa erabaki behar da. Noranzkoa definitzeko G02 eta G03 funtzioak erabiltzen dira. Lehenengoak erlojuaren orratzen noranzkoaren aldeko mugimendua definitzen du, aldiz, bigarrena orratzen kontrako mugimendua zehazteko erabiltzen da. Behin noranzkoa jakinda zirkunferentziaren zentro eta edota erradioa ezagutu behar dira. Hurrengo irudian aipatutako bi interpolazioak erakusten dira.



Irudia 42. Interpolazio zirkularra, bi noranzko posibleetan.

11.2 Erreminten Analisia

Arestian aipatu den moduan makina erreminta honekin bi material ezberdin, zura eta harri biguna alegia, mekanizatzen dira. Atal honetan erabiltzen diren erremintak eta euren parametro/karakteristikak azalduko dira laburrean. Lortutako parametro teorikoak softwarearen liburutegian agertzen diren parametro errealen arteko konparaketa egingo da. Azkenik, froga esperimentalak eta “factor de escala” parametroaren kalkulua burutuko da erreminta bakoitzeko. Mekanizatze orduan kalitate/kantitatearen arteko konpromisoa bilatu behar da. Orokorrean eragiketa bakoitzerako diametro ezberdineko erremintak erabiltzen dira.

Kalkulu teorikoak burutzeko erreminten katalogotik V_f (aitzinapen abiadura), Z (hertz kopurua) eta N (biraketa abiadura) teorikoak lortuko dira. Datu hauekin f_z (hortzeko aitzinapena) teorikoa kalkulatu da. Ondoren, $V_{f_{erre}}$ (aitzinapen abiadura erreal) kalkulatu da N_{erre} -ra(biraketa abiadura erreal) moldatuz. Prozesua burutzeko ondorengo formulak erabiliko dira erreminta bakoitzerako.

Aitzinapen abiadura teorikoa erran bezala katalogotik lortuko da, aldiz, erreal kalkulatzeko hurrengo formula erabiliko da. Kalkulu hori burutu baino lehen hortzetako aitzinapen teorikoa bakanduko da.

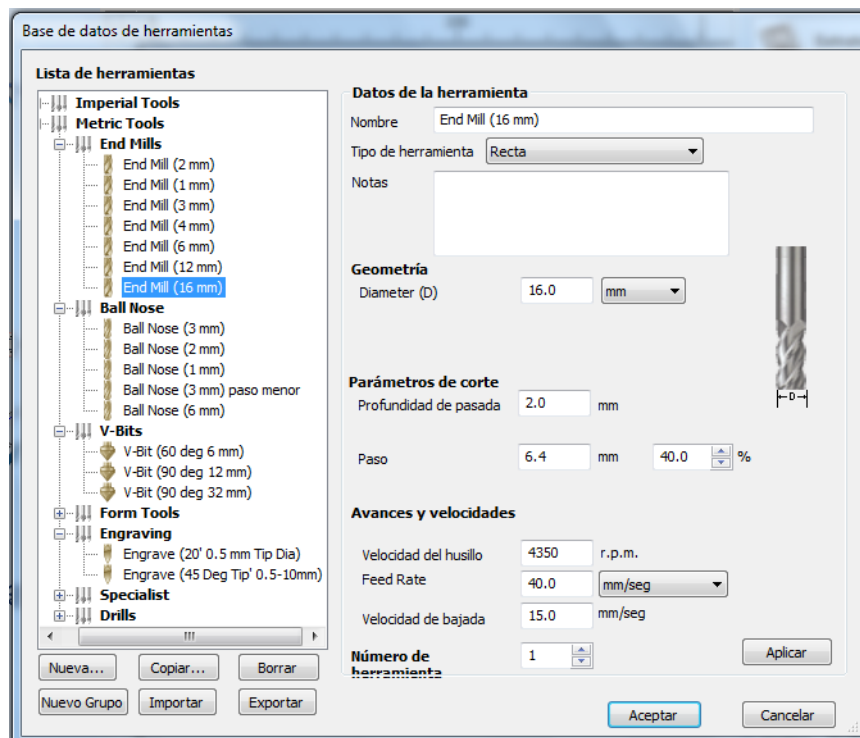
$$V_f = f_z \cdot z \cdot N$$

Bukatzeko, eragiketa burutzeko beharrezkoa den denbora minimoa kalkulatu da. Denbora totala edo finala beste bi denboren arteko batuketa da, operazio denbora eta ez-operazio denbora. Lehenengoa mekanizazioaren denborari egiten dio erreferentzia, hau da, mekanizazio eragiketa burutzeko beharrezkoa den denbora. Bigarrenak aldiz, piezara hurbilketa-urrunketa prozesuak gauzatzeko denbora da.

$$t_f = t_{op} + t_{no-op} \quad t_{op} = \frac{l}{V_f}$$

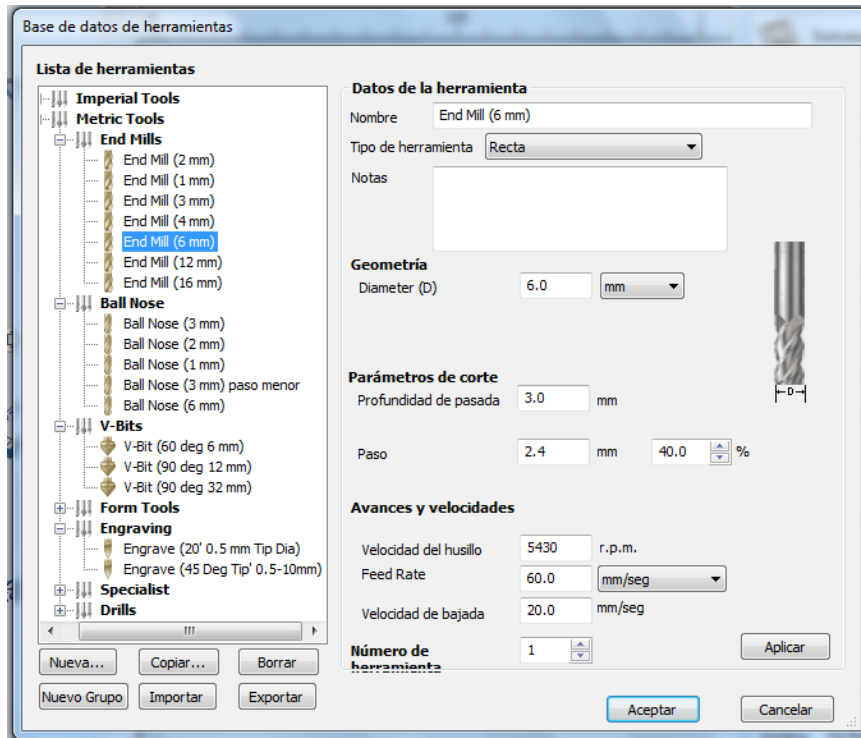
Ikusiko diren erremintak HWM kalitatekoak dira, piezak profilatu, ertzatu eta ebakitzeko erabiltzen dira bai hortz zuzenekoak edo boladun fresa izan. Hotz helikoidal positiboak direnez azal akabera bikaina uzten dute piezaren behealdean. Boladun erremintak 3D-tako ereduak mekanizatzeko erabiltzen dira, aldiz hortz zuzenekoak arteka edota lauketarako erabiltzen dira gehien bat.

- D12-D16 Erreminta zuzena:
 - Katalogotik: $V_f=10000$ [m/min], $z=2$ eta $N=18000$ [bira/min].
 - $f_z= 10000/(18000*2)=0,277$ [mm/hortz].
 - Erreminta liburutegitik: $N_{erre}=4350$ [bira/min].
 - $V_{f_{erre}}=0,277*2*4350=2409,9$ [mm/min]= $40,165$ [mm/s].



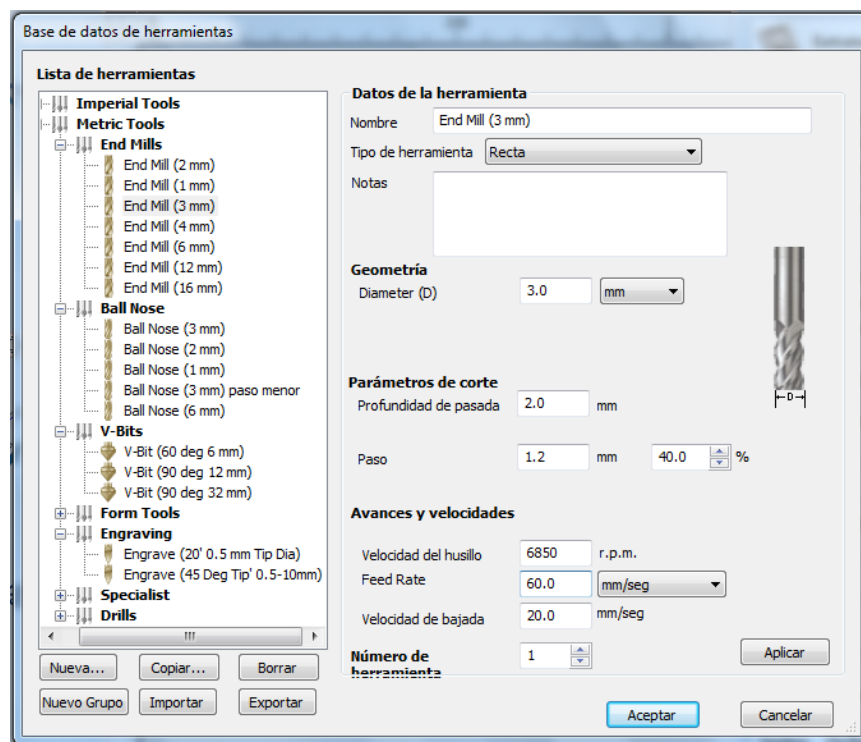
Irudia 43. D16 erremintaren parametroak.

- D6-D4 Erreminta zuzena:
 - Katalogotik: $V_f=12000$ [m/min], $z=2$ eta $N=18000$ [bira/min].
 - $f_z= 12000/(18000*2)=0,333$ [mm/hortz].
 - Erreminta liburutegitik: $N_{erre}=5350$ [bira/min].
 - $V_{f_{erre}}=0,333*2*5350=3616,38$ [mm/min]= $60,27$ [mm/s].



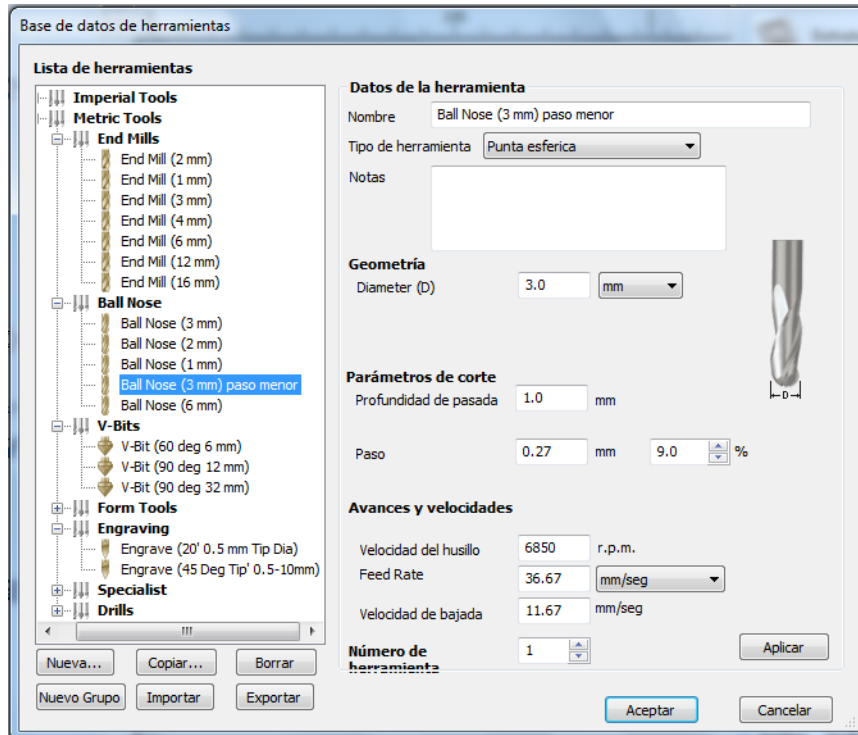
Irudia 44. D6 erremintaren parametroak.

- D3 Erreminta zuzena:
 - Katalogotik: $V_f=10000$ [m/min], $z=2$ eta $N=18000$ [bira/min].
 - $f_z= 10000/(18000*2)=0,277$ [mm/hertz].
 - Erreminta liburutegitik: $N_{erre}=6850$ [bira/min].
 - $V_{f_{erre}}=0,277*2*6850=3794,9$ [mm/min]=63,03 [mm/s].



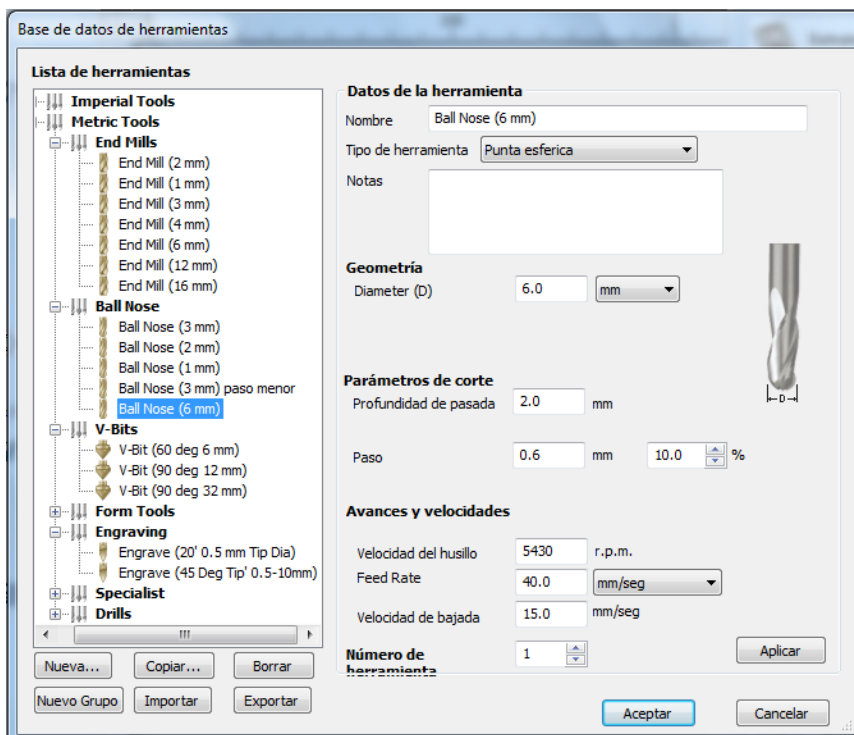
Irudia 45. D3 erremintaren parametroak.

- D3 Boladun erreminta:
 - Katalogotik: $V_f=6000$ [m/min], $z=2$ eta $N=18000$ [bira/min].
 - $f_z=6000/(18000*2)=0,166$ [mm/hertz].
 - Erreminta liburutegitik: $N_{erre}=6850$ [bira/min].
 - $V_{f_{erre}}=0,166*2*6850=2283,33$ [mm/min]= $38,05$ [mm/s].



Irudia 46. D3 boladun erremintaren parametroak.

- D6 Boladun erreminta:
 - Katalogotik: $V_f=8000$ [m/min], $z=2$ eta $N=18000$ [bira/min].
 - $f_z=8000/(18000*2)=0,222$ [mm/hertz].
 - Erreminta liburutegitik: $N_{erre}=5430$ [bira/min].
 - $V_{f_{erre}}=0,222*2*5430=2410,92$ [mm/min]= $40,18$ [mm/s].



Irudia 47. D6 boladun erremintaren parametroak.

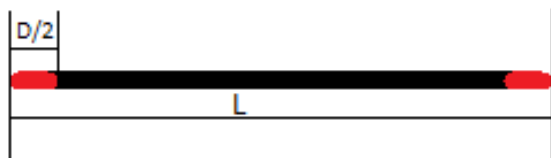
11.3 Kalkulu Teorikoak VS Froga Esperimentalak

Denbora minimoaren kalkulurako erremintaren diametroaren eragina kontuan hartu beharra dago, izan ere artekaren luzera totalan eragina izango du. Ondorioz, "L" luzeradun arteka batean mekanizatu beharreko luzera totala hurrengoia izango da: $l=L-2(D/2)=L-D$.

Hautatutako konfigurazioa dela eta piezara hurbiltze distantzia 30mm-takoa da. Erran beharra dago froga esperimentalean denborak neurtzeko hiru alditan errepikatu dela prozesua, hiru saiakera horien batezbestekoa hartuko da mekanizazio denboratzat, aurrerantzean T_{bat} modura agertuko da.

Bestetik eskala faktorea softwareak hurbilketa denborak zehazteko erabiltzen duen faktorea da. Lortutako emaitzetan oinarrituz eskuz doituko da.

11.3.1 X eta Y Ardatzetako Denborak



Irudia 48. Eragiketaren luzera eskematikoki.

X zein Y ardatzetan aitzinamendu abiadura berdina dela konprobatu da, ondorioz, ardatz batean edo bestean lan egiten denean emaitza bera izango

denez kalkuluak egiteko soilik X ardatzean lan egingo da aurrerantzean. Demagun 500mm-tako arteka bat mekanizatzen dela:

- D12 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=500-16=488[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=40,165[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=15[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/15=2[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=488/40,165=12,14[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=14,14[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=14,94[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(14,94-14,14)/14,94*100=\%5,35$.

- D16 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=500-16=484[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=40,165[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=15[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/15=2[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=484/40,165=12,05[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=14,05[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=14,69[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(14,69-14,05)/14,69*100=\%4,35$.

- D6 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=500-6=494[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=60,27[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=20[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/20=1,5[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=494/60,27=8,20[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=9,50[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=9,21[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(9,21-9,50)/9,21*100=\%3,14$.

- D4 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=500-4=496[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=60,27[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=20[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/20=1,5[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=496/60,27=8,23[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=9,73[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=10,22[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(10,22-9,73)/10,22*100=\%4,79$.

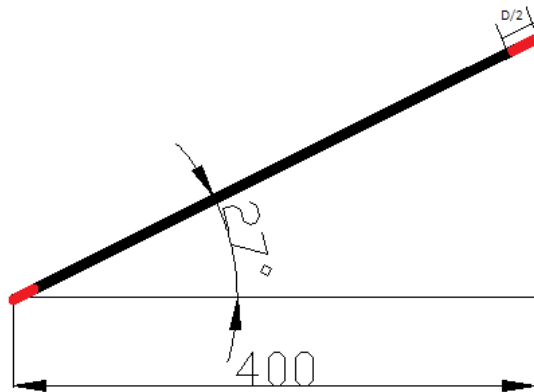
- D3 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=500-3=497[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=63[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=20[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/20=1,5[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=497/63=7,89[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=9,39[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=10,13[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(10,13-9,39)/10,13*100=\%7,3$.

- D6 Boladun Erreminta
 - $l=L-2(D/2)=500-6=494[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=40,182[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=15[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/15=2[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=494/40,182=12,29[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=14,29[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=14,71[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(14,71-14,29)/14,71*100=\%3,39$.

- D3 Boladun Erreminta
 - $l=L-2(D/2)=500-3=497[\text{mm}]$.

- $V_{\text{erre}}=36,67[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=11,67[\text{mm/s}]$.
- $T_{\text{no-op}}=30/11,67=2,57[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=497/36,67=13,55[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=16,1[\text{s}]$.
- $T_{\text{bat}}=15,77[\text{s}]$.
- $\text{Desbiazioa}=(15,77-16,1)/15,77*100=\%2,09$.

11.3.2 X=2Y Norabideko Denborak



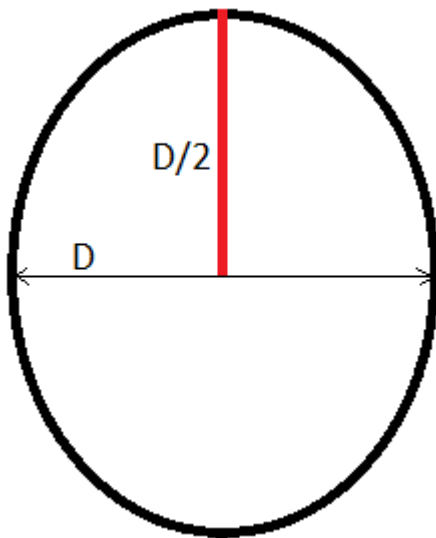
Kasu honetan, $\text{Tan}\phi=200/400=0,5$.
 Beraz, $\phi=26,56[^\circ]$. $\text{Lcos}\phi=400$; Ondorioz, $L=447,21[\text{mm}]$.

Irudia 49. X=2Y eragiketa eskematikoki.

- D12 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=447,21-12=435,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=40,165[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=15[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/15=2[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=435,21/40,165=10,83[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=12,83[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=13,21[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(13,21-12,83)/13,21*100=\%2,87$.
- D16 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=447,21-16=435,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=40,165[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=15[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/15=2[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=431,21/40,165=10,73[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=12,73[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=13,61[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(13,61-12,73)/13,61*100=\%6,46$.
- D6 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=447,21-6=441,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=60,27[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=20[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/20=1,5[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=441,21/60,27=7,32[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=8,82[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=9,14[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(9,14-8,82)/9,14*100=\%3,55$.
- D4 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=447,21-4=443,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{erre}}=60,27[\text{mm/s}]$; $V_{\text{erre}(z)}=20[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/20=1,5[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=443,21/60,27=7,42[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=8,92[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=9,36[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(9,36-8,92)/9,36*100=\%4,71$.

- D3 Erreminta Zuzena
 - $l=L-2(D/2)=447,21-3=444,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{ferre}}=63[\text{mm/s}]$; $V_{\text{ferre}(z)}=20[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/20=1,5[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=444,21/63=7,05[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=8,55[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=8,01[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(8,01-8,55)/8,01*100=\%6,7$.
- D6 Boladun Erreminta
 - $l=L-2(D/2)=447,21-6=441,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{ferre}}=40,182[\text{mm/s}]$; $V_{\text{ferre}(z)}=15[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/15=2[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=441,21/40,182=10,98[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=12,98[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=13,67[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(13,67-12,98)/13,67*100=\%5,04$.
- D3 Boladun Erreminta
 - $l=L-2(D/2)=447,21-3=444,21[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{ferre}}=36,67[\text{mm/s}]$; $V_{\text{ferre}(z)}=11,67[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=30/11,67=2,57[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=444,21/36,67=12,11[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=14,68[\text{s}]$.
 - $T_{\text{bat}}=14,06[\text{s}]$.
 - $\text{Desbiazioa}=(14,06-14,685)/14,06*100=\%4,44$.

11.3.3 Norabideko Zirkularreko Denborak



Irudia 50. Ibilbide zirkularren eskema.

Norabide zirkularreko kasuan eragiketaren luzera kalkulatzeko zirkunferentziaren diametroa kontuan hartu behar da soilik, hau da, ez da erremintak marraztuko duen distantzia ez da beronen menpe egongo. Hasiara eta bukaerako puntua bera izango delako, ondorioz, $l=L$. Non $L=\pi*D=\pi*300=949,47[\text{mm}]$.

Hurbilketa denbora kalkulatzeko kontuan hartu beharreko aitzinamendu abiadura Y ardatzekoa izango da. Izan ere, hasierako puntura ailegatzeko denbora gehiago behar izango du ardatz honetan Z- tan baino.

- D12 Erreminta Zuzena
 - $l=L=949,47[\text{mm}]$.
 - $V_{\text{ferre}}=40,165[\text{mm/s}]$.
 - $T_{\text{no-op}}=150/40,165=7,46[\text{s}]$; $t_{\text{op}}=949,47/40,165=23,64[\text{s}]$; $T_{\text{tot}}=31,10[\text{s}]$.

- $T_{bat}=32,21[s]$.
- $Desbiazioa=(32,21-31,10)/32,21*100=\%3,45$.

- D16 Erreminta Zuzena
 - $l=L=949,47[mm]$.
 - $V_{ferre}=40,165[mm/s]$.
 - $T_{no-op}=150/40,165=7,46[s]$; $t_{op}=949,47/40,165=23,64[s]$; $T_{tot}=31,10[s]$.
 - $T_{bat}=33,02[s]$.
 - $Desbiazioa=(33,02-31,10)/33,02*100=\%5,8$.

- D6 Erreminta Zuzena
 - $l=L=949,47[mm]$.
 - $V_{ferre}=60,27[mm/s]$.
 - $T_{no-op}=150/60,27=2,49[s]$; $t_{op}=949,47/60,27=15,75[s]$; $T_{tot}=18,24[s]$.
 - $T_{bat}=17,39[s]$.
 - $Desbiazioa=(17,39-18,24)/17,39*100=\%4,85$.

- D4 Erreminta Zuzena
 - $l=L=949,47[mm]$.
 - $V_{ferre}=60,27[mm/s]$.
 - $T_{no-op}=150/60,27=2,49[s]$; $t_{op}=949,47/60,27=15,75[s]$; $T_{tot}=18,24[s]$.
 - $T_{bat}=19,39[s]$.
 - $Desbiazioa=(19,39-18,24)/19,39*100=\%5,9$.

- D3 Erreminta Zuzena
 - $l=L=949,47[mm]$.
 - $V_{ferre}=63[mm/s]$.
 - $T_{no-op}=150/63=2,38[s]$; $t_{op}=949,47/63=15,07[s]$; $T_{tot}=17,45[s]$.
 - $T_{bat}=18[s]$.
 - $Desbiazioa=(18-17,45)/18*100=\%3,05$.

- D6 Boladun Erreminta
 - $l=L=949,47[mm]$.
 - $V_{ferre}=40,182[mm/s]$.
 - $T_{no-op}=150/40,182=3,73[s]$; $t_{op}=949,47/40,182=23,62[s]$; $T_{tot}=27,35[s]$.
 - $T_{bat}=27,26[s]$.
 - $Desbiazioa=(27,26-27,35)/27,26*100=\%0,33$.

- D3 Boladun Erreminta
 - $l=L=949,47[mm]$.
 - $V_{ferre}=36,67[mm/s]$.
 - $T_{no-op}=150/36,67=4,09[s]$; $t_{op}=949,47/36,67=25,89[s]$; $T_{tot}=29,89[s]$.
 - $T_{bat}=29,57[s]$.
 - $Desbiazioa=(29,57-29,89)/29,57*100=\%1,39$.

11.3.4 Ondorioak

Logikoa denez, X eta Y ardatzetan motore berdinak erabiltzen direnez hauen erresoluzioa berdina izango da eta ondorioz aitzinamendu abiadura eta ardatz bakarreko mugimenduan beharrezko denborak berdinak izango dira aipatutako bi ardatzetan.

Bestetik, erreminten analisisian lortutako kalkulu esperimentalak eta parametro teorikoak konparatu ez gero emaitza oso antzekoak lortu direla ikusi da. Desbidazio maximoa %7,3-koa izan delarik.

Aurreko datuak kontuan hartuz hurrengo eskala faktoreak lortu dira:

- D12 eta D16 Erreminta Zuzenentzako 2,2 faktorea.
- D6 Erreminta Zuzenerako 1,9 faktorea.
- D4 eta D3 Erreminta Zuzenentzako 3 faktorea.
- D6 Boladun Erremintarako 1,6 faktorea.
- D3 Boladun Erremintarako 1,3 faktorea.

12. FABRIKAZIO KASU BATEN AZTERKETA

Atal honetan konplexutasun erlatibo handia duen pieza bat fabrikatzeko jarraitu behar diren pausuak aztertuko dira. Fabrikatuko den piezak mekanizazio estrategia ezberdinak erabiltzea ahalbidetzen bai du. Konplexutasun erlatiboaz hitz egiten denean estrategia kopuru ezberdinei egiten zaio men. Hau da, zenbat eta mekanizazio aukera ezberdinak eman, orduan eta konplexuagoa, zailagoa, izango da pieza. Kasu honetan familia baten armarrria fabrikatzea aukeratu da.



Irudia 51. Fabrikatutako armarrria.

Horretarako, arestian aipatutako Aspire eta Mach3 programa informatikoak izango dira erabiliko diren erremintak. Aurrerantzean CAD/CAM ereduak pausuz paus azalduko dira.

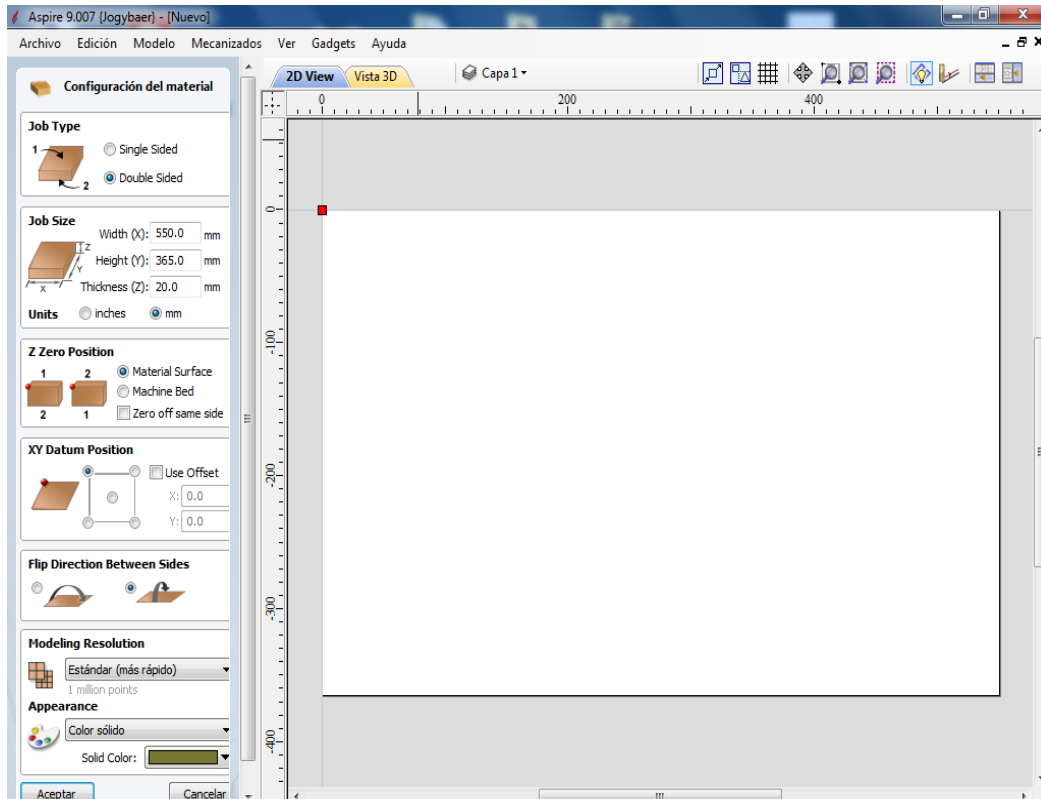
Lehenik eta behin CAD eredu osatzeko jarraitu beharreko pausuak komentatzeaz gain, programak ahalbidetzen dituen zenbait aukera interesgarri eta estrategia erabilgarriak azalduko dira.

Mekanizazio strategiari dagokionez hau nola burutu den azalduko da soilik. Horretarako prozesurik egokiena ikusiko da, emaitzarik produktiboena lortzeko asmotan, hau da, denbora/kalitatea ratio onargarria bilatuz.

Azkenik, mekanizazioa burutzeko hasierako konfigurazioa esplikatu da.

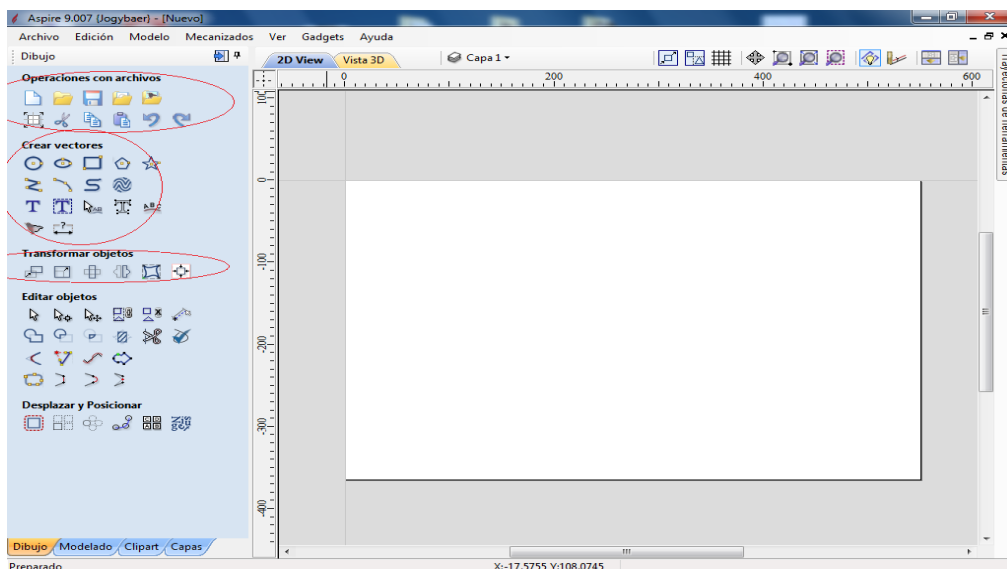
12.1 Piezaren definizioa (CAD eredu)

Aspire programa irekitzen denean materialaren konfigurazioari ekin behar zaio. Esteka honetan lan eremuaren definizioa egiten da, hau da, lan eremuaren tamaina (X,Y,Z norabideetan) eta 0 puntuaren kokapena zein izango den koordinatuen bidez definitzen da. Aurpegi batetik edo bi aurpegietat lan egin nahi bada ere aukeratu daiteke.



Irudia 52. Hasierako konfigurazioa.

Behin konfigurazioa egin denean programak hurrengo interfaz-a izango du:



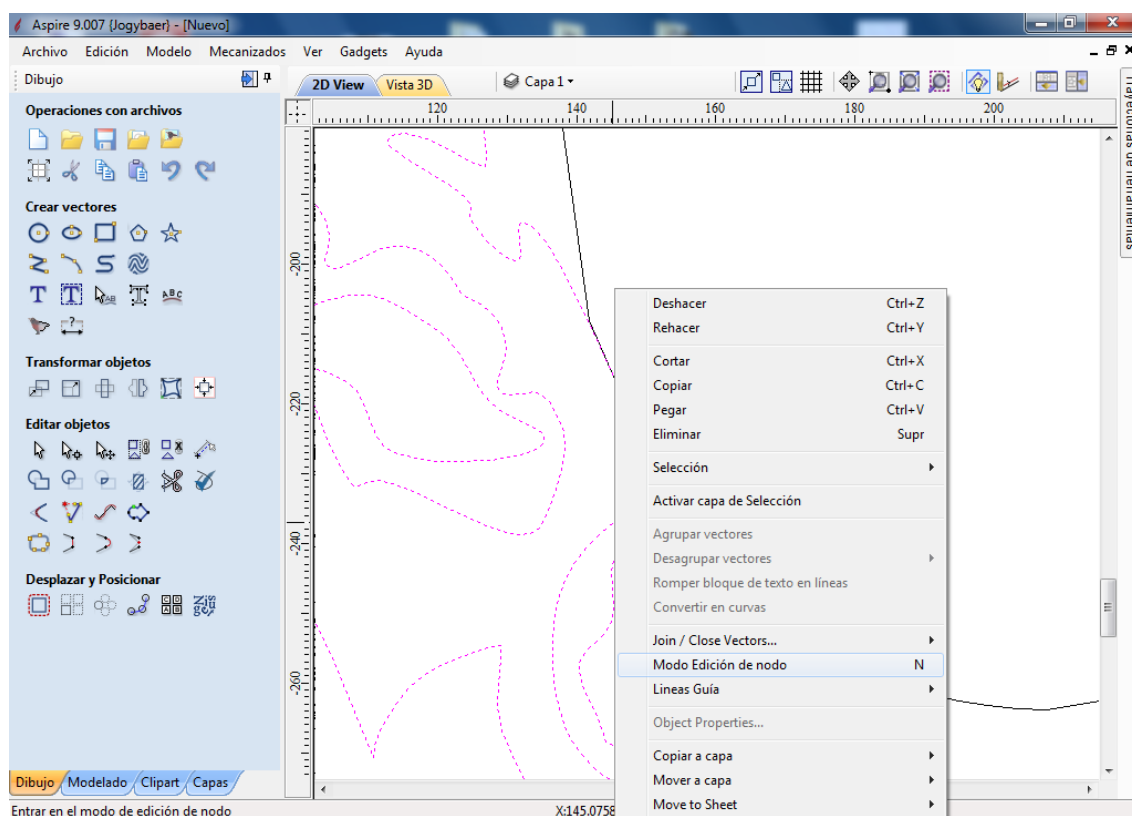
Irudia 53. Programaren interfaza.

CAD eredia lortzeko “dibujo” estekarekin lan egin behar da. Esteka honek “archivo” eta “edición” esteken laburpena biltzen du eta CAD eredia 2D-n marrazteko behar diren operazio guztiak agerian uzten ditu. “Operaciones con archivos” bitartez artxibo berriak sortu, ireki, gorde, kopiatu, pegatu,... ahal dira. Baita irudiak inportatu.

“Crear vectores” erreminta taldearen bitartez forma eta marrazki sinpleak diseinatu daitezke, hala nola zirkunferentziak, elipseak, karratuak edota poli lineak. Forma itxiaz gain forma irekiak ere sortu daitezke, hau da, zuzenak eta arkuak. Erreminta hauek erabiliak dira, baina agian garrantzitsuena “trazar mapa de bits” erreminta da. Izan ere, honen bitartez argazki bat bektore bihurtzen da eta ondorioz, beronen mekanizatze aukerak ahalbidetzen ditu.

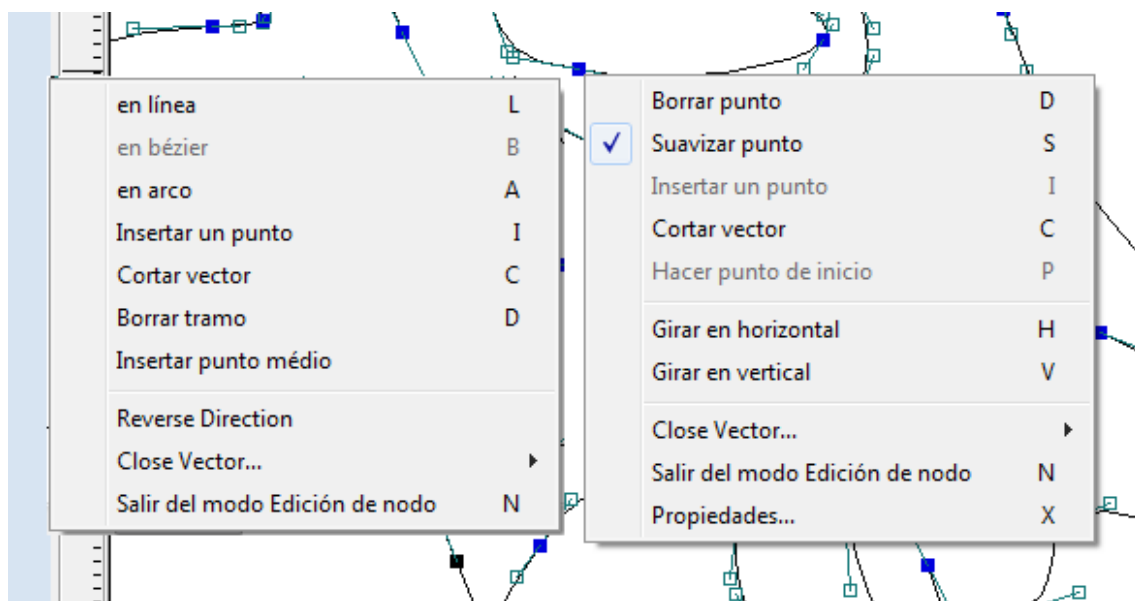
“Transformar” eta “editar objetos” komandoen bitartez diseinuaren karakteristika fisikoak, hau da, kokapena, tamaina, orientazioa, etb. aldatu daitezke.

Hain zuzen ere arestian komentatutako “trazar mapa de bits” komandoa erabiliz armariaren hostoak eta hauen itxura lortuko da.



Irudia 54. Bektoreak ixteko aukerak.

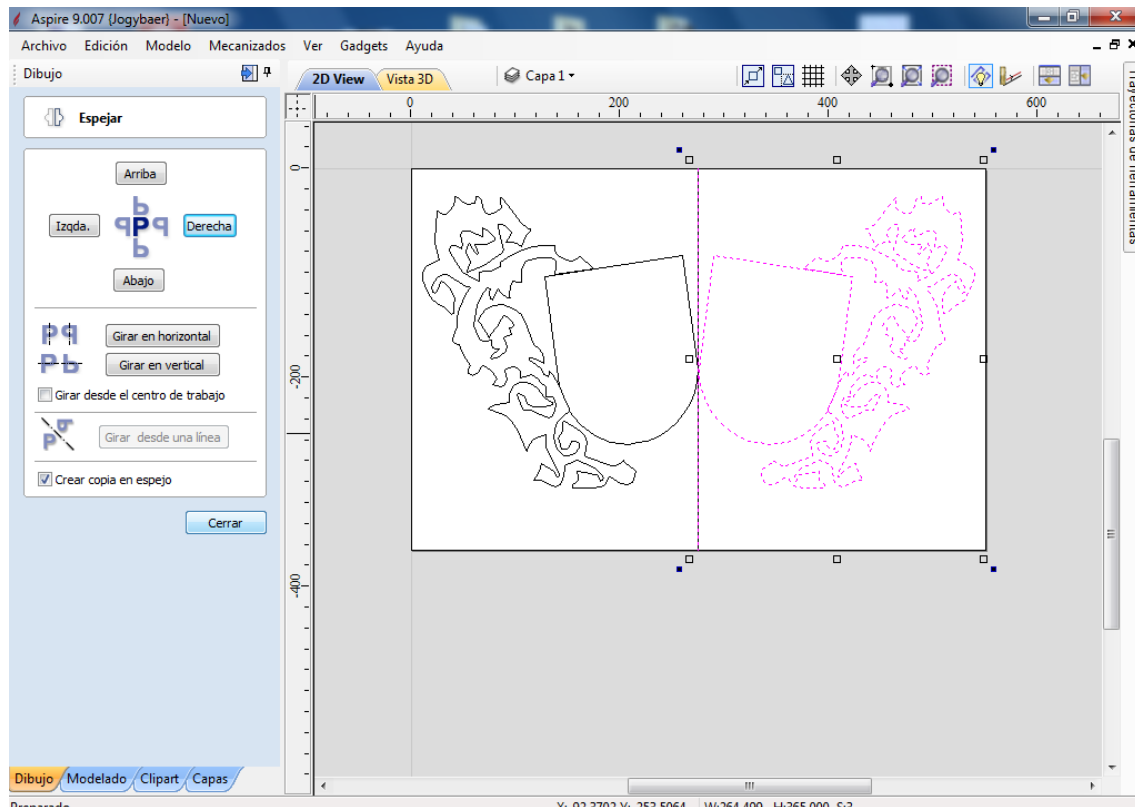
Behin irudia inportatu dela aipatutako komandoa erabiliz bektore bihurtu da jada. Kontuan hartu behar da 2D-n dagoen bektorea 3D-ko modelo bihurtu beharko dela. Hau posible egiteko bektoreak derrigorrez itxita egon behar dira. Bektorea ixteko bi komando ezberdin erabili daitezke, “Join/Close Vectors” eta “Modo edición de nodo”.



Irudia 55. “Modo edición de nodo” aukera.

Bigarren komandoak, bektorearen puntu guztiak (aurreko irudian lauki beltz eta urdinak) eta euren posizioa eta norabidea (lauki berde/zuriak) agerian uzten ditu. Puntu hauen posizioa aldatu daiteke, arratoiaren bitartez puntua arrastatuz. Horretaz gain, oso erabilgarriak diren komandoak agertzen dira, hala nola “cortar vector” eta “borrar tramo”. Lehenengoaren bitartez bektorea zati ezberdinetan ebaki daiteke. Bigarrena erabiliz bi puntuen artean dagoen tarteaz ezabatu daiteke. Komando hauek aplikatu ostean bektoreak ixteko aukerak irekitzen dira. Hiru aukerak (lerro zuzen baten bidez, arku baten bidez edota puntu finalak bat eginez bektoreak ixtea alegia) nahiz eta ezberdinak diren funtsean gauza bera egiten dute, kasu honetan puntu finalak bat eginez bektorea ixtea erabaki da.

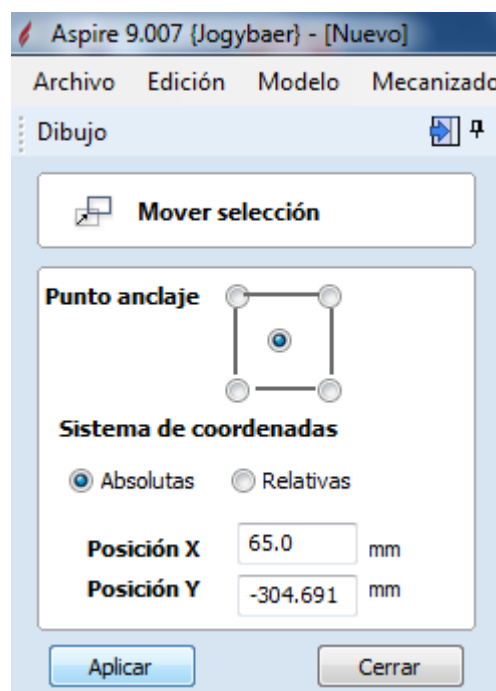
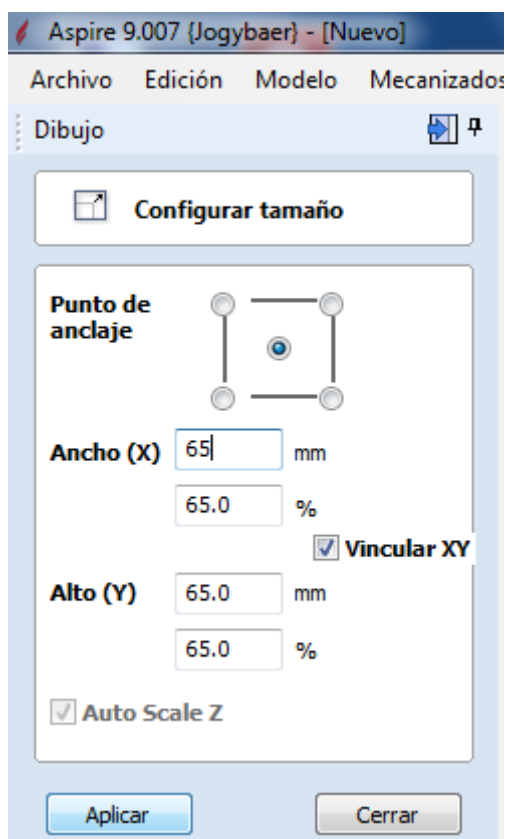
Behin hostoa osatzen duen bektorea itxita dagoela marrazkiarekin jarraitu daiteke. Ageria denez, armarrria simetrikoa izan behar da eta momentuz soilik ezkerreko partea marraztu da. Eskuineko partea egiteko modurik azkarren eta errazena ispilu bat aplikatzea izango litzateke. Hau da, simetria aplikatzea. Ispilu komandoa aplikatzeko beharrezkoa da erreferentzia edo ardatz bat izatea. Beraz, lehenik eta behin ardatz hau eraikiko da. Azkenik bai ardatza bai duplikatu nahi den bektorea aldi berean aukeratuta daudela ondorengo egin beharra dago: nahi den orientazioa aukeratu (eskuinetara kasu honetan) eta “crear copia en espejo” aukeratzea. Ez balitz kopian “check” aukeraketa eginda ez luke kopia bat generatuko baizik eta ezkerreko partea eskumatara eramango luke soilik.



