

INDUSTRIA TEKNOLOGIAREN INGENIERITZAKO GRADUA

## GRADU AMAIERAKO LANA

### ***AUTOMOZIO SEKTORERAKO TXAPAZKO OSAGAIEN SIMULAZIO NUMERIKOA***

**Ikaslea:** Batiz, Gangoiti, Iraitz (NAN: 78945469-Q)

**Zuzendaria:** Ortega Rodriguez, Naiara (NAN: 30640116-E)

**Kurtsoa:** 2017-2018

**Data:** 2018/ 06/ 15

## LABURPENA / RESUMEN / ABSTRACT

---

Gradu amaierako lan hau Industria Teknologiako Ingeniaritzako Graduatu titulua eskuratu ahal izateko garatzen da. Hemen, automobil baten xaflazko pieza baten fabrikazio prozesuaren simulazio numerikoa azalduko da. Bertan, ingeniariak sailean landutako zereginak zehaztuko dira. Honen helburu nagusia, trokelgintza eta simulazio softwarearen ezaguera ona izatea izango da. Helburu honen bitartez, lehen eskutik automozio sektorearen ingeniari baten funtsezko lana ezagutu daiteke.

Hasteko, fabrikatu beharreko pieza aztertzen da eta hau fabrikatzeko prozesua aurkezten da: enbutizioa. Ondoren, hau egiteko dauden aukerak aztertzen dira, prozesua ekonomia ikuspuntutik bideragarria izan dadin.

Diseinua aurrera eramateko Pam-Stamp programa informatikoarekin egin da eta prentsa mota ezberdinak eta haien ezaugarriak ikertu dira prozesu honetarako proposena aurkituz.

Este trabajo final se desarrolla para obtener el Grado en Ingeniería de Tecnología Industrial. Aquí, aparecerá la simulación numérica del proceso de fabricación de una parte de un automóvil. En él, se determinarán las tareas llevadas a cabo en el departamento de ingeniería. El objetivo principal de esto es tener un buen conocimiento del software de troquelado y simulación. Con este objetivo, uno puede conocer en primer lugar el papel clave de un ingeniero del sector automotriz.

Para comenzar, se analiza la pieza a fabricar y se presenta el proceso de fabricación: estampado. A continuación, se analizan las opciones para hacer esto para que el proceso sea viable desde el punto de vista económico.

El programa de computadora Pam-Stamp fue diseñado para llevar a cabo el diseño, descubriendo los diferentes tipos de prensa y sus características que se adaptan mejor a este proceso.

This final project is developed to obtain the Degree in Industrial Technology Engineering. Here, the numerical simulation of the manufacturing process of a part of an automobile sheet will appear. In it, the tasks carried out in the engineering department will be determined. The main objective of this is to have a good knowledge of the die-cutting

and simulation software. With this goal, one can firstly know the key role of an automotive sector engineer.

To begin, the piece to be manufactured is analysed and the process of manufacturing is presented: stamping. Next, the options for doing this are analysed to make the process viable from the economic point of view.

The Pam-Stamp computer program was designed to carry out the design, finding out about the different types of press and their features that are best suited to this process.

## INDIZEA

---

Irudi, taula eta akronimoen zerrenda aurkezten da lehendabizi. Jarraian hiztegi tekniko bat gehitu da ingelesezko terminoekin zalantzarik izatekotan hau kontsulta modura izateko asmoz.

### IRUDIAK:

- 1. irudia:** Espainiako PSA-ren hiru produkzio zentro nagusiak
- 2. irudia:** 2017 urtean matrikulatu diren kotxe kopurua PSA-ren produkzio zentro nagusietan.
- 3. irudia:** Irizar taldeko merkatuko azken modelo
- 4. irudia:** Nafarroan, Mercedes Benz enpresan egiten ari den automobila
- 5. irudia:** Gestamp enpresaren logoa
- 6. irudia:** Matrici enpresaren logoa
- 7. irudia:** Matrici enpresaren bezeroetako batzuk
- 8. irudia:** Maier enpresaren logoa
- 9. irudia:** Maier enpresaren bezeroak
- 10. irudia:** Batz enpresaren logoa
- 11. irudia:** Batz enpresan montatu den trokela
- 12. irudia:** Batz enpresaren bezeroak
- 13. irudia:** Trokelgintza etapa ezberdinak
- 14. irudia:** Erresistentzia altuko eta oso altuko altzairuak egindako automobila
- 15. irudia:** Kotxe baten motorea
- 16. irudia:** Konpositea automobilaren karrozeria
- 17. irudia:** Ls-Dyna programarekin egindako simulazioaren adibide bat
- 18. irudia:** Pam-Stamp programaren simulazio leihoa
- 19. irudia:** Autoform programan landutako adibidea
- 20. irudia:** Autoform programan landutako beste adibide bat
- 21. irudia:** Dynaform programaren bidez kotxe baten simulazioa
- 22. irudia:** Deform 3D programaren simulazio leihoaren adibide bat
- 23. irudia:** Eskuzko prentsa mekanikoa
- 24. irudia:** Prentsa mekanikoa
- 25. irudia:** Prentsa hidraulikoa
- 26. irudia:** Zerbitzatutako prentsa
- 27. irudia:** Enbutizio prozesua