Irudia 56. Simetriaren aplikazioa.

Ereduak jada hostoak eta familia bakoitzaren armarrria jartzeko kokalekuak eginak ditu. Beraz, CAD ereduak bukatzeko lauburuak eta familien izenak eraikitzea bakarrik falta da.

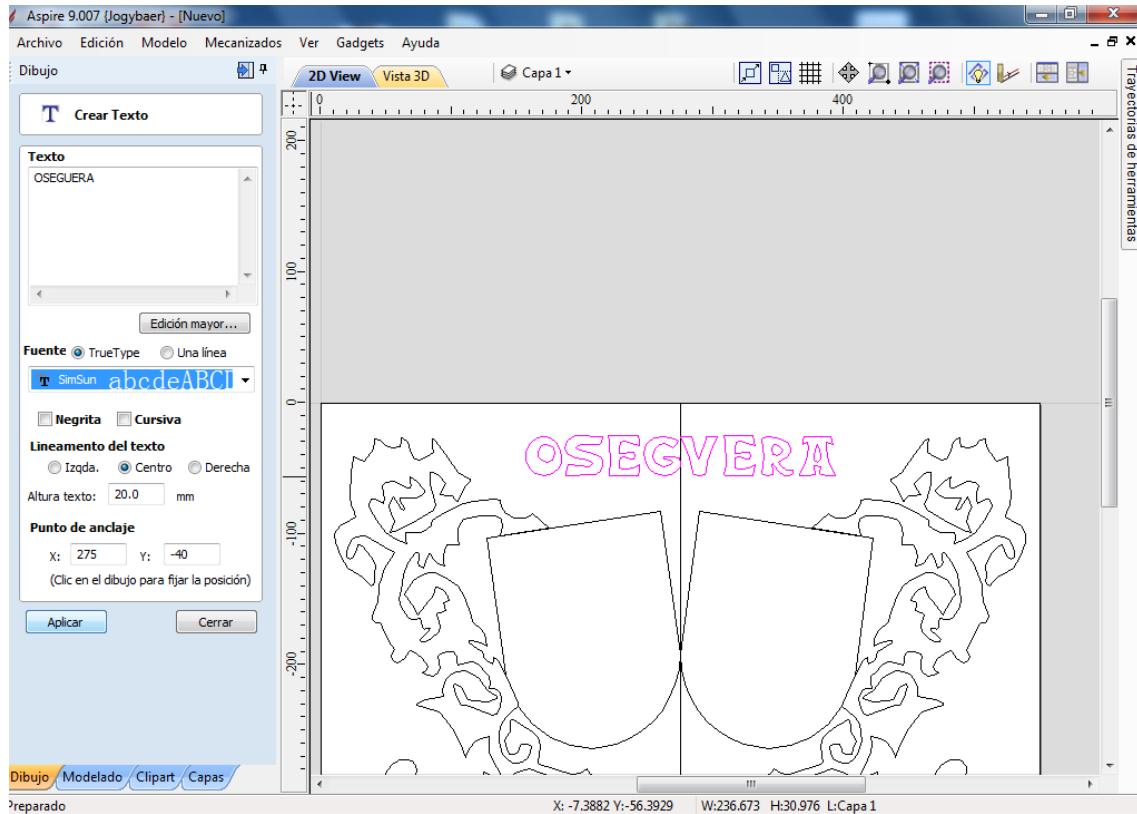
Lauburuak Euskal Herriko tradizio, kultura eta folklorearekin oso estuki daude erlazionatuak, hori dela eta oso erabiliak izan ohi dira aurretik egindako lan askotan. Beraz, jadanik egindako lan bat baliatuz lauburuak inportatuko dira. Horretarako "Importar vector desde archivo" komandoa erabiliko da. Behin bektorea inportatu denean beronen tamaina eta kokapena konfiguratzuz marrazkia bukatutzat eman daiteke. Jarraitu beharreko pausuak bi dira, lehenik eta behin inportatutako lauburuak aukeratuta dugula "configurar tamaño" estekan lan egin behar da. Hemen XY dimentsioetan tamaina konfiguratu daiteke eta hautatutako marrazkian non kokatuko den erreferentzia, hau da, erpin batean edo zentratutako ipiniko den erreferentzia. Behin tamaina konfiguratuta dagoelarik "mover selección" estekaren bitartez lan gunean okupatuko duen kokaleku finala aukeratu da. Esteka honetan erreferentziaren kokapena ere agertzen da. Bi koordinatu sistema ezberdinen artean hautatzeko aukera dago, kasu honetan, koordinatu absolutuetan lan egin denez uneoro sistema honekin jarraituko da. Bukatzeko XY koordinatuak dagokien laukizuzenean idatziko dira.



Irudia 57. “Configurar tamaño” eta “Mover selección” estekak.

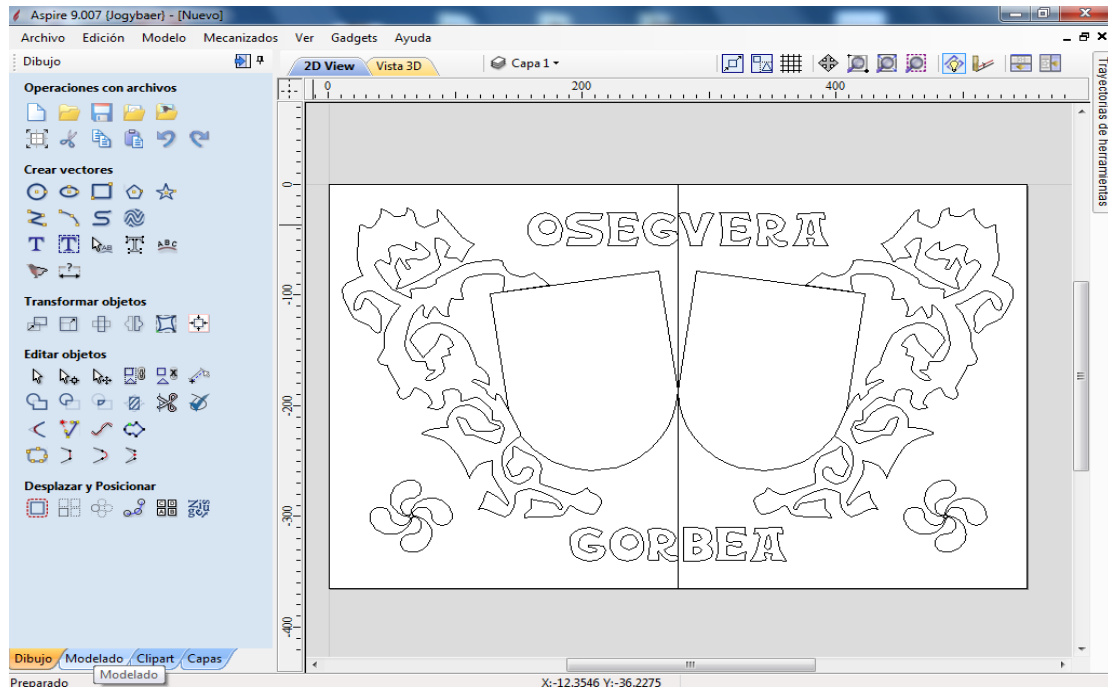
“Crear Texto” estekaren bitartez abizenak modelatuko dira. Erreminta honen bitartez idatzitako testuaren letren altuera (tamaina) aukeratzeko da. Letra iturri mota aukeratzeko liburutegi bat dago eta honetan bi iturri mota daude. Iturri sinpleak (“una línea”) eta konplexuak (“TrueType”). Letrek zabalera bat dutenean TrueType motakoak dira eta aldiz letrak soilik lerro bat direnean sinpleak deritze. Kasu honetan, euskal letrak aukeratzeko dira, hauek TrueType letren zerrendan aurkitzen dira.

Bestetik, koadro honek beste aukera batzuk baimentzen ditu, hau da, bestelako propietateak konfiguratzeko posibilitatea dago. Hala nola, letrak kurbaturik edo ez kurbaturik nahi diren, negritan idatzi ala ez eta erreferentziaren kokalekua (testuaren ezkerrean, zentroan ala eskuin partean) edota lan gunean testuak izango lukeen kokapena.



Irudia 58. Abizenen CAD eredua.

Ondorioz, CAD eredua bukatutzat eman daiteke. Hurrengo irudian eredua bukatuta ikus daiteke. Fabrikazio kasuarekin jarraitzeko CAM ereduari ekingo zaio.



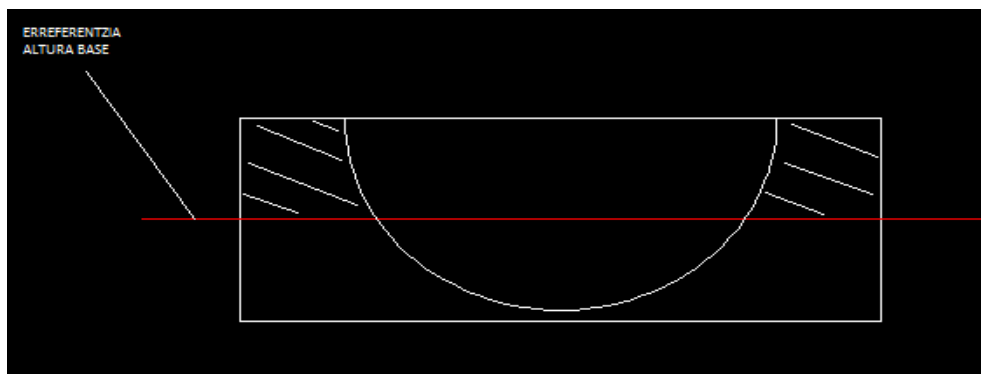
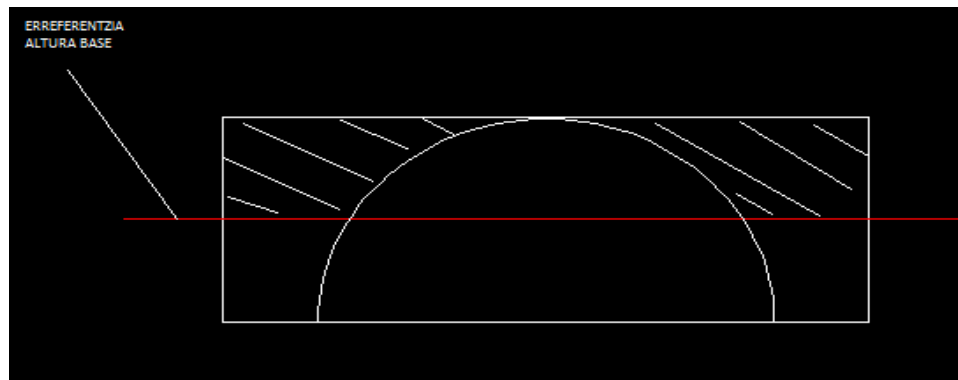
Irudia 59. CAD eredu osoa.

12.2 Mekanizazioaren estrategia (CAM)

CAM softwareek edo CAM estrategiek CAD-en generatutako modeloa erabiltzen dute erreminta ezberdinek jarraituko duten ibilbideak finkatzeko. Hau da, honen bitartez, eta diseinuetatik abiatuz, mekanizazio erreminta/strategiek pieza fisikoak lortzea baimentzen dute. Beraz, produkzio prozesu, prototipo edota pieza bukatuak fabrikatzeko erabiltzen den estrategia da hau. Horretarako “Herramientas de Modelado” komandoa erabiliko da.

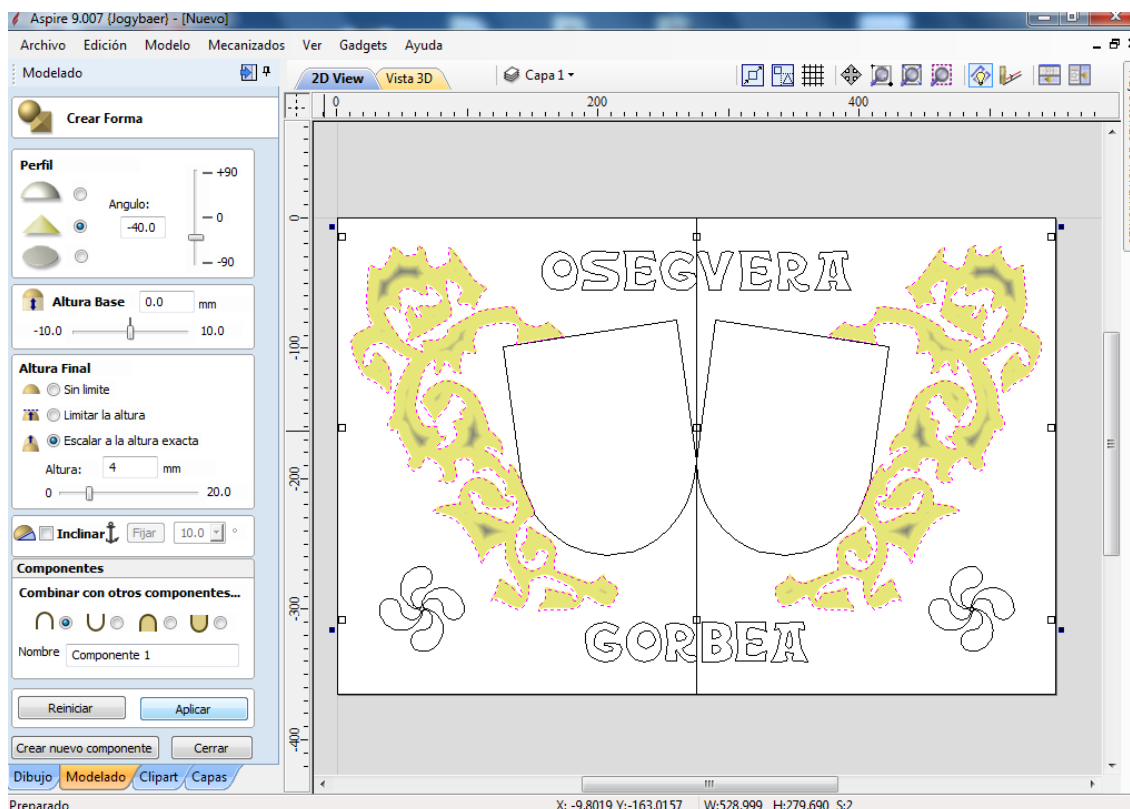
Bi estrategia mota bereizten dira kasu honetan, alde batetik 2D-tako marrazkia 3D-ko modelo batean bihurtuko da. Bestetik, 2D-tan mekanizazioa egingo da. Prozesu guztia burutzeko “Modelado” esteka erabiliko da. Komando erabilienak “Crear Forma”, “Barrer entre dos guias”, “Esculpir” eta “Dividir Componentes” dira. Hala ere, aztertzen ari garen kasuan lehenengo eta hirugarren aukerak erabiliko dira soilik.

“Crear Forma” komandoaren bitartez bektore itxiak konponente bihurtzen dira, hau da, moledo bihurtzen dira. Behin bektoreak hautatu direla dialogo koadro bat irekitzen da. Modeloaren perfila, forma eta altuera aukeratzeko aukera dago hemen. Hiru perfil mota aukeratu daitezke, forma erdi-biribila, kono forma edota forma laua. Honetaz gain profil honek izango duen angelua ere aukeratu behar da. Angeluak positibo edo negatiboak izan daitezke. Hautatutako “Altura Base” erreferentziatzat hartuz angelua negatiboa baldin bada erreferentzia horretatik behera emango da modelazioa, aldiz, angelua positiboa balitz modeloaren oinarria erreferentzia hartan kokatuko litzateke, grafikoki:



Irudia 60. Angelu positibo eta negatiboaren arteko ezberdintasuna.

Altuera finala aukeratzeko aukera ezberdinak daude, “sin límite” aukeratu ez gero modeloaren altuera ez da finitua, hau da, aukeratutako angeluaren eta marrazkiaren tamainaren arabera izango da. Beraz, absurdua eramanen marrazkia zabala balitz eta angelua angeluzuzena orduan modeloaren altuera infinitua izango litzateke. “Limitar la altura” aukeraren bitartez altuera maximoa plano horizontal baten bidez mugatzen da. Aukerarik aproposena “Escalar a la altura exacta” izan ohi da, honen bitartez, modeloaren puntu gorena finkatzen da. Adibidez, kasu honetan 4mm-tan finkatu da altuera, ondorioz, modelo neurri horretara eskalatzen da automatikoki. Hurrengo irudian modelo hori kolorez agertzen da eta 4mm-ko sakonera (angelua negatiboa bai da) duten puntuak ilunago ikus daitezke.

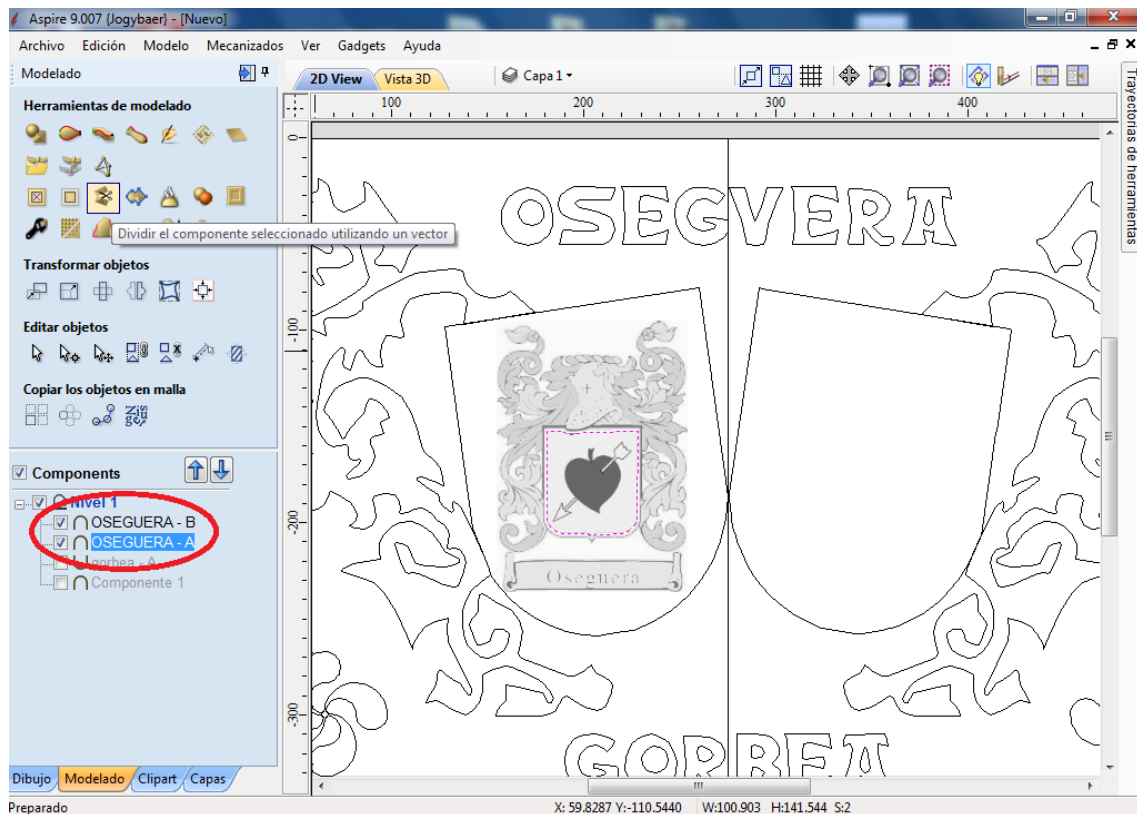


Irudia 61. Hostoen modelizazioa.

3D-ko modelo bi geratzen dira oraindik, bi armariak hain zuzen ere. Hauek Internetetik ateratako irudi batetik lortu eta pare bat modifikazio edo aldaketa txikiak egin ondoren bukatutzat emango dira. Prozesua ondorengoa da.

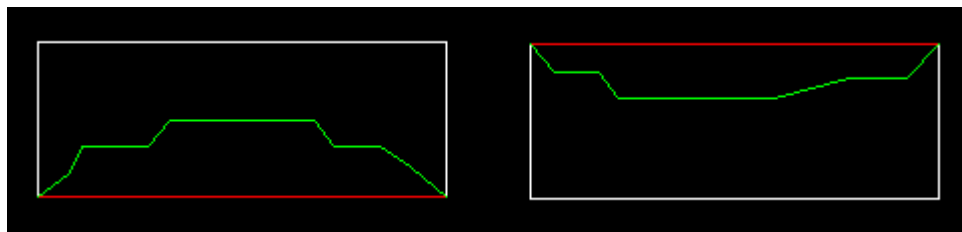
“Crear componente a partir de bitmap seleccionado” komandoaren bitartez inportatutako edozein argazki modelo bihurtu daiteke. Behin argazkia inportatu egin dela hiru pausu jarraituko dira armari bakoitza osatzeko.

Lehenik eta behin, aukeratutako argazkia banatuko da, interesatzen den partearekin soilik gelditu ahal izateko, kasu honetan armariaren irudiak du interesa. Nahi den forma duen bektore itxi bat beharrezkoa da komandoa erabili ahal izateko. Hurrengo irudian ikus daiteke banaturiko modelo (A eta B) konponenteen zerrendan.

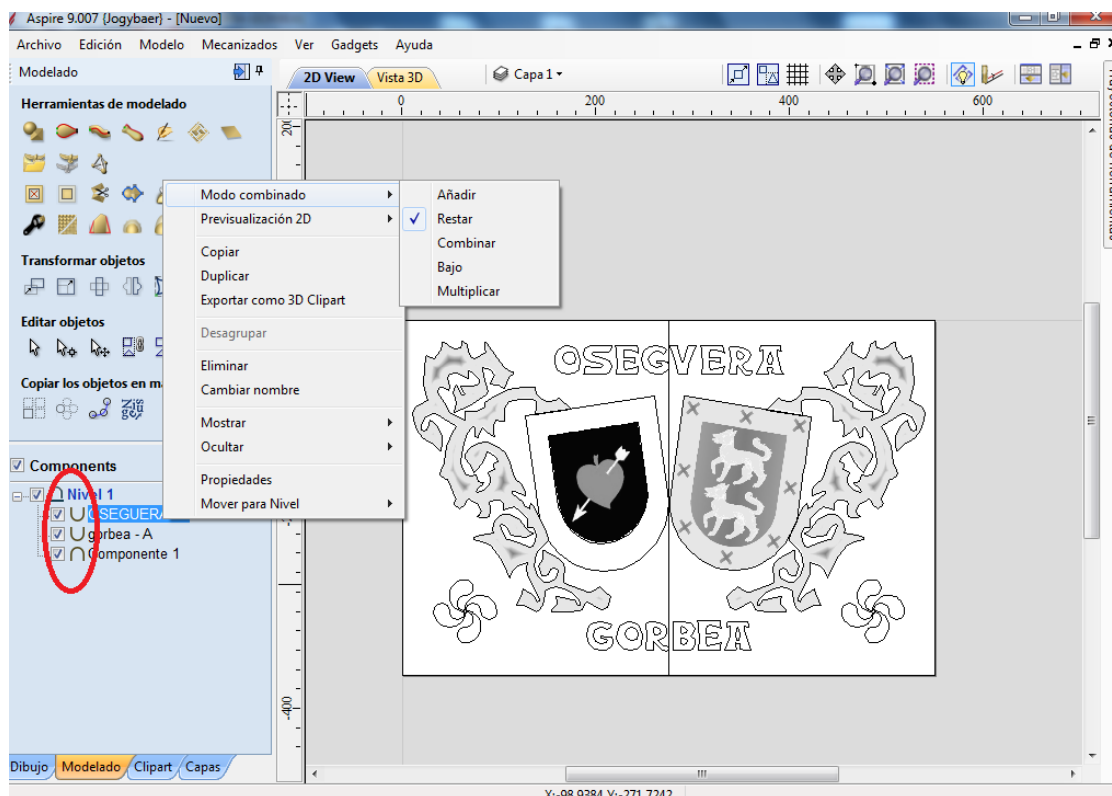


Irudia 62. Konponentearen banaketa.

Modeloak irudien bitartez lortzen direnean bakarrik beronen altuera finala aukeratu behar da, izan ere, koloreen araberako eskala automatikoa aplikatzen du programak. “Modo combinado Añadir/Restar”-en arabera eskalaren erreferentziaren kokapena aldatzen da. Erreferentziatzat beti kolore zuria erabiltzen da. “Añadir” bitarte erreferentzia punturik sakonenean kokatzen da eta modelo erreferentzia horretatik gora osatzen da, aldiz, “Restar”-en bitartez erreferentzia punturik gorenean kokatzen da eta modelo puntu horretatik behera garatzen da. Hurrengo krokisean “Añadir/Restar” aukeren arteko ezberdintasuna azaltzen da.



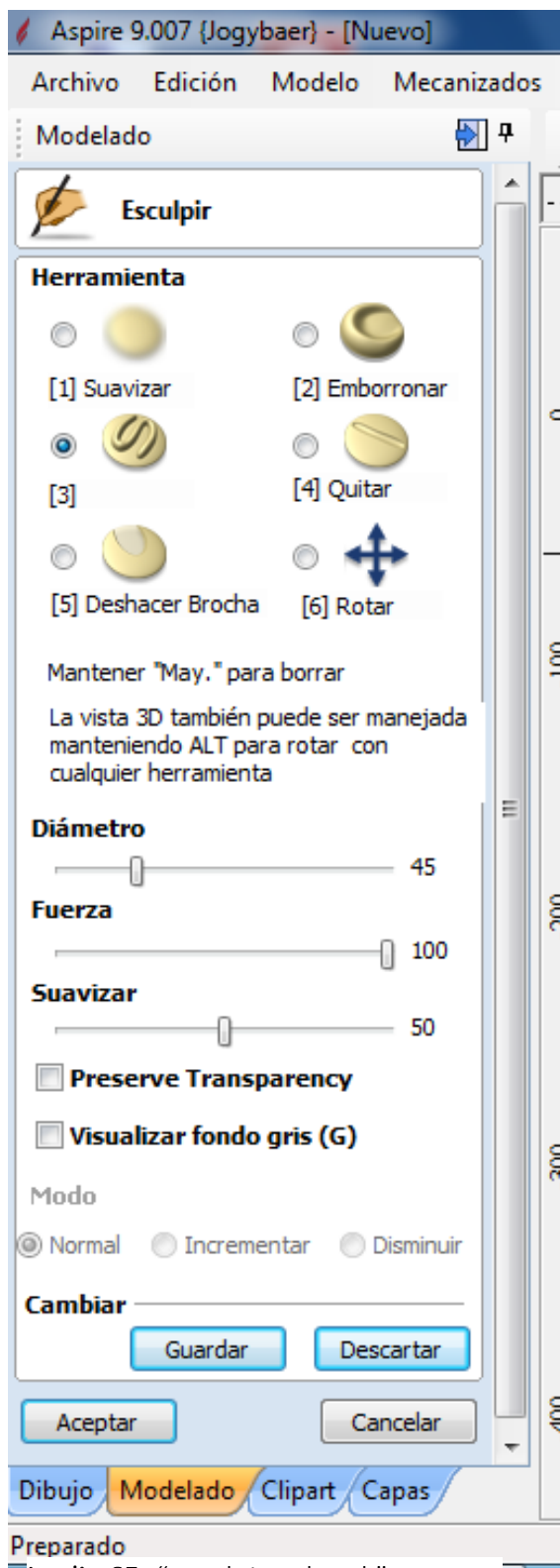
Irudia 63. Eskalen ezberdintasuna grafikoki.



Irudia 64. Modelo finalak.

Jarraian, modeloaren erreferentzia eta altuerak aukeratu direlarik “Esculpir” funtzioaren bitartez konponentea aldatzeko aukera dago. Hau da, 3D-ko formak aldatu edo beste modu batean editatu daitezke erreminta honen bitartez. Funtzio hau aukeratzean agertzen den dialogo koadroak hurrengo itxura eta aukerak dauzka:

Aipatutako koadro dialogoak sei aukera ezberdinen artean aukeratze ahalbidetzen du. “[1] Suavizar” bitartez guneen arteko altuera diferentzia txikiagotu daiteke, hain nabaria ez izateko. “[2] Emborronar” komandoaren bitartez materiala arrastatu egiten da. Honen bitartez materiala alde batetik bestera eraman daiteke, errealitatean atzamarren bitartez arcilla zati bat modelatzea bezala izango litzateke. “[3] Depositar”-ek materiala gehitzen dio modeloari, aldiz, “[4] Quitar”-ek materiala kentzen dio modeloari. Beraz, kontrakoa egiteko erabiltzen diren komandoak dira azkeneko bi hauek. Bukatzeko “[5] Deshacer” eta “[6] Rotar” aukerak daude.

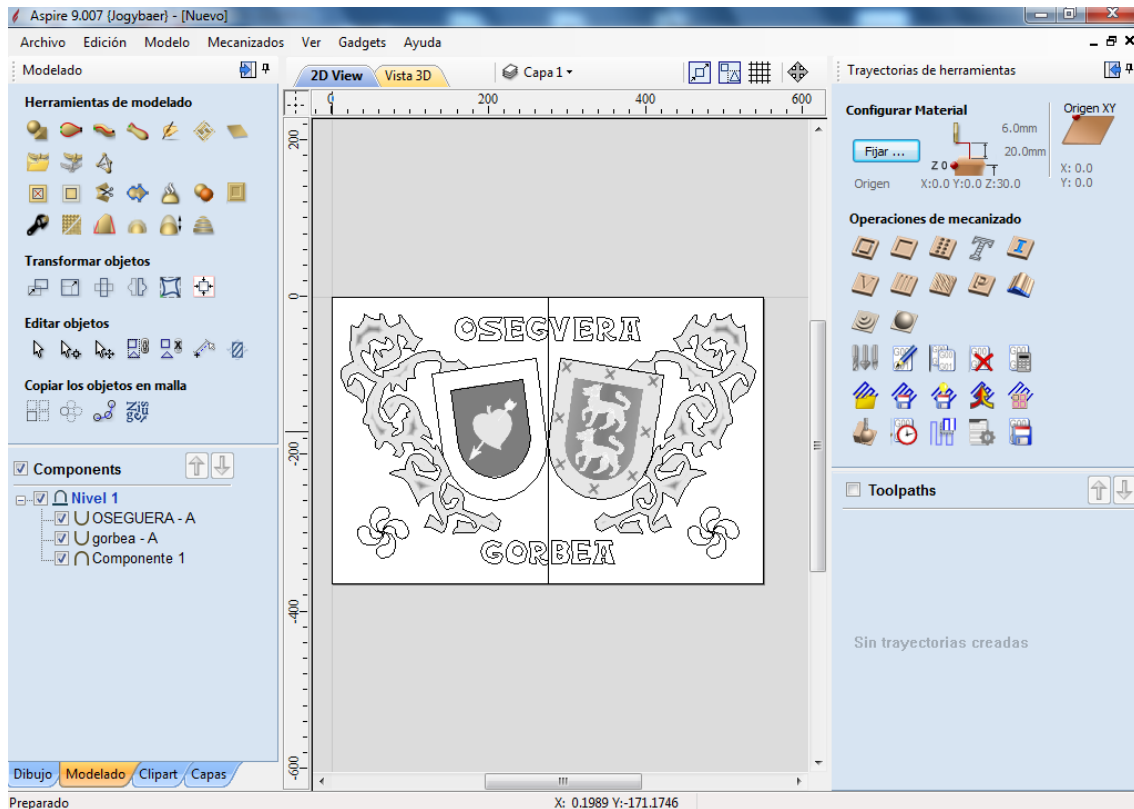


Irudia 65. "Esculpir aukerak".

"Diámetro, fuerza y suavizar"- en bitartez, aurreko aukeren manipulazioa konfiguratzeko erabiltzen da. Demagun [4].en aukera erabiltzen dela, diametroa zenbat eta handiagoa izan orduan eta kendutako azalera handiagoa izango da. Indarra zenbat eta handiagoa izan orduan eta kendutako materialaren sakonera handiagoa izango da. Errealitatearekin simil edo metafora bat aukeratuko balitz induskatzeko makina hautatu daiteke, kasu honetan, zozoaren tamaina diametroa izango litzateke eta indarra induskatzean zozoari ematen zaion sakonera.

Azaltzen ari den kasura bueltatuz, armariak [3] bitartez aldaketa txiki pare bat egingo zaie. Oseguera armarrarian geziari altuera gehiago emango zaio eta Gorbea armarrarian otsoen ileetan aldaketak egingo dira hauek hobeto ikus daitezzen.

Aldaketa guztiak egin ondoren 3D-n egin beharreko diseinua amaitutzat eman daiteke, bukatzeko erreminten aukeraketa eta hauen ibilbidearen definizioa geratzen da soilik. "Trayectoria de herramientas" dialogo koadroaren bitartez egingo da aipatutako definizioa. Hurrengo irudian azalduko den dialogo koadroa eta bukatutako modeloak ikus daitezke.



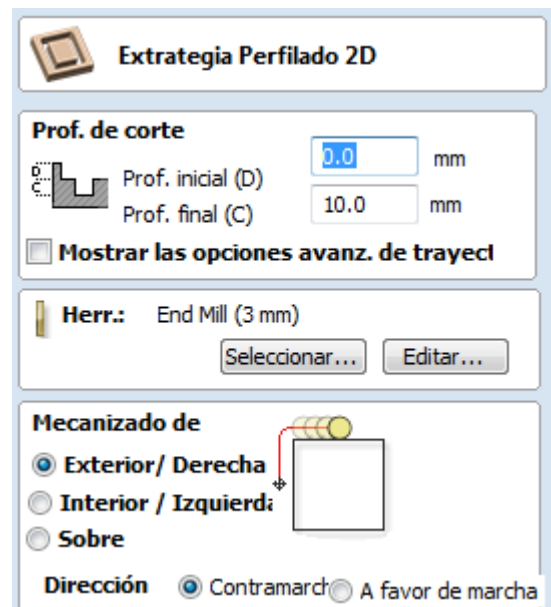
Irudia 66. “Configurar material” esteka.

“Configurar material” aukeraren bitartez prozesu guzti honen hasieran hautatu den konfigurazioa aldatzeko aukera dago. Hala nola XY koordinatuen zero puntua (0,0) eta Z koordinatuaren erreferentzia plano.

Mekanizazio operazio ezberdinak “Operaciones de Mecanizado” koadroan ikus daitezke. Bi ibilbide mota bereiz daitezke hemen, alde batetik operazio sinpleak edo 2D-tako operazioak eta bestetik, 3D-ko operazio konplexuagoak.

Lehenengoei dagokienez jorrotutako adibidean soilik “Estrategia de Cajead” erabiliko da, nahiz eta labor labor guztiak azalduko diren.

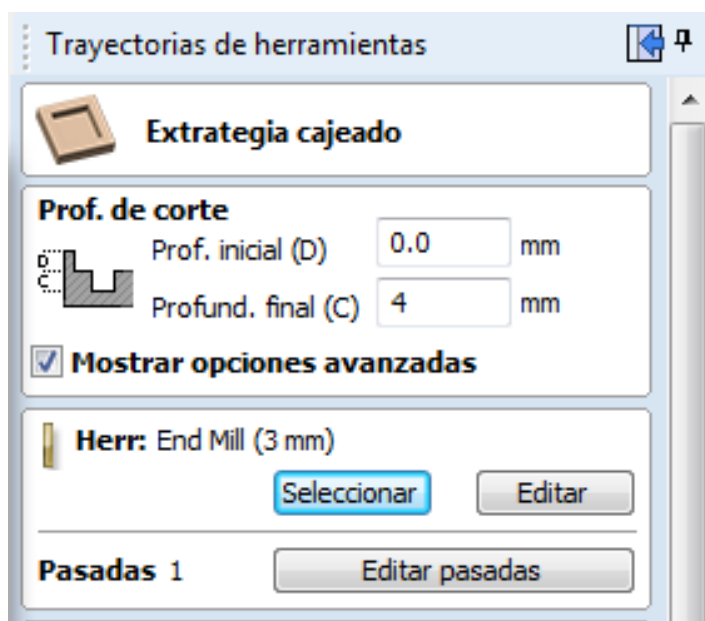
“Perfilado 2D” erremintak bektore baten zehar (itxia edo irekia) erreminta fisikoak (fresa, barautsa,...) materiala mozteko erabiltzen da. Bektorea itxia bada, erreminta bektorearen gaineratik, barrutik edo kanpotik eramateko aukera dago. Bektorea irekia balitz bektorearen gaineratik, eskumatik edota ezkerretik izan daiteke erremintaren ibilbidea.



Irudia 67. “Estrategia de perfilado”

“Taladrado” bitartez barutsa ezberdinen arteko aukera egin daiteke eta zuloak sinpleak egiteko aukera dago. “Grabado rápido” eta “V-Carve Grabado” komandoek ematen dituzten aukerak oso antzekoak dira, lehenengoa materiala zura denean erabiliagoa da eta bigarrena aldiz materiala harria denean. Orokorrean textuak idazteko erabiltzen dira (“Perfilado” erabiliz testuak ere idatz daitezke).

Plano batean enbutitutako piezak osatu ahal izateko, hala nola puzzleak osatzeko “Mecanizados para Encajado” erabili behar da. Programak automatikoki mozte erremintaren erradioa konpentsatu egiten du, ondorioz, moztutako piezak perfektuki bat egiten dute barne-hutsarekin. Horretarako gizon/emakumea (pieza eta hutsa) aukeratu behar dira. Piezak bat egiteko eta automatikoki erradioaren konpentsazioa egiteko ezinbestekoa da pieza eta barne-hutserako erreminta bera erabiltzea.



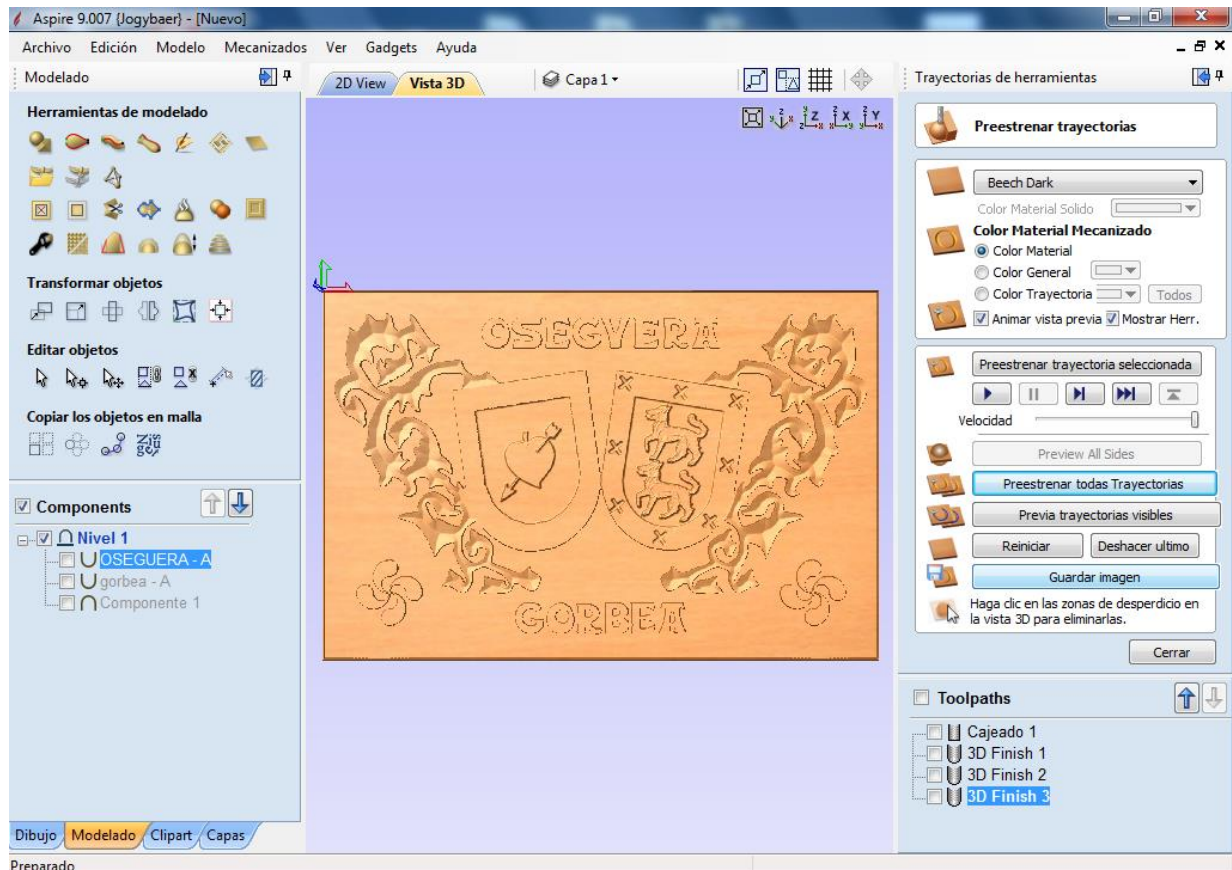
Irudia 68. “Cajeadado”.

Bi dimentsioetako aukerekin bukatzeko “Cajeadado” erabiliko da. Estrategia honen bitartez aukeratutako bektore itxi batean barrualdea fresatzeko aukera dago. Aukeratu beharreko “item”-ak sakontasuna eta erreminta mota dira. Sakontasunari dagokionez bi sakontasun mota ezberdintzen dira, “hasierako sakontasuna” eta “bukaerako sakontasuna” hain zuzen ere. Bigarrengoak markatzen du fresatzen den sakontasuna, hau da, lan sakontasuna. Erreminta motari dagokionez liburutegia

ireki eta bertan erreminta egokiena aukeratu beharra dago. Prozesua jadanik dagokion atalean azalduenez ez da beste behin errepikatuko. Aipatu den moduan fresaketa modu egokian egiteko bektore itxi bat beharrezkoa da, hori dela eta lan gunea biltzen duen laukizuzena eraikiko da. Ondoren laukizuzena, armariak eta hauen loretxoak eta lauburuak aukeratuta daudela fresaketa egingo da.

Mekanizazio operazioa bakarra falta da ereduarekin bukatzeko, 3D-ko modeloen mekanizazioa hain zuzen ere. Horretarako bi komando daude, nahiz eta kasu honetan bakarra erabiliko den. Izan ere, “Desbaste 3D” aukera mekanizatu beharreko pieza sakonegia denean erabiltzen da soilik, kasu horretan hasierako desbaste pasada baten bitartez soberako materiala kentzen da eta bigarren pasada bat egiten da, amaierako pasada hain zuzen ere. Armariak zein loretxoek 3mm-tako sakontasun maximoa izango dutenez pasada bakar batean mekanizatzeko aukera

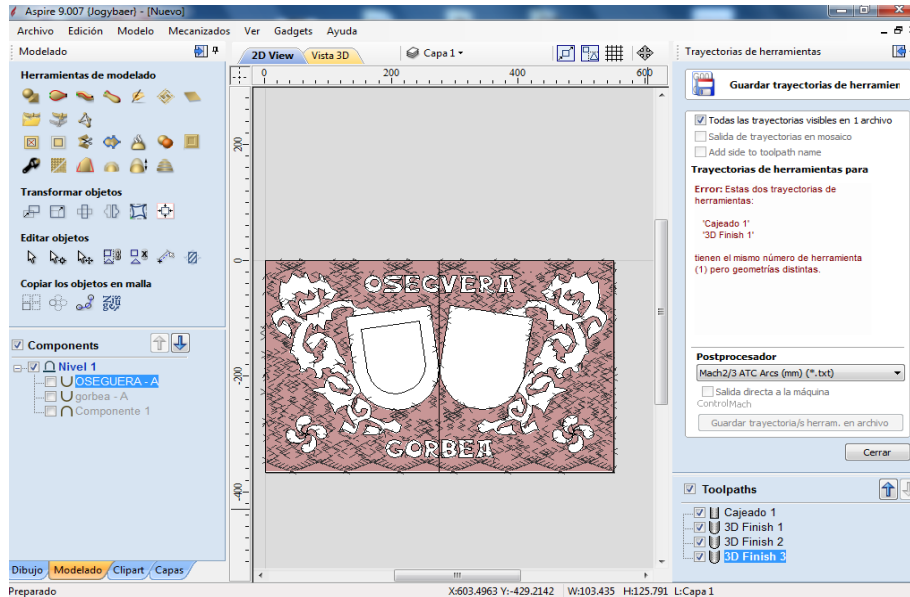
dago. Beraz, “Trayectoria de acabado 3D” komandoa erabiliko da. Komando honetan klikatzean bakarrik erreminta mota aukeratu behar da, izan ere, arestian modelo definitu denean mekanizazio parametroak finkatu dira. Honekin CAM ereduia bukatutzat eman daiteke. “Preestrenar trayectorias” komandoaren bitartez mekanizazio estrategia ezberdinen simulazioa ikus daiteke. Hurrengo irudian honen adibidea bistaratzen da:



Irudia 69. Lanaren simulazioa.

Simulazioa egiterakoan materialak izango lukeen kolorea, material mota (zura, harria edota burdina) etab.en artean aukeratu daiteke. Egindako simulazioa irudi moduan gorde daiteke, aukera hau oso interesgarria da, izan ere, bezero bati aurrekontua plazaratzean simulazioa ere atxikitu ahal zaio, lanaren irudi osoago egin dezake horrek.

Prozesuarekin bukatzeko CAM ereduia .txt artxibo (G-Kodea) batean esportatzea falta da. Horretarako “Guardar Trayectoria de Herramientas” komandoa erabiltzen da.

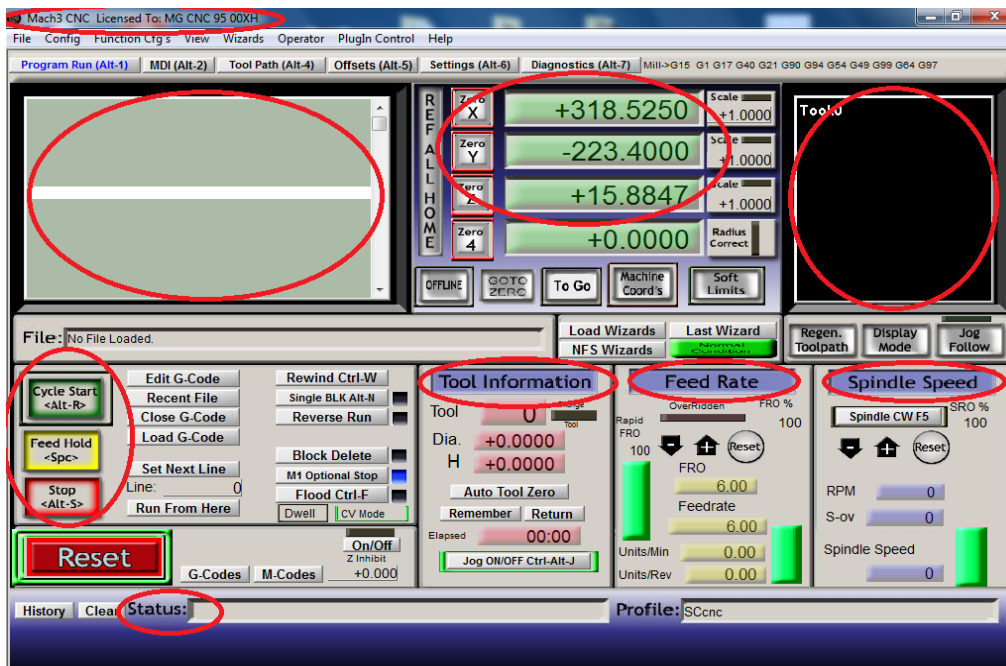


Irudia 70. G-kodearen esportazioa.

Aurreko irudian ikus daitekeenez erreminta mota bakoitzeko artxibo ezberdin bat beharrezkoa da, izan ere, ez dago erreminta aldaketa automatikoa egiteko aukerarik. Hala izango balitz mekanizazio zentro batez hitz egingo litzateke.

12.3 Mekanizazioa (Mach3)

Mach3 motoreen eta ordenagailuaren arteko komunikazioa ahalbidetzen duen kontrolagailua da. Honek makina konbentzionalak CNC makinatan bihurtzeko aukera ematen du kostu erlatiboki baxuan.



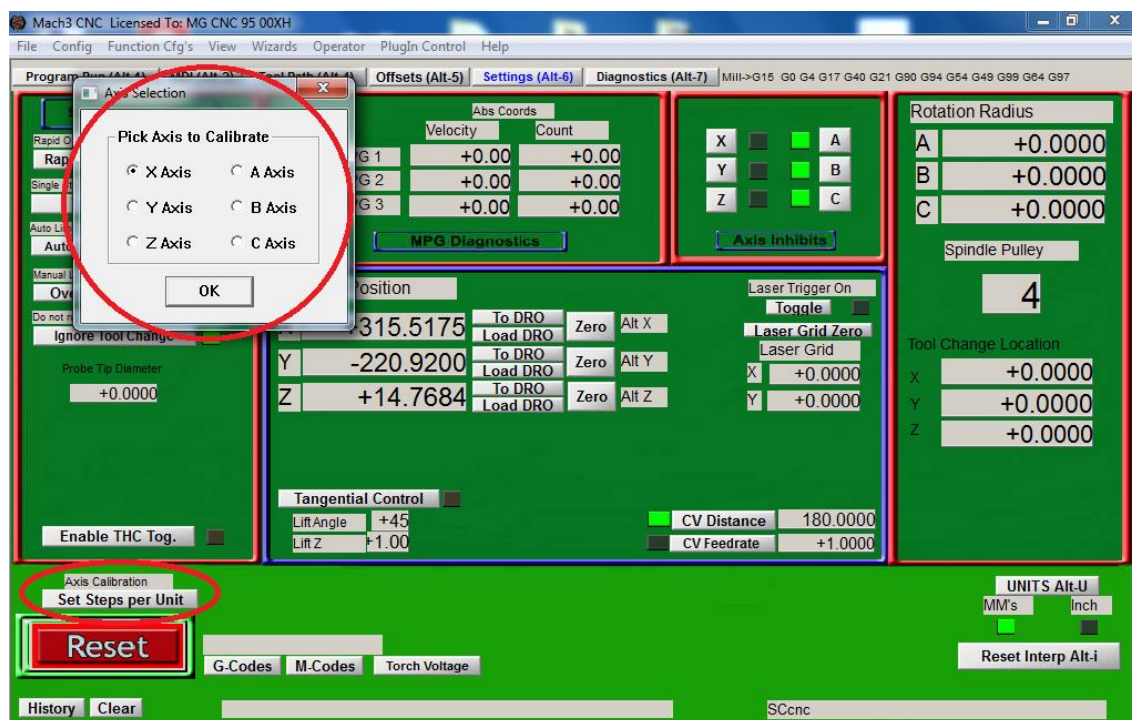
Irudia 71. Hasierako interfaza.

Aurreko irudian programaren interfaz-a ikus daiteke. Programak sei esteka ezberdin ditu. Hala ere lehenengo esteka honetan bi, lau, bost eta zazpi esteken laburpena dator. Beraz, benetan bat eta sei zenbakidun estekekin lan egiten da. Konprobatu beharreko lehenengo gauza lizentzia era egokian kargatu den ala ez ziurtatzea da, ez bada egokiro kargatzen hogeit hamar minutuko luzera duen demo batean sartuko litzateke programa. Goikaldean, ezkerretik eskumara kargaturiko G-kodea, X,Y eta Z ardatzen koordinatuak eta ibilbidearen simulazioa ageri dira.

Erdi partean Start, Pause eta Stop eta G-kodearen informazioa dago. “Tool Information” bitartez mekanizazio denbora eta erremintaren karakteristikak erakusten dira. “Feed Rate”-n ardatzen abiadurak ageri dira eta beronen abiadura kontrolatzeko aukera dago portzentai tartean (%0-100). “Spindle Speed”-ek husilloaren erreboluzioak kontrolatzeko aukera ematen du, hau ere portzentai tartean (%0-100), eta horren abiadura adierazten du.

Behealdean “Status”-en bitartez artxiboaren egoera eta historiala ageri dira.

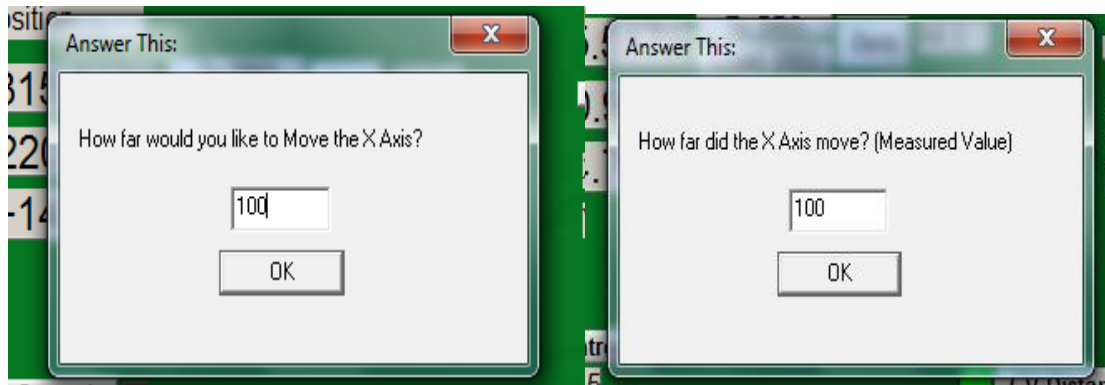
Artxiboa kargatu baino lehen eta lan egiten hasi aurretik Settings esteka erabiliz X,Y eta Z ardatzen kalibrazioa egin behar dira. Hiru ardatzentzako prozedura bera denez, ardatz bakarraren konfigurazioa azalduko da.



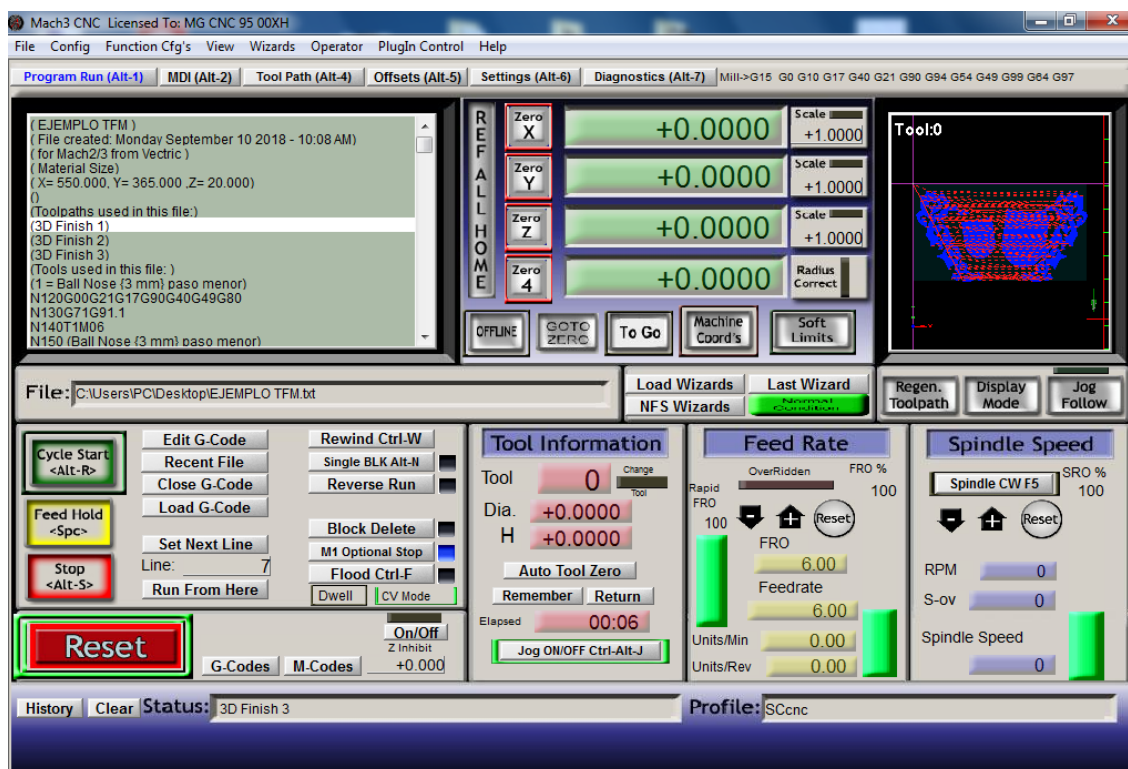
Irudia 72. Settings esteka.

“Axis Calibration” komandoan klik egiten denean kalibratu nahi den ardatza aukeratzeko aukera ematen duen koadro dialogoa ageri da. Hasteko X ardatzarekin egingo da adibidea. Behin aukeratuta dialogo koadro berri bat ageri da, honek ardatza zenbat mugitu nahi den galdetzen du. Neurri bat jartzen da (mm-tan) eta makina aukeratutako ardatzean mugitzen da. Behin mugimendua bukatu dela dialogo koadro berri bat agertzen da, honek zein den ardatza benetan mugitu den distantzia galdetzen

du. Automatikoki sartutako distantzia eta mugitutako distantzien arteko erlazioa egiten du programak kalibrazioarekin bukatzeko.



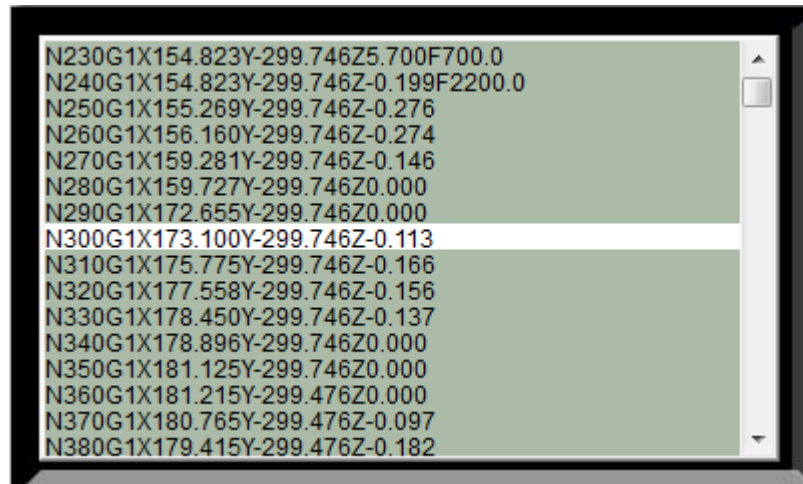
Irudia 73. Kalibrazio prozesua.



Irudia 74. Lanaren hasieraketa.

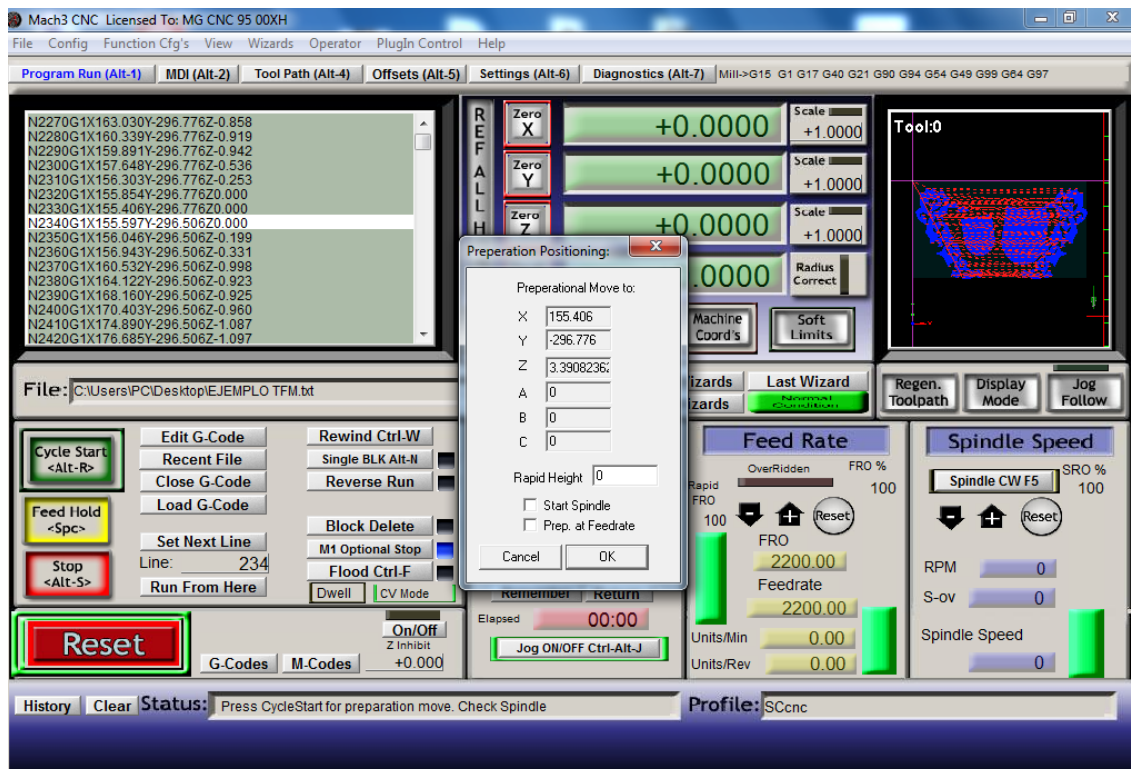
G-kodea kargatu, itxi edota editatzeko komandoak erabiliz artxiboarekin lan egin daiteke. Kargatutako artxiboaren izena, lan gunearen tamaina eta artxibo horrek dituen mekanizazio estrategia ezberdinak agertzen dira kodearen hasieran.

G-kodeak makinaren mugimenduaren funtzioak deskribatzen ditu, adibidez, mugimendu azkarrak, mugimendu erradialak, pausak,... X,Y,Z hizkien bitartez ardatzen mugimendua definitzen da eta F hizkiak aitzinapenari egiten dio men. Kontrolagailuak kodean implementatutako komandoak era sekuentzian jarraitzen ditu. Abibide gisa hurrengo blokea dago.



Irudia 75. G-kodearen lerro sekuentzia bat.

Fabrikazioarekin bukatzeko kontrolagailuak ematen duen aukera garrantzitsu bat azalduko da. Gerta liteke fabrikatzen ari den pieza mekanizatzeko behar den denbora oso luzea izatea eta egun batean ezin bukatzea mekanizazioa. Kasu horretan, “Pause” komandoa erabili daiteke. Pausatutako sekuentzian geldituko da kodea. Mekanizazioari berriro ekiteko “Set Next Line” eta “Run From Here” komandoak erabili behar dira. Lehenengoaren bitartez mekanizazioa pausatu zeneko hurrengo lerroa aukeratzeko balio du eta bigarrenak lerro sekuentzia horretatik berriro hasi ahal izateko erabiltzen da. Komando hauek erabiltzean hurrengo dialogoa agertzen da, makina koordinatu horietara mugituko litzateke eta ondoren “Start”-en klikatuz mekanizazioa hasten da berriz ere.



Irudia 76. Pause/Start prozesua.

13. PROGRAMA INFORMATIKOAK

Gaur egungo munduan eta bereziki industria munduan ohikoa da software informatikoak erabiltzea. Erreminta informatikoekin lan egitean gestio efikaza, autonomia eta berehalakoa bilatzen da, sentsu orotan emaitza sostengarria lortuz.

Erreminta informatikoen erabilerarik gabe ezinezkoa izango litzateke lan hau garatzea. Hori dela eta aurrerantzean eta era labur batean erabilitako pakete informatikoak azalduko dira.

13.1 Microsoft Office

Microsoft Office paketeak oinarritzko programak biltzen ditu, hala nola Microsoft Word edota PowerPoint.

Microsoft Word testu prozesatzailea da. Mota honetako prozesatzaileen merkatuan lehenengo posizioan dago. DOC formatua estandartzat hartzen da.



PowerPoint programaren bitartez presentazioak garatu eta erakutsi daitezke Windows zein Mac ingurunetan. Testu, argazki, soinu, animazio eta bideoetan osatutako diapositiba multimedialak sortzeko erabili ohi da.

Irudia 77. Microsoft Office-en irudi korporatiboa.

13.2 AutoCAD

AutoCAD bi eta hiru dimentsioko irudiak lantzeko diseinurako programa bat da, Autodesk enpresak garatu eta merkaturatzen duena. Programa honek eraikinen planoen irudi digitalak edo 3Dko irudien sorkuntza ahalbidetzen du. Arkitekto, ingeniari eta diseinatzaile industrialek



Irudia 78. Autodesk konpainiaren logoa.

gehien erabiltzen duten programetako bat da.

13.3 Ansys

Ansys elementu finituen bidezko diseinu, analisi eta simulazioarako erabiltzen den CAE programa da. Honek eraikuntza, meshing, exekuzio eta post prozesatze faseak biltzen ditu. Ingeniaritza eta diseinu mekanikoan problema fisikoak analizatzeko erabili ohi da, esfortzu termiko, jariakinak, bibrazioa keta bestelako aplikazioak simulatzeko erabili daiteke.



Irudia 79. Ansys programaren marka erregistratua.

13.4 SolidEDGE

Siemens etxeak garatutako software honen bitartez 3D-ko pieza tridimentsionalak diseinatu daitezke. Material ezberdinen piezen modelatua, txapak tolestea, konjuntuen muntaia eta soldadurak, etb. baimentzen ditu.



Irudia 80. SolidEdge ST9 bertsioaren lizentzia.

13.5 Aspire

Aspire VCarve Vectric enpresak plazaratutako softwarea da, diseinu eta mekanizaziorako erabiltzen dena. Marrazketa eta produkzio erremintaz gain argazkiak, bozetoak eta orokorrean formatu digitaleko irudiak 3D-ko modeloetan bihurtu dezaketen erremintak barneratzen ditu.



Irudia 81. Aspire programaren logotipoa.

13.6 Mach3

Mach3 motoreen eta ordenagailuaren arteko komunikazioa ahalbidetzen duen kontrolagailua da. Honek makina konbentzionalak CNC makinatan bihurtzeko aukera ematen du kostu erlatiboki baxuan. Horretaz gain ulertzeko eta erabiltzeko oso erraza denez oso da erabilia enpresatan.



Irudia 82. Mach3 programa.

14. ONDORIOAK

Aurrerantzean lan honetan zehar eskuratutako datuetan eta egindako azterketetan oinarrituz, plazaratutako helburuei esleitutako ondorioak bilduko dira.

Jakina denez, helburu nagusia benetako makina erremintaren analisi estatiko burutzea izan da. Sistema mekaniko estruktural bat kanpo indarren pean dagoenean, beronen analisia burutzeko modelo sinplifikatu bat eraiki behar da lehenago. Prozesuan parte duten faktore kantitatea hain handia denez ezin dira guztiak kontuan hartu, ondorioz sinplifikazioak egiten dira. Hauek soluzioei zehaztasuna kentzen diete. Hala ere, hurbilpen eta erreferentzia bat zehazteko (etorkizunean analisi sakonagoa egiteko, adibidez) balio izan du, hau da, gida-buru batzuk ipini dira.

Deformazio eta tentsio egoerak ikasteen puntu kritikoenak identifikatu dira, analisian zehar lortutako informazioa oso erabilgarria izan da eta errealitatean inplementatzeko aukera dago, lan eremuaren ber estrukturatzea eginez, adibidez.

Eredua sortzeko, lehenik eta behin, makinaren despiezea eta plano konstruktiboak egin dira. Honi esker, benetako sistemen, bai sistema mekaniko zein mekatronikoen analisia burutzeko aukera eduki da. Honi esker, informazio berria lortu, dokumentatu eta gorde egin da. Beste era batean esanda, esperientzia eta ezagutza lortu da.

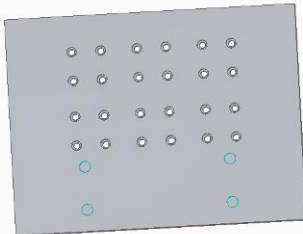
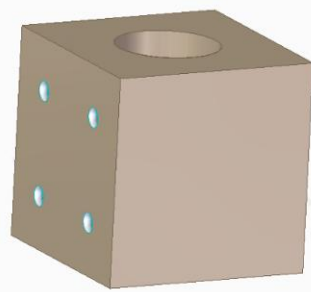

MAL guztian zehar etengabe mekanizazioari buruz hitz egin da. Honekin erlazionatutako kontzeptu garrantzitsuetako bat denbora da. Helburua, mekanizazio denbora txikiena lortzeko parametroak lotu eta konfiguratzea da. Honen analisia bururatzeko aukera eduki da, mekanizazio denborak teorikoki zein praktikoki lortu eta konparatu ostean, giltzarri diren parametroak ikusi dira.

Orokorrean, karreran eta masterrean ikasitako kontzeptuak errealitateko problema batean zuzenean aplikatzeko aukera eduki da.

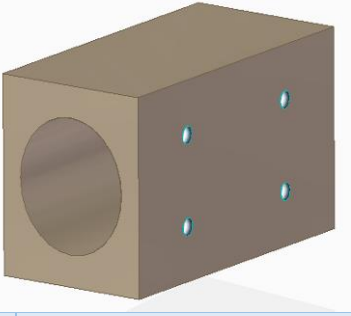

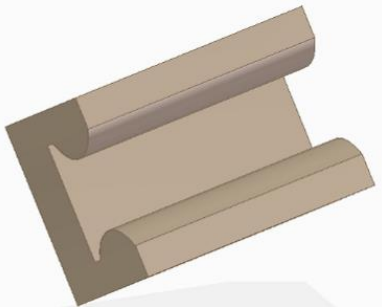

15. BIBLIOGRAFIA

- Avilés, R. (2002). *Métodos de análisis para diseño mecánico Volumen II Elementos finitos en estática*. Bilbao: Servicio de publicaciones-Escuela Superior de Ingenieros.
- Lopez de Lacalle, L.N y Lamikiz, A. (2009). *Machine tools for high performance machining*. Bilbao.
- Dpto. de ingeniería mecánica. (2016). *Fabrikazio sistema integratuak*. Bilbao: Servicio de publicaciones-Escuela Superior de Ingenieros.
- Zorrilla, E. eta Muniozguren, J. *Oinarrizko arauketa. Marrazketa teknikoa*. Bilbao: Servicio de publicaciones-Escuela Superior de Ingenieros.
- Zorrilla, E. eta Muniozguren, J. *Dibujo de ingeniería*. Bilbao: Servicio de publicaciones-Escuela Superior de Ingenieros.
- Celigüeta Lizarza, J.T. (2000). *Método de los elementos finitos para análisis estructural*. Donostia: Unicopia C.B.
- Kohnke, P. (1992). *Ansys theory reference, Release 5.6*. Canonsburg: Ansys, Inc.
- Autodesk. (2010). *Manual del usuario*.
- Manual del usuario. *Introducción a SolidEdge*.
- FAMASA.com
- Sandvik Coromant. (2010). Guía técnica de mecanizado.
- <https://www.arduino.cc/>



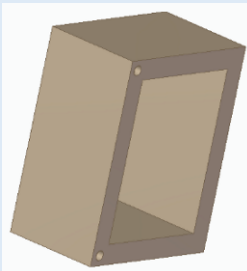
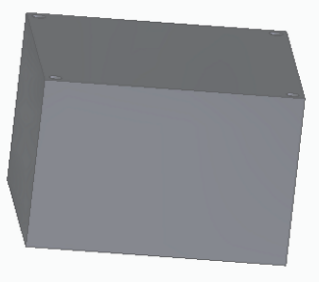
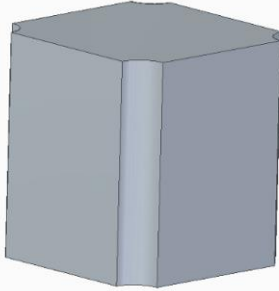
I. ERANSKINA. MAKINAREN OSAGAIEN ZERRENDA

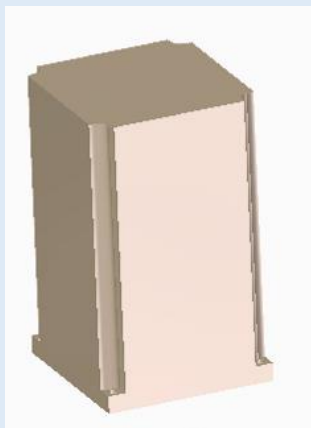
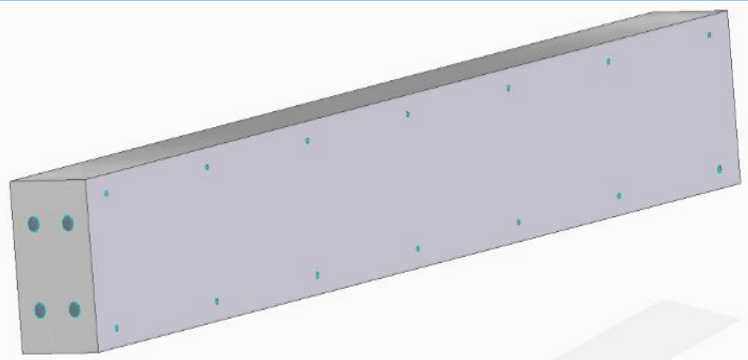
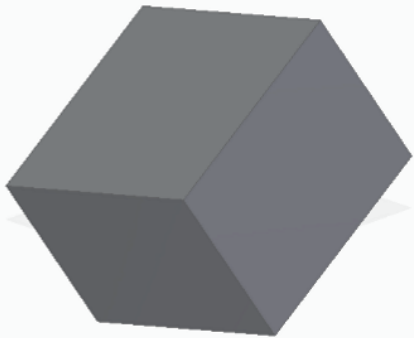
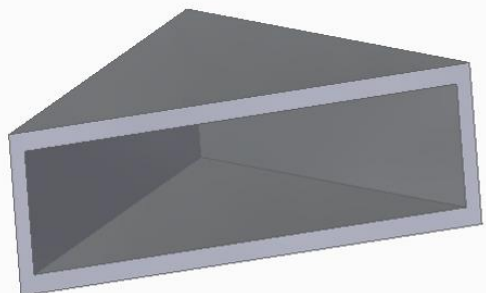
PIEZA	KANTITATEA	MATERIALA	NEURRIAK (mm)
1-C-kabezala	1	Altzairua	300x180x57
<p>Kabezalaren elementu estruktural nagusia da. Bastidore moduan jokutzen du, hau da, bere gain kabezalaren elementu guztien mihizadura bermatzen du.</p>			
2-Txapa elektrohusillo	1	Altzairua	200x100x10
<p>Txapa laukizuzen honen bitartez elektrohusilloak (ikus 8.irudia) bat egiten du gidatze sistema bertikalarekin. Beraz, bitarteko lotura elementua dela esan daiteke.</p>			
3-Kontragida bertikala	6	Plastiko estaldura	40x40x40
<p>Gidatze sistema bertikalaren parte da elementu hau, kontra-gida bertikalaren kaskiloa (ikus 4.irudia) barneratu eta babestez gain bere forma laukizuzenaz baliatuz elektrohusilloko txapari (ikus 2.irudia) torlojutu daiteke.</p>			
4-Kontragida bertikalaren kaskiloa	6	Altzairu biguna	D20x40
<p>Benetako kontra-gida da, kasu honetan gida bertikalak barra biribilak direnez kaskilo forma du elementuak. Gidan zehar desplazatzen den gidatze sistemaren elementua da. Ondorioz, gida baino bigunagoa da, beronen desgastea handiagoa izateko, izan ere, merkeagoak eta ordezkatzeko errazagoak dira.</p>			

5-Amaiera gabeko torloju bertikala	1	Altzairu tenplatua	D20x300
<p>Mugimendu bertikala egiteko aitzinapen sistema da. Errotazio mugimendua desplazamendu linealean bihurtzen duena. Kasu honetan Z ardatzean lan egiten du.</p>			
6-Gida bertikala	2	Altzairu tenplatua	D20x300
<p>Gidatze sistema bertikalaren elementu klabea da, tratamendu termiko bati esker (tenplea) gogortasuna eta erresistentzia ematen zaie, higadurarekiko erresistentzia emanez. Arteztuak daude, mugimenduaren erreferentzia direlako, kontra-gidek (ikus 3.irudia) hauen gainean labaintzen dira.</p>			
7-ltxiera	1	Aluminioa	85x110x60
<p>Lotura elementua da, torlojuen bitartez elektrohusilloa (ikus 8.irudia) gidatze sistemaren bitarteko elementuekin lotzen da. Lotura estuaraz izango behar da, momentu orotan lotura bermatzeko. Estutasun hori lortzeko barnetik mekanizatuta dago.</p>			
8-Elektrohusilloa	1	Komertziala	D70X220
<p>Aitzinapen mugimendu nagusia ematen duen elementua da. Motorrera (ikus 22.irudia) zuzen konektatzen da. Barnetik hozte zein lubrifikazio sistemak osatzen duten kanalak mekanizatuak ditu.</p>			

9-Zeharkako torlojuaren kontra-gida	1	Plastiko estaldura	80x40x40
<p>Zeharkako gidatze sistemaren parte, zeharkako torlojuaren kontra-gidaren kaskiloa (ikus 4.irudia) barneratu eta babesteaz gain bere forma laukizuzenaz baliatuz kabezalaren bastidoreari (ikus 1.irudia) torlojutu daiteke.</p>			
10-Zeharkako am. gab. torlojuaren kaskiloa	1	Altzairu tenplatua	D20x80
<p>Benetako kontra-gida da, zeharkako amaiera gabeko torloju biribila denez kaskilo forma du elementuak.</p>			
11-Luze eta zehar. kontra-gida	8	Plastiko estaldura	55x40x40
<p>Luze zein zeharkako gidatze sistemaren parte da, kontra-gida lauak barneratu eta babesten ditu.</p>			
12-Luze eta zeharkako kontra-gidako kaskiloa	8	Altzairu biguna	55x26x23
<p>Luze zein zeharkako gidatze sistemaren parte da, gida lauen zehar desplazatu egiten da, ondorioz, horiek baino higadurarekiko erresistentzia eta gogortasun txikiagoa dute.</p>			

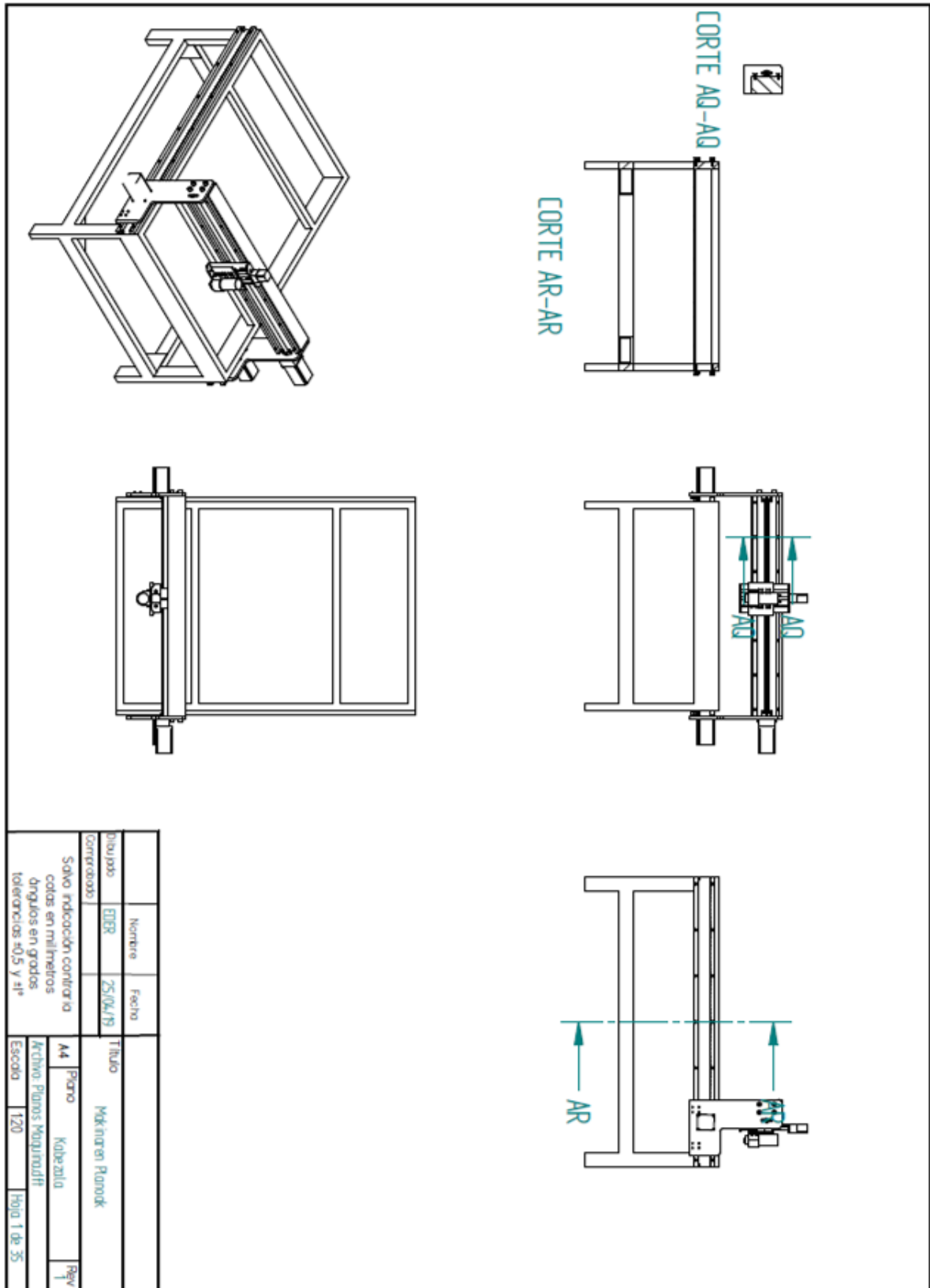
13-Zeharkako gida	2	Altzairu tenplatua	1370x20x20
<p>Zeharkako gidatze sistemaren elementu nagusietakoa den gida laua. Tratamendu termikoa jaso eta gero arteztuak daude, mugimenduetan doitasuna bermatzeko.</p>			
14-Zeharkako amaiera-gabeko torlojua	1	Altzairu tenplatua	D20x1370
<p>Motorraren (ikus 23.irudia) errotazio mugimendua desplazamendu linealean bihurtzeko erabiltzen den elementua. Zeharkako ardatzean, hau da, Y ardatzean lan egiten du.</p>			
15-Euste torlojua	2	Altzairua	64x32x16
<p>Bi funtzio egiteko gai den elementu hau alde batetik, lasterketa amaiera bezala jokatzen du zeharkako norabidean. Bestetik, zeharkako amaierarik gabeko torlojuari (ikus 14.irudia) eusten dio zubiko txapekin batera (ikus 28.irudia).</p>			
16-Luzetarako gida	2	Altzairu tenplatua	1800x25x25
<p>Luzetarako gidatze sistemaren elementu nagusietakoa da. Bestelako gida lauen ezaugarriak dituzte.</p>			
17-Kreamailera	2	Altzairu tenplatua	1800x25x25
<p>Hortz zuzeneko barra, zein pinoiarekin (ikus 18.irudia) batera errotaziozko mugimendua aitzinapen linealean bihurtzen du. Elementua finko dagoenez, pinoa beronen gain biratzean kreamaileraren zehar aurrera egiten du.</p>			

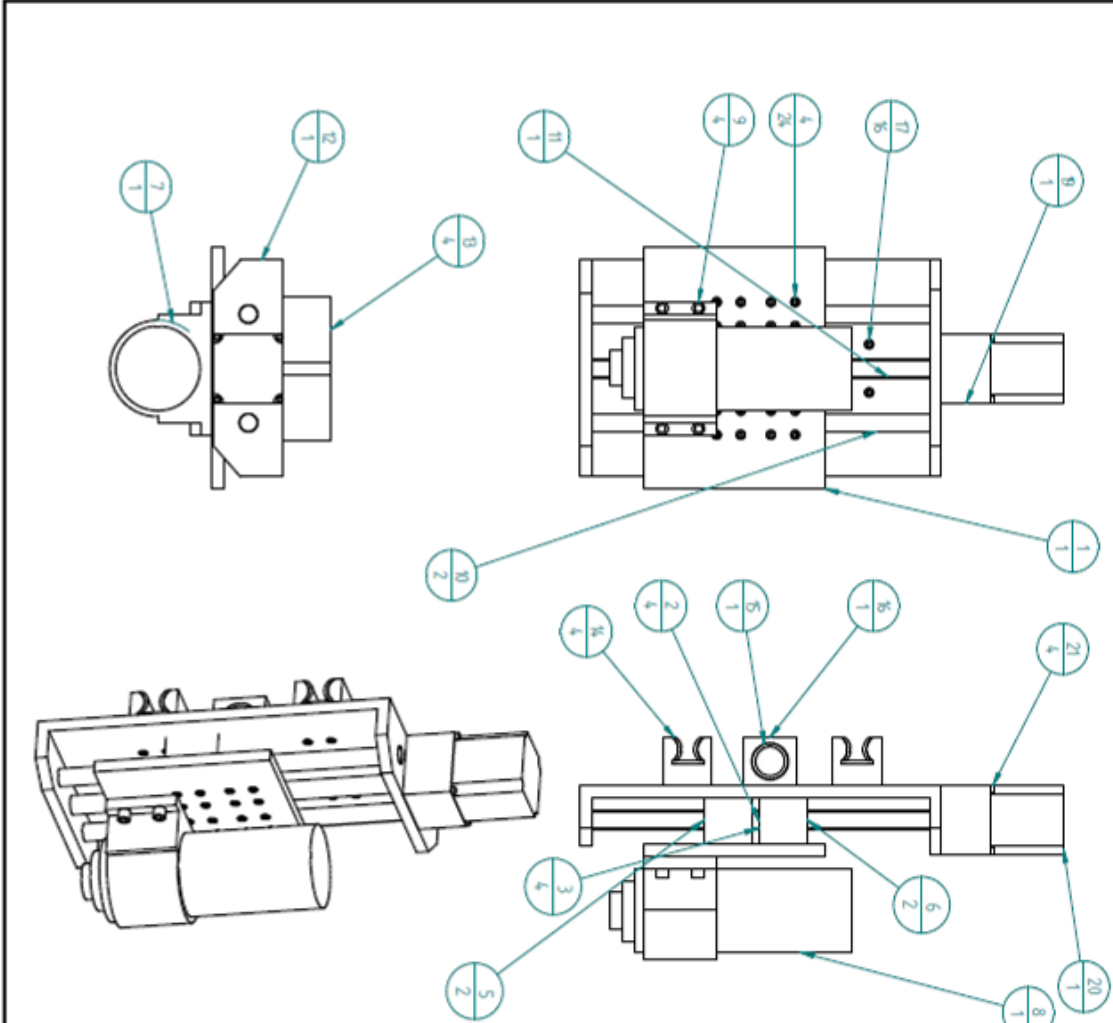
18-Pinoia	2	Komertziala	Komertziala
<p>Hortz zuzeneko gurpila, luzetarako mugimenduaren aitzinapen sistemaren parte da. Engranaje bitartez transmisio zuzena dago kremailerarekin (ikus 17.irudia).</p>			
19-Pinoiaren ardatza	2	Komertziala	Komertziala
<p>Pinoia eta X motorraren (ikus 23.irudia) arteko transmisioa posiblea izateko erabiltzen den elementua da. Motorraren errotazio mugimendua pinoiari zuzenean bidaltzen dio.</p>			
20-Y motorearen akoplea	1	Plastiko estaldura	100x80x50
<p>Y motorra (ikus 23.irudia) zeharkako aitzinamendu sistemarekin bat egiteko erabiltzen da. Honen bitartez, motorraren ardatza eta amaiera gabeko torlojua (ikus 14.irudia) zuzenean lotzeko lekua uzten da.</p>			
21-Z-motorearen akoplea	1	Plastiko estaldura	57x57x41
<p>Z motorra kabezalaren bastidorearekin bat egiteko erabiltzen da. Motorra sostengatzeaz gain beronen ardatza elektrohusilloarekin (ikus 8.irudia) zuzenean konektatzen da, bestelako bitarteko elementurik gabe.</p>			
22-Z-motorea	1	Komertziala	23HS9430
<p>Pausuz pausuko motorra, honek inpulstu elektrikoak jasotzen ditu eta desplazamendu angeluar zehatz eta diskretu batean bihurtzen du.</p>			

23-X eta Y motoreak	3	Komertziala	34HS5435C-37B2
<p>Guztira hiru motor daude, luzetarako aitzinamendurako bi erabiltzen dira, aldiz, zeharkako mugimendurako bakarra dago. Z motorearekin konparatuz, funtzionamendu mota bera dute, baina potentzia handiagoa.</p>			
24-Zubiko estruktura	1	Aluminioa	1370x180x110
<p>Aluminiozko habea da, arina izan behar bai da zeharkako zein luzetarako mugimenduak errazago egin ahal izateko. Zubiko txapekin (ikus 28.irudia) batera portiko bat osatzen du, elementu hau ateburua izango litzateke. Bere gain zeharkako gidatze sistema guztiak hartzeaz aparte, zeharkako aitzinamendua eta mugimendu bertikalak bateratzen ditu, hauek aldi berean egitea posiblea izanik.</p>			
25-Lasterketa amaierak	4	Altzairua	20x20x15
<p>Elementu estruktural honek luzetarako mugimenduari amaiera ematen dio. Ez dituzte sentzorarik, beraz, soilik elementu mekanikoak dira.</p>			
26-Eskuairak	4	Altzairua	161x161x85
<p>Zurruntasuna emateko erabiltzen den elementu estrukturala.</p>			

27-Mahaia	1	Altzairua	1800x1300x800
<p>Makinaren bankada da. Bere gain makina guztia barneratzen du. Burdinurtu grisez dago eginda. Bestelako elementuak eta sistema osagarriak integratzeko kanalak, zulo eta irekierak ditu.</p>			
28-Zubiko txapak (ezker eta eskuin)	2	Altzairua	550x350x16
<p>Zubiko estrukturarekin batera (ikus 24.irudia) portikoa osatzen dute, altzairuzko zutabeak dira. Luzetarako zein zeharkako mugimenduak bateratzen ditu, hauek aldi berean egitea posiblea izanik.</p>			
29-Bestelako komertzialak		Kantitatea (unitateak)	
Torlojua M3x70 DIN 933		4	
Torlojua M4x10 DIN 933		4	
Torlojua M4x20 DIN 933		56	
Torlojua M5x90 DIN 933		2	
Torlojua M6x30 DIN 933		28	
Torlojua M8x30 DIN 933		8	
Torlojua M16x50 DIN 912		8	
Zirrindola M16 DIN 127		8	
Azkoina M16 DIN 934		8	