28. **irudia:** Laminazio konformazio prozesua
29. **irudia:** Berotako estanpazio adibidea (Gestamp)
30. **irudia:** Hotzetako estanpazio adibidea (Gestamp)
31. **irudia:** Enbutizio eta ebaketa trokelak
32. **irudia:** Ebaketa eta toleste trokelak
33. **irudia:** PAM-STAMP programaren hasierako leihoa
34. **irudia:** Proiektu baten irekitze prozesua
35. **irudia:** Proiektu berri baten irekitze prozesua
36. **irudia:** Proiektu berriaren prozesaketa eta arazo konpontzaile mota
37. **irudia:** Geometria inportatzeko esteka
38. **irudia:** Inportatzen den geometriaren aukeraketa *Import eta Transfer* egin aurretiko leihoa
39. **irudia:** Pieza *Diemaker* atalean lan egiteko prest dagoeneko leihoa
40. **irudia:** Sistema koordenatuaren orientazio aldaketa
41. **irudia:** Sistema globaletik koordenatu sistemara aldaketa
42. **irudia:** Estanpazioa z ardatz positiboan
43. **irudia:** Prozesua burutzeko azken pausua
44. **irudia:** Piezaren beste perspektiba batetatik ( z + )
45. **irudia:** Zuloak ixteko jarraitu behar den prozedura
46. **irudia:** Pieza bera zuloak itxi aurretik
47. **irudia:** Zuloak ixtean ikusten den leihoa
48. **irudia:** Itxi gabeko zuloa
49. **irudia:** Zilindroa eratzeko leihoa
50. **irudia:** Zulo guztiak ixtean dugun leihoa
51. **irudia:** *Holes close* eginda dugun leihoa
52. **irudia:** Ertz biribiltzeak lortzeko *U end* leihoa
53. **irudia:** *Blankholder* aukeraketa
54. **irudia:** Txaparen itxura eta distantziaren aldaketa egitea baimenduta dago
55. **irudia:** *Addendum* motaren aukeraketa
56. **irudia:** *Addendum* gainazalaren eraketa
57. **irudia:** *Trim blankholder* aukeraketa
58. **irudia:** *Simulation model* aukeraketa
59. **irudia:** *Set up* eginda piezaren itxura
60. **irudia:** Erraminten transferentzia
61. **irudia:** Txaparen sortzea
62. **irudia:** Biribiltze erradio eta lodiera zehaztapena
63. **irudia:** Materialen aukeraketa datu basetik

64. **irudia:** Parametroen definitzea; biribiltze erradioa eta estanpazio ardatza zehaztuz
65. **irudia:** Zinematikaren eta lodieraren zehaztapena
66. **irudia:** *Advanced* parametroak
67. **irudia:** Simulazioaren FLD diagrama
68. **irudia:** *Advanced* parametroen aldagaien aldaketa
69. **irudia:** Simulazio emaitzak eta FLD diagrama aldagaien aldaketa
70. **irudia:** Matrizearen metodoaren zehaztapena
71. **irudia:** Puntzoiaren metodoaren zehaztapena
72. **irudia:** Txaparen metodoaren zehaztapena
73. **irudia:** Lehen atal biak bukatzean programaren ezker partean ikusten dena
74. **irudia:** Enbutizio prozedura
75. **irudia:** Frenoen eratzea
76. **irudia:** Matrize eta zapaltzailearen definizioa
77. **irudia:** Balztaren indarraren definizioa
78. **irudia:** Kalkulagailuaren aukeratzea
79. **irudia:** R1 aldagaiaren grafika
80. **irudia:** R2 aldagaiaren grafika
81. **irudia:** *Alpha* aldagaiaren grafika
82. **irudia:** D aldagaiaren grafika
83. **irudia:** Frikzio aldagaiaren grafika
84. **irudia:** Makro editorearen zehaztapena
85. **irudia:** *Host* izena ematea
86. **irudia:** Arazo konpontzailearen definizioa
87. **irudia:** *Solver*-aren *Launch* atalaren 1 etapa
88. **irudia:** *Solver*-aren *Launch* atalaren 2 etapa
89. **irudia:** *Solver*-aren *Launch* atalaren 3 etapa
90. **irudia:** *Solver*-aren *Launch* atalaren irudia
91. **irudia:** Kalkuluen hasiera
92. **irudia:** Arazorik ez denaren ziurtapena
93. **irudia:** Simulazio hasi denaren baieztapena
94. **irudia:** Simulazioaren FLD diagrama
95. **irudia:** Deformagarritasun grafika zonalde ezberdinetan banatuta
96. **irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Smoothed* komanduan klikatuz
97. **irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Banded* komanduan klikatuz
98. **irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Isolines* komanduan klikatuz
99. **irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Normal* komanduan klikatuz

100. **irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Ingenieritza balioa*
101. **irudia:** Piezaren argaltze diagrama *balio erreala*
102. **irudia:** Deformazio nagusien diagrama zonalde ezberdinetan banatuta
103. **irudia:** Kolore bakoitzari esleitzen zaion arriskua edo gune segurua
104. **irudia:** Piezaren FLD diagrama
105. **irudia:** Piezaren simulazioaz bat agertzen den diagrama
106. **irudia:** Tentsio-indar diagrama
107. **irudia:** Berreskurapen elastikoa eta tentsio-indar diagrama formakuntza prozesuan
108. **irudia:** Txaparen aukeraketa
109. **irudia:** Process ataleko azken leihoa
110. **irudia:** Process atala burututa dagoeneko leihoa
111. **irudia:** Springback-aren soluzioak
112. **irudia:** Soluzioaren lehen etapa
113. **irudia:** Soluzioaren azken etapa
114. **irudia:** Sekzioa burutzeko prozedura
115. **irudia:** Piezaren sekzioa
116. **irudia:** Solver-aren etapa bien irudia
117. **irudia:** Bi puntuen arteko distantzia
118. **irudia:** Bete diren simulazio etapak
119. **irudia:** Balazta gabeko 50 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama
120. **irudia:** Balazta gabeko 100 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama
121. **irudia:** Balazta gabeko 200 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama
122. **irudia:** Balazta gabeko 300 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama
123. **irudia:** Balazta gabeko biribiltze erradioa 6 mm deneko FLD diagrama
124. **irudia:** Balazta gabeko biribiltze erradioa 7 mm deneko FLD diagrama
125. **irudia:** Balazta gabeko biribiltze erradioa 9 mm deneko FLD diagrama
126. **irudia:** Balazta gabeko kasua lodiera 0,7 mm denean FLD diagrama
127. **irudia:** Balazta gabeko kasua lodiera 0,88mm denean FLD diagrama
128. **irudia:** Balazta gabeko kasua lodiera 1 mm denean FLD diagrama
129. **irudia:** Balaztaren kokapena
130. **irudia:** Balazta duen lehen kasuaren geometriaren definizioa
131. **irudia:** Lehen aukeraren FLD diagrama
132. **irudia:** Balazta duen bigarren kasuaren geometriaren definizioa
133. **irudia:** Bigarren aukeraren FLD diagrama
134. **irudia:** Balazta duen hirugarren kasuaren geometriaren definizioa
135. **irudia:** Hirugarren aukeraren FLD diagrama

- 136. **irudia:** Balazta duen laugarren kasuaren geometriaren definizioa
- 137. **irudia:** Laugarren kasuaren FLD diagrama
- 138. **irudia:** Balazta duen bosgarren kasuaren geometriaren definizioa
- 139. **irudia:** Bosgarren kasuaren FLD diagrama
- 140. **irudia:** Balazta editorea, frenoak definizioa
- 141. **irudia:** Frenoak2 goi balaztaren kokapena
- 142. **irudia:** Frenoak2 behe balaztaren kokapena
- 143. **irudia:** Frenoak balaztaren geometriaren definizioa
- 144. **irudia:** Frenoak2 balaztaren geometriaren definizioa
- 145. **irudia:** Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama
- 146. **irudia:** Frenoak balaztaren geometriaren definizioa
- 147. **irudia:** Frenoak3 balaztaren geometriaren definizioa
- 148. **irudia:** Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama
- 149. **irudia:** Frenoak balaztaren geometriaren definizioa
- 150. **irudia:** Frenoak3 balaztaren geometriaren definizioa
- 151. **irudia:** Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama
- 152. **irudia:** Frenoak balaztaren geometriaren definizioa
- 153. **irudia:** Frenoak3 balaztaren geometriaren definizioa
- 154. **irudia:** Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama
- 155. **irudia:** Pieza optimoaren argaltze diagrama
- 156. **irudia:** Emaidza optimoko FLD diagrama eta puntzoitik matrizerara dagoen distantzia
- 157. **irudia:** Piezaren sprinback-a
- 158. **irudia:** Muga bien irudia
- 159. **irudia:** Bi puntuen arteko distantzia
- 160. **irudia:** Gantt diagrama



## TAULAK:

- 1. taula:** Materialen ezaugarrien ponderazio taula
- 2. taula:** Software programen ponderazio taula
- 3. taula:** Prentsa mota ezberdinen ponderazio taula
- 4. taula:** Hotzeko eta beroko estanpazioaren abantailak
- 5. taula:** Konformazio mota bien ponderazio taula
- 6. taula:** Kostu analisien barne-orduak
- 7. taula:** Kostu analisien amortizazioak
- 8. taula:** Kostu analisien gastuak
- 9. taula:** Kostu analisien kostu ez- zuzenak
- 10. taula:** Kostu analisien laburpena
- 11. taula:** Zereginen taula
- 12. taula:** Metodoen konparazio taula