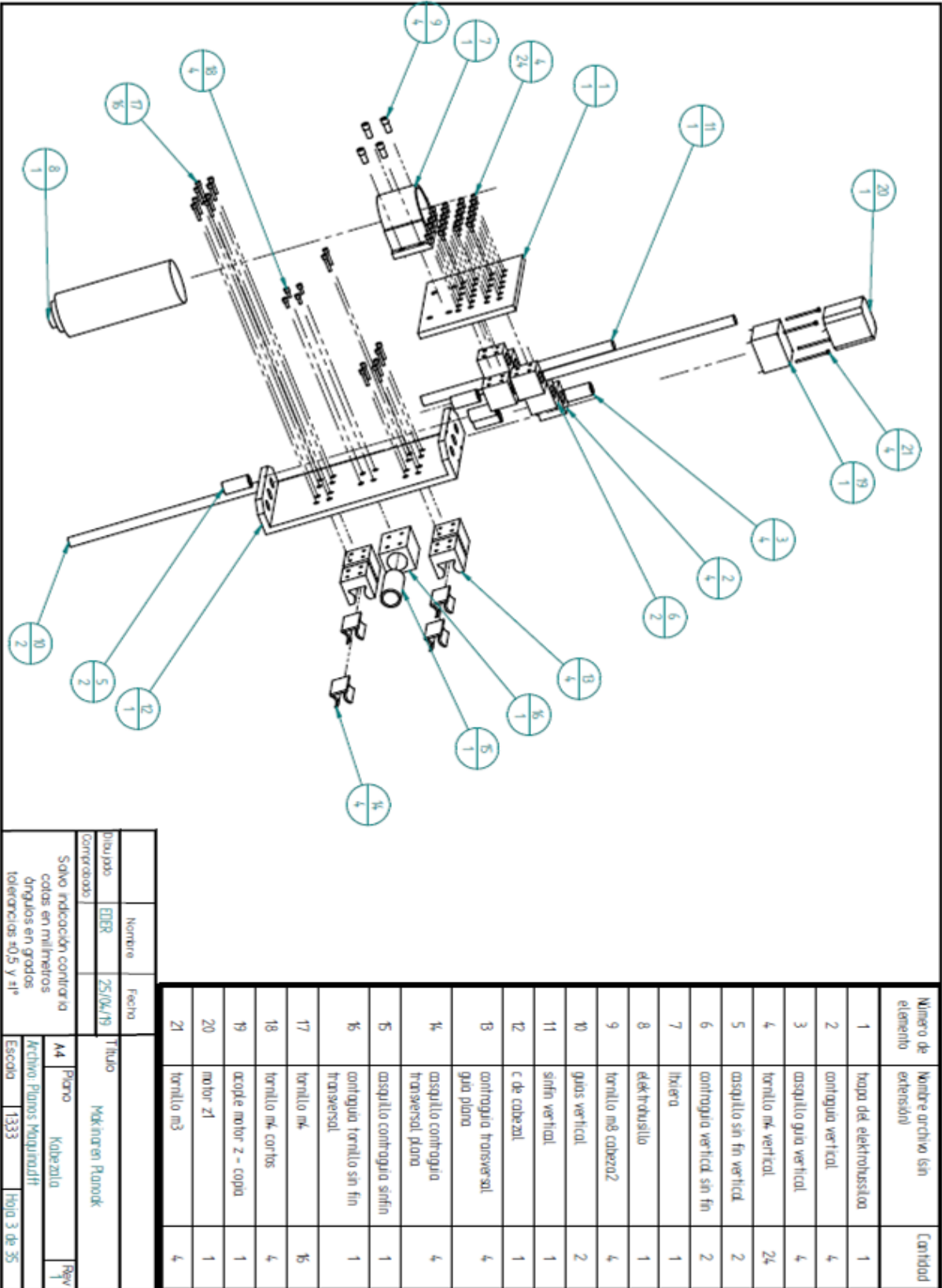
II. ERANSKINA. PLANO KONSTRUKTIBOAK



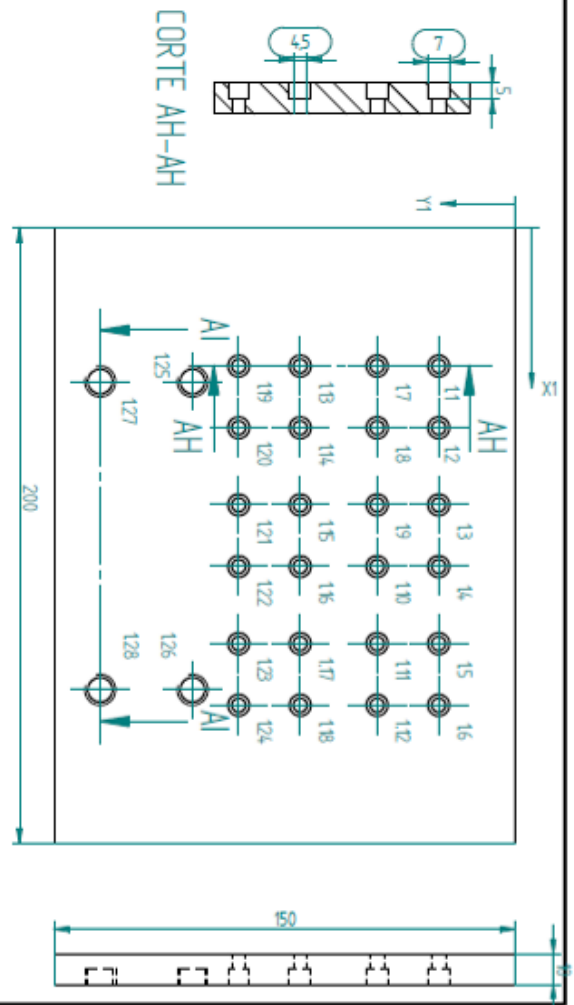
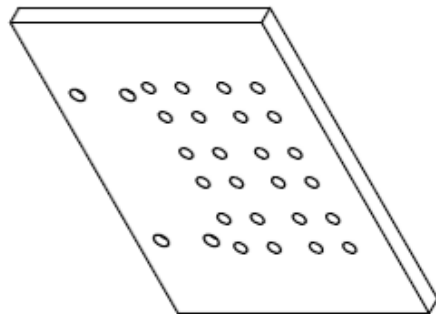


Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)
1	tapia del eje/hrosesia	18	herrillo m4 cortos
2	contorno vertical	19	acople motor 2 - copia
3	casquillo guía vertical	20	motor 21
4	herrillo m4 vertical	21	herrillo m3
5	casquillo sin fin vertical		
6	contorno vertical sin fin		
7	lixera		
8	elektrohusillo		
9	herrillo m3 cabezal		
10	guías vertical		
11	sifin vertical		
12	c de cabezal		
13	contorno transversal		
14	casquillo contorno transversal plano		
15	casquillo contorno sin fin		
16	contorno tornillo sin fin transversal		
17	herrillo m4		

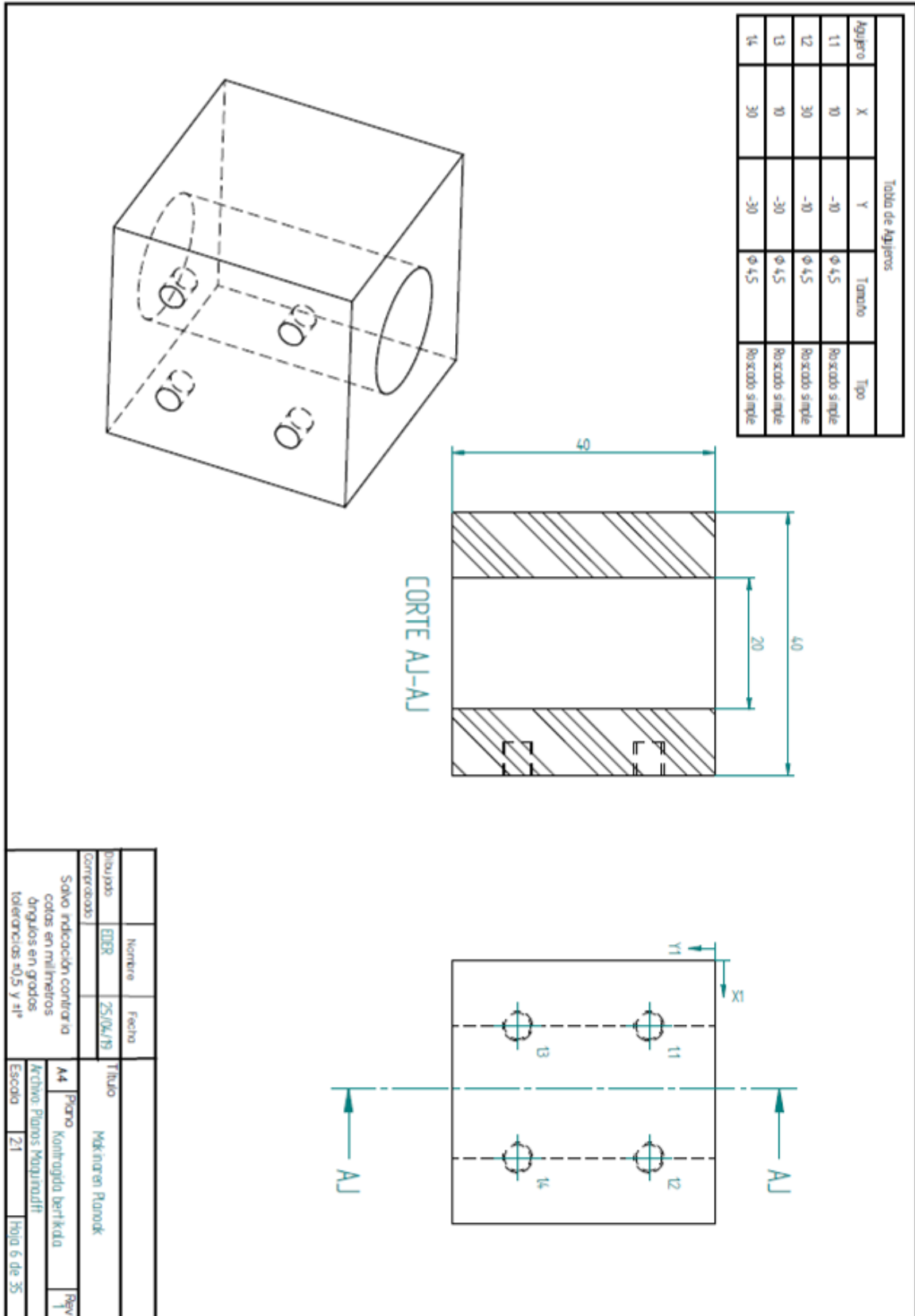
Dibujos:	Herrero	Fecha:	25/04/19	Título:	Meknikaren Planok
Contraoio:	EDR				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros		A4		Papel:	Kobeztuta
tolerancias ±0.5 y ±1°		Archivo: Planos Maquinadff		Revisión:	
		Escala:		1:333	Hoja 2 de 35

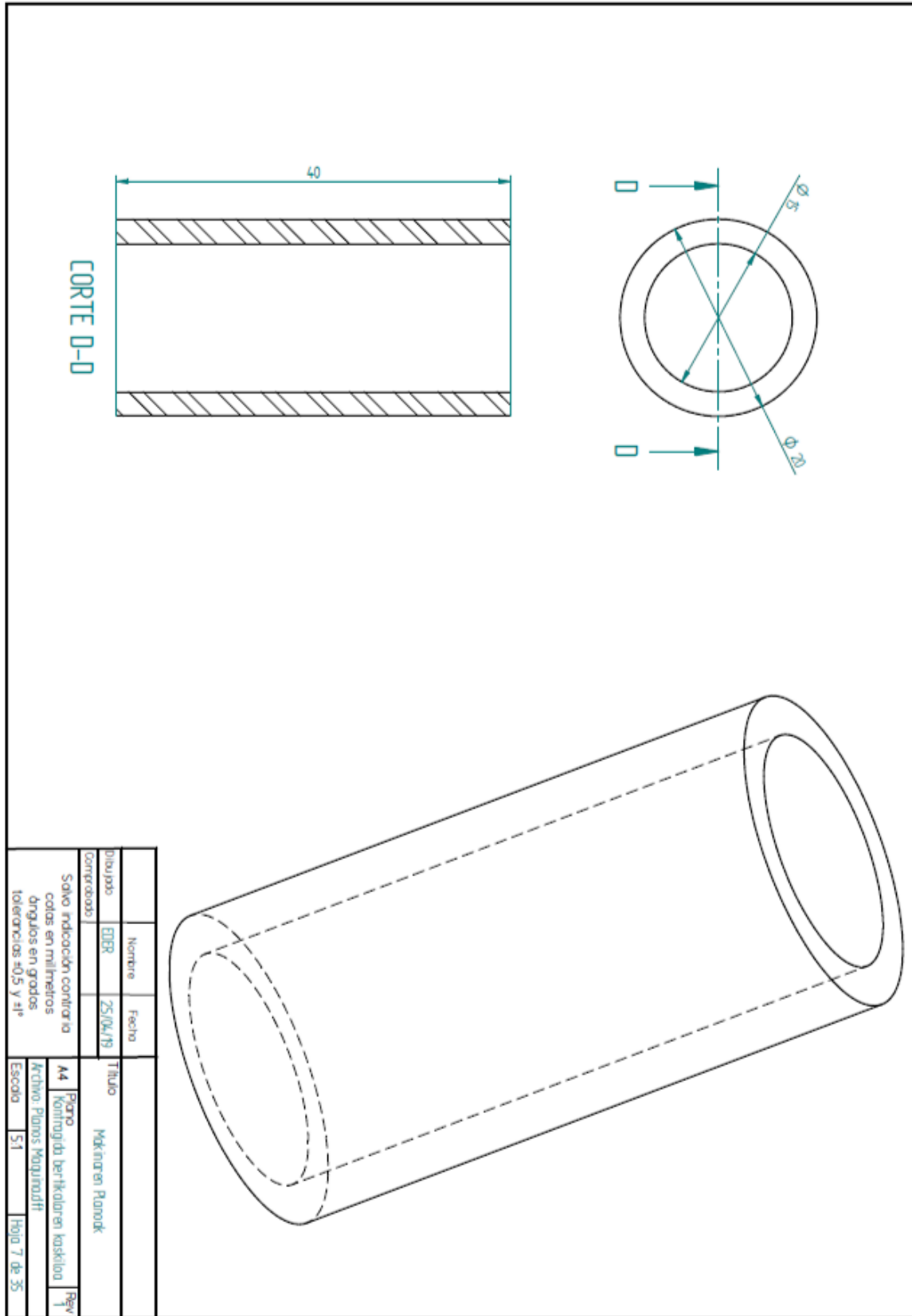


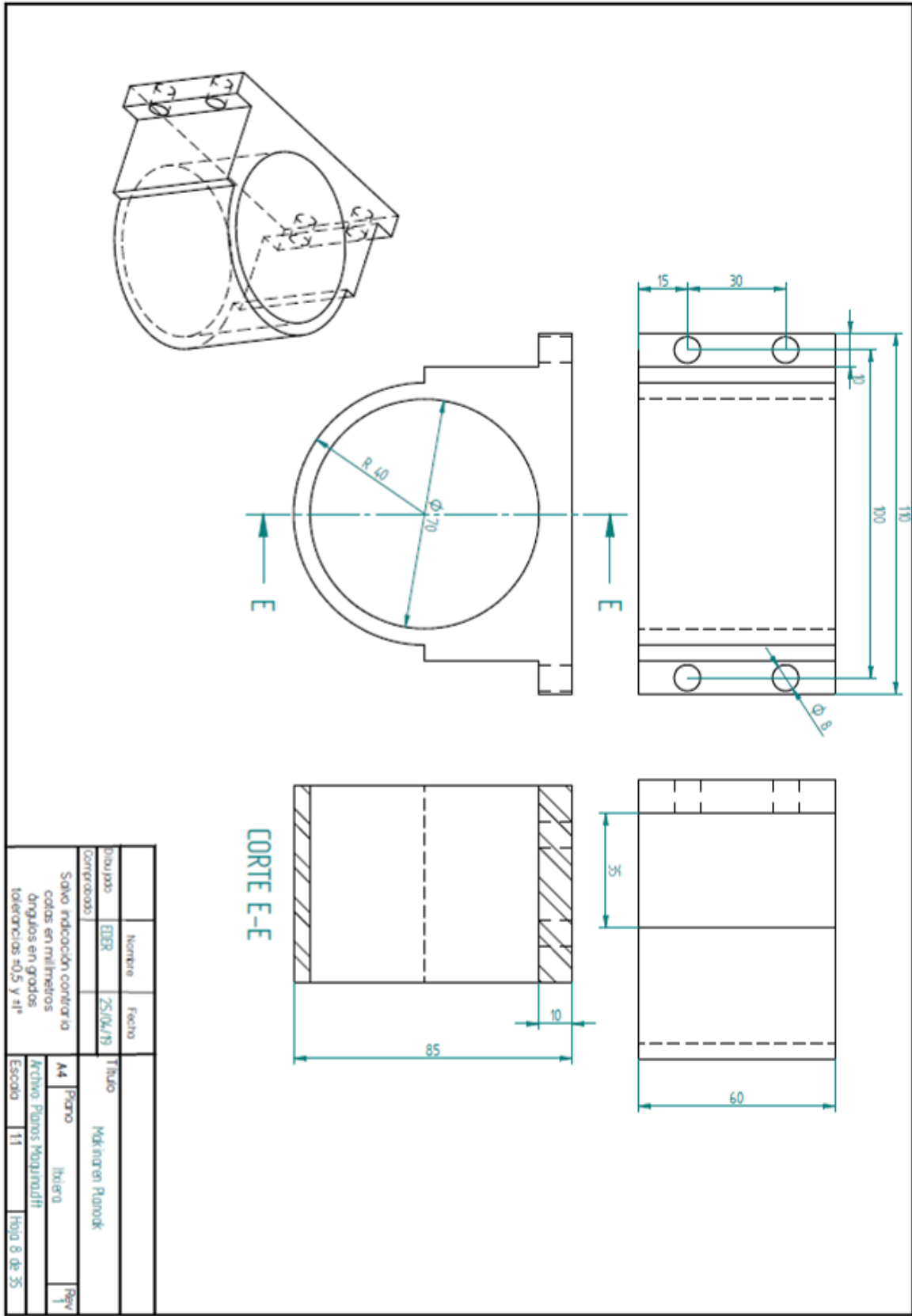
Taula de Agujeros				
Agujero	X	Y	Tamaño	Tipo
11	45	-25	φ 7	Otro
12	65	-25	φ 7	Otro
13	90	-25	φ 7	Otro
14	110	-25	φ 7	Otro
15	135	-25	φ 7	Otro
16	155	-25	φ 7	Otro
17	145	-45	φ 7	Otro
18	65	-45	φ 7	Otro
19	90	-45	φ 7	Otro
110	110	-45	φ 7	Otro
111	135	-45	φ 7	Otro
112	155	-45	φ 7	Otro
113	45	-70	φ 7	Otro
114	65	-70	φ 7	Otro
115	90	-70	φ 7	Otro
116	110	-70	φ 7	Otro
117	135	-70	φ 7	Otro
118	155	-70	φ 7	Otro
119	45	-90	φ 7	Otro
120	65	-90	φ 7	Otro
121	90	-90	φ 7	Otro
122	110	-90	φ 7	Otro
123	135	-90	φ 7	Otro
124	155	-90	φ 7	Otro
125	50	-105	φ 10	Roscado simple
126	50	-105	φ 10	Roscado simple
127	50	-135	φ 10	Roscado simple
128	50	-135	φ 10	Roscado simple



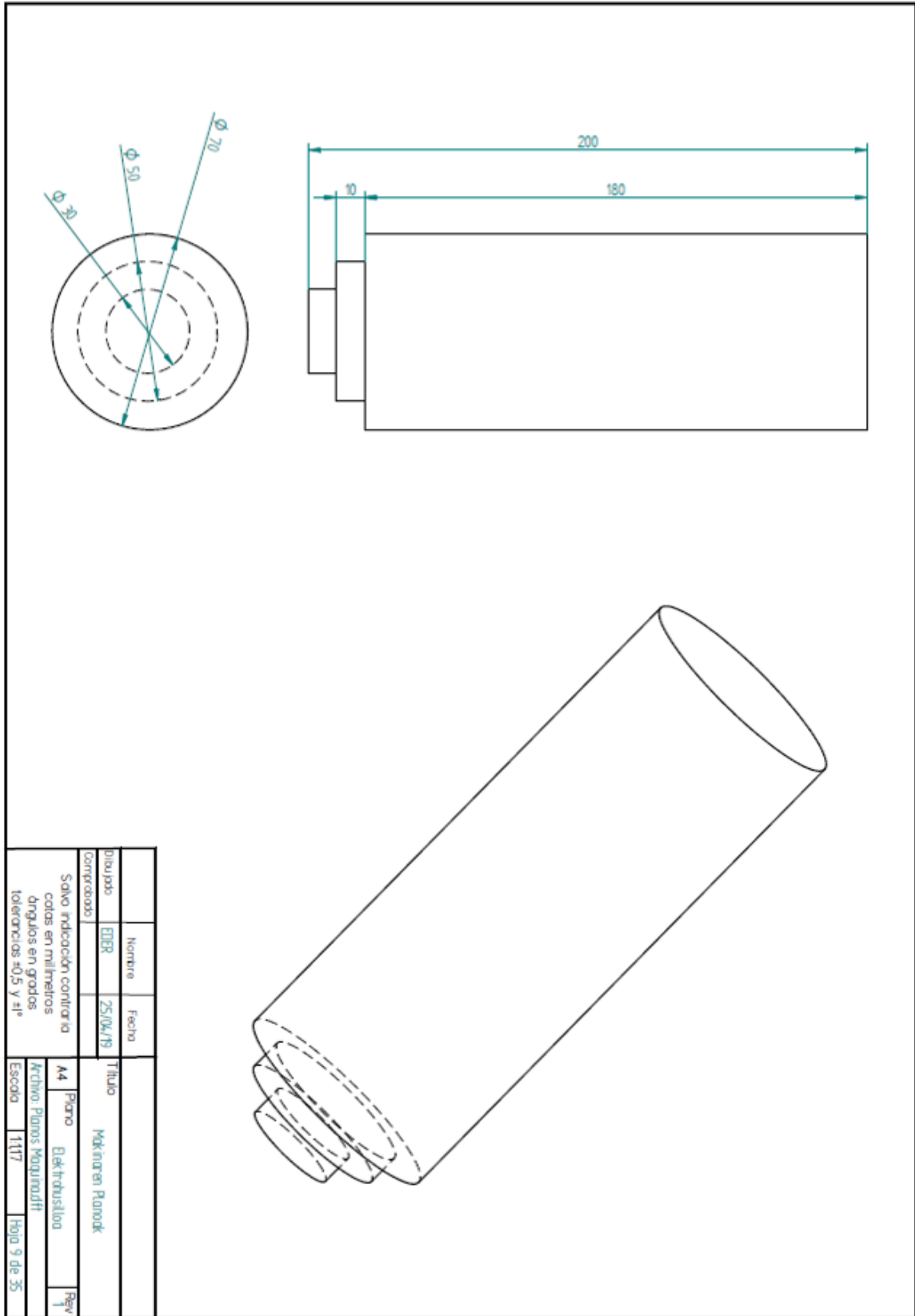
Nombre	Fecha	Titulo	
EDER	25/04/19	Makinen Rurrok	
Dibujos (Comprobado)		Pizarra	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1º		Tapa elektrosailo	
Escala		Hoja 5 de 35	

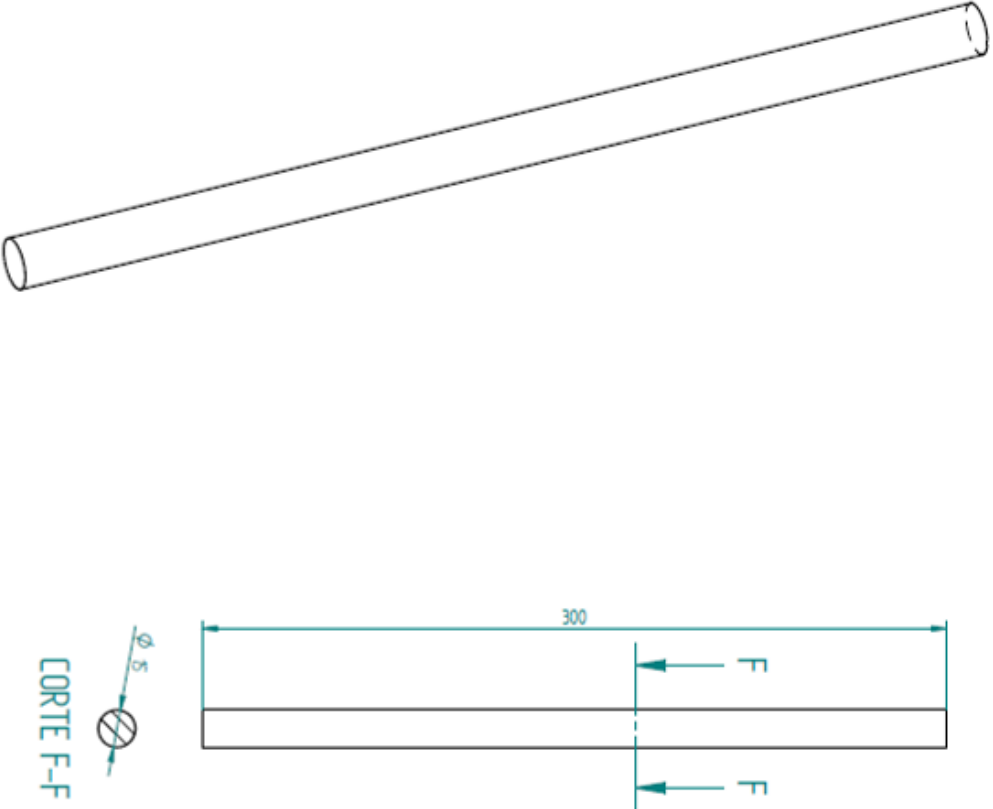






Nombre		Fecha		Titulo	
EIBR		25/04/19		Makinaren Planok	
Dibujos (Construccion)		A4		Papel	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^{\circ}$		Archivo: Planos Miquelutti		Hoja 8 de 35	
Escuela		11		11	





$\phi 5$


CORTE F-F


300

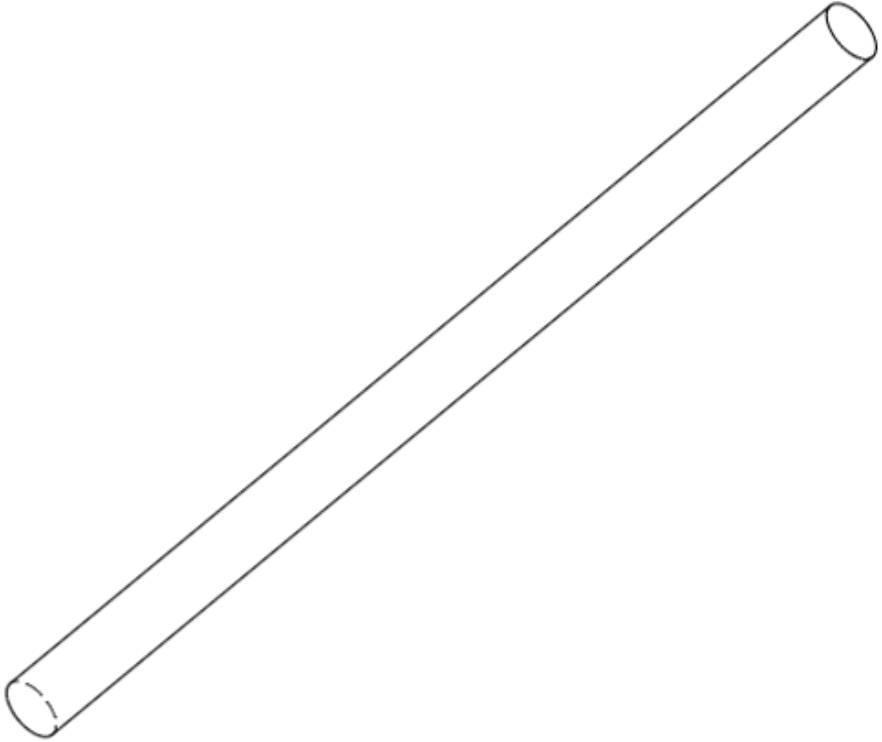
F F

	Nombre	Fecha	Titulo Makinaren Ranoak	
Disenyo	EBER	25/04/19		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^{\circ}$			Formato A4	Gela beritxia
			Archivo: Planos Miqueladiti	Pap. 1
			Escala 1:166	Hoja 10 de 35

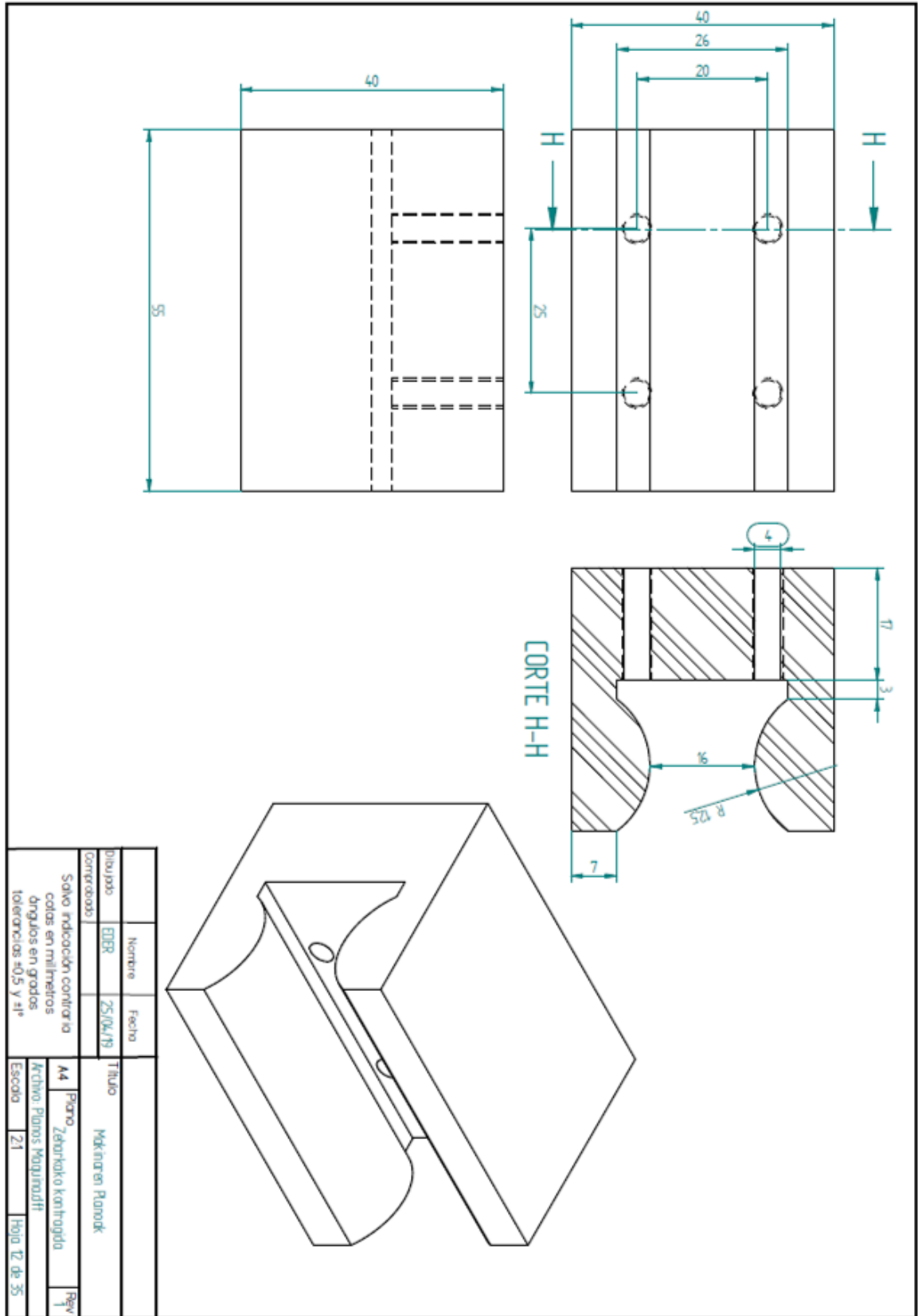
CORTE G-G

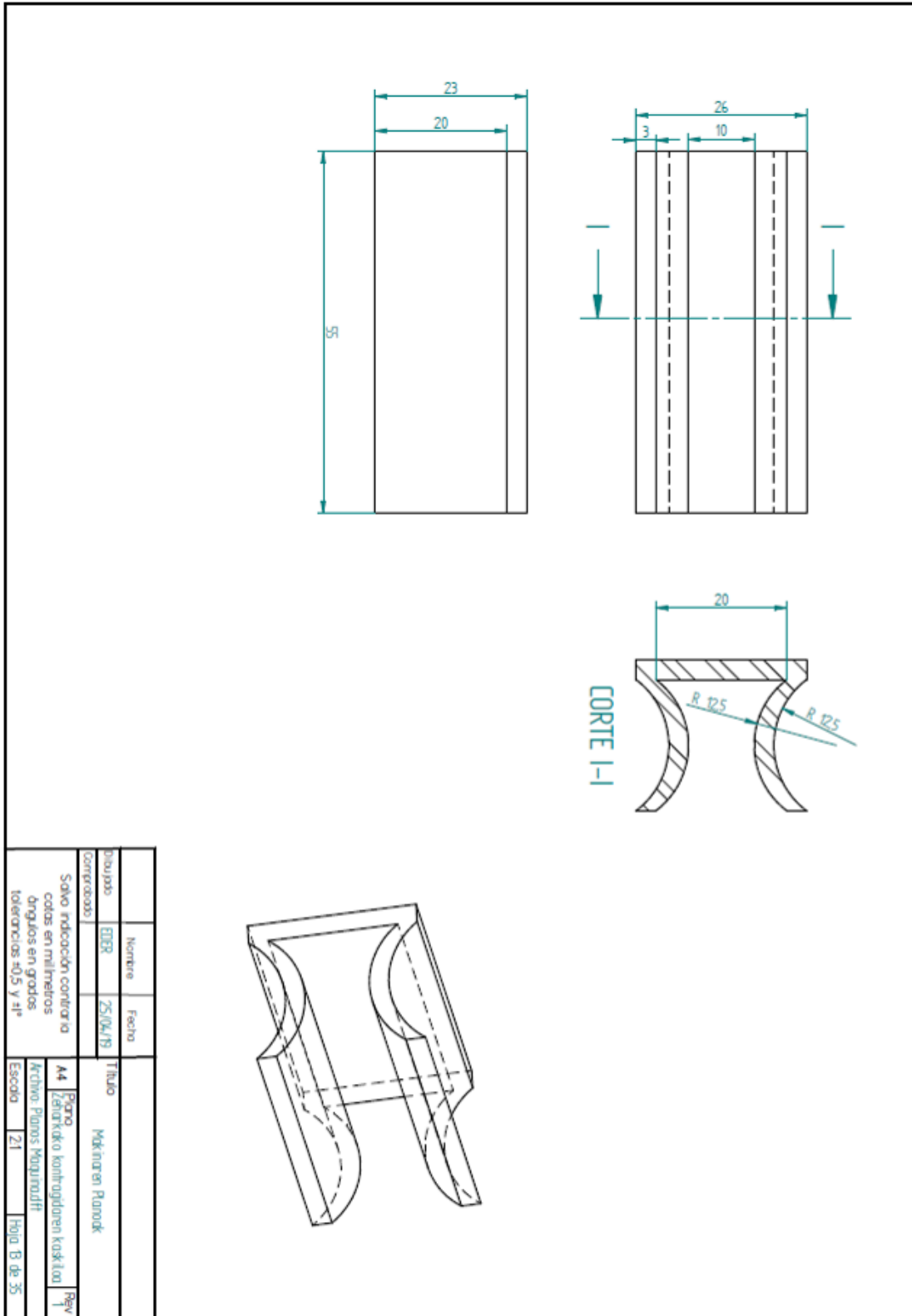




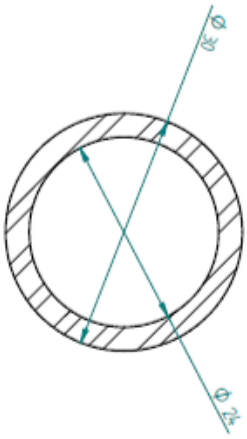


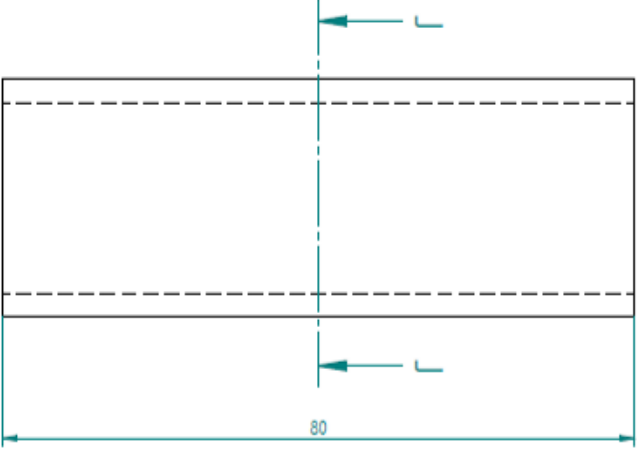
	Nombre	Fecha		
Disenyo	EDER	25/04/19	Titulo	
Concebido			Makinaren Planouk	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y 1º			Papel	Rev
			A4	1
			Archivo: Puntos_Maquinas	
Escala	1:66	Hoja 11 de 35		

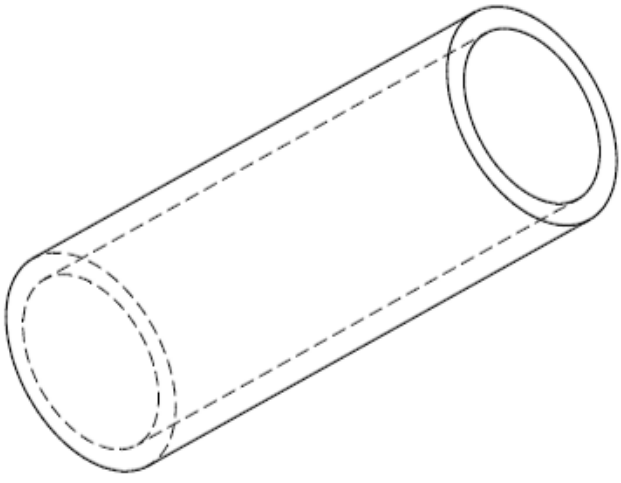




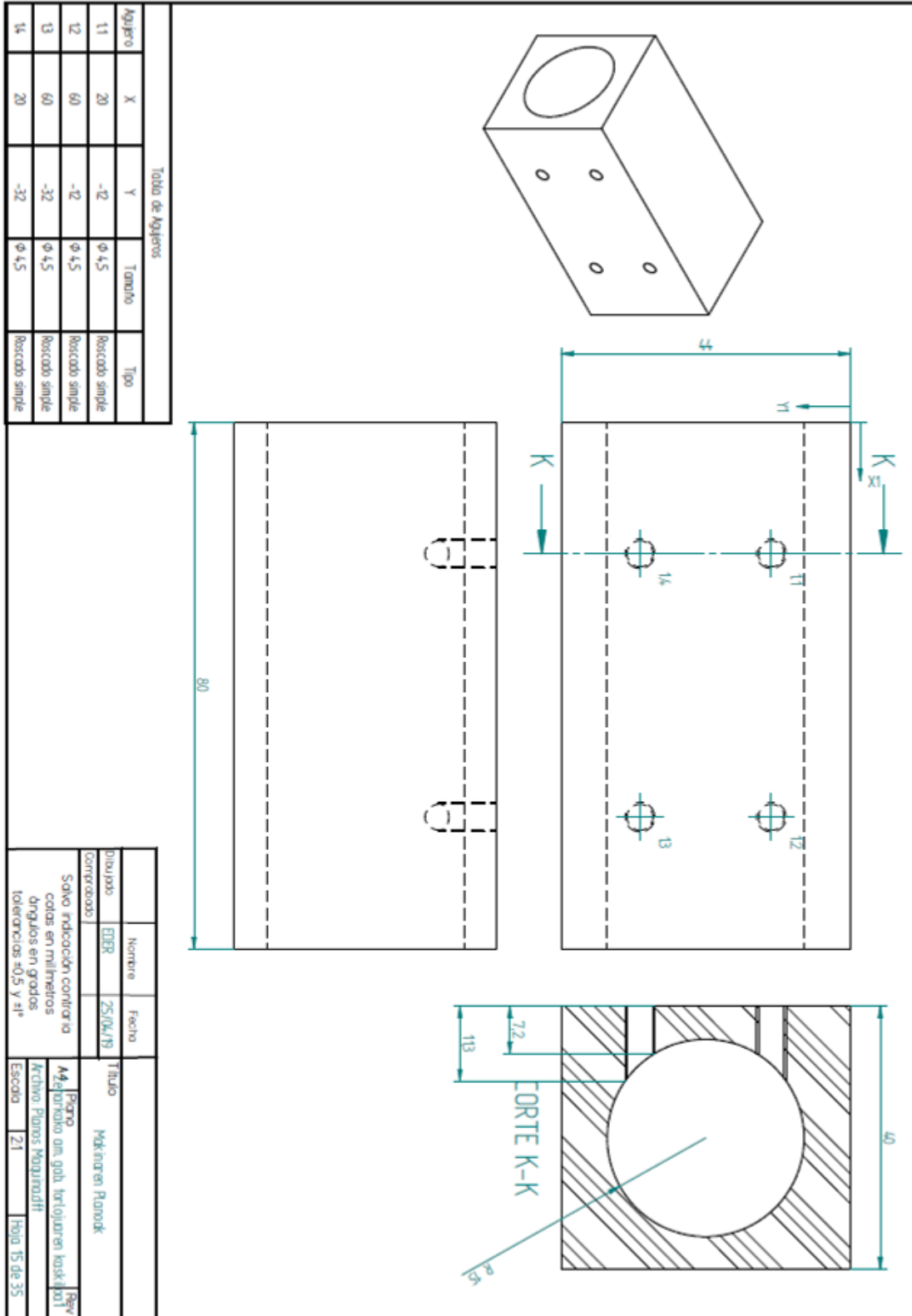
CORTE J-J

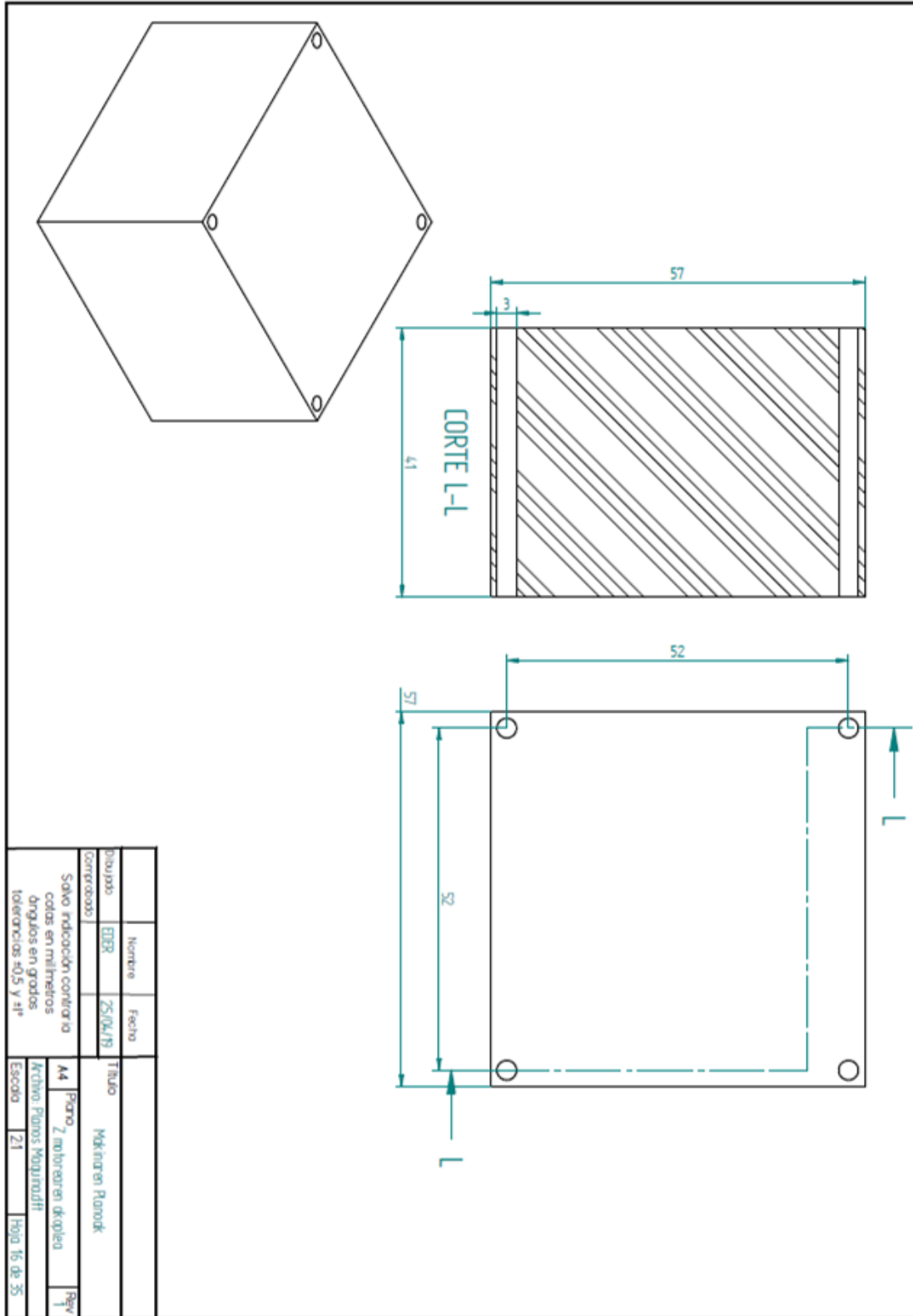


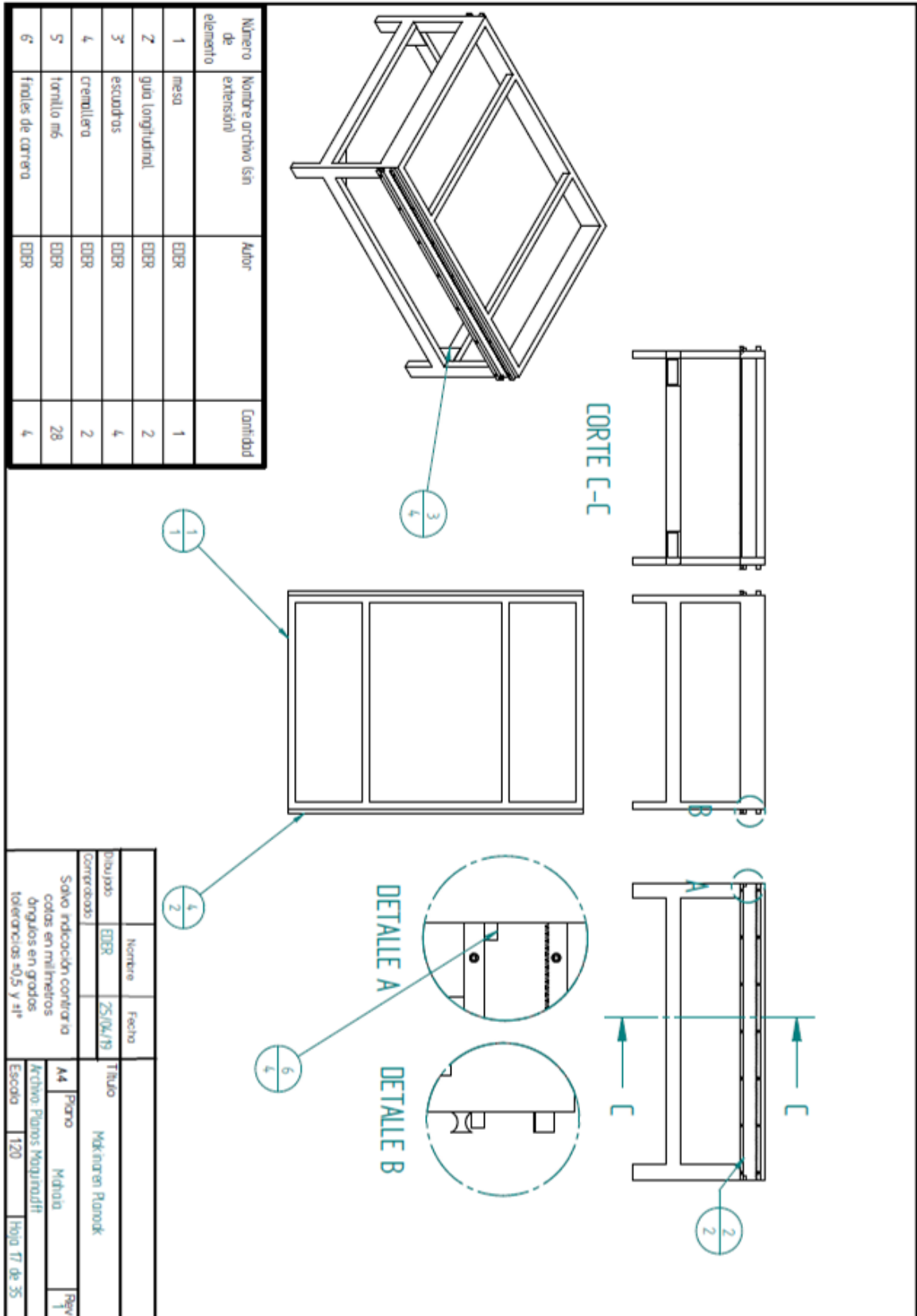


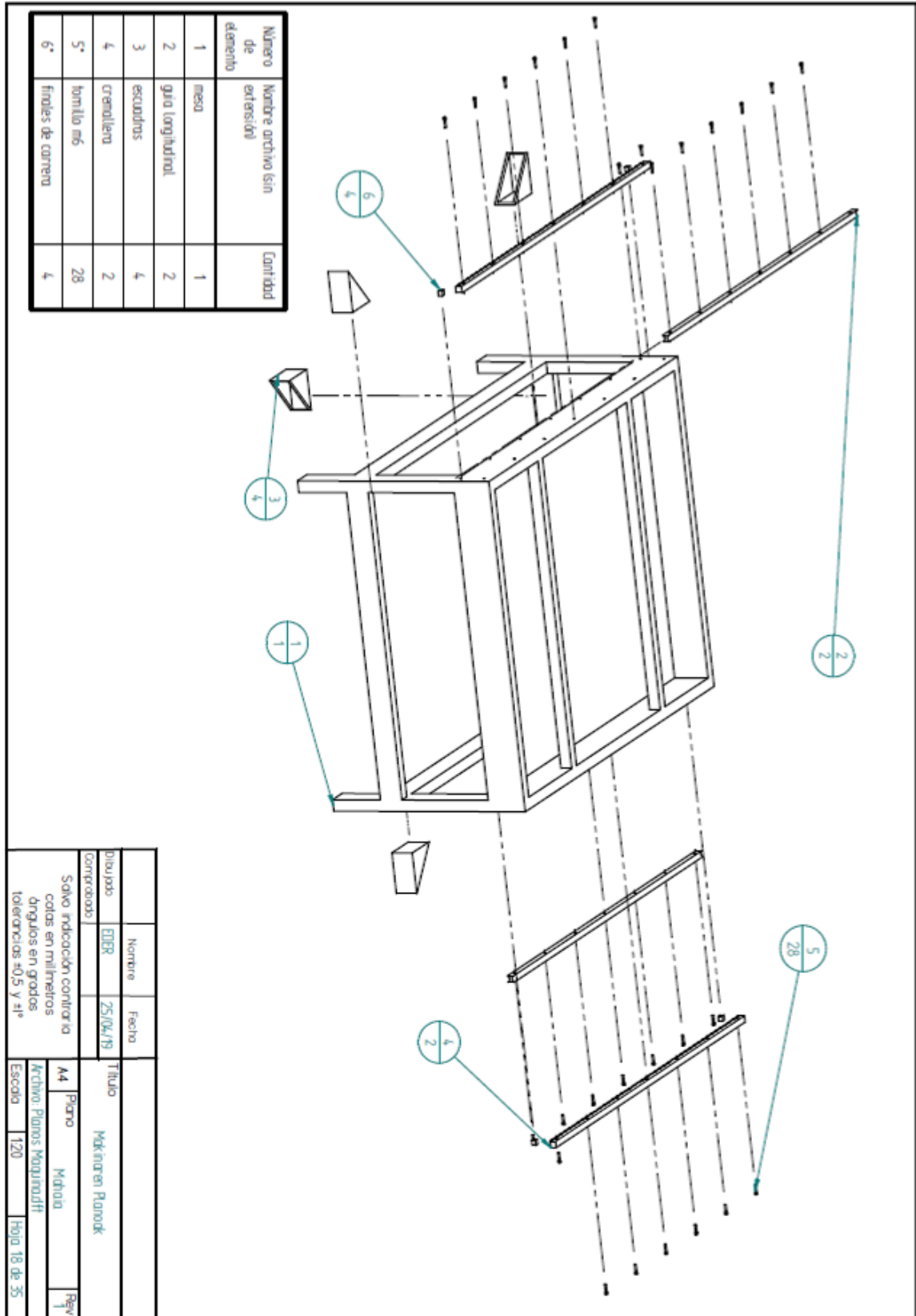


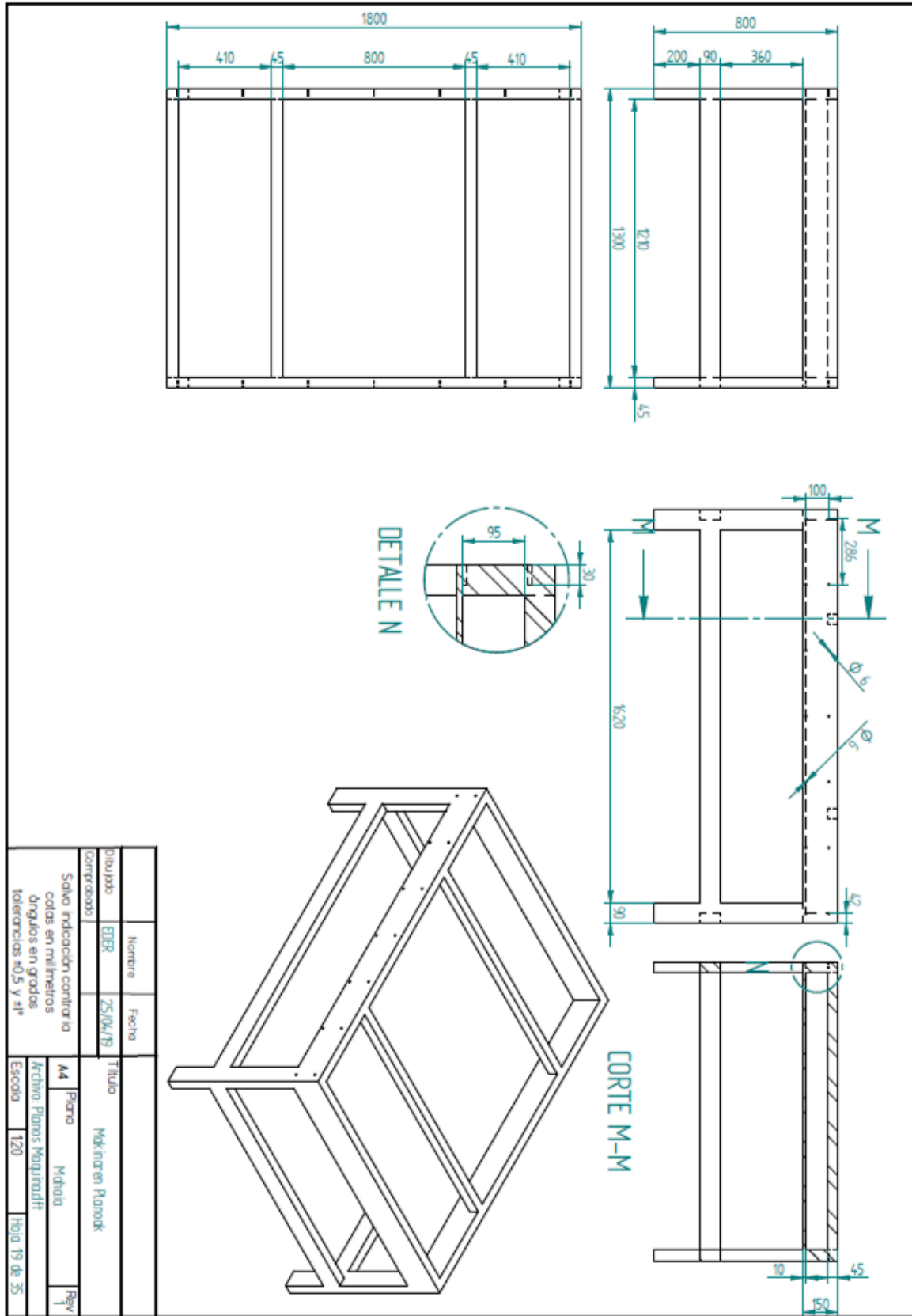
	Nombre	Fecha	Titulo	
Dibujante	EBER	25/04/19		
Comprobado			Makinaren Ramoak	
Sólo indicación con forma de alfileres en milímetros				
ángulos en grados			Parto	
tolerancias ±0,5 y ±1°			A4 4º gda. bertolju berrikidaren kasikopi 1	
			Rev	
			A4 4º gda. bertolju berrikidaren kasikopi 1	
			Escuela	
			21	
			Hojia 1º de 35	