## SIGLAK :

**BPG:** Barne Produktu Gordina

**EAE:** Euskal Autonomi Erkidegoa

**OEM:** Jatorrizko ekipamenduen fabrikatzailea

**IGB:** Ikerkuntza Garapena eta Berrikuntza

**HSS:** Indar Handiko Altzairuak

**MMC:** Metalezko Matrize Konpositeak

**PVC:** Polibinil kloruroa

**PUZ:** Prozesatzeko Unitate Zentrala

**FLD:** Konformazio prozesuaren Muga Limitearen Diagrama

**CFD:** Kontrol Fluxuen Diagrama

**EFM:** Elementu Finituen Metodoa

## HITZ TEKNIKOAK:

**Push to pass:** Sakatu pasatzeko

**Free 2 Move Lease:** Doako alokairuaren mugimendua

**Retail:** Muxarrakina

**Financial Services:** Finantza zerbitzuak

**Renting:** Alokairua

**Car sharing:** Auto partekatzea

**Know how:** Jakintza

**MB tooling:** MB tresneria

**Trimming:** Mozketa

**Flanging:** Hegalak

**Plunger:** Pistoi edo zapaltzailea

**Springback:** Berreskurapen elastikoa

**Try out:** Saiakera

**Mild Steel:** Altzairu arina

**Tailored Blanks:** Egokitutako txapa

**High Strength:** Erresistentzia handia

**Steel:** Altzairu

**Ultra High Strength Steel:** Erresistentzia altuko altzairua

**Aluminum:** Aluminioa

**Diemaker:** Hiltzailea

**Quickstamp:** Konformazio arina

**Autostamp:** Auto konformazioa

**Solver:** Arazo konpontzailea

**Project:** Proiektua

**Open/Close:** Ireki/ itxi

**New:** Berria

**Import part cad:** Cad partearen inportazioa

**Import eta transfer:** Inportatu eta transferitu

**Tipping:** Punta

**Part preparation:** Partearren prestakuntza

**Holes:** Zuloak

**Rolling Cylinder:** Zilindro biraka ibiltzea

**U end:** U itxurako amaiera

**Trim blankholder:** Zapaltzaile moztea

**Simulation model:** Simulazio modeloa

**Set up:** Prestatzea

**Minimal sliding radius:** Biribiltze erradio minimoa

**Minimal blank thickness:** Txaparen lodiera minimoa

**Parameters:** Parametroak

**Tools set:** Erraminta multzoa

**Punch to die:** Matrize aurka eraman (norabideari dagokio)

**Build from definition:** Definizioz sortu

**Tools:** Erramintak

**Drawbeads:** Balaztak

**Process:** Prozesua

**Set values:** Balio multzoa

**Stamp:** Konformazioa

**Feasibility:** Bideragarritasuna

**Host:** Antolatzea

**Check:** Konprobatzea

**Thinning:** Argaltzea

**What if:** Baldin eta

**Insufficient stretching:** Ez da nahiko luzatzen

**Strong wrinkling trend:** Zimurdura indartsuko joera

**Wrinkling trend:** Zimurdurarako tendentzia

**Safe:** Segurua

**Advanced:** Aurreratua

**Orient mesh:** Sare orientazioa

**Binder wall height:** Eranskari horma altuera

**Trigger angle:** Jaurtiketa angelua

**Transfer level:** Transferentzia maila

**Accurate:** Zehatz edo doi

**Membrane fiber:** Mintz zuntza

**Import:** Inportatu

**Export:** Esportatu

**Mesh:** Sarea

**Boundary type:** Muga mota

**Automatic rigid body removal:** Gorputz zurrunaren erretiratze automatikoa

**Trimming springback:** Berreskurapen elastikoaren mozketak

**High quality:** Kalitate altua

**Stamp:** Enbutizioa

**Picking of computed model:** Modelatu den gorputzaren aukeraketa

**Splits:** Banaketa

**Risk of splits:** Banatze arriskua

**Compressing:** Harrapatzea

**Thicking:** Trinkotzea

**Isolines:** Isolerroak

**Smoothed:** Bigungarri

**Normal:** Arrunta

## AURKIBIDEA

LABURPENA / RESUMEN / ABSTRACT .....	2
INDIZEA .....	4
IRUDIAK: .....	4
TAULAK: .....	9
SIGLAK : .....	10
HITZ TEKNIKOAK: .....	11
<b>1. DOKUMENTUA: MEMORIA</b>	
1.1. SARRERA .....	18
1.2. TESTUINGURUA .....	19
1.2.1. AUTOMOZIO SEKTOREA .....	19
1.2.1.1. ESPAINIAN AUTOMOZIO SEKTOREAREN EGOERA .....	20
1.2.1.2. EUSKADIN AUTOMOZIO SEKTOREAREN EGOERA .....	22
1.2.2. TROKELGINTZA SEKTOREA .....	25
1.2.2.1. TROKELGINTZA ENPRESAK.....	25
1.2.2.1.1. GESTAMP .....	25
1.2.2.1.2. MATRICI.....	26
1.2.2.1.3. MAIER.....	28
1.2.2.1.4. BATZ .....	29
1.3. HELBURUAK .....	32
1.3.1. HELBURU PARTZIALAK:.....	33
1.3.1.1. KONFORMATZEKO ETAPEN MURRIZKETA.....	33
1.3.1.2. TROKELEN DISEINUAREN OPTIMIZAZIOA.....	34
1.3.1.3. PIEZAREN SIMULAZIOA.....	35
1.4. ONURAK.....	36
1.4.1. ONURA TEKNIKOAK .....	36
1.4.2. ONURA EKONOMIKOAK .....	36
1.4.3. ONURA SOZIALAK .....	37
1.5. ALTERNATIBAK.....	38
1.5.1. MATERIAL AUKERAKETA:.....	38
Iraitz Batiz Gangoiti .....	14

1.5.1.1. FABRIKAZIOKO MATERIALEN BILAKAERA:.....	38
1.5.1.1.1.ERRESISTENTZIA ALTUKO ETA OSO ERRESISTENTZIA ALTUKO ALTZAIRUAK .....	39
1.5.1.1.2. ALEAZIO ARINAK .....	40
1.5.1.1.3. KONPOSITEAK.....	42
1.5.1.1.4. PLASTIKOAK .....	43
1.5.2. SOFTWARE AUKERA: .....	45
1.5.2.1. ANSYS LS-DYNA.....	45
1.5.2.2. PAM-STAMP: .....	48
1.5.2.3. AUTOFORM: .....	52
1.5.2.4. DYNAFORM:.....	54
1.5.2.5. DEFORM 3D: .....	55
1.5.3. PRENTSA MOTAK:.....	57
1.5.3.1. PRENTSA MEKANIKOA.....	57
1.5.3.2. PRENTSA HIDRAULIKOA:.....	59
1.5.3.3. ZERBITZATUTAKO PRENTSAK: .....	59
1.5.4. KONFORMAZIO MOTAK .....	61
1.5.4.1. ESTANPAZIOA BEROAN .....	63
1.5.4.2. ESTANPAZIOA HOTZEAN.....	66
1.6.ARRISKUEN ANALISIA .....	69

## 2. DOKUMENTUA: LANAREN GARAPENEAN JARRAITUTAKO METODOLOGIA

2.1.FUNTZIOEN DESKRIBAPENA .....	74
2.1.1.PROGRAMAREN DESKRIBAPENA ETA ERABILTZEA.....	74
2.1.1.1. DIEMAKER.....	77
2.1.1.2. BLANKHOLDER.....	84
2.1.1.3. ADDENDUM.....	85
2.1.1.4. SIMULATION MODEL .....	86
2.1.1.5. ERRAMINTEN TRANSFERENTZIA (update setup):.....	87
2.1.1.5.1. XAFLAREN EZAUGARRIEN EDITOREA.....	88
2.1.1.5.2. ERREMINTA ETA OSAGARRIEN EDITOREA.....	90
2.1.1.5.3. FRENOEN EDITOREA .....	96
2.1.1.5.4. EBAZPEN MATEMATIKOKO MAKRO-EN EDITOREA.....	102
2.1.1.5.5. SOLVER.....	103