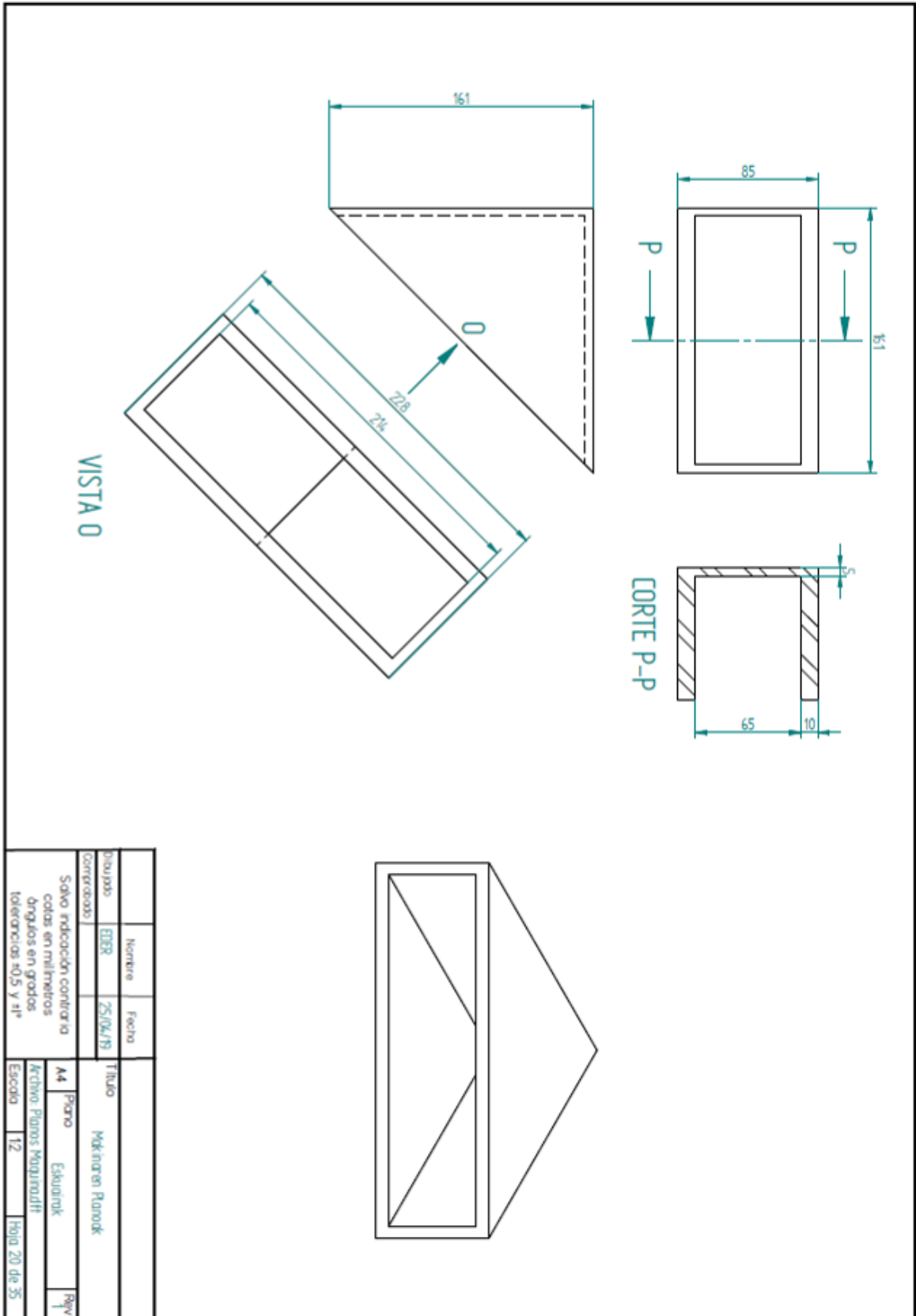


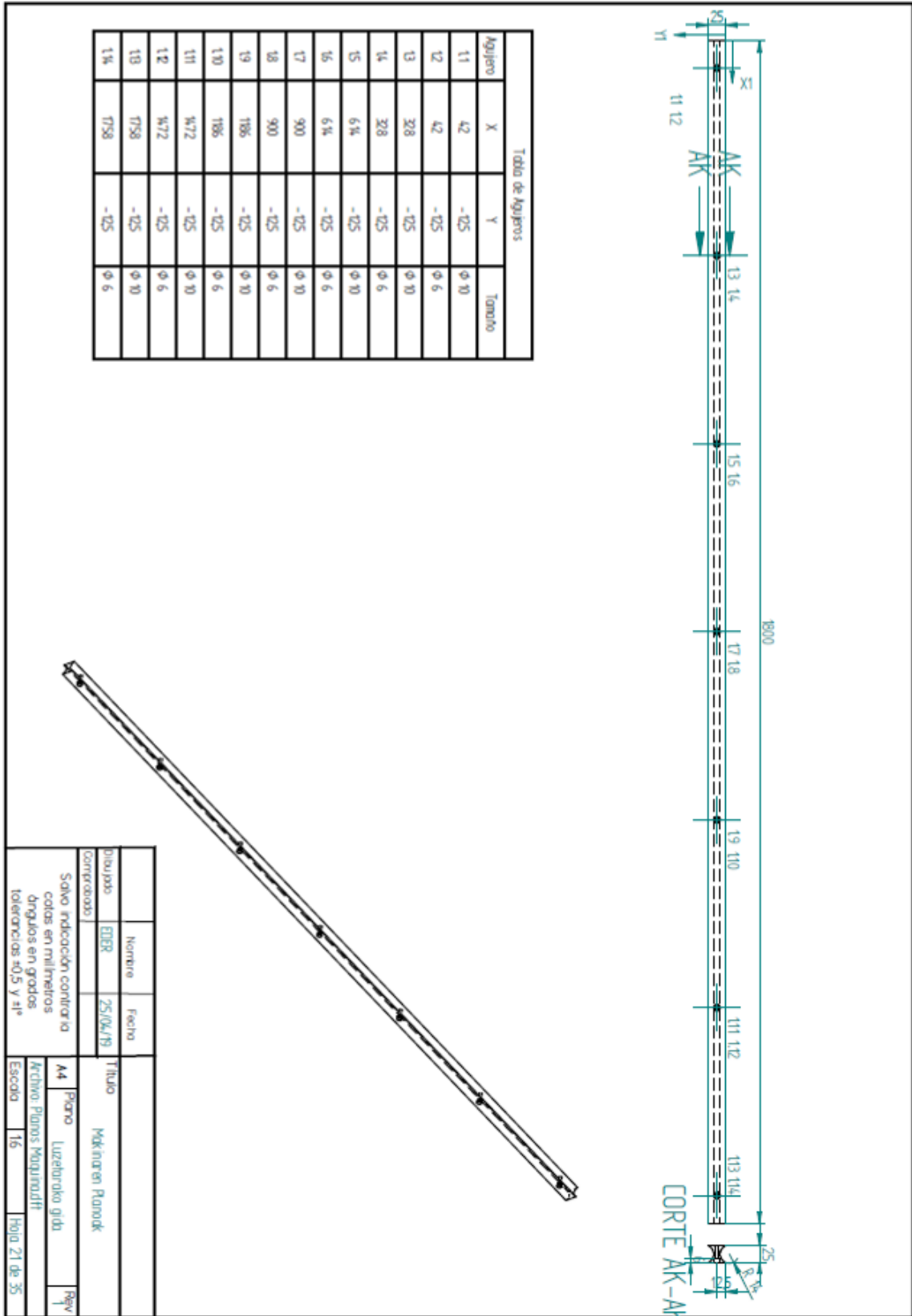


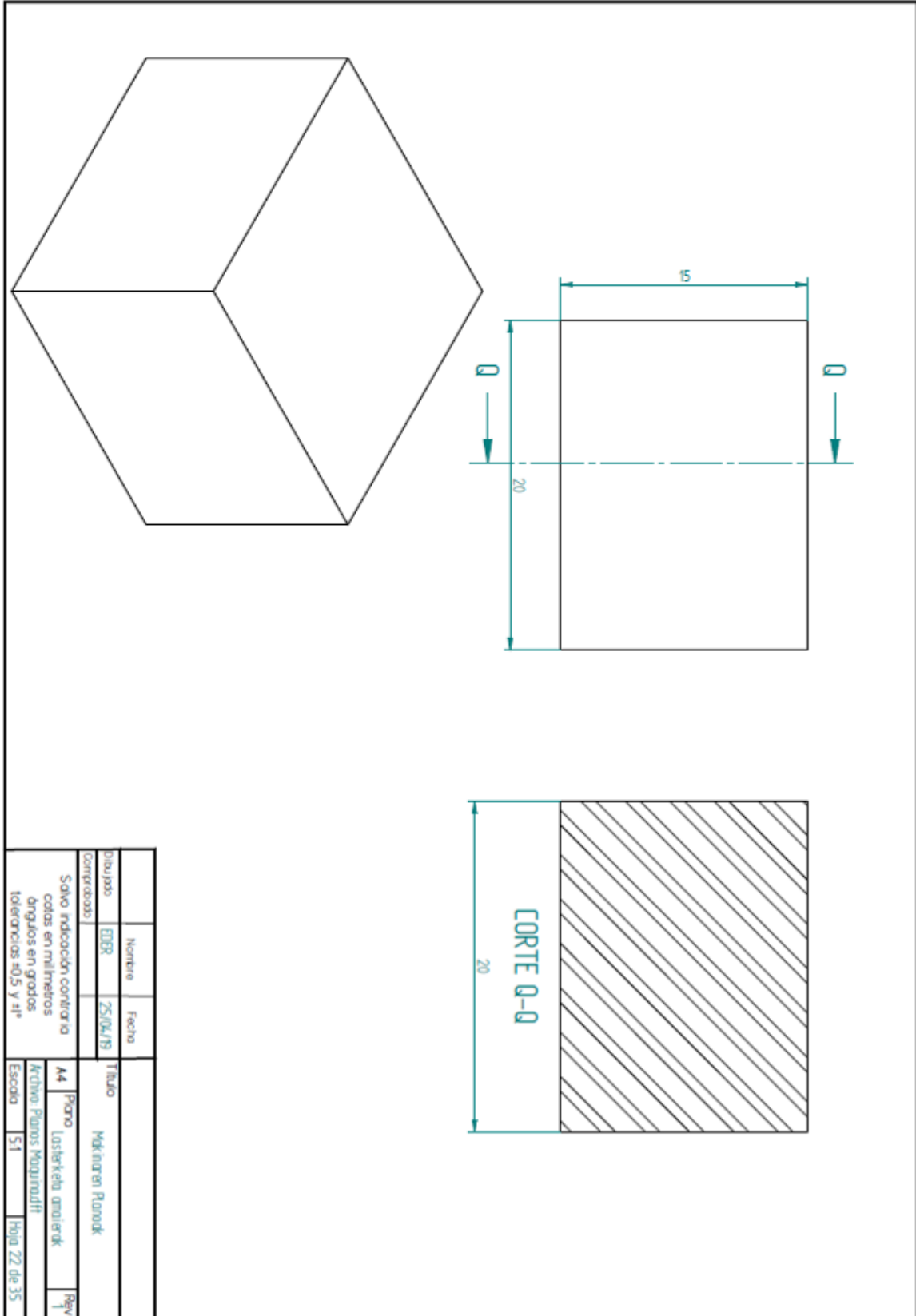


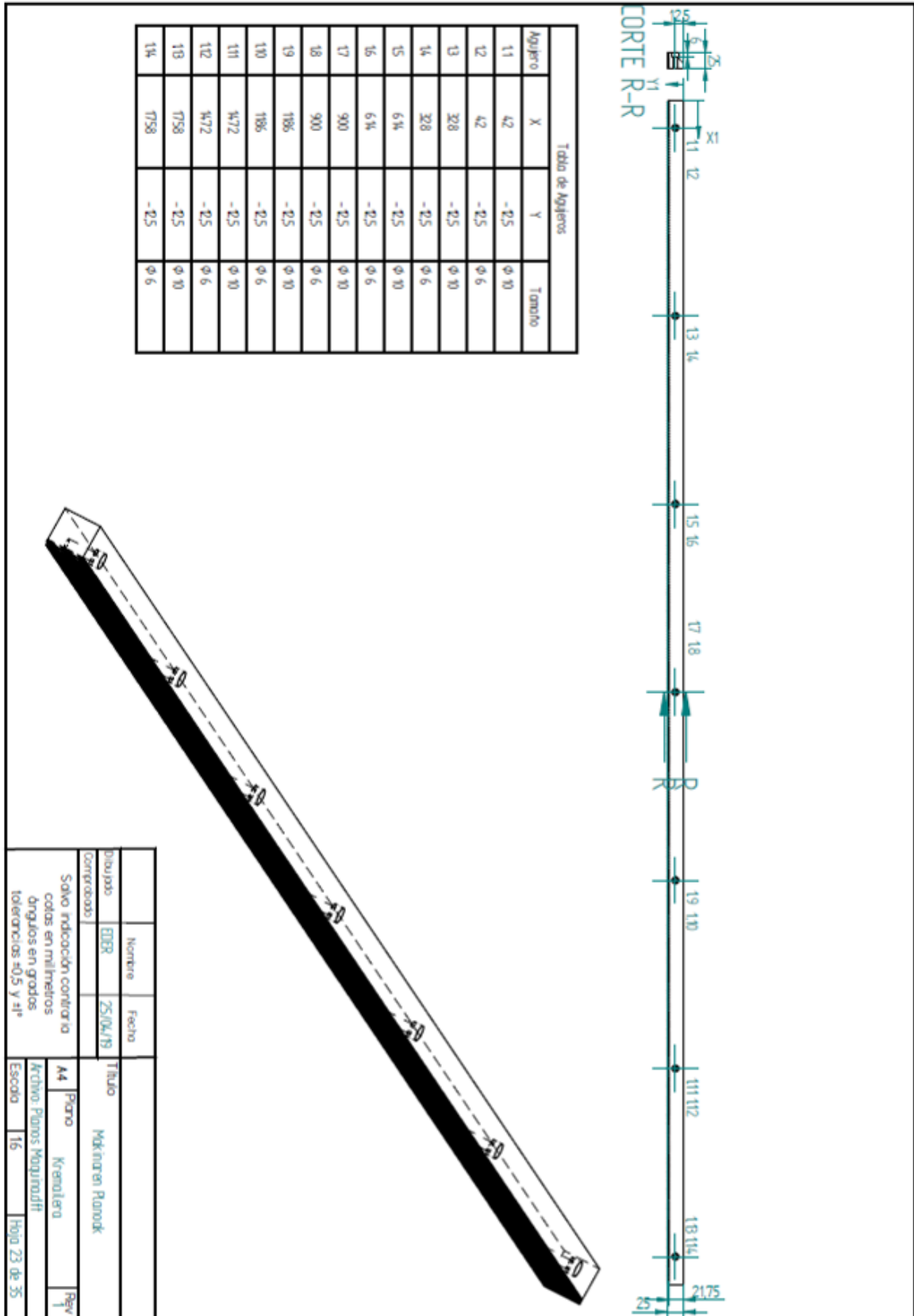


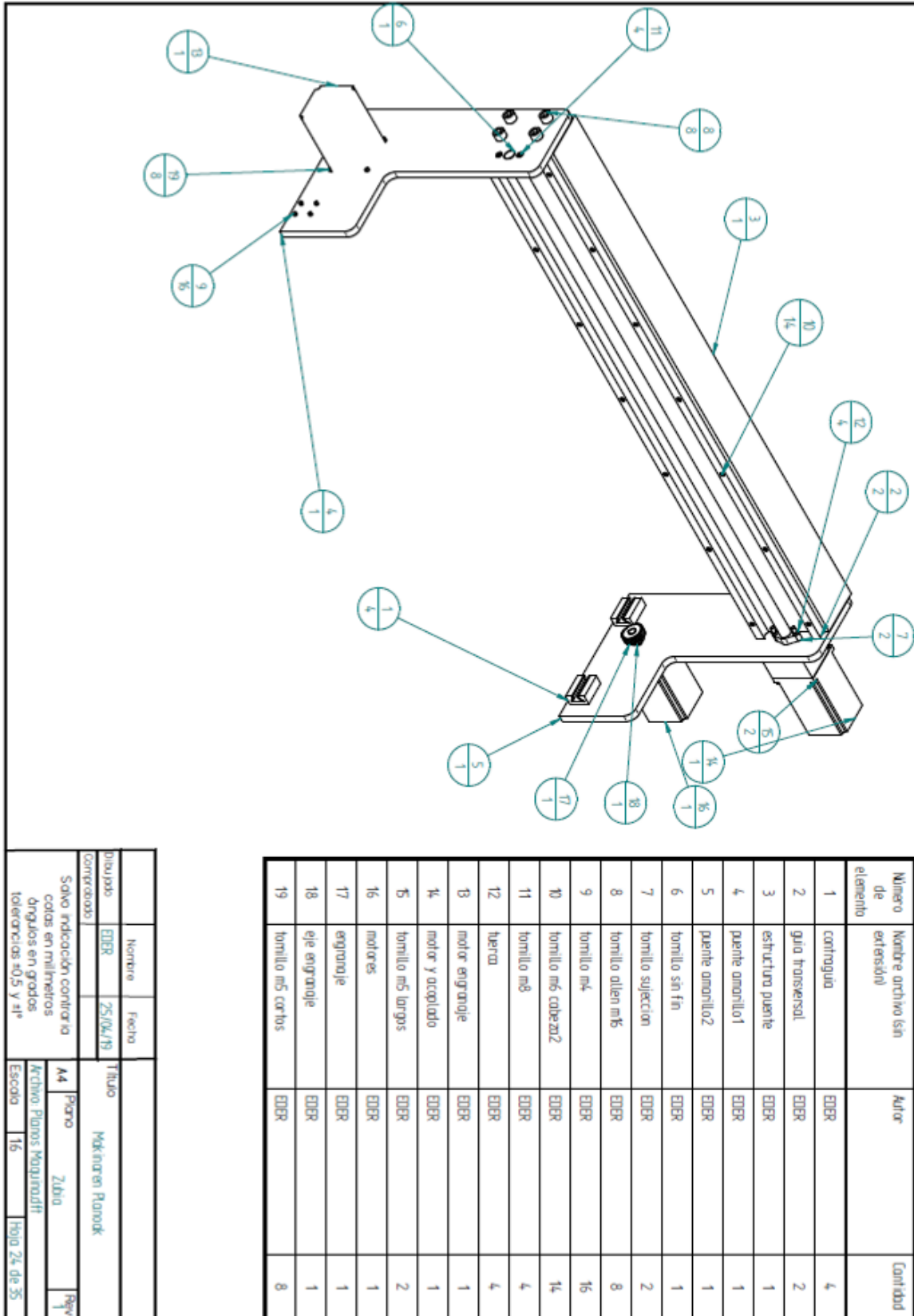


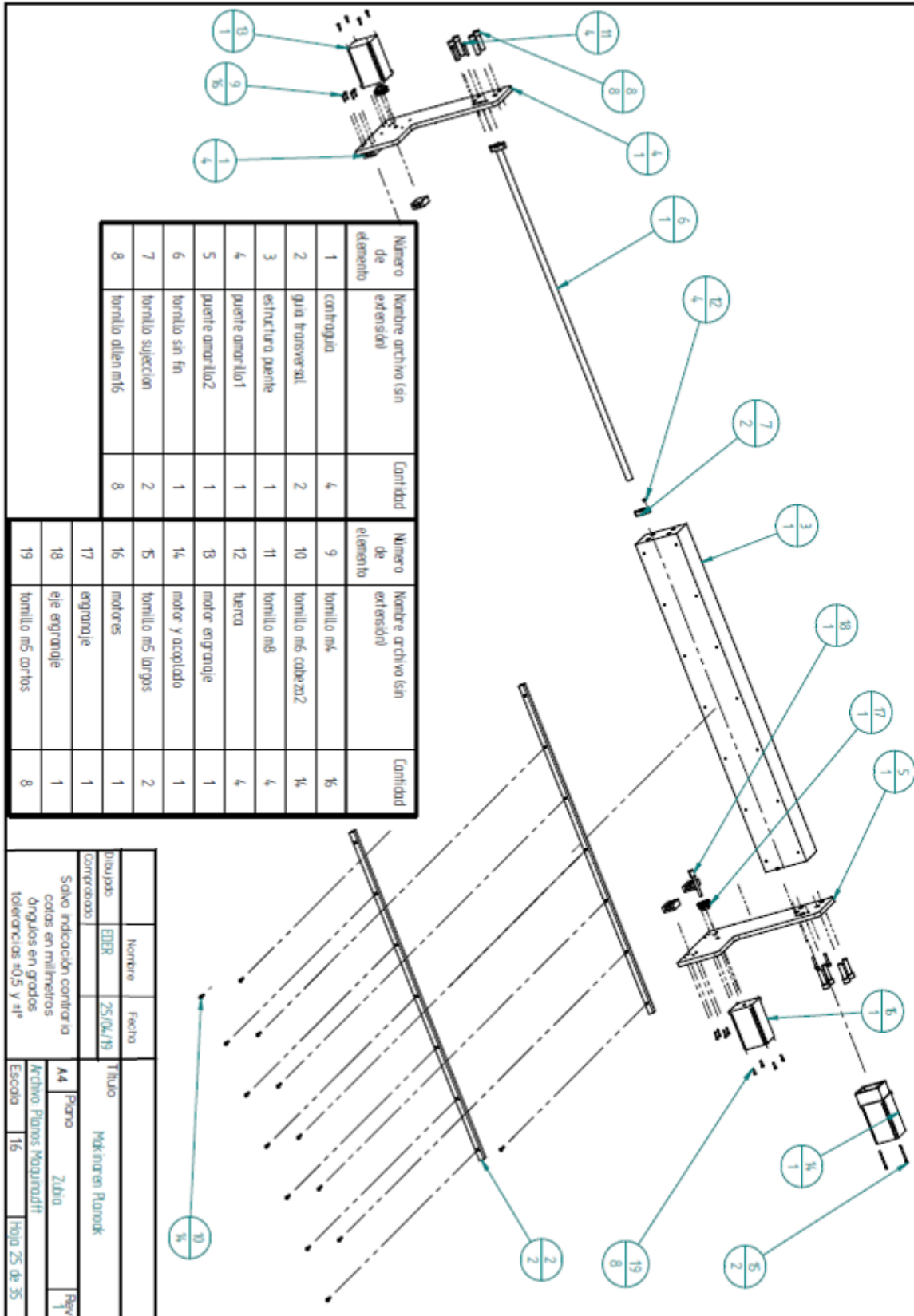


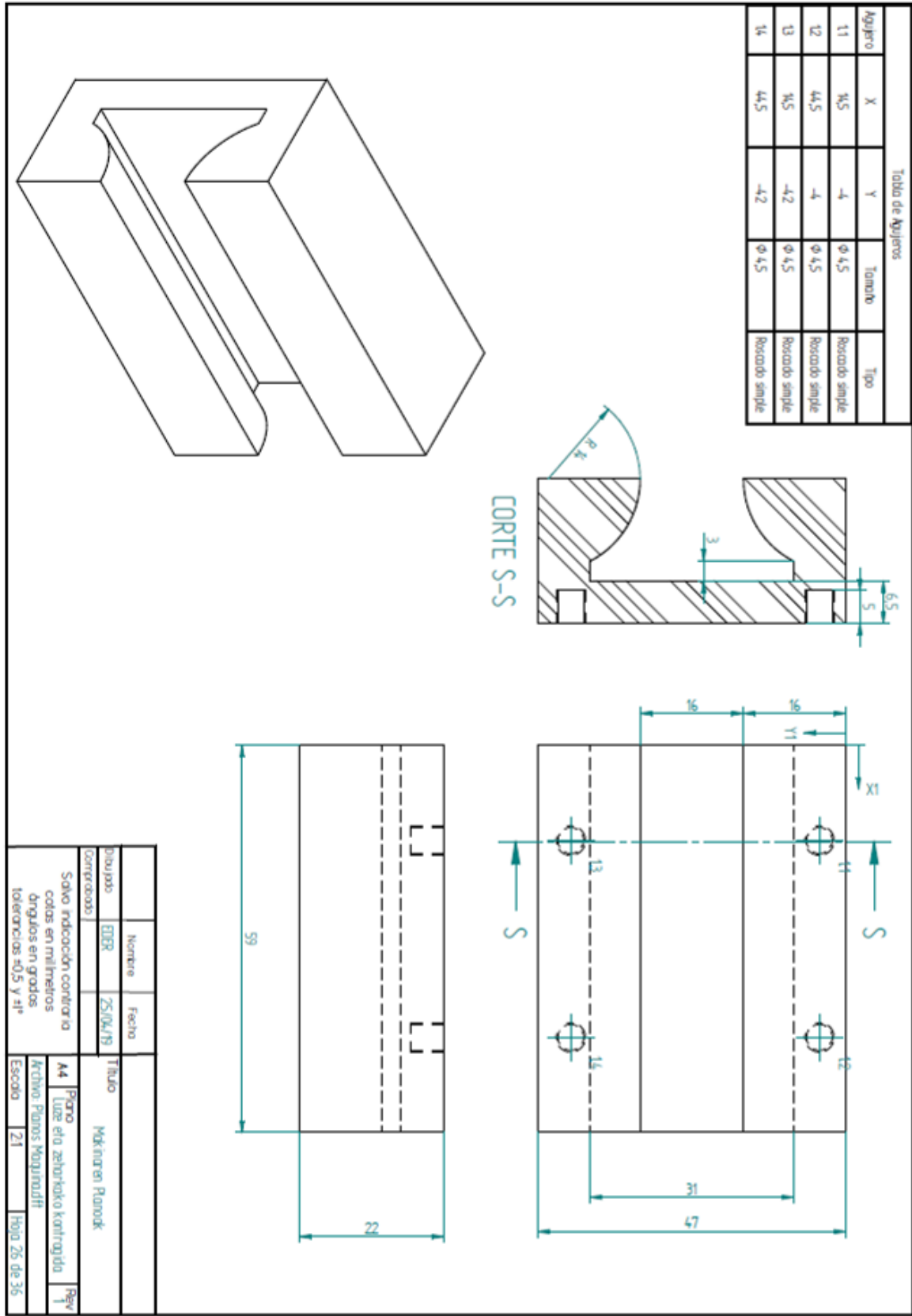




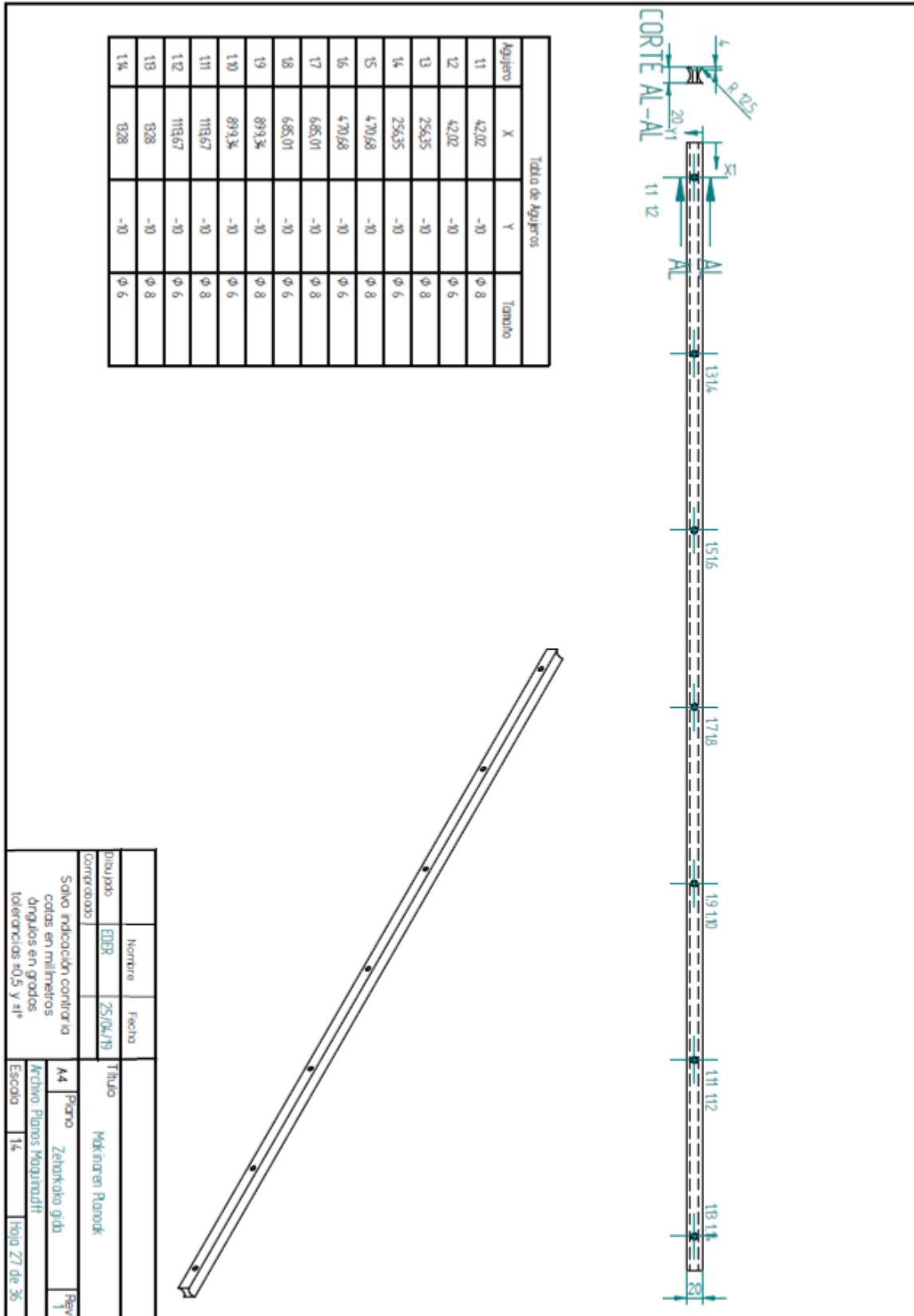


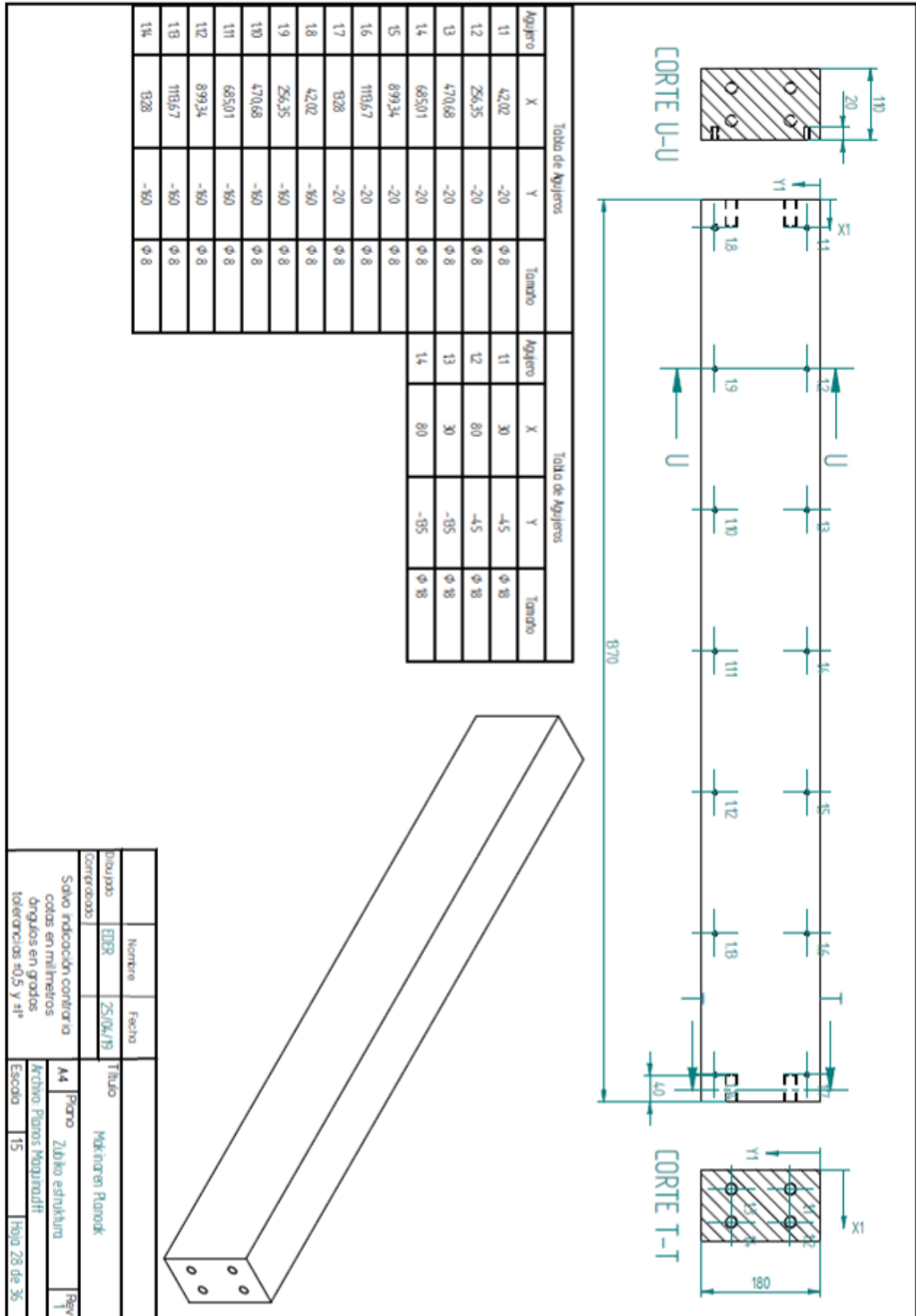


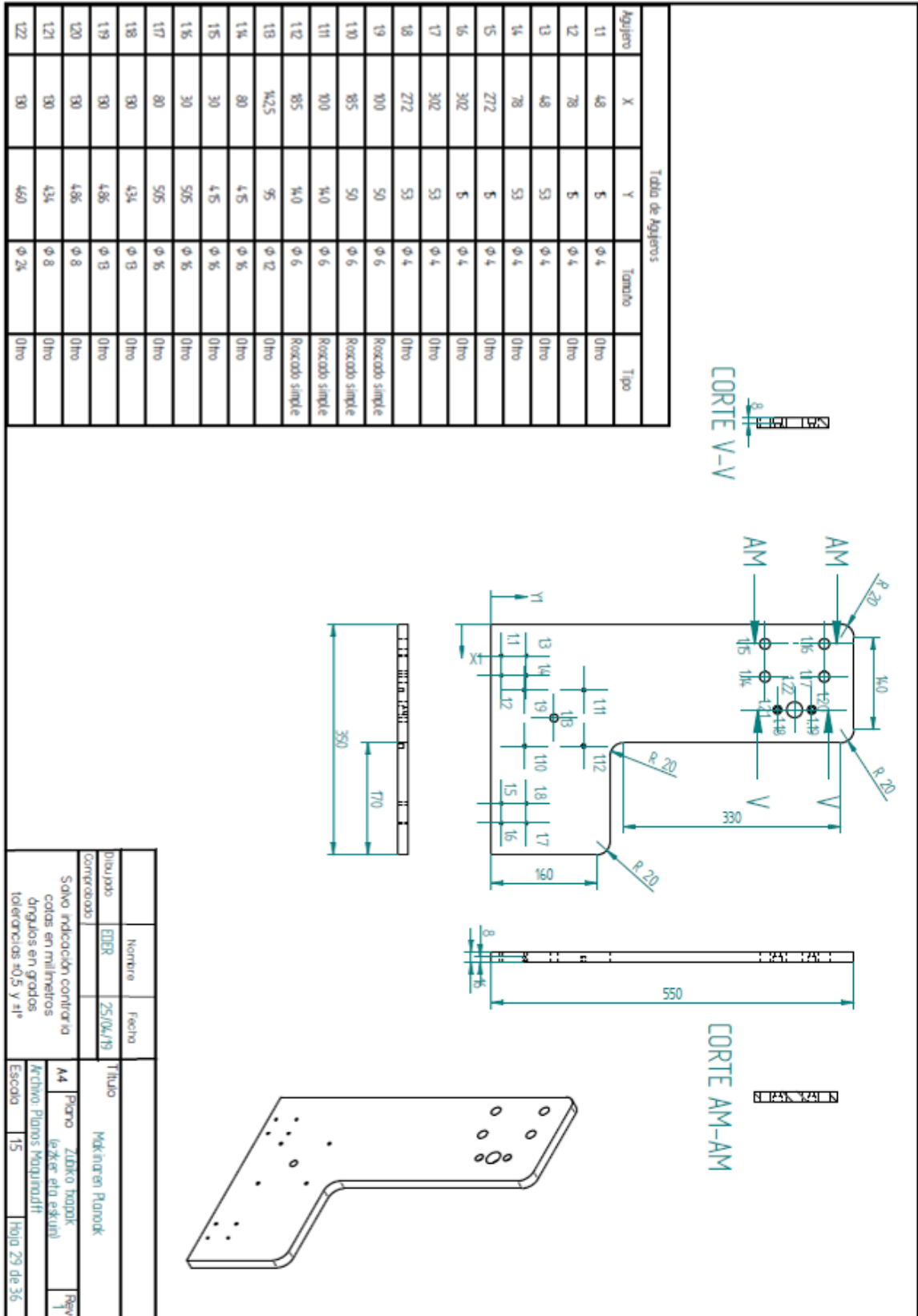


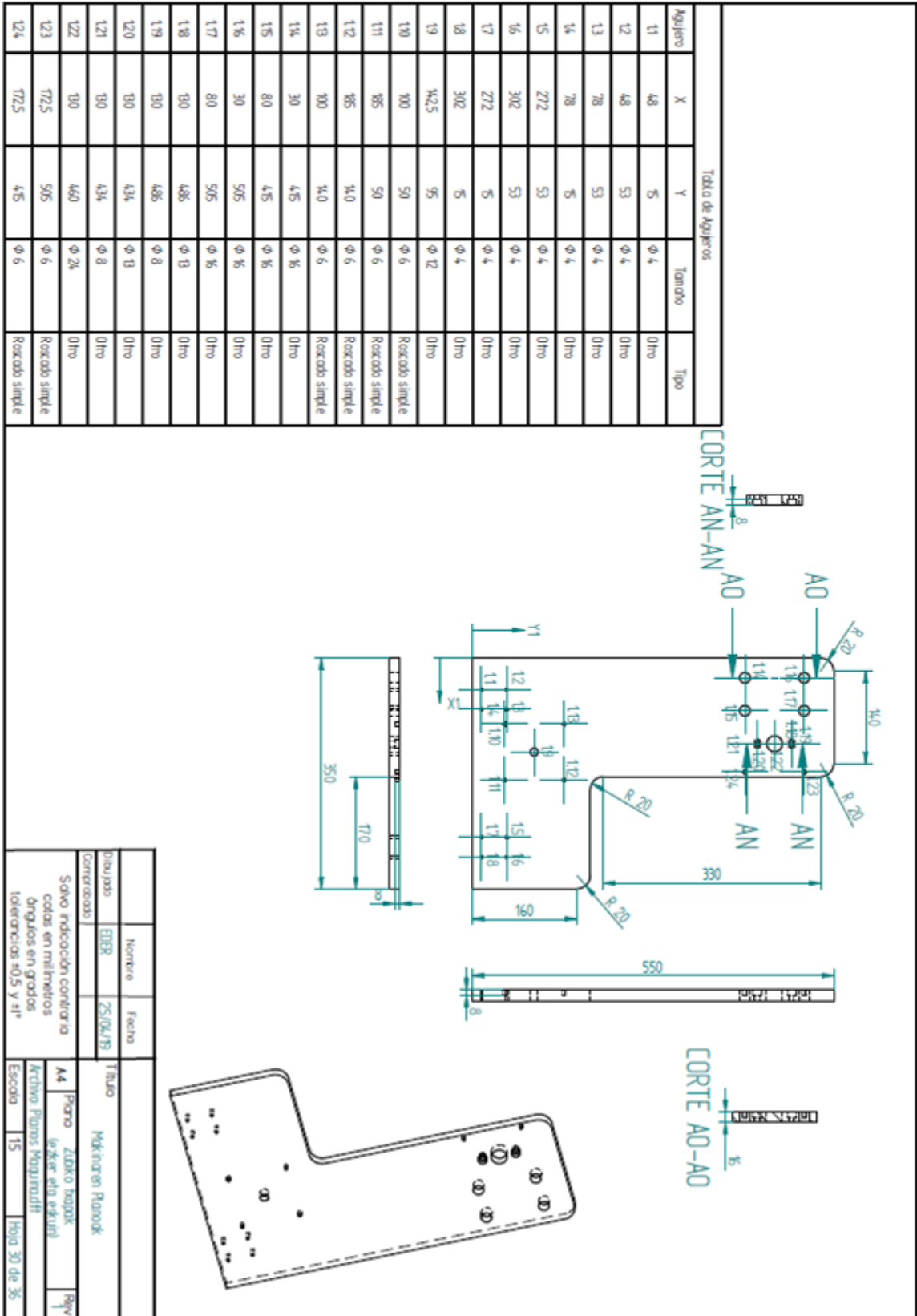


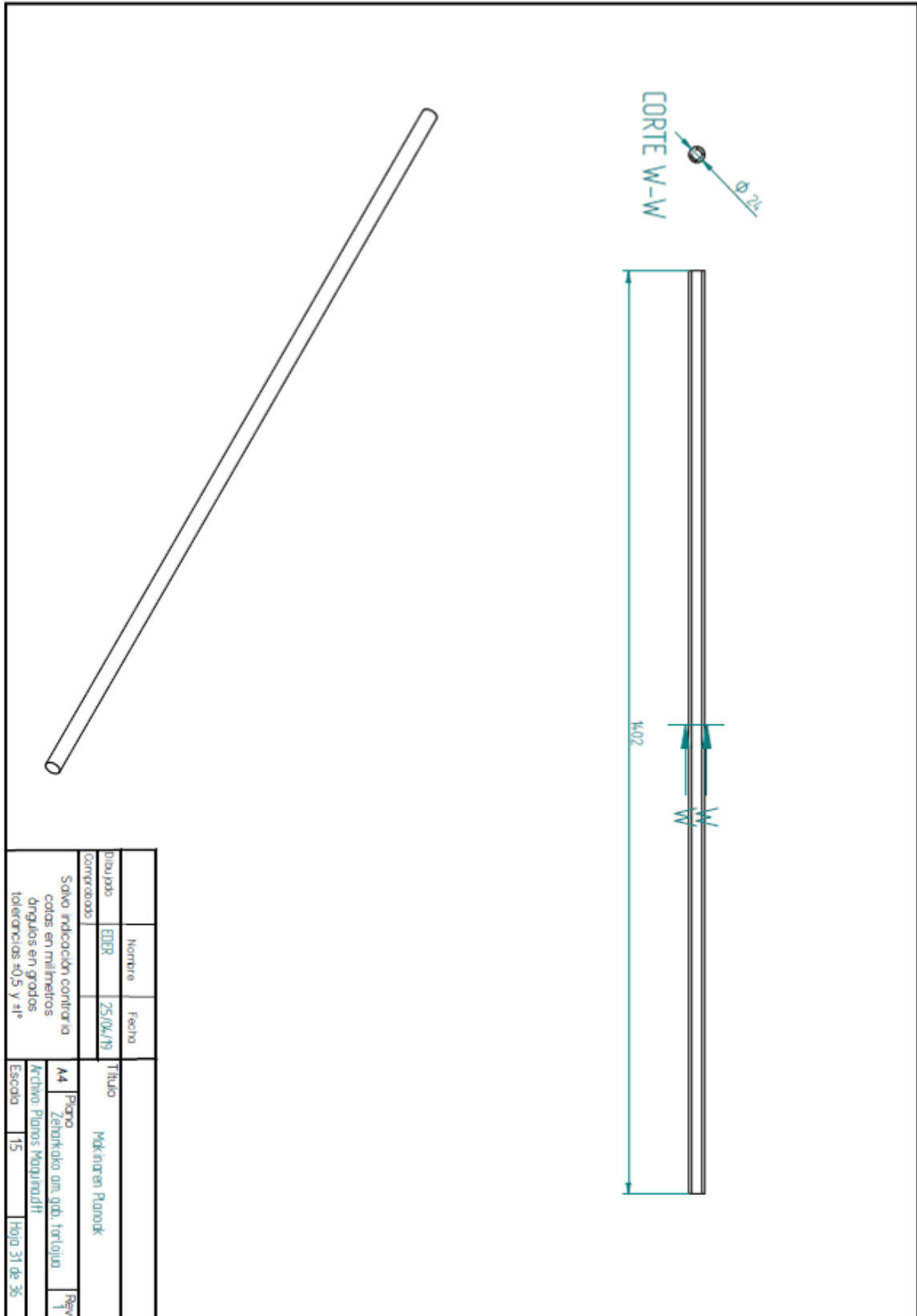
Nombre		Fecha		Titulo	
EIDER		25/06/18		Makinarien Planotek	
Sotiko irudaketa kontraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°				A4 Para luz eta zeharkako kontratija	
Escalera				21	
Hona 26 de 36				Rev 1	

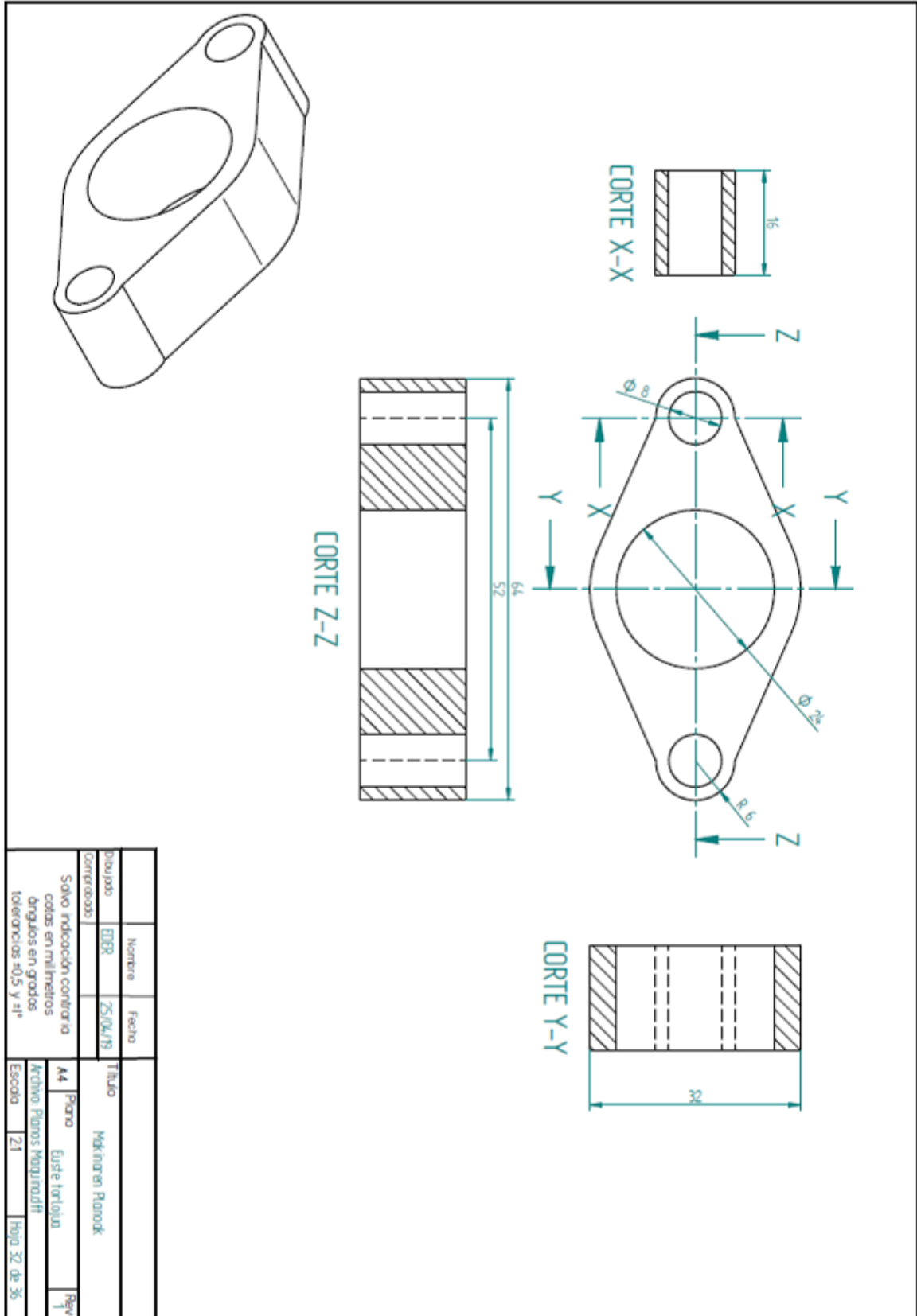


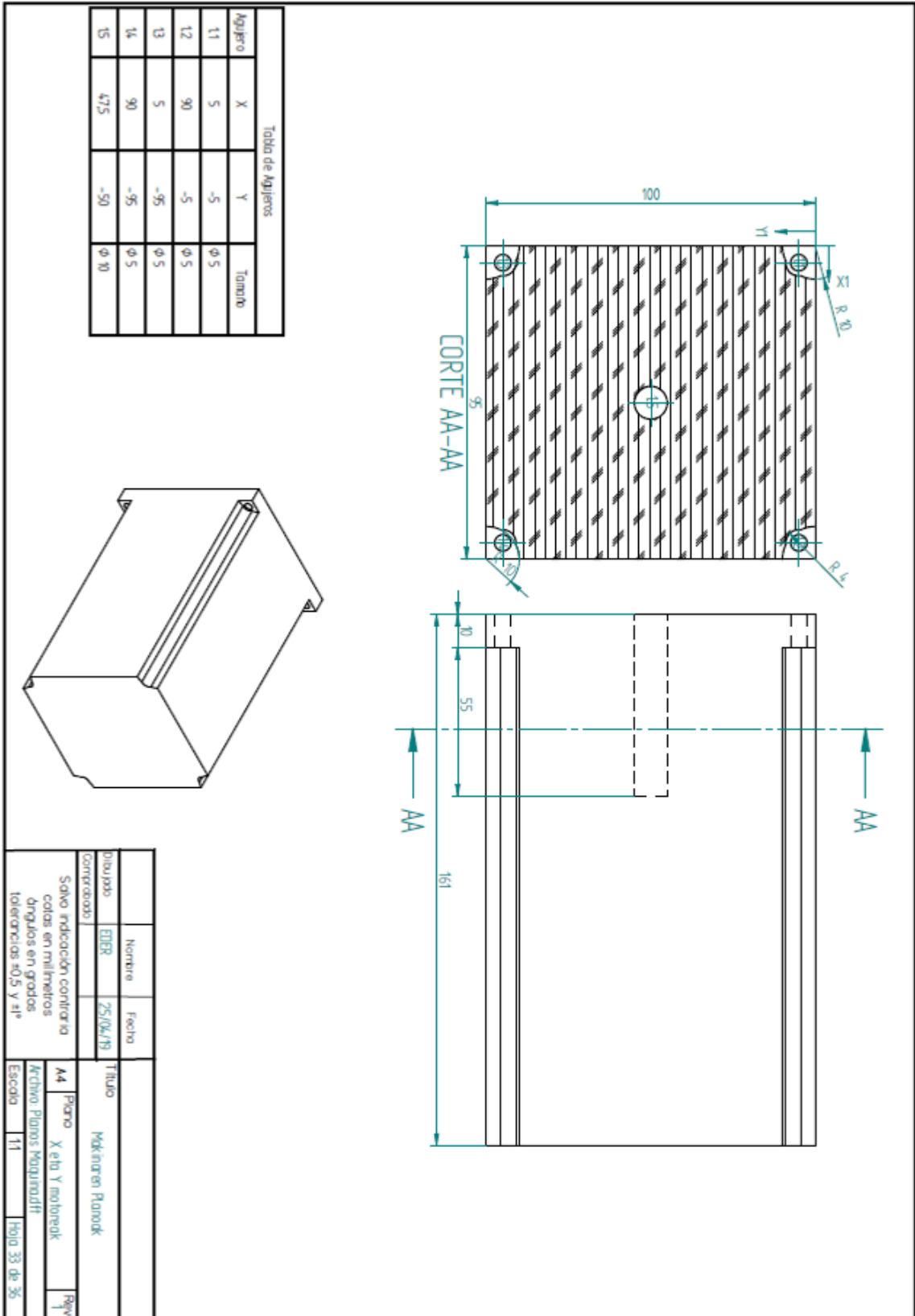


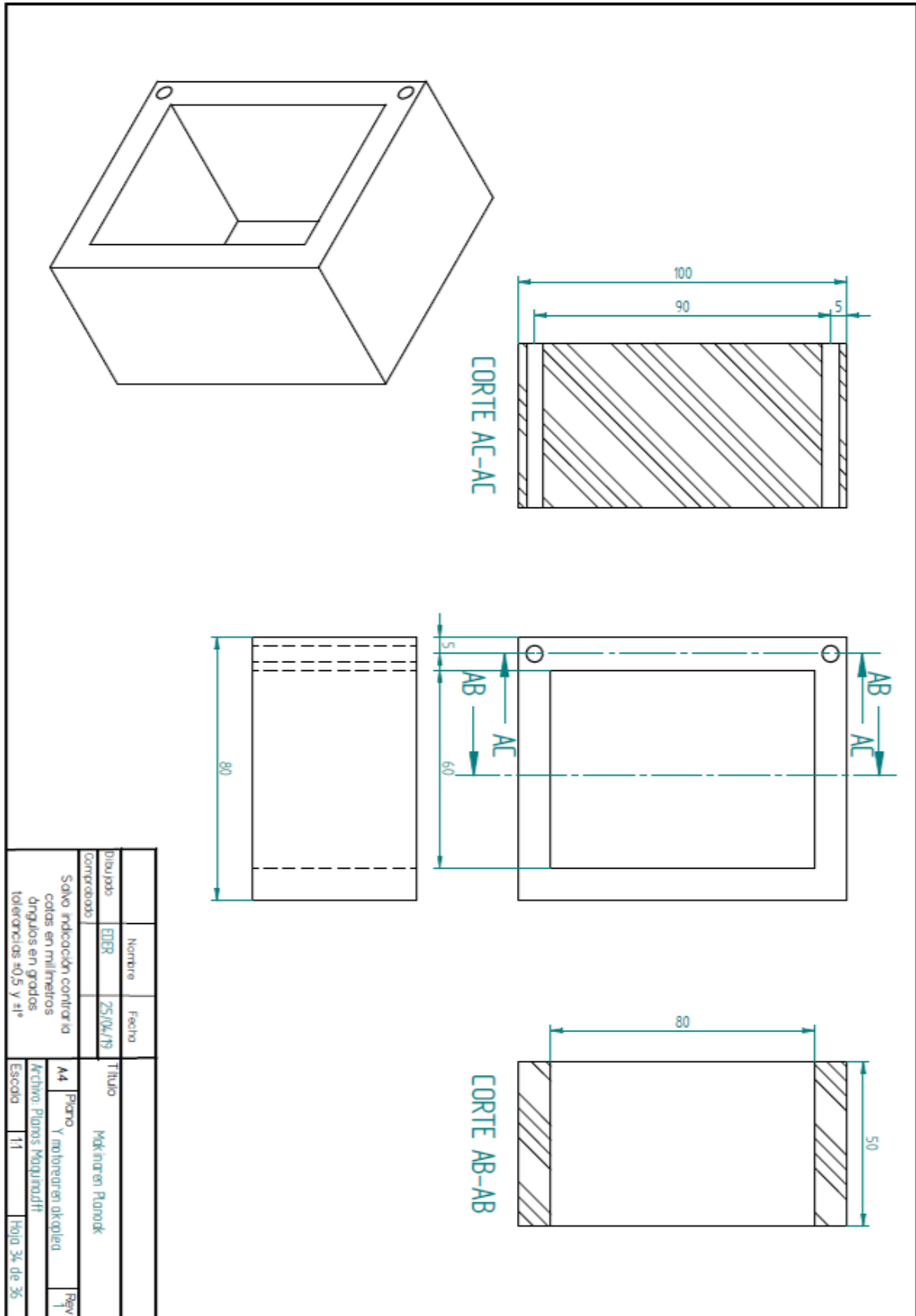


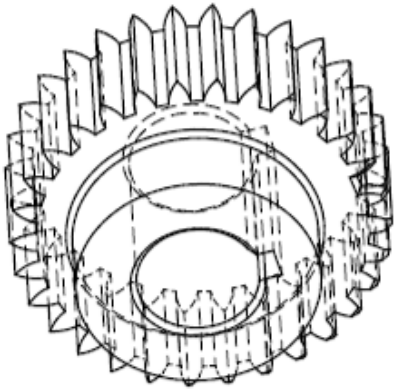


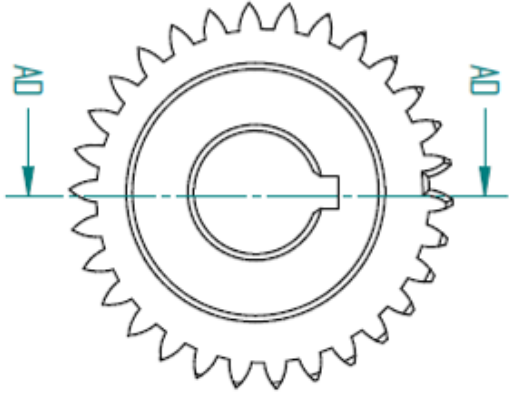


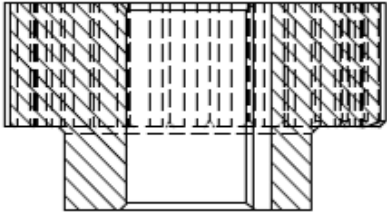






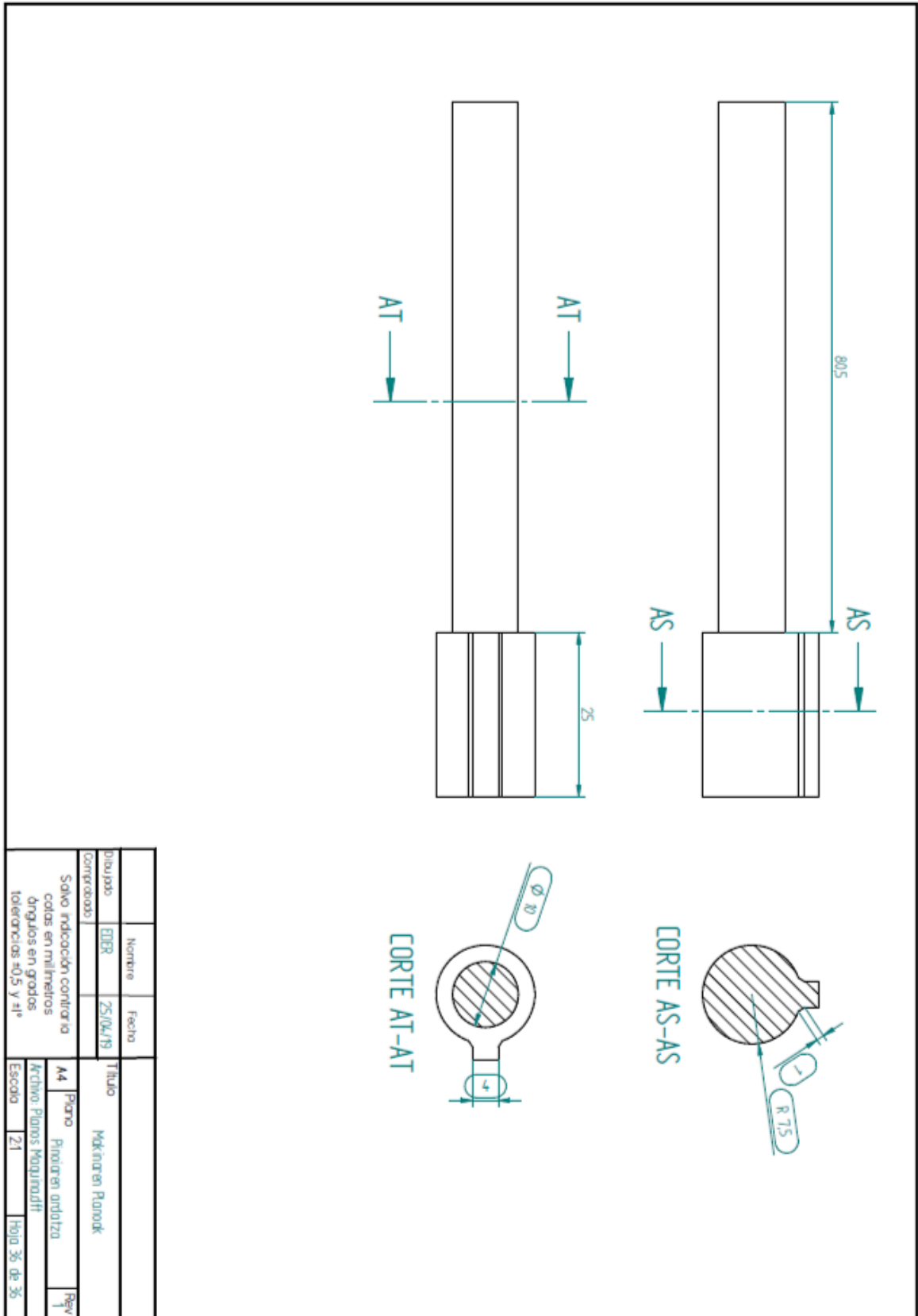






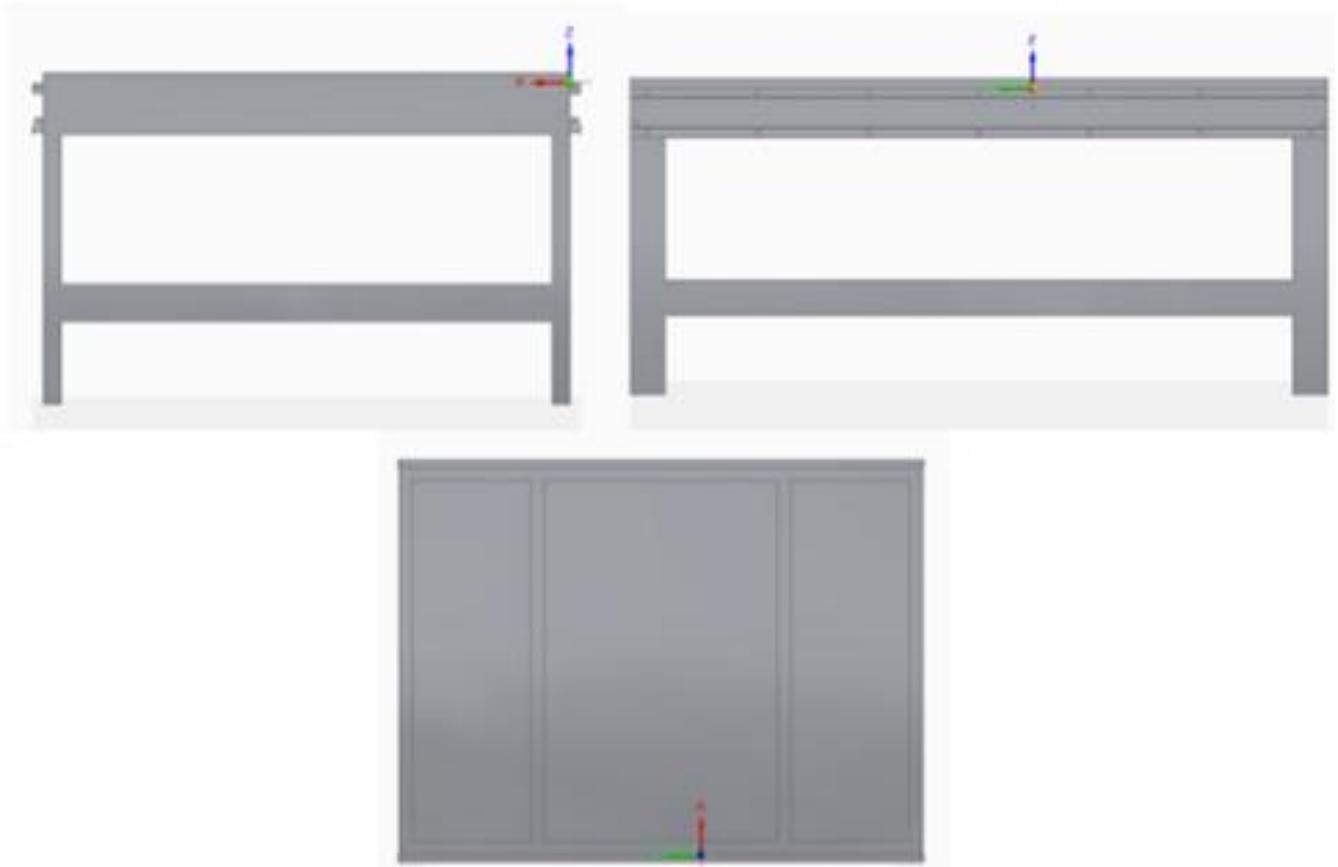
CORTE AD-AD

<small>Dibujante</small>	EDER	<small>Fecha</small>	Título Makinaren Planok		
<small>Construccion</small>	25/06/19				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			<small>Plano</small>	<small>Pinna</small>	<small>Rev</small>
			Archivo Planos Maquinado		
			Escala	2:1	Hoja 35 de 36

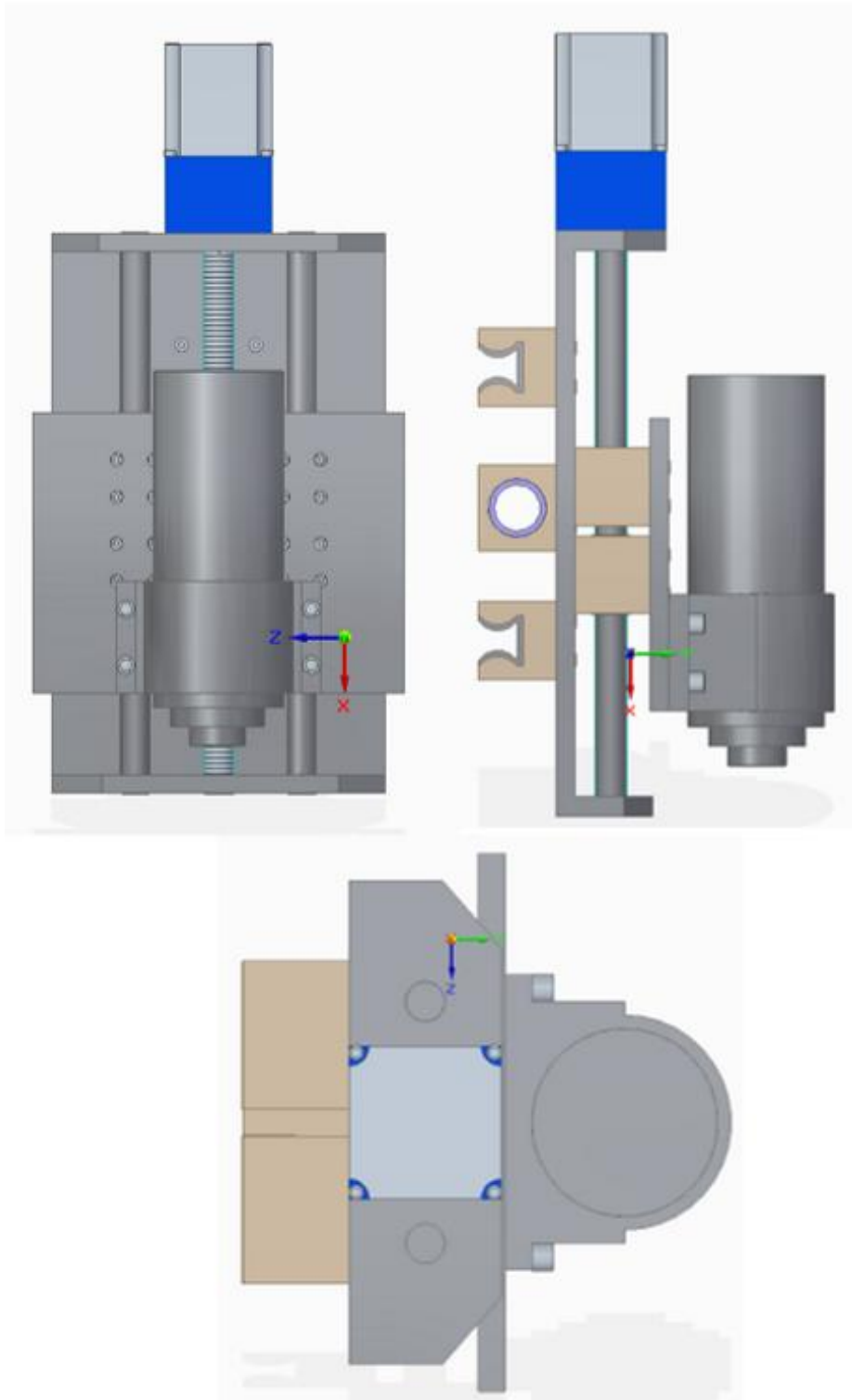


III. ERANSKINA. EREDU GEOMETRIKOA

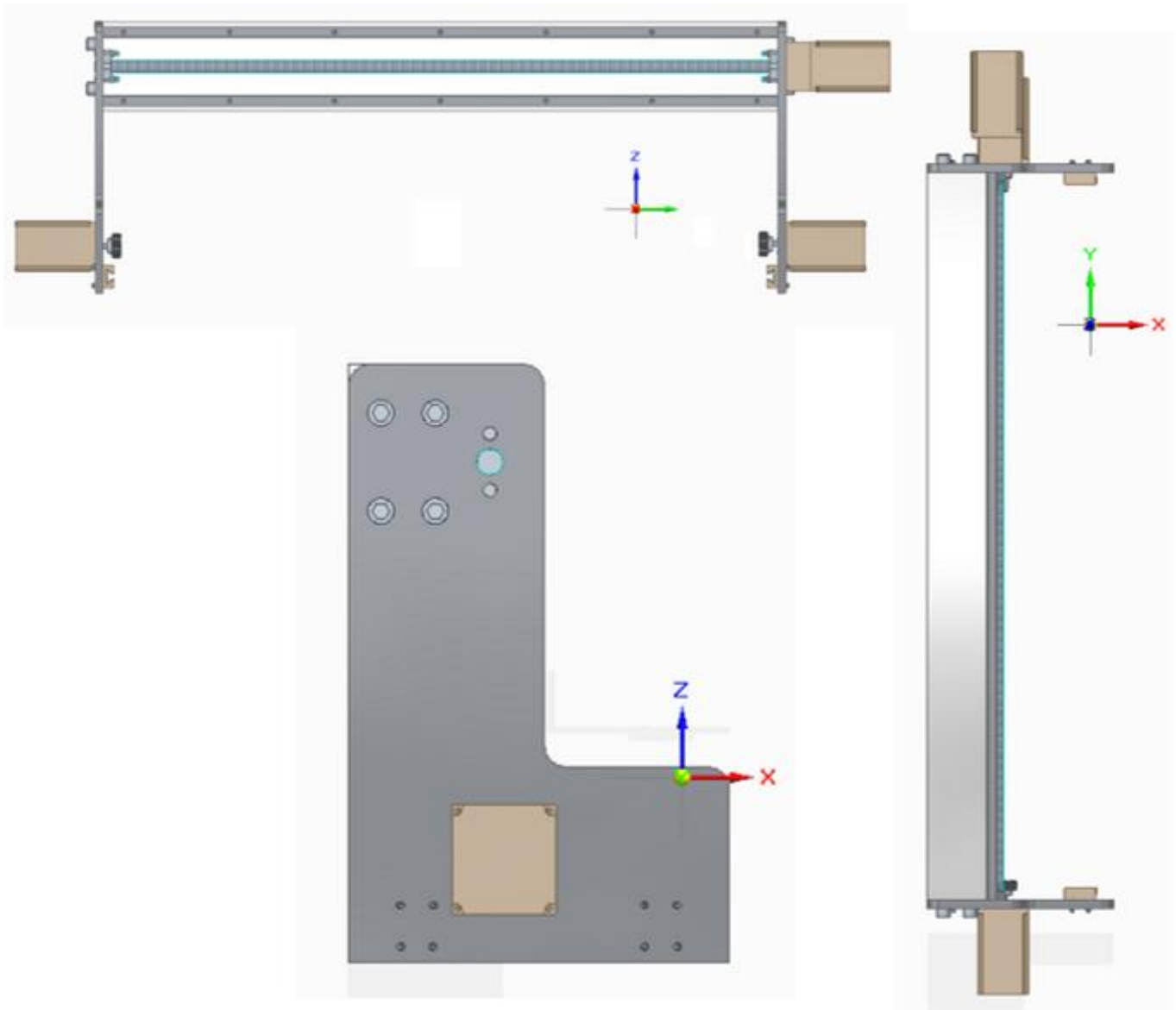
III.1 Mahaiaren Modeloa



III.2 Kabezalaren Modeloa



III.3 Zubiaren Modeloa



IV. ERANSKINA. KONTAKTU MOTAK

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
contraquia-casquillo longitudinal1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 5	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - contraquia.asm:1 casquillo quia longitudinal.par:1 To mesa.asm:1 quia longitudinal.par:1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
contraquia casquillo longitudinal2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 17	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 18	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo 2-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - contraquia.asm:2 casquillo quia longitudinal.par:1 To mesa.asm:1 quia longitudinal.par:1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
contraquia casquillo longitudinal3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia txapa3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo3-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 26	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 27	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo3-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - contraquia.asm:3 casquillo quia longitudinal.par:1 To mesa.asm:1 quia longitudinal.par:2	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
contraquia casquillo longitudinal4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia txapa4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo4-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 39	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 40	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
tornillo4-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - contraquia.asm:4 casquillo quia longitudinal.par:1 To mesa.asm:1 quia longitudinal.par:2	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
puente quia transversal1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia transversal1 txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia transversal1 txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 49	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 50	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 51	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 52	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 53	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo1-7	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - quia transversal.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:2	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
Frictional - quia transversal.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:4	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
puente quia transversal2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia transversal2 txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia transversal2 txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 71	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 72	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 73	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 74	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 75	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo2-7	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - quia transversal.par:2 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:5	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
Frictional - quia transversal.par:2 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:3	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
estructura puente txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
estructura puente txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
No Separation - estructura puente.par:1 To tornillo sujeccion.par:1	No Separ.	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
No Separation - estructura puente.par:1 To tornillo sujeccion.par:2	No Separ.	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo lateral estructura1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 94	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 95	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 96	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 97	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 98	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 99	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo lateral estructura8	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo frontal estructura1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 102	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 103	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 104	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 105	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 106	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 107	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 108	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 109	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 110	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 111	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 112	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 113	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo frontal estructura 14	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 contraquia transversal quia plana.par:1	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 contraquia transversal quia plana.par:2	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 contraquia transversal quia plana.par:3	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 contraquia transversal quia plana.par:4	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:5	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:2	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:3	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia transversal plana.par:4	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Frictionless - estructura puente.par:1 To cabezal.asm:1 contraquia tornillo sin fin transversal.par:1	Frictionles	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
No Separation - puente amarillo1.par:1 To tornillo sin fin.par:1	No Separ.	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo de sujeccion txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo txapa 1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 128	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 129	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 130	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 131	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 132	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 133	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 134	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 135	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 136	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 137	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
tornillo txapa1-12	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 139	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 140	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓
Contact Region 141	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program ↓

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
tornillo txapa 1-16	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
motor x txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo sujeccion txapa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo sujeccion txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
No Separation - puente amarillo2.par:1 To tornillo sin fin.par:1	No Separ	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo de sujeccion txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo txapa 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 153	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 154	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 155	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 156	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 157	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 158	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 159	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 160	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 161	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 162	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 163	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 164	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 165	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 166	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo txapa 2-16	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
motor x txapa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo de sujeccion txapa 2 a	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo de sujeccion txapa 2 b	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
acople motor y txapa	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
tornillo acople1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo acople2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
No Separation - tornillo sin fin.par:1 To tornillo sujeccion.par:1	No Separ	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
No Separation - tornillo sin fin.par:1 To tornillo sujeccion.par:2	No Separ	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - tornillo sin fin.par:1 To cabezal.asm:1 casquillo contraquia sinfin.par:1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0.2	Automatic	Program
tornillo tornillo sujeccion	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tornillo sujeccion 2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
sujeccion tuerca1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
sujeccion tuerca2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tornillo sujeccion3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tornillo sujeccion4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
sujeccion tuerca3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
sujeccion tuerca4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo motor 1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tuerca tornillo motor 1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 198	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 199	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 201	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 202	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo motor1-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca motor 1-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo motor 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca motor 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 208	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 209	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 210	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
Contact Region 211	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo motor 2-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca motor 2-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca acople1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca acople2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca sujeccion 1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo tuerca sujeccion 1-2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo contaquia 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo contraquia 2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo contraquia3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo contraquia4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo txapa elektrohusillo 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 225	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 226	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 227	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 228	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 229	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 230	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 231	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 232	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 233	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 234	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 235	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 236	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 237	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 238	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
Contact Region 239	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 240	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 241	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 242	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 243	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 244	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 245	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 246	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo txapa elektrohusillo 24	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo contaquia sinfin1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo contraquia sinfin	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa elektrohusillo itxiera	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa itxiera tornillo1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 252	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 253	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
txapa itxiera tornillo4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia vertical 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictionless - cabezal.asm:1 contaquia vertical.par:1 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par: 1	Frictionless	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia vertical2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictionless - cabezal.asm:1 contaquia vertical.par:2 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par: 1	Frictionless	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia vertical3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictionless - cabezal.asm:1 contaquia vertical.par:3 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par: 1	Frictionless	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia vertical4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictionless - cabezal.asm:1 contaquia vertical.par:4 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par: 1	Frictionless	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - cabezal.asm:1 casquillo quia vertical.par: 1 To cabezal.asm:1 quias vertical.par: 1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
Frictional - cabezal.asm:1 casquillo quia vertical.par:2 To cabezal.asm:1 quias vertical.par:2	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program

Fresadora baten analisi estatikoa eta mekanizazio adibide baten azterketa



Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
Frictional - cabezal.asm:1 casquillo quia vertical.par:3 To cabezal.asm:1 quias vertical.par:2	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
Frictional - cabezal.asm:1 casquillo quia vertical.par:4 To cabezal.asm:1 quias vertical.par:1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,05	Automatic	Program
tornillo en contraquia 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 308	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 310	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 312	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 315	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 316	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 317	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 318	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia casquillo sinfin 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - cabezal.asm:1 casquillo sin fin vertical.par:1 To cabezal.asm:1 sinfin vertical.par:1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,1	Automatic	Program
contraquia casquillo sinfin2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictional - cabezal.asm:1 casquillo sin fin vertical.par:2 To cabezal.asm:1 sinfin vertical.par:1	Frictional	Face (Solid), Face (Solid)	0,1	Automatic	Program
Frictionless - cabezal.asm:1 contraquia vertical sin fin.par:1 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par:1	Frictionless	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Frictionless - cabezal.asm:1 contraquia vertical sin fin.par:2 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par:1	Frictionless	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
elektrohusillo txapa itxiera	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo itxiera itxiera 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 341	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 342	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo itxiera itxiera4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia c de cabezal1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia c de cabezal2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
No Separation - cabezal.asm:1 sinfin vertical.par:1 To cabezal.asm:1 c de cabezal.par:1	No Separation	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
No Separation - cabezal.asm:1 sinfin vertical.par:1 To motor z acoplado.asm:1 acople motor z.par:1	No Separation	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia transversal c de cadelal 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
contraquia transversal c de cabezal 2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia transversal c de cabezal3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia transversal c de cabezal4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
contraquia sinfin c de cabezal	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo cabezal 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 355	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 356	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 357	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 358	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 359	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 360	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 361	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 362	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 363	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 364	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 365	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 366	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 367	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 368	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 369	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 370	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 371	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 372	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo cabezal 20	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
acople cabezal	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia transversal1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
tornillo contraquia1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 377	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 378	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia 1-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia transversal2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 382	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 383	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia2-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia transversal3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia3-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 387	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 388	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia 3-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia transversal4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia 4-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 392	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 393	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo contraquia 4-4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
casquillo contraquia sinfin	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo sin fin1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 413	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 414	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo sinfin4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia mesa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
quia mesa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
escuadra mesa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
escuadra mesa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
escuadra mesa3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
escuadra mesa4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
cremallera mesa1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
cremallera mesa2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo mesa1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 430	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 431	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 432	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 433	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 434	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 435	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 436	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 437	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 438	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 439	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 440	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 441	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo mesa 1-14	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo mesa 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 444	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 445	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 446	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 447	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 448	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Fresadora baten analisi estatikoa eta mekanizazio adibide baten azterketa