▪ Argaltzea .....	107
▪ FLD.....	112
▪ Springback.....	116
<b>2.2. EMAITZEN DESKRIBAPENA .....</b>	<b>123</b>
2.2.1. SARRERA. AUTOMOZIOA GAUR EGUN .....	123
2.2.2. DISEINU ETA FABRIKAZIO PROZESUEN BILAKAERA .....	124
2.2.3. SIMULAZIO EMAITZAK – EMAITZA OPTIMORAKO BIDEA .....	124
<b>2.3. PROIEKTU PLANA ETA PLANGINTZA .....</b>	<b>151</b>
2.3.1. PLANGINTZA BATEN HELBURUAK ETA ABANTAILAK : .....	151
2.3.1.1. HELBURUAK: .....	151
2.3.1.2. ABANTAILAK: .....	151
2.3.2. PLANIFIKAZIOA: .....	152
<b>2.4. GANTT DIAGRAMA .....</b>	<b>154</b>
<b>3. DOKUMENTUA: KOSTUEN ANALISIA</b>	
3.1. GASTUEN ANALISIA .....	156
▪ BARNE-ORDUAK.....	156
▪ AMORTIZAZIOAK/INBERTSIOAK.....	157
▪ GASTUAK.....	157
▪ AZPI KONTRATAZIOAK.....	158
▪ KOSTU EZ ZUZENAK.....	158
▪ EZUSTEAK.....	158
3.2. ERRENTAGARRITASUN ANALISIA.....	160
<b>4. DOKUMENTUA: ONDORIOAK</b>	
4.1. ONDORIO OROKORRAK: .....	163
<b>5. DOKUMENTUA: BIBLIOGRAFIA</b>	
BIBLIOGRAFIA: .....	166



INDUSTRIA TEKNOLOGIAREN INGENIERITZAKO GRADUA

# GRADU AMAIERAKO LANA

## ***AUTOMOZIO SEKTORERAKO TXAPAZKO OSAGAIAREN SIMULAZIO NUMERIKOA***

### ***1.DOKUMENTUA - MEMORIA***

**Ikaslea:** Batiz, Gangoiti, Iraitz

**Zuzendaria:** Ortega Rodriguez, Naiara

**Kurtsoa:** 2017-2018

**Data:** 2018/ 06/ 15

## 1.1. SARRERA

---

Dokumentu honetan bezeroarentzat eskaintza proposamen bat egingo da bere eskakizunak betez. Hau pieza fabrikatzeko trokelen diseinuaren optimizazioan zentratuko da. Piezaren planoekin trokelak diseinatuko dira pieza eskaria lortzeko. Diseinua egokia den edo ez jakiteko simulazio numerikoa erabiliko dugu eta honek bere abantailak eta zailtasunak izango ditu proiektuaren garapenean zehaztuko direnak. Guzti hau lortzeko etapa ezberdinak izango dira proiektuaren garapenean deskribatuko direnak.

Lehenengo atalean proiektuaren testuingurua azaltzen da, bere aukera eta lortzeko onurak (teknikoak, ekonomikoak, gizarte arlokoak) aurkezten dira. Horretarako alternatiba ezberdinak garatuko dira eta irizpide anitzen arabera ebaluatuko dira.

Hartara enpresaren beharretara gehien hurbiltzen den aukera aukeratuko dugu. Behin aukeratuta, deskribapena egingo da, ekoizpen lerroaren atalak azaltzeko.

Gero, betetzeko lan guztiak planifikatuko dira, atazan arteko harremanak kontutan hartuta. Gantt taula baten laguntzaz, aipatutako eta egiteko aurreikusitako dedikazio denbora azalduko da, proiektuaren amaierako zehaztutako denbora guztian zehar.

Txosten honek aurrekontua ere badu edo hobeto esanda kostuen analisia bulego teknikoan bukatzen baita gure proiektu hau. Arriskuen analisia ere egingo da, non arrisku nagusiak aipatzen diren eta bai eta hauen ondorioak azaldu eta ekiditeko edota hauen kalteak gutxitzeko ekintzak zehazten diren.

Amaitzeko, egindako kalkuluak deskribatuko dira eta emaitza partzialak, emaitzen laburpena eta lanaren ondorio garrantzitsuenak utziz gerorako. Etorkizuneko lerroak ere barnean hartuko dira.

## 1.2. TESTUINGURUA

---

Makina erraminta sektorea azken urteotan euskal industrian gako bihurtu da Euskadiko garapenean. Bere garapenak sektoreko liderren artean agertzea baimendu dio. Hau enpresek egindako ikerketa eta garapenari dagokio, eta ez bakarrik estatu mailan, Europa zein mundu mailan ere.

Hortaz, atal honen garapenean automozio sektorean inguruan arituko gara. Era berean garatuko den pieza fabrikatzeko trokelaren diseinuaren optimizazioan zentratuko garenez atal ezberdinetan zehar trokelgintza sektorearen inguruko informazioa ere emango dugu simulazioaren garrantzia aipatuz.

### 1.2.1. AUTOMOZIO SEKTOREA

Automozio kontzeptua erabiltzen dugu motore baten laguntzaz mugitzen diren makinak adierazteko.

Automobilgintza garraibide ospetsuena eta zabalduena da mundu osoan zehar, bere sorkuntzatik XIX mende amaieratik, Karl Friedrich Benz ingeniari alemaniarrek asmatua. Ibilgailu hau autopropultsaturik dago motore batez eta biratzen du dituen gurpilei esker, bere parterik garrantzitsuenak honakoak izanda: gainegitura, txasisa, markoa (bastidore), pneumatikoak, hagnak (Ilantak), bolantea, motorea, palanka aldatzea, balazta, norabidea eta esekidura. Honenbestez, nafta, diesel eta gasa gaur eguneko ibilgailuek erabiltzen duten erregaiak dira.

Henz sortzailatzat hartzen da baina XX mende hasieran Henry Ford-ek automobilgintza produkzioan ito bat markatu zuen muntaia linean fabrikazioa seriean ezarriz.

Automobilgintza sektoreak diseinu fasetik, garapena, fabrikazioa, salmenta eta mantentze lanak hartzen ditu bere baitan era zuzen edo ez zuzen baten sektore ezberdinetako lantegi eta langileei lana emanez.

2006an egin ziren neurketetan munduan 69 milioi automobil produzitu ziren. Konpainia garrantzitsuenen artean ondokoak nabarmentzen dira: Toyota, General Motors, Volkswagen, Ford, Honda, Nissan, Fiat, Renault, Suzuki, BMW, Mazda, Chrysler eta Volvo.

### 1.2.1.1. ESPAINIAN AUTOMOZIO SEKTOREAREN EGOERA

*Push to pass* plan estrategikoaren arrakasta dela eta PSA automobilgintza fabrikatzaileen erreferentziatzat eta mugikortasun hornitzaile gustukoena bezeroen aldetik, Opel eta Vauxhall-en erosketak talde frantsesa automobilgintza munduan Espainian lidergoa eman dio bai industria gunean bai komertzial gunean. PSA-k Espainian 3 produkzio zentro ditu Vigo, Zaragoza eta Madrilen; hurrengo 1. irudian ikusiko dugun legez; eta 4 marka erabat desberdinduta eta kokatuta: Peugeot, Citroen, Opel eta DS automobilak; mugikortasun zerbitzu barriak: Free2Move Lease eta e-mov; eta entitateak PSA Retail eta PSA Financial Services.



#### 1. irudia: Espainiako PSA-ren hiru produkzio zentro nagusiak

- *Industria lidergoa*

2017an, Vigo, Zaragoza eta Madrileko produkzio zentroetatik 876.672 ibilgailu irten dira, 12 modelo ezberdinak. Zenbaki hauek talde hau lidertzan kokatzen dute Espainia mailan % 31-ko produkzioarekin: Espainian produzitzen diren hiru ibilgailuetatik bat PSA faktoretatik irten dira. Talde frantsesaren % 86,8-ko produkzioa merkatu internazionalari bideratua dago eta automobilgintza sektorea BPG-aren % 10-a da.

Espainiako produkzio lerroan gaur egun 12 modelo ezberdin fabrikatzen dira: Citroen C4 Picasso, Grand C4 Picasso, C4 Cactus, C3 Aircross, Berlingo eta C-Elysee eta C4 Cactus barria 2018ko lehen hiruhilabetean kaleratuko dena; Peugeot Partner eta 301; Opel Corsa, Mokka X eta Crossland X.

Vigo PSA-aren industria lantegian 2017 urtean zehar automobil gehien produzitu den planta da, 434.850, 2016 urtearekiko alderatuz % 2,5 gehiago. Citroen Berlingo, Espainiako merkatuan gehien fabrikatu den modeloa da 131.470 unitateekin, gertutik jarraituz Peugeot Partner 122.340. Modelo bi hauetan 2017-an ekoizpen erregistroa, modelo elektrikoak barne, % 34-ko handipena izan dute aurreko urtearekiko. Hurrengo 2. irudian zentro nagusiez gain matrikulatu diren kotxe kopurua dugu.

Zaragozan 382.425 automobil fabrikatu ziren 2017an, % 6-a handituz bere ekoizpena aurreko urtearekiko modelo barri biren jaulkipenarekin batera. Planta honetan % 89-a exportatzen da eta produzitzen du bolumenik handiena: Opel Corsa 196.424 unitate 2017 urtean, Opel moka 68.172 unitate , Opel Crossland 62.885 unitate, Opel Crossland X 62.885 unitate apiriletik eta Citroen C3 Aircross 37.034 unitate abuztutik. 2017-ko martxoraino Opel Meriva 17.910 modelo ekoitzi ziren baita ere planta honetan.

Azkenik, Madrilek, eksklusiboki ekoizten du Citroen C4 Cactus 59.397 unitateekin. Aurreikusitako salmentei esker baita exportatu diren unitateei esker lan talde barri bat gehitu da planta honetan.



**2. irudia:** 2017 urtean matrikulatu diren kotxe kopurua PSA-ren produkzio zentro nagusietan.

- *Enpresa lidergoa*

Alde komertzialaren barnean, PSA, Espainian komertzializatzen den automozio 4 markak Espainiako merkatuko jabeak dira % 22-ko merkatu kuota izanik eta, hurrengo talde automobilgintza baino 2 puntu gainerik. 311.176 automobil matrikulaturik dagoz eta talde frantsesak % 5,9-ko hazkuntza izan du aurreko urtearekiko. Gainera PSA lidertza izan zuen automobil komertzialetan, merkatuko kuota % 32,9.