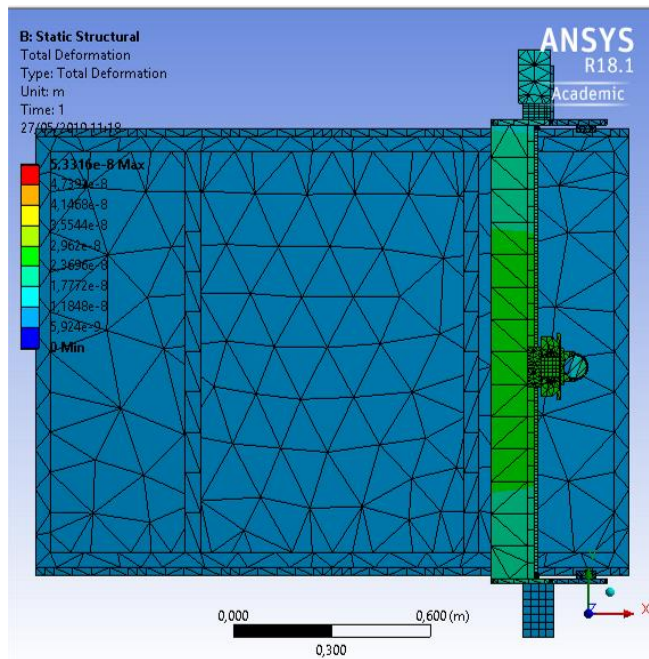
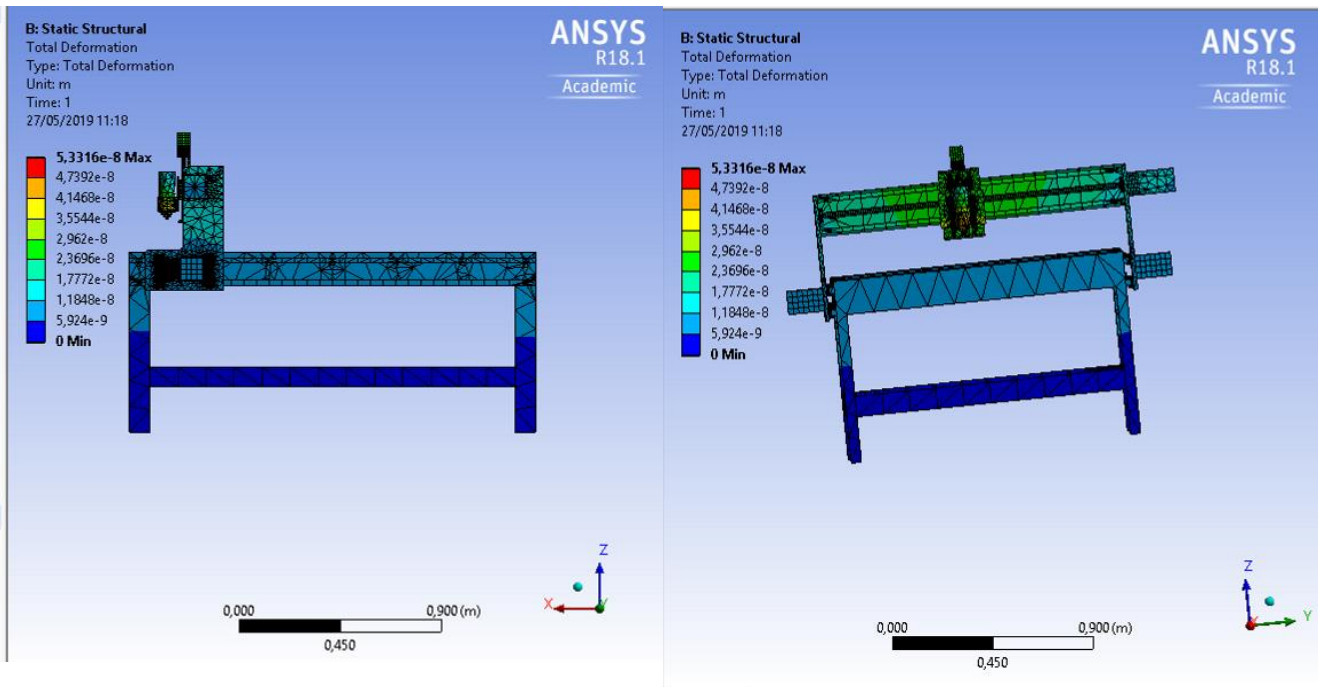
Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
Contact Region 449	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 450	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 451	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 452	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 453	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 454	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 455	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo mesa 2-14	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo quia 1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 462	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 463	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 464	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 465	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 466	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo quia 1-7	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera quia1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera quia2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo quia 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 471	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 472	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 473	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 474	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

Name	Type	Scope	Friction Coefficient	Scope Mode	Trim Cont
Contact Region 473	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 474	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 475	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo quia 2-7	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera quia3	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
final de carrera quia4	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo cremallera 1-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 480	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 481	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 482	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 483	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 484	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo cremallera 1-7	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tronillo cremallera 2-1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 487	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 488	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 489	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 490	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
Contact Region 491	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo cremallera 2-7	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
acople y motor y	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo motor y 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
tornillo motor y 2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
acople tornillo y 1	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
acople tornillo y 2	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program
acople motor z	Bonded	Face (Solid), Face (Solid)	N/A	Automatic	Program