Peugeot-ek rankineko bigarren posizioa du era merkatuko % 8,21-a, 117.827 kotxe matrikulatuak aurreko urtearekiko tendentzia gorakorra izanik baita ere. Citroenek laugarren posizioa du merkatuko % 6,66-a hartzen duelarik, % 13 handipena aurreko urtearekiko. Opel-ek urtea bukatu zuen bostgarren posizioan 94.609 automobil matrikulatuekin. DS automobilak aldiz, 2017urtean 30.000 kotxe matrikulatu gainditzen ditu eta marka presatzen ari da merkaturatzeko DS 7 Crossback modeloa, SUV iraultzailea, frantziar luxua, fintasuna eta teknologia barriak sartuz.

- *Mugikortasun zerbitzuen lidergoa*

PSA markaren mugikortasunak, Free2Move Espainian zerbitzu arrakastatsuek eskaintzen ari da bezeroen eskakizunak betez. Free2Move Lease zerbitzua, enpresentzako renting aukera; Free2Move app, Smartphone aplikazioa zeinek erabiltzailearen carsharing bitzta errazten du edo e-mov kapitalean lan egiten duen zerbitzua (Citroen C-Zero % 100 elektriko). 160.000 erabiltzaile baino gehiago ditu eta Europako gorakadarik handiena lortu du lehen urtean, PSA-aren arrakasta konfirmatzen du mugikortasun iraunkorra, konektatua eta partekatua inguruan egindako apustuaz.

### **1.2.1.2. EUSKADIN AUTOMOZIO SEKTOREAREN EGOERA**

Automobilgintzak eta Euskal Herriak bikaintasun binomiala osatu dute urteetan egindako bidetari esker. Bere garapen bikainari esker, hemen aurki dezakegu automobilgintzaren sektoreko enpresaren katalogo zabala (ia hirurehun) estatu osoko osagaietako bat eta bi fabrikatzaile handiak: Mercedes Benz Gasteizen eta Irizar Taldea Ormaiztegin, Gipuzkoa, ikusi ondoko 3. irudia. Euskadin bezalako lurralde txiki batean kontzentrazio hain handia soilik konparagarria da lander alemaniarrekin edo aleman estatu federatuen antzekoa.



### 3. irudia: Irizar taldeko merkatuko azken modeloa

Sektoreak euskal ekonomiaren sektore estrategikoetako bat bihurtu du, energia eta aeronautika arloekin batera. Euskadiko BPG-aren industriaren pisu garrantzitsua mantentzea lagundu du, altzairuarekin batera: % 24-A 2013an (ez dira Gasteizko Mercedeseko datuak kontutan hartzen).

2013-an, Euskal Autonomi Erkidegoan automobilaren segmentuak 13.071 milioi fakturatu zituen, 2012an baino % 5,2 gehiago. 12.400 milioi eurokoak eta krisiaren aurretik baino 2000 gehiago. Euskadiko ekonomiaren motor nagusietako bat bilakatu zen.

Azken urteotako datuek Euskal automozioaren industriaren pisua Euskal Autonomia Erkidegoko BPG-aren % 17-an kokatzen dute, %20 Mercedes Benz Gasteizen datuak gehitzen badira (behean Nafarroan egiten ari den automobil modelo bat ikus dezakegu 4. irudia). Hori dela eta, Euskadiko automobilgintza fakturazioaren % 90a esportatzen da, euskal merkataritza-soberakina laguntzen dionez, erdiak baino gehiago Europan kanpo egiten du eta Bizkaiko, Gipuzkoako eta Arabako lurralde historikoetan lan egiten du ia 35.000 pertsona.



#### 4. irudia: Nafarroan, Mercedes Benz enpresan egiten ari diren automobila

- *Sektorearen gakoak*

Euskal automobilgintzaren sektorearen osasun ona nazioarteko aurreikuspen ekonomikoak hobetzeaz gain, ibilgailuen salmentak hazkundera izan du EAE-n, mundu osoko sektoreak duen martxa ona dela eta. Era berean Europako merkatua berreskuratzea baimendu du.

Kanpo faktoreekin batera, gure osagaiak gehitu behar ditugu, munduko automobilgintzaren sektorearen ezaugarri nagusiak. Eraginkortasun eta efizientzia handiko maila batera, balio kate garrantzitsu bat izatea ere bada: altzairutegiak, makineria, matrizerok, ekipamendu fabrikatzaileak, makina erreminta ekoizleak, ingeniari kontsultak, unibertsitateak, ikerketa zentroak, etab.

Era berean, etxetresna elektrikoen, trenbide motorearen, egiturazko eta gorputzetako elementuen fabrikazioa, kanpoaldea, elektronika eta pneumatikoak. Horrek esan nahi du euskal sektoreak ibilgailuen funtzio guztietan parte hartzen duela, produktuen eskaintza zabala edozein materialetan eta prozesu guztietan.



Horiekin batera, bi fabrikatzaile nagusiak: Mercedes Benz Gasteizen, Daimler alemaniar taldea, boom urteetan 100.000 unitate baino gehiago ditu, 3500 pertsona enplegatzen ditu eta Euskal Herriko esportazio guztien % 7,4-a. Daimler-ek 500 milioi euro inbertitu ditu modelo barrirako eta horietatik ia 200 Gasteizera joango dira, Arabako konpainiak hurrengo hamabost urteetako jarduera bermatzen baitu.

Irizar taldea, goi mailako autobusak eta autobusak fabrikatzen lider mundiala dugu. 125 urteko esperientzia du eta 3500 pertsona baino gehiago ditu bere lantegietan, ekoizpen establezimenduetan Euskal Herrian, Espainian, Mexikon, Brasilen, Marokon, Hegoafrikan eta Indiatik. Irizar taldeko gakoetako bat nazioartekotzea da, fakturazioaren ia erdiak % 48-a, kanpoko plantatik dator.