V. ERANSKINA. SIMULAZIOEN EMAITZAK.

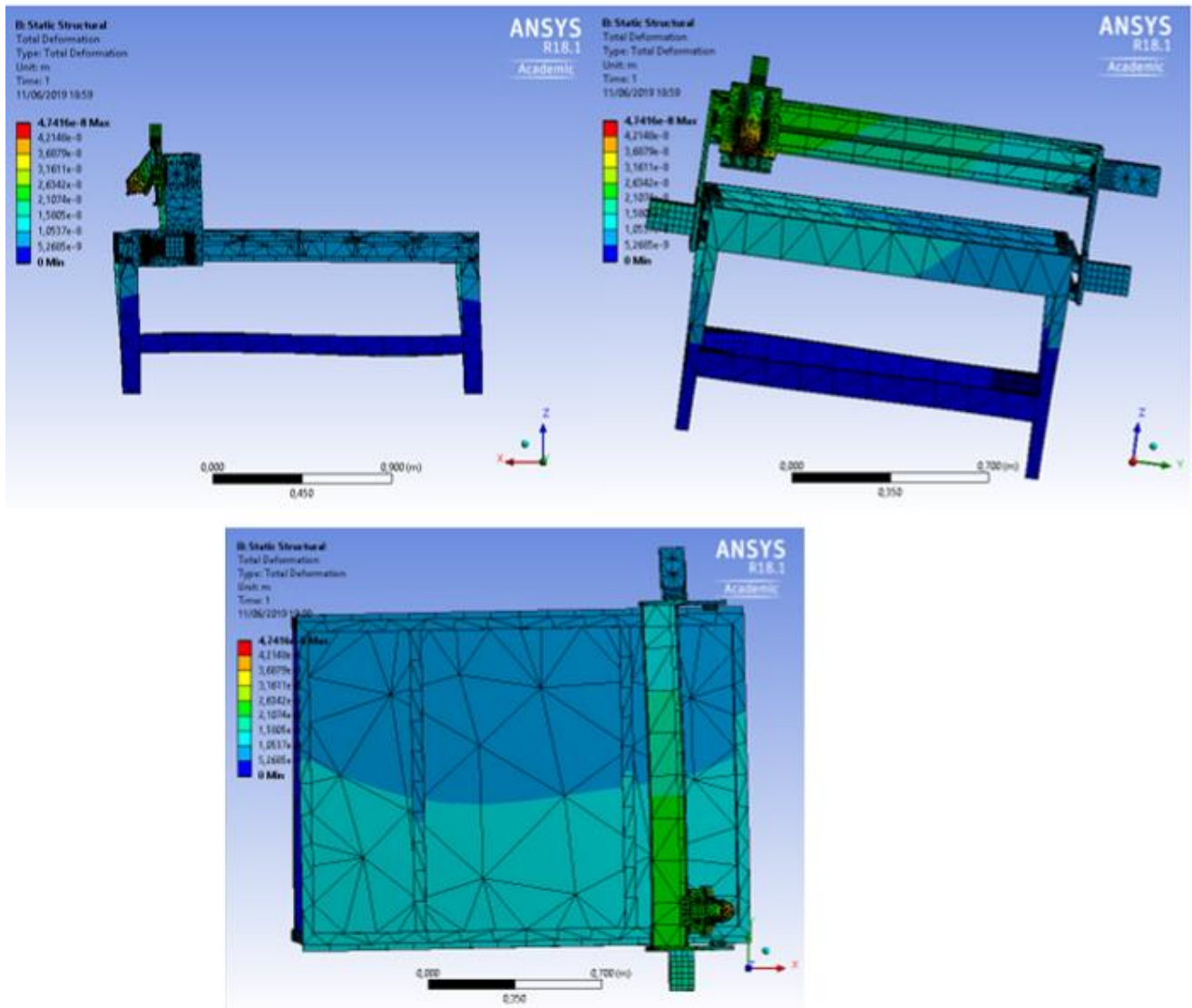
V.1 Lehenengo Posizioa

V.1.1 X norabidean 1N-eko karga

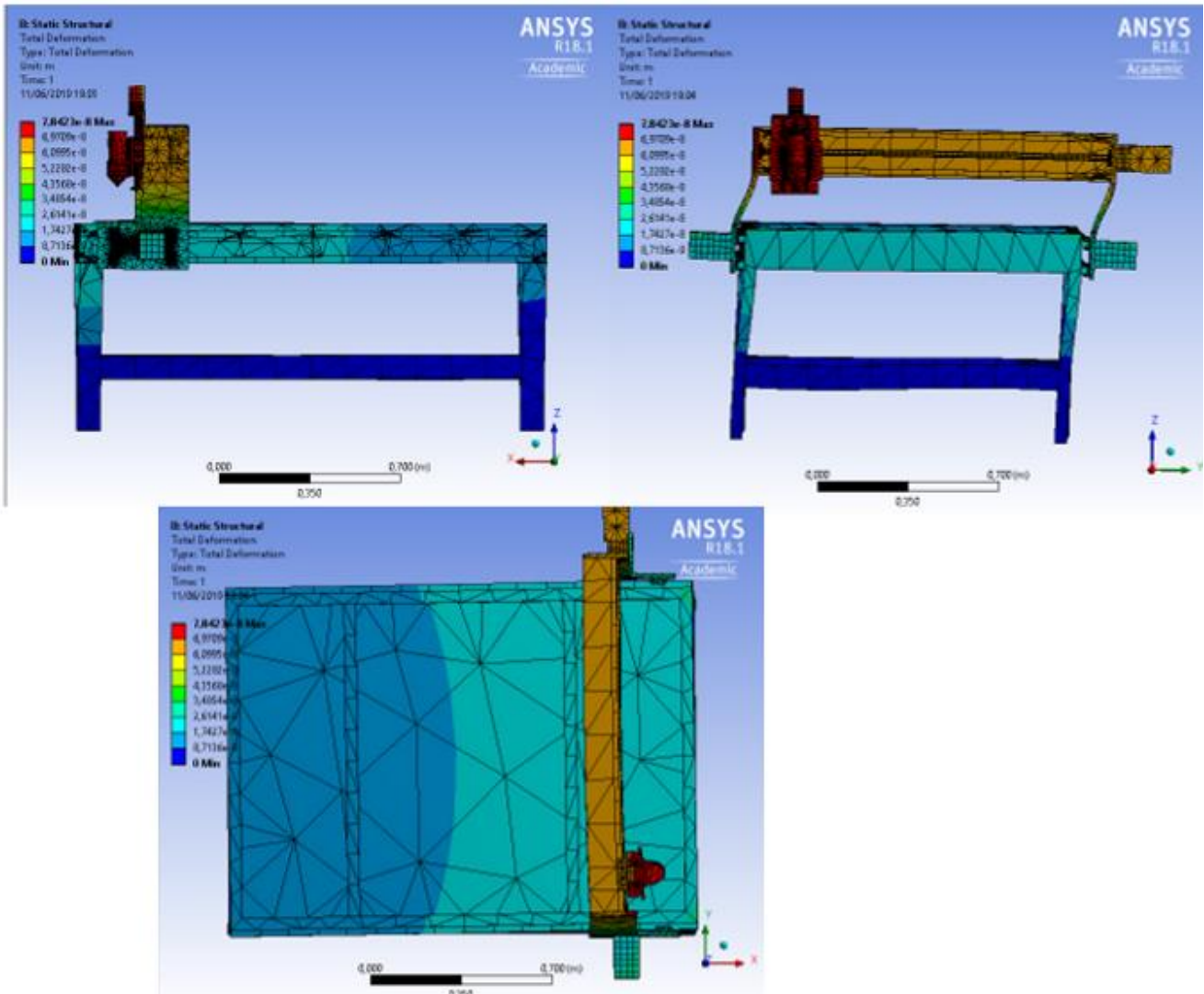


V.2 Bigarren Posizioa

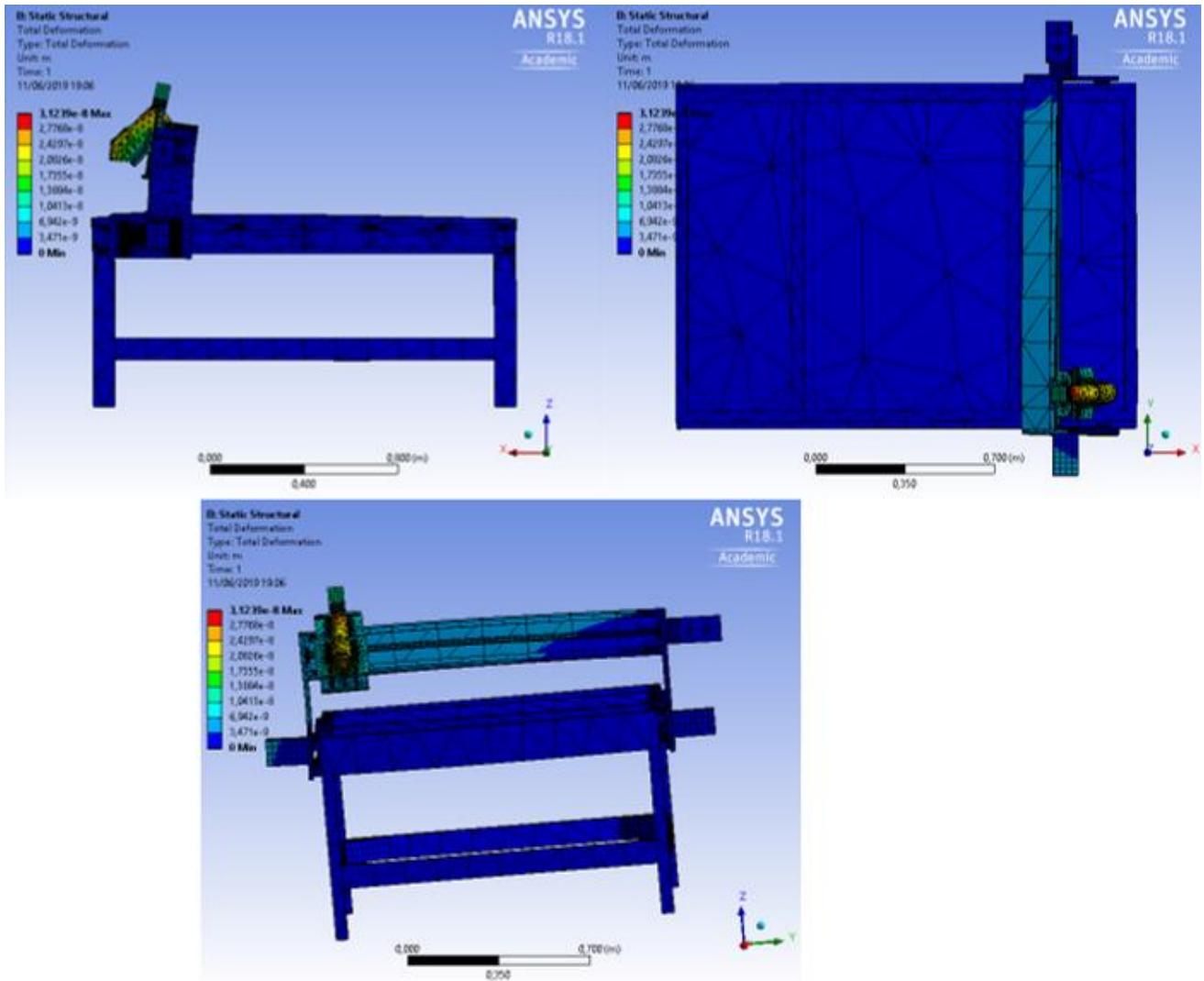
V.2.1 X norabidean 1N-eko karga



V.2.2 Y norabidean 1N-eko karga

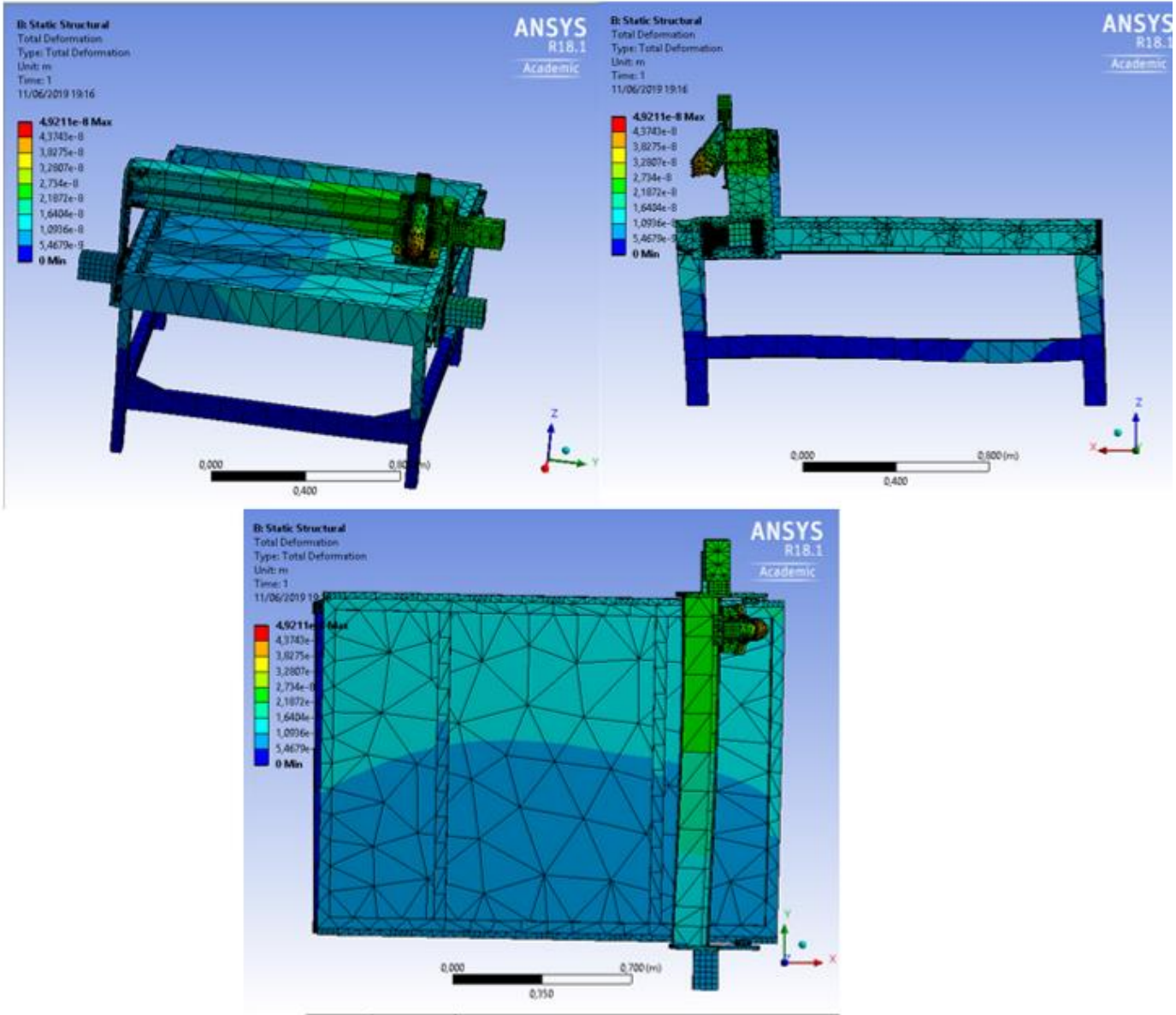


V.2.3 Z norabidean 1N-eko karga

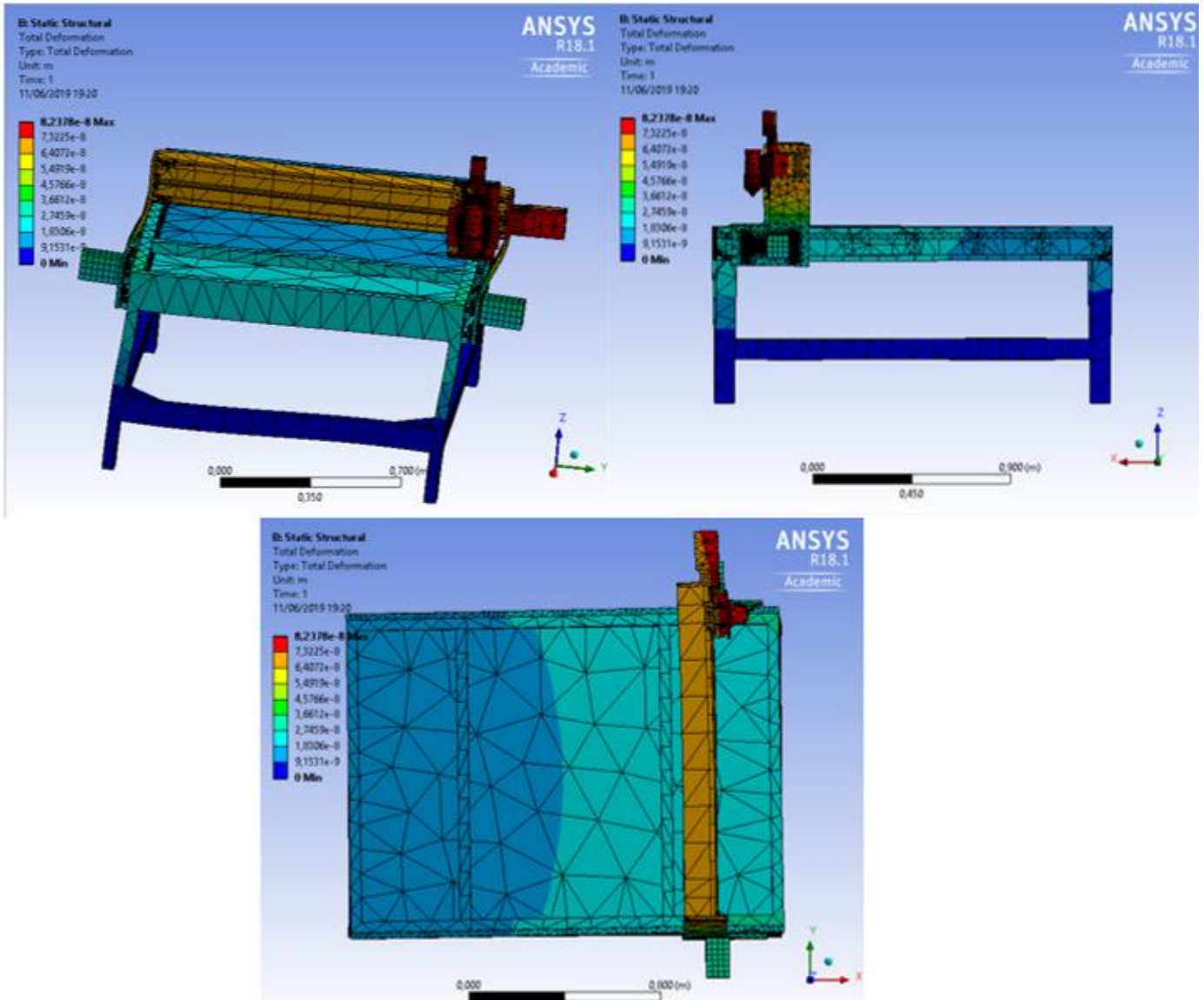


V.3 Hirugarren Posizioa

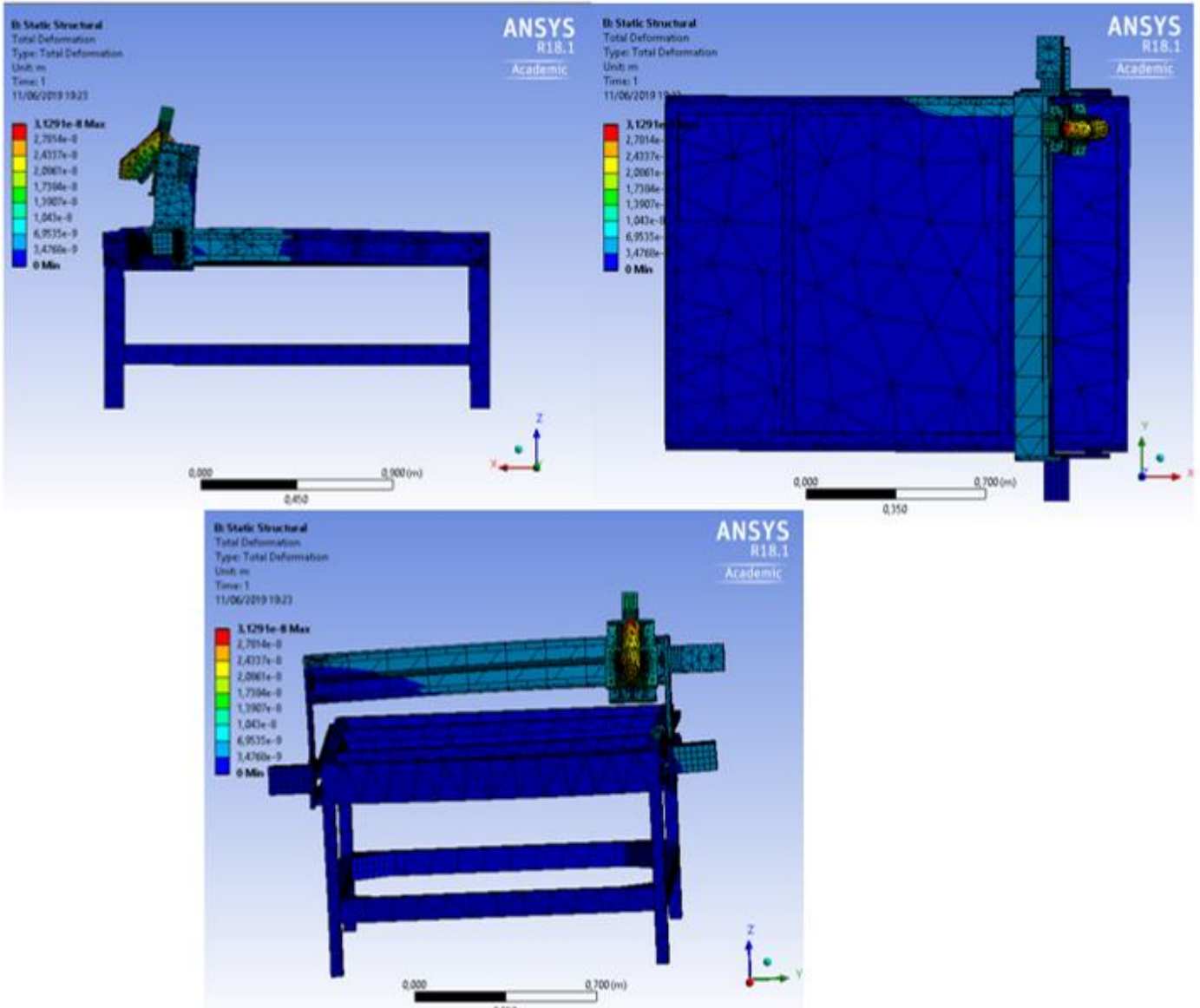
V.3.1 X norabidean 1N-eko karga



V.3.2 Y norabidean 1N-eko karga

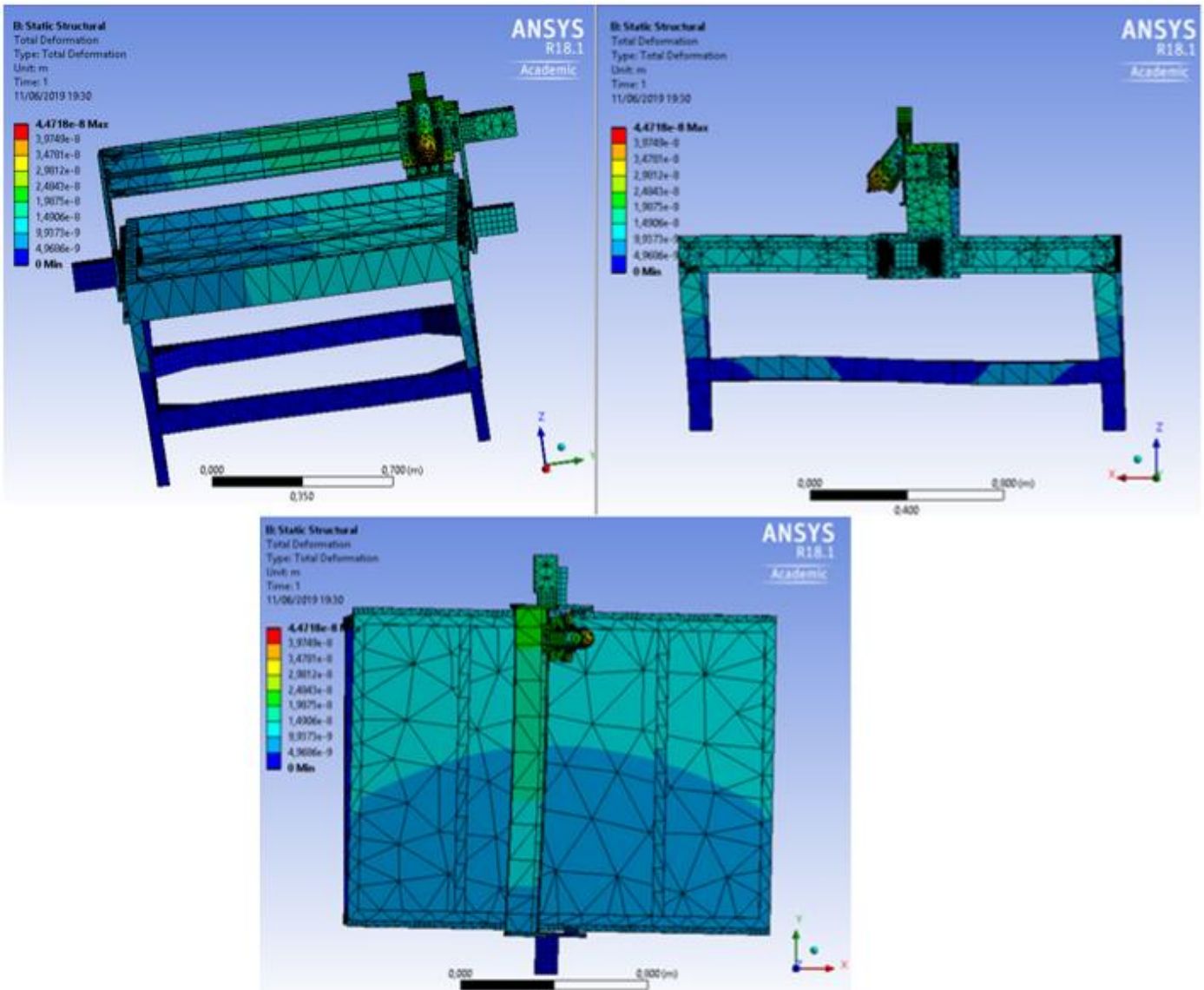


V.3.3 Z norabidean 1N-eko karga

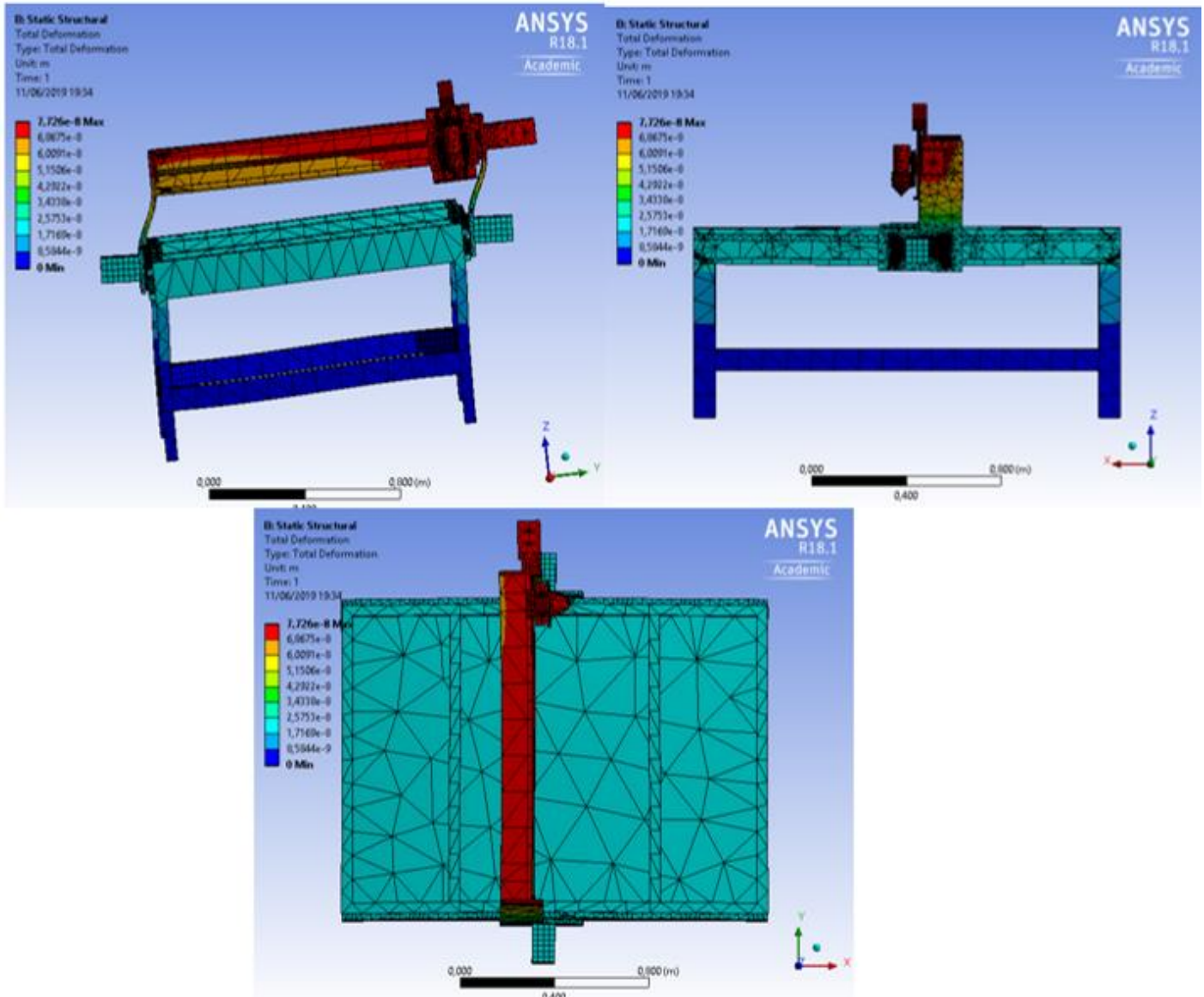


V.4 Laugarren Posizioa

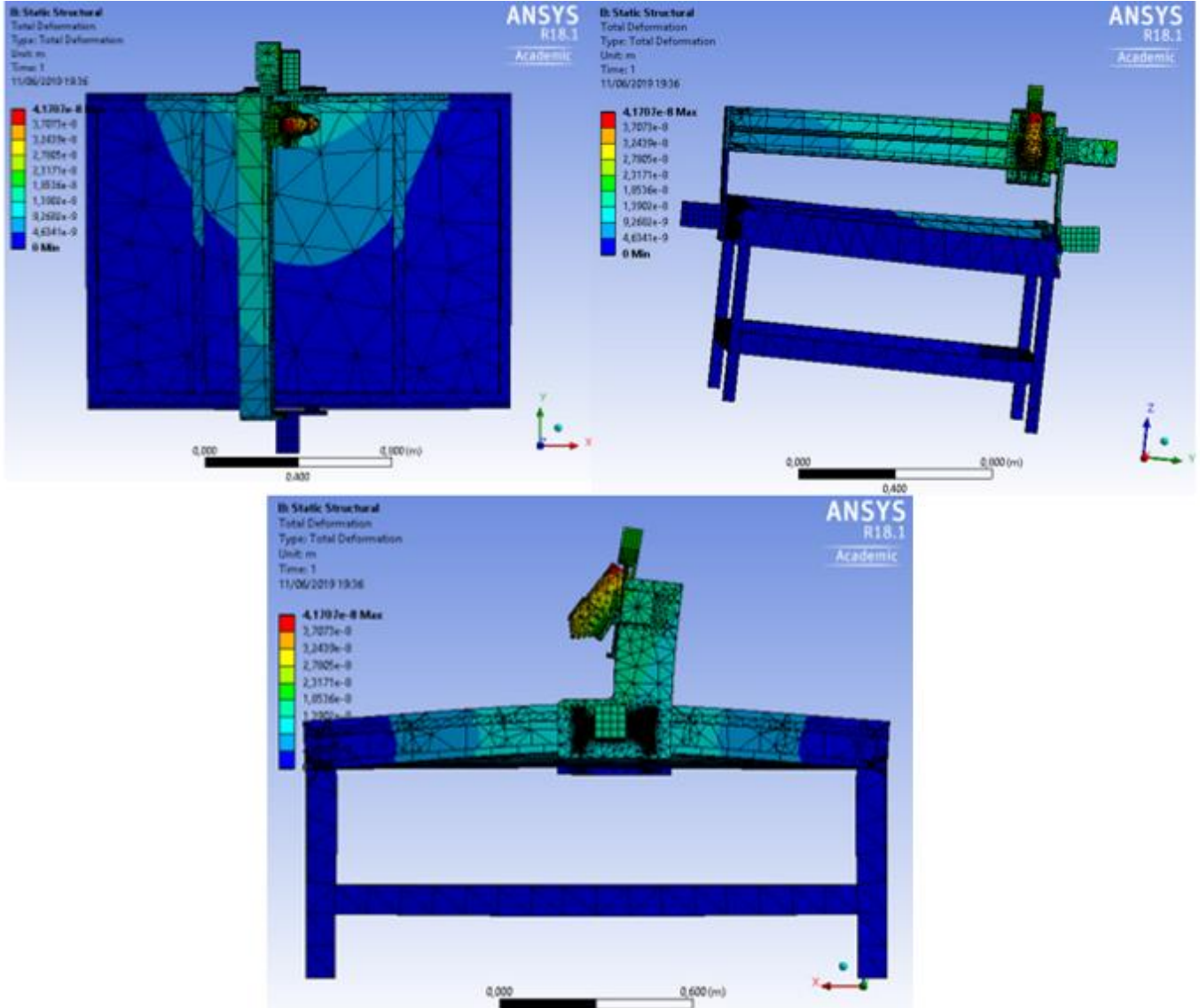
V.4.1 X norabidean 1N-eko karga



V.4.2 Y norabidean 1N-eko karga

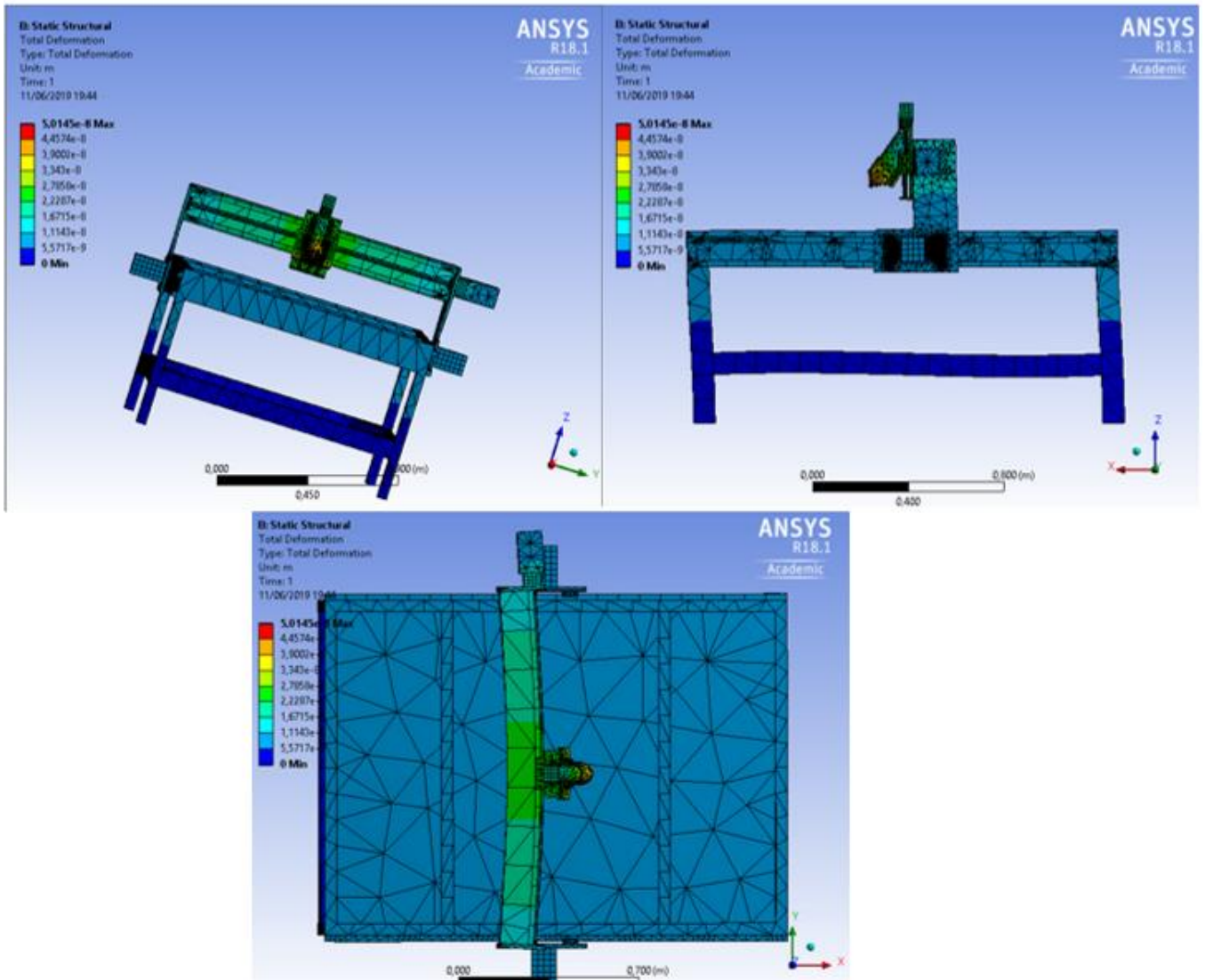


V.4.3 Z norabidean 1N-eko karga

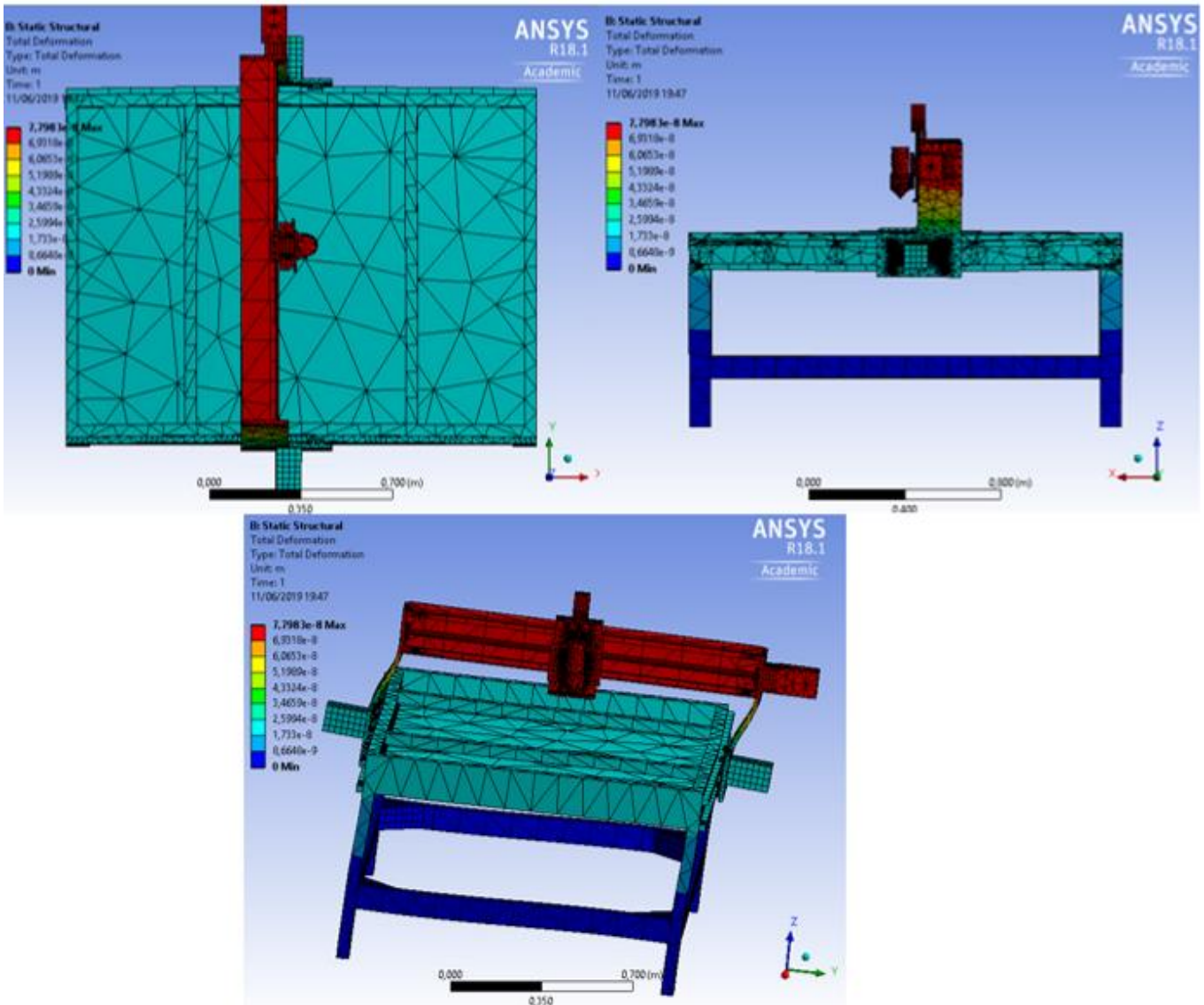


V.5 Bostgarren Posizioa

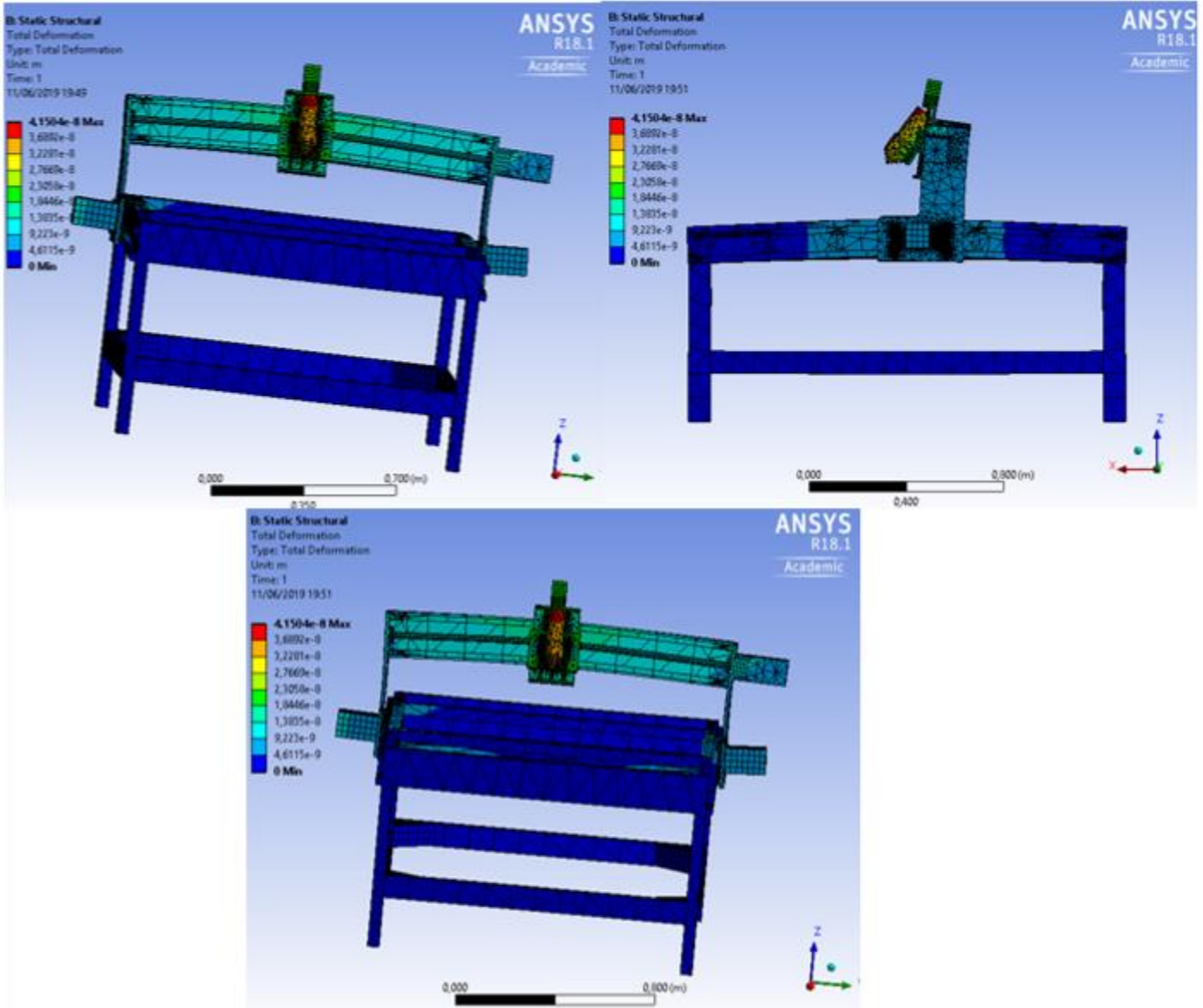
V.5.1 X norabidean 1N-eko karga



V.5.2 Y norabidean 1N-eko karga

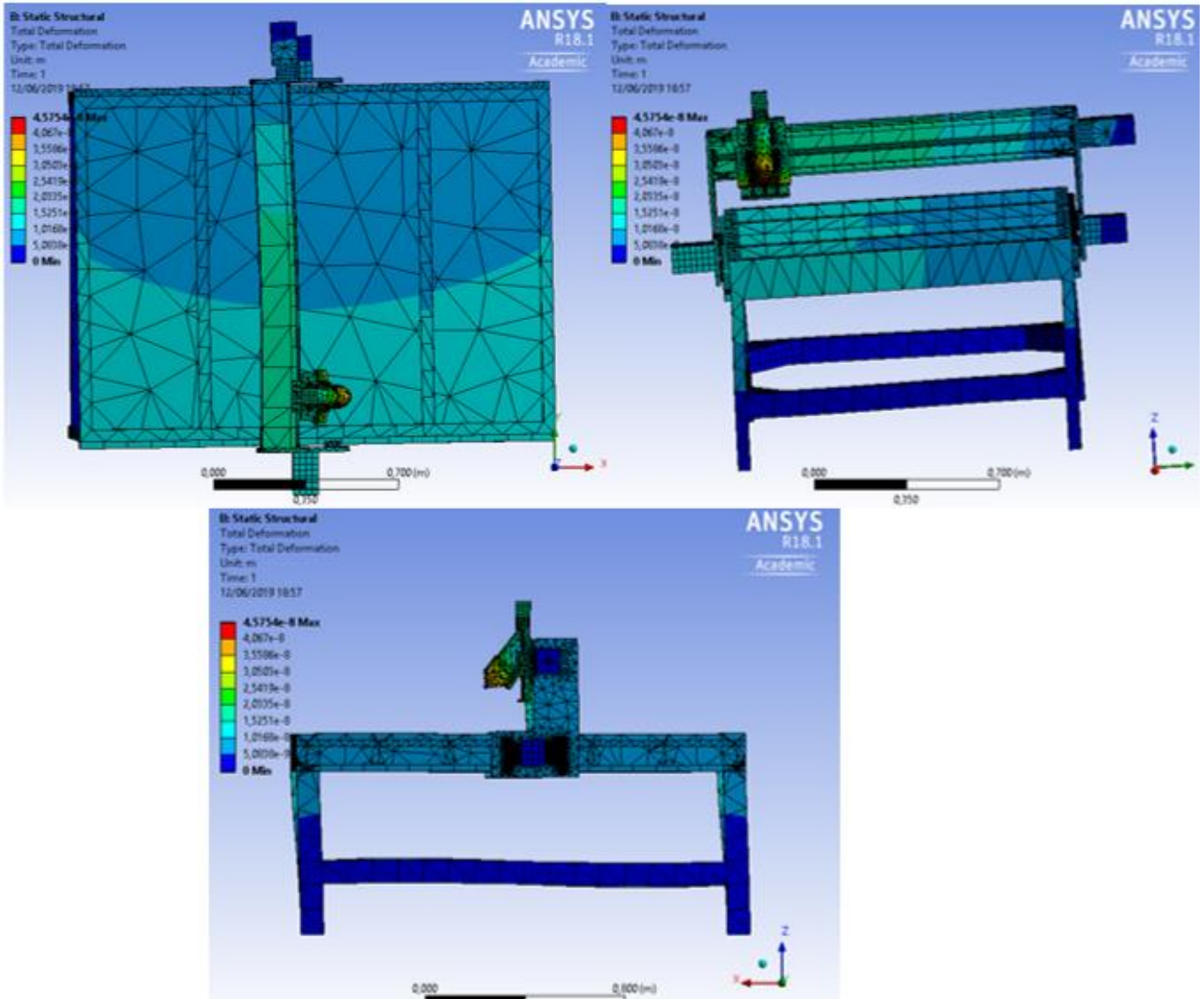


V.5.3 Z norabidean 1N-eko karga

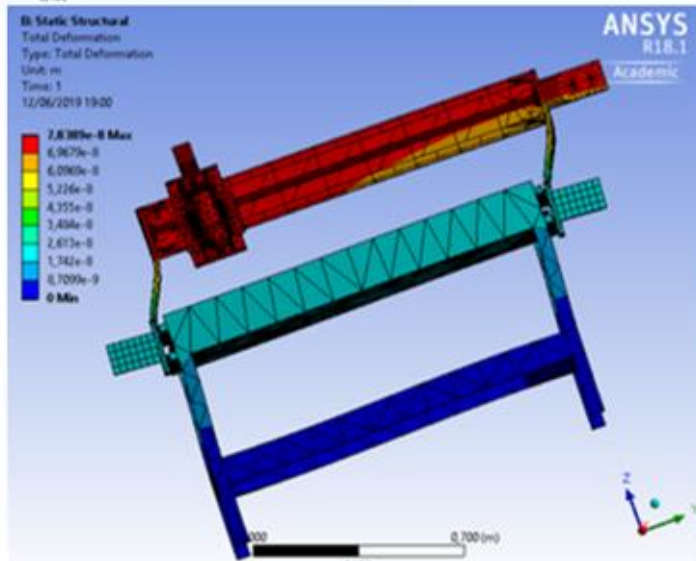
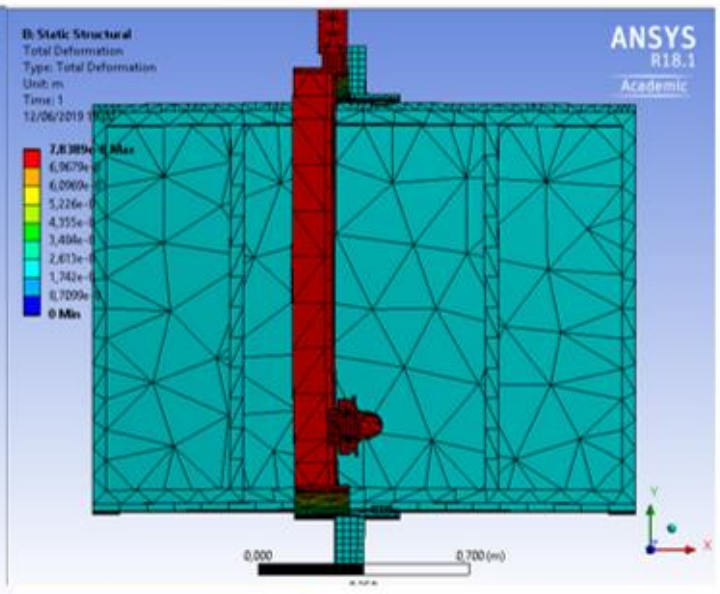
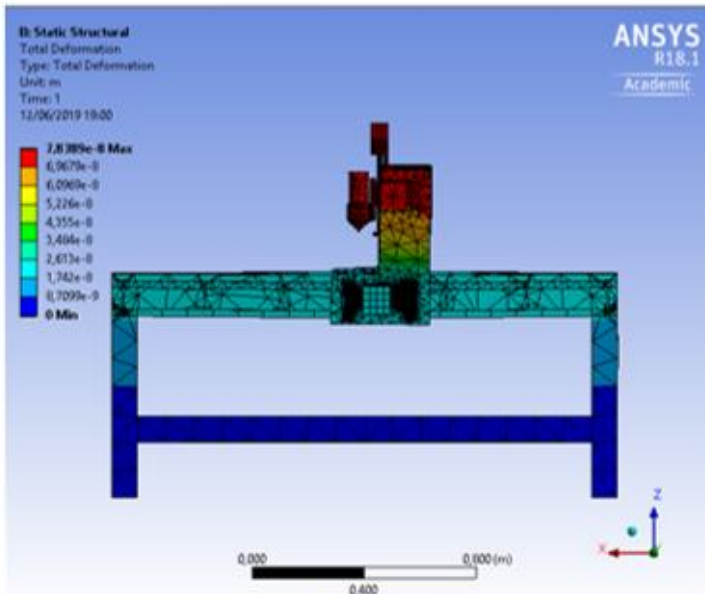


V.6 Seigarren Posizioa

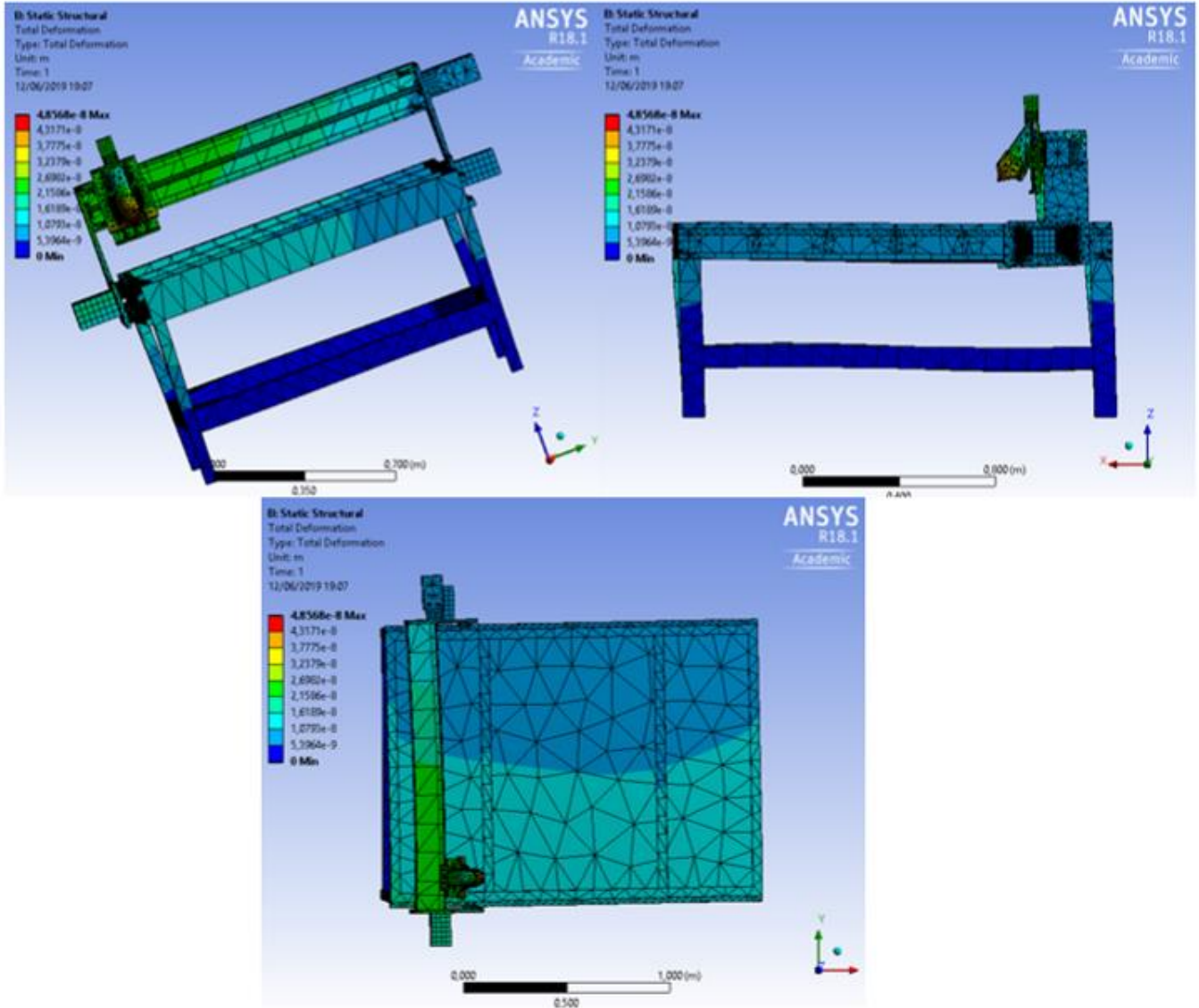
V.6.1 X norabidean 1N-eko karga



V.6.2 Y norabidean 1N-eko karga

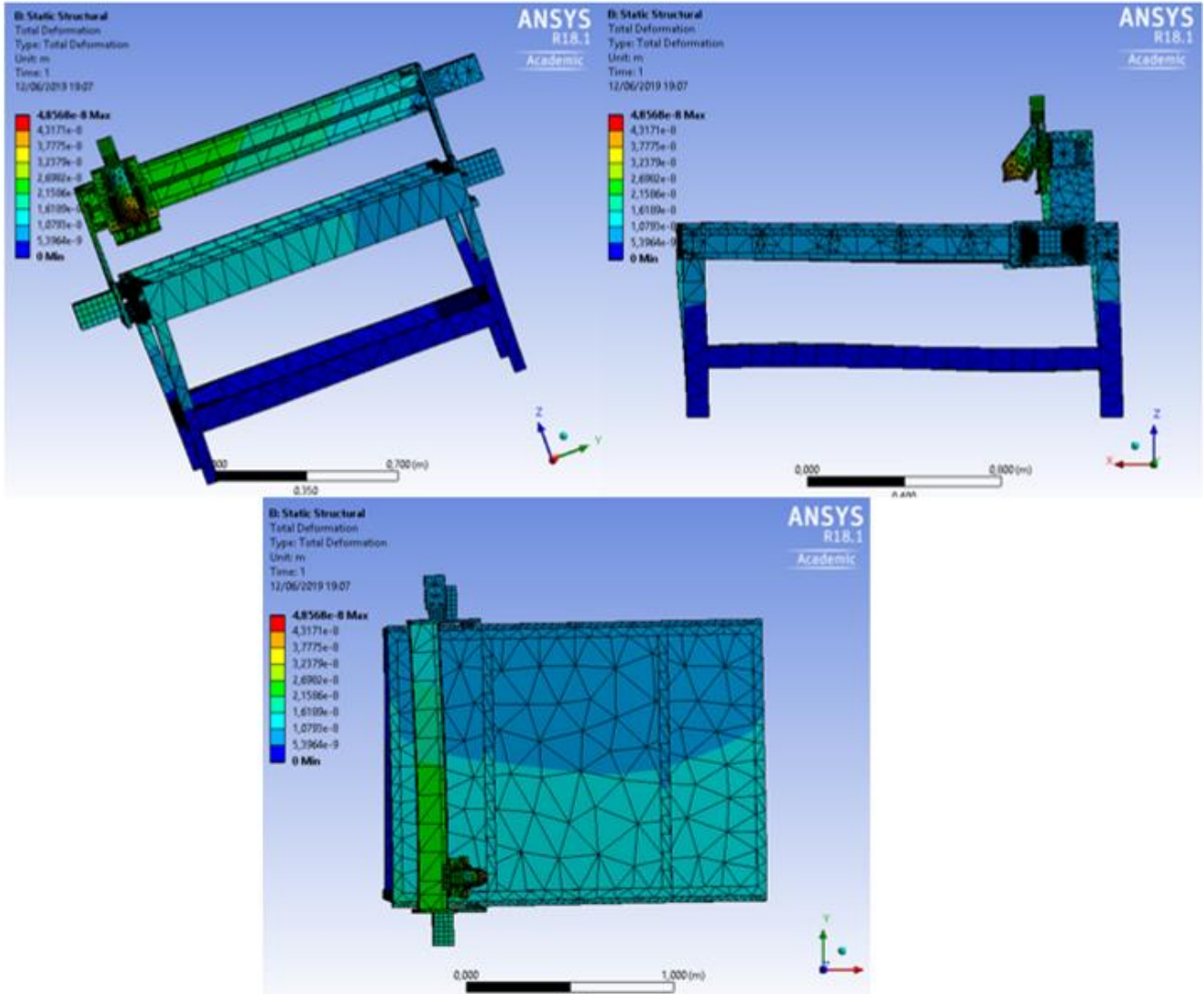


V.6.3 Z norabidean 1N-eko karga

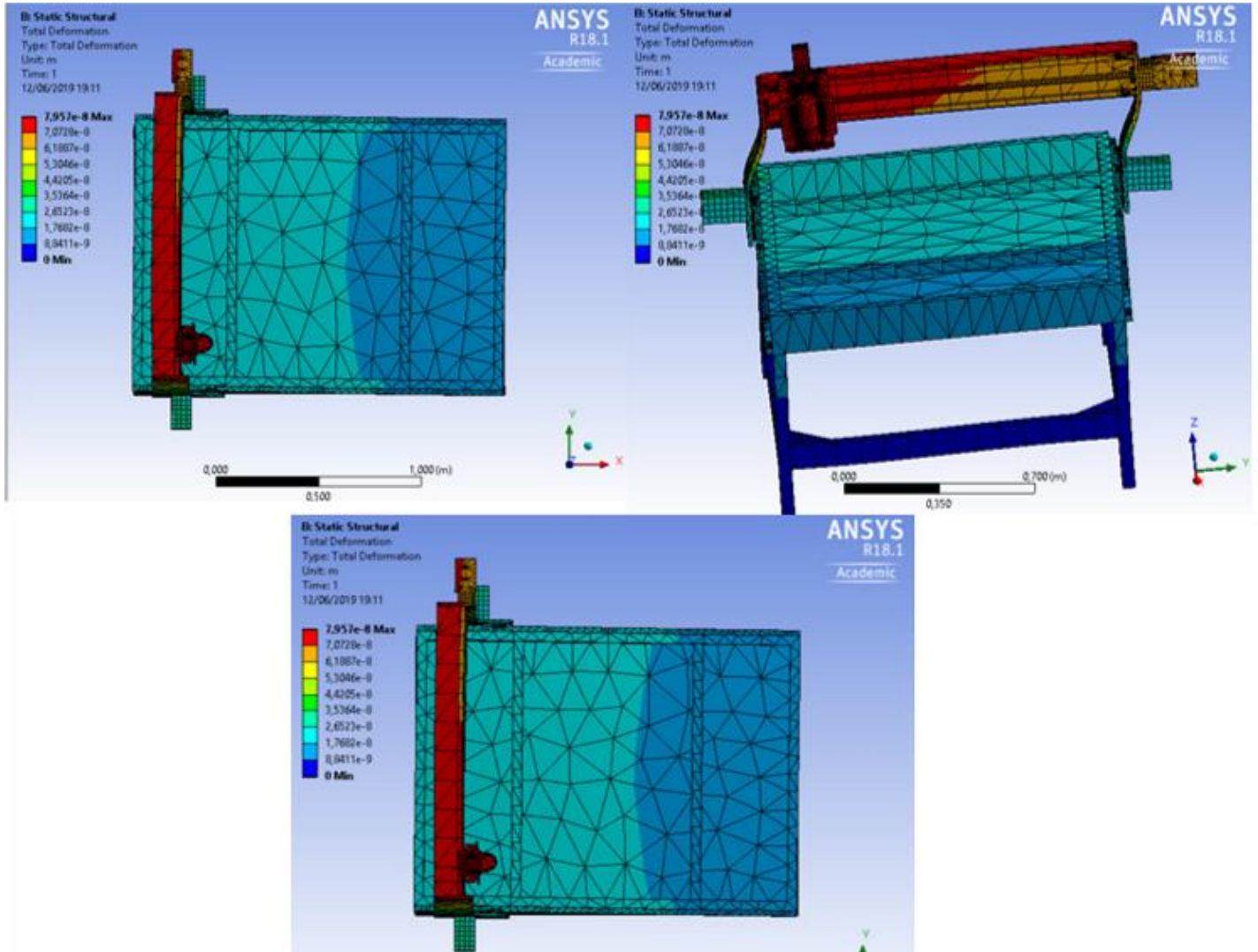


V.7 Zazpigarren Posizioa

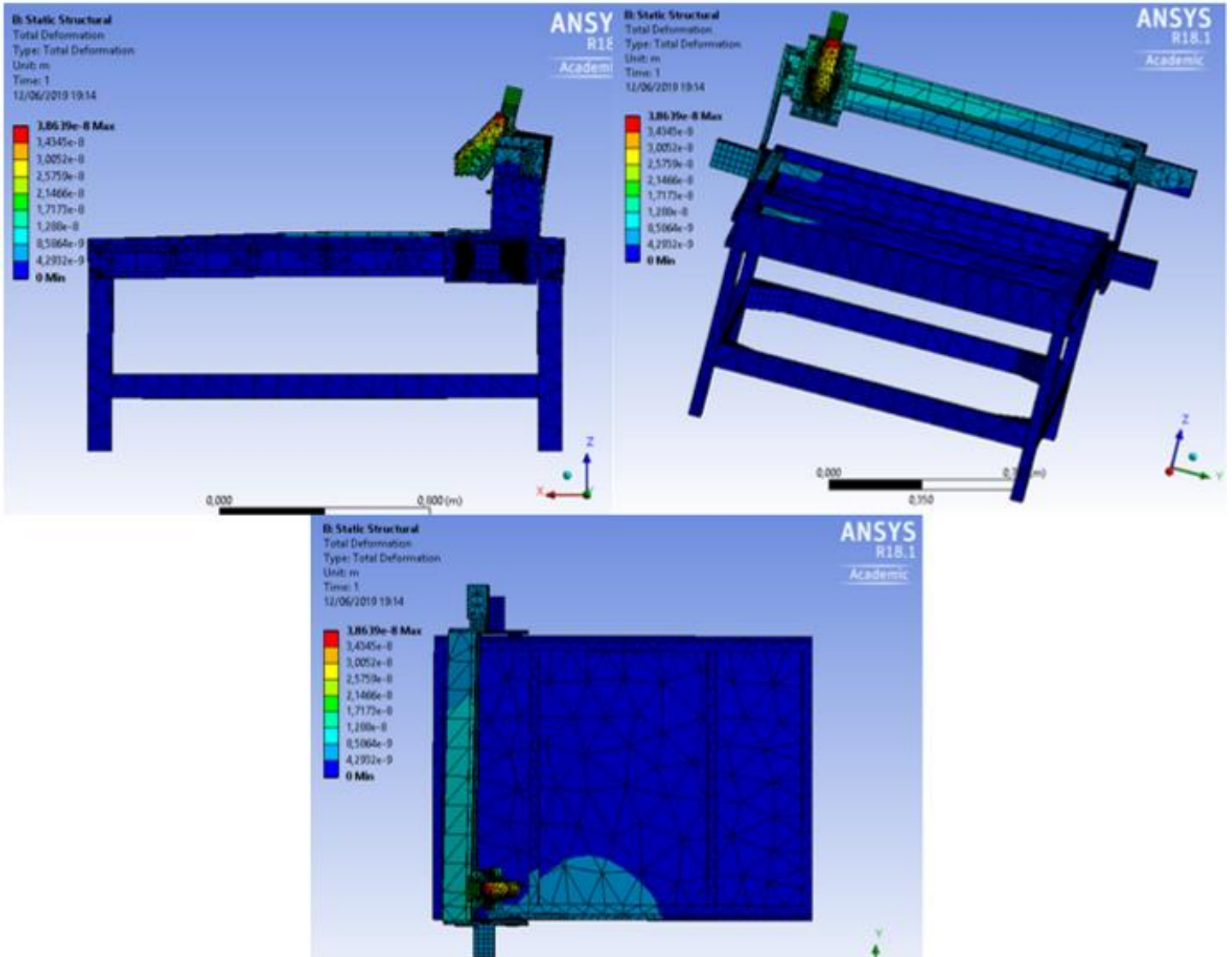
V.7.1 X norabidean 1N-eko karga



V.7.2 Y norabidean 1N-eko karga

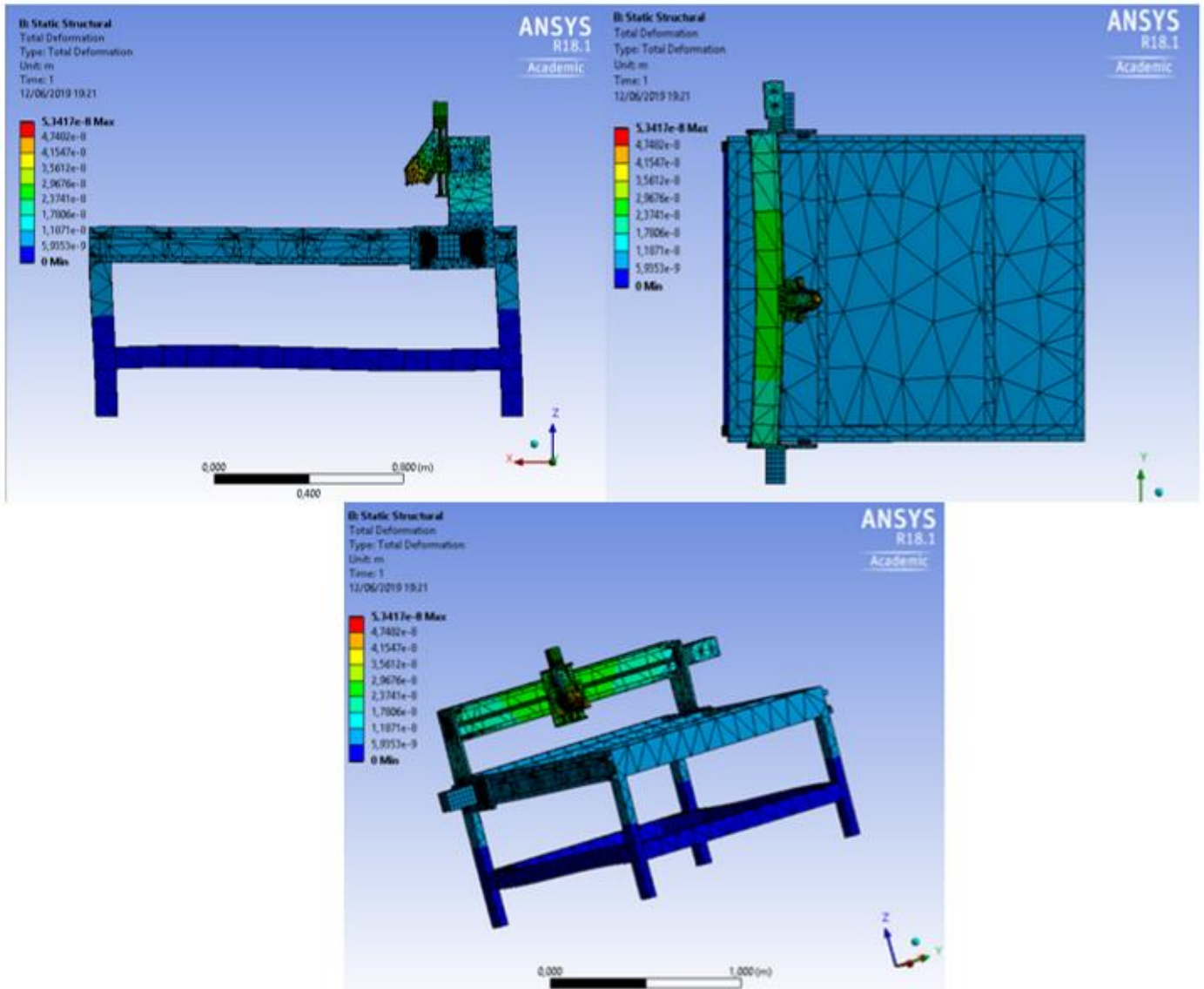


V.7.3 Z norabidean 1N-eko karga

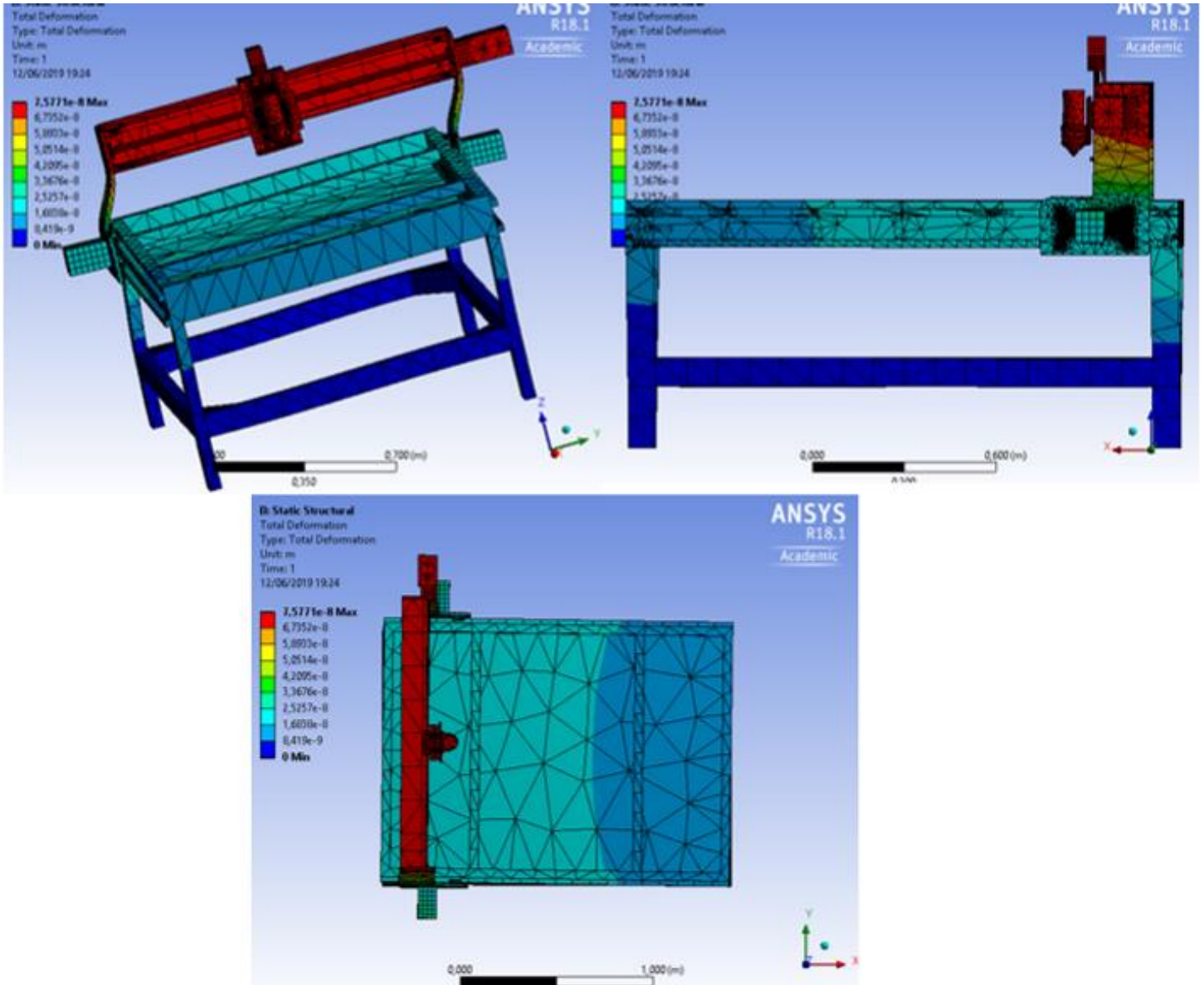


V.8 Zazpigarren Posizioa

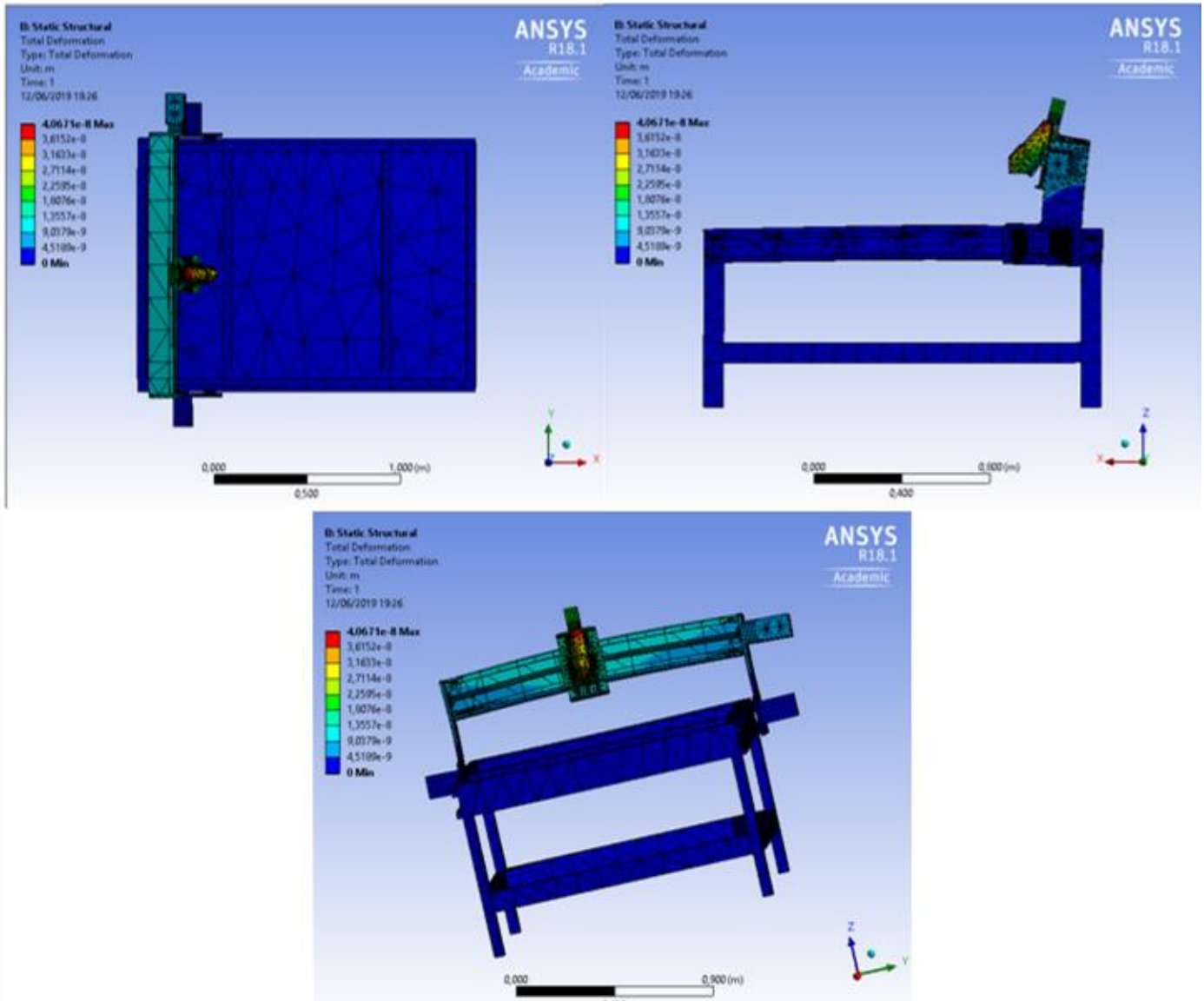
V.8.1 X norabidean 1N-eko karga



V.8.2 Y norabidean 1N-eko karga

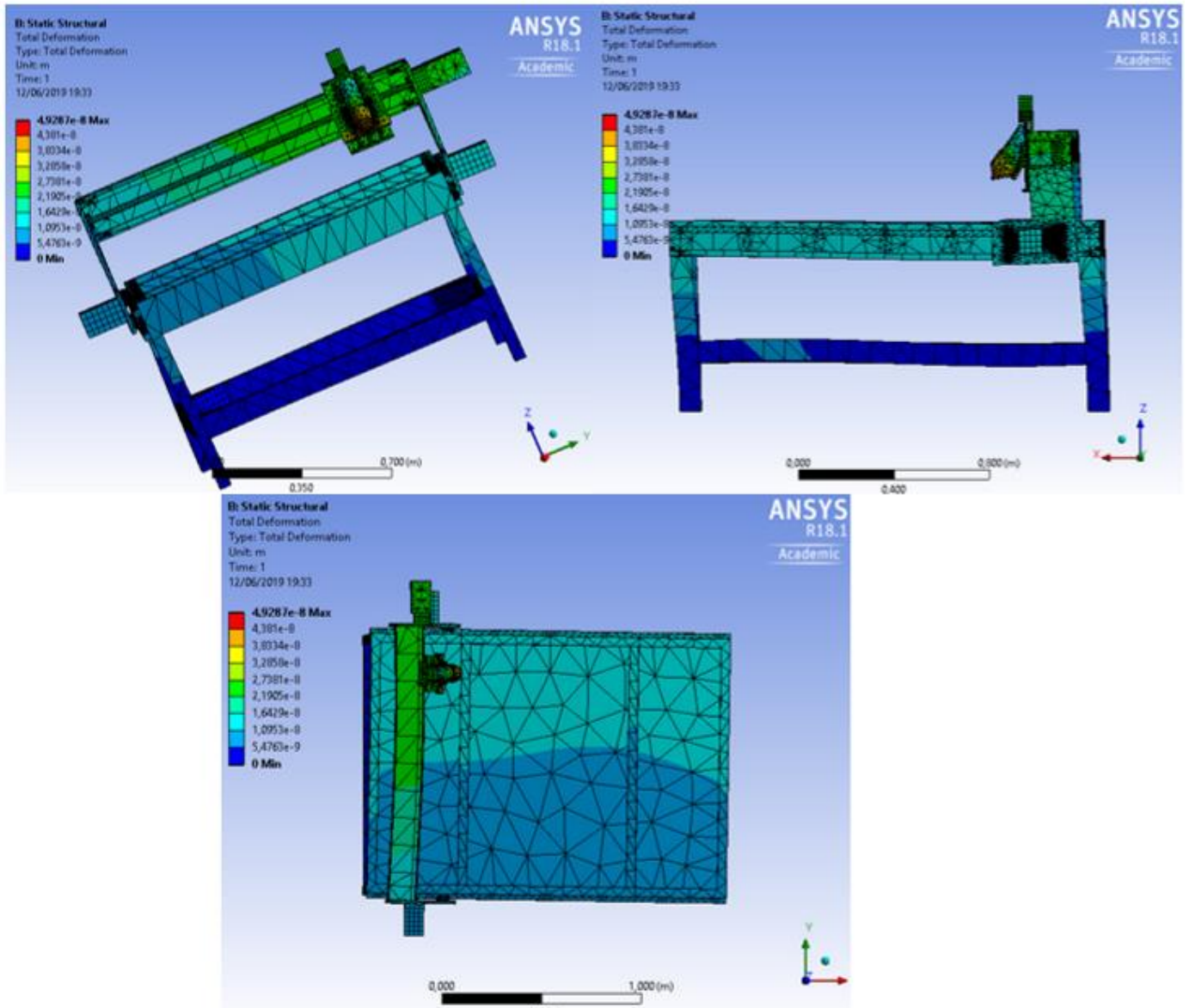


V.8.3 Z norabidean 1N-eko karga

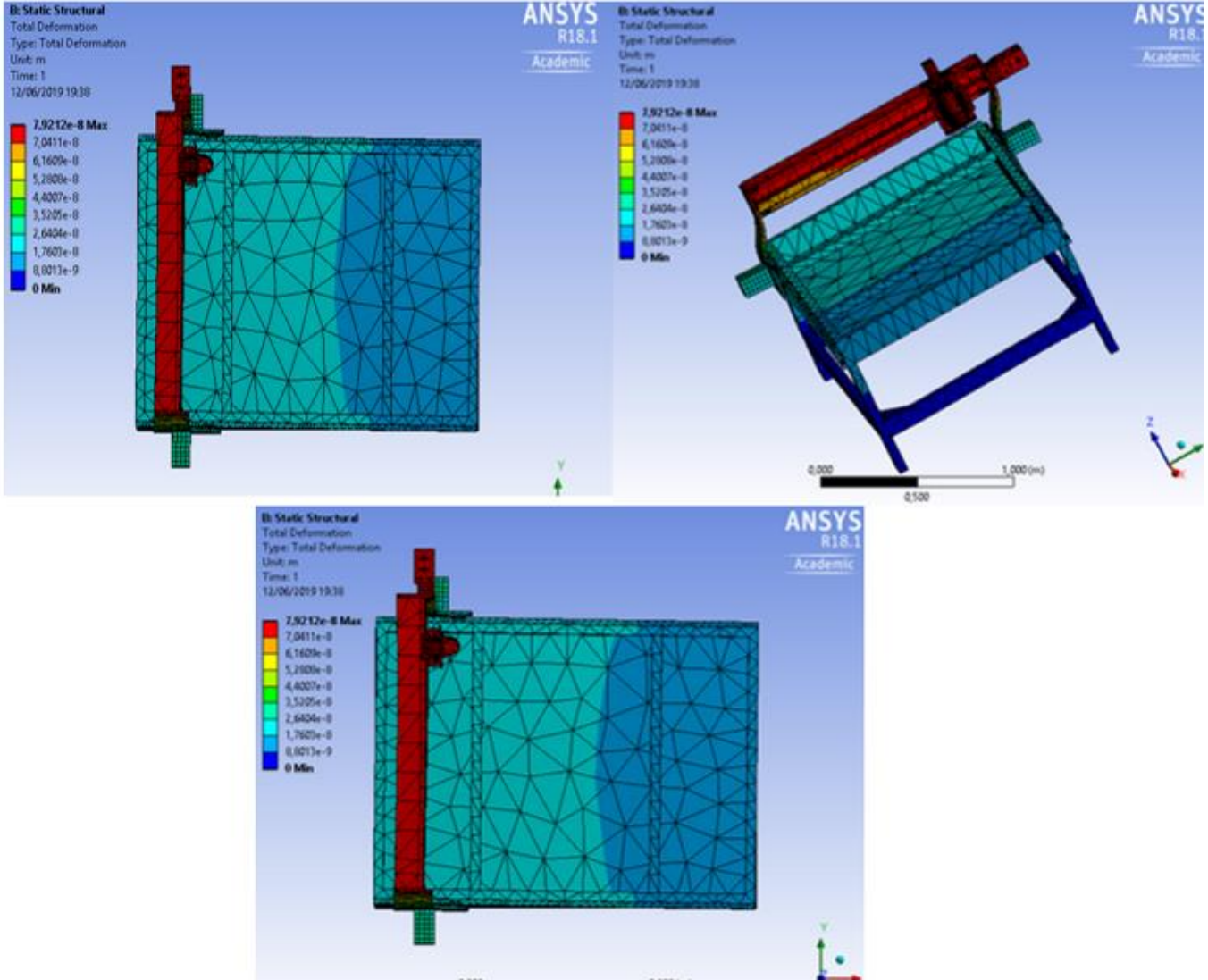


V.9 Bederatzigarren Posizioa

V.9.1 X norabidean 1N-eko karga



V.9.2 Y norabidean 1N-eko karga



V.9.3 Z norabidean 1N-eko karga