## 1.2.2. TROKELGINTZA SEKTOREA

Aurreko atalean aipatu bezala automozioak Euskadi mailan garrantzia handia du. Baina hau ez zen honela izango matrizeri enpresa gabe. Mekanika industrialaren beharra duten enpresak dira, esate baterako, zerbitzuen metalezko prozesuetan, prozesu kimikoen eta elikagaien alorrekoak dira, aluminio moldeak behar dituztenak, elementu edo objektuen kantitate handiak fabrikatzeko, hala nola plastikozko koilarak, botila plastikoak, besteak beste fusio puntua baxua dutenak. Euren ezaugarri nagusia elementuak moztu edo transforma dezakete matrize edo trokelen laguntzaz.

Matrizerietan erabiltzen diren makinak arretaz aztertu eta ebaluatu behar dira, elementu kantitate handiak lortzeko, serieak izenez ezagutzen dira. Hori dela eta, prozedura hasi aurretik piezaren tamaina, honen materiala eta aurrekontua hartzen dute kontutan.

### 1.2.2.1. TROKELGINTZA ENPRESAK

Hauek EAE-n zehar kokapen ezberdina dute, gehien bat Bizkaia eta Gipuzkoan. Nola eskatzen den pieza automozio adarrekoa den, gu Bizkaikoetan zentratuko gara batez ere ondokoetan:

#### 1.2.2.1.1. GESTAMP

Gestamp nazioarteko talde bat da automobiletako osagai metalikoen diseinuan, garapenean eta fabrikazioan lan egiten du. Diseinu berritzaileak duten produktuak garatzen ditu, gero eta seguruagoak eta argiagoak diren ibilgailuak lortzeko, energia kontsumoa eta ingurumen inpaktua hobetuz.

Gestamp, ikusi enpresaren logoa 5. irudian, 1997an jaio zen profil teknologiko hornitzaile helburu gisa zuela. Urteak aurrera joan ahala hazten joan zen eta gero eta produktu gehiago eta teknologia berriak gehituz.

Automobilgintzako osagaiak diseinatzen liderra izan da eta mundu osoko fabrikatzaile nagusienetakoa. Hori dela eta, ahalegin guztiak jartzen ari da punta puntako teknologiak ikertzen eta garatzen.



**5. irudia:** Gestamp enpresaren logoa

#### **1.2.2.1.2. MATRICI**

1964an sortu zen enpresa da (Zamudio) eta hasiera hasieratik kooperatiba bat izan da. Europako liderrak dira konponbide global eta pertsonalizatuak ematen automozioko osagaietarako tresnak sortzeko eta eraikitzeko tresnetan. Era berean, larruzko piezen eta egiturazko osagai konplexuetan espezializaturik daude. Enpresaren logoa jarraian ikusiko dugu 6. irudian.



#### 6. irudia: Matrici enpresaren logoa

Enpresa honetako trokelak Europako fabriken % 80-an daude eta Europako OEM-kin kolaboratzen dute. Era berean, *know how* ezagutzan inbertitzen dute bereziki ikerkuntza eta garapenean bezeroen beharrezaneiei epe labur eta kostu ahalik eta laburrenean burutzeko.

Matrici enpresaren bezeroak ondoko 7. irudian ikusiko ditugu.



#### 7. irudia: Matrici enpresaren bezeroetako batzuk

### 1.2.2.1.3. MAIER

1973an sortu zen Gernikan. Europako liderrak dira plastikozko piezen dekorazioan eta automobilgintza sektoreko alde teknikoen fabrikatzaile dira. Kromatuarekin, pintura, laser grabatua eta berotako estanzazioarekin lan egiten dute. Mondragon korporazioaren parte dira, munduko kooperatiba erakunde handienetako bat.

Mundu osoan daude, 11 herrialdeetan, 3200 langile eta 385 milioi €-ko salmentak dutelarik.

Enpresak duen irudia ezaguna guztiontzat hurrengo 8. irudian ikusten dena. Egiten dutenen produktuen artean automobilen kanpoaldean doazen modulu frontalak, atzeko atearen euslekua, etab.; automobilaren barnealdean doazen instrumentuen panelak, ateko panelaren osagaiak etab. Bezalako produktuak ekoizten dituzte beste gauza batzuen artean.



#### 8. irudia: Maier enpresaren logoa

Beraien bezero nagusiak ondoko 9.iruadian ikusiko ditugu:



#### 9. irudia: Maier enpresaren bezeroak

#### 1.2.2.1.4. BATZ

Segurtasuna, ergonomia eta eraginkortasunaren beharrea inguruko mugak ez dituzten munduko mugetan, BATZ-ek beharrezkoak diren azpiegiturak ditu fabrikatzaile guztiei zerbitzu egokia eskaintzeko, behar izanez gero. Enpresa Igorren (Bizkaia) kokatuta dago, urtean 1600 milioiko irabaziak lortzen ditu eta jarraian enpresaren logoa ikusgai dugu 10. irudian.



##### 10. irudia: Batz enpresaren logoa

Automobilgintzako OEM mailako liderra den diseinatzaile eta hornitzaile gisa, BATZ-ek diseinu eta fabrikazio konposatu arinak eta osagai aerodinamikoak fabrikatzen ditu.

1963 urtetik ingeniarietan zuten ezagutza eta ahalmenak integratu eta bezeroekin elkarlan estuan trokelak eta sistemak fabrikatzen hasi ziren, arrakasta bilatuz eta urteetan zehar hazkunde handia lortuz. Jarraian 11. irudia dugu non enpresan bertan diseinatu, konprobatu eta montatu den trokela dugu ikusgai.



### 11. irudia: Batz enpresan montatu den trokela

Batz Mondragoi taldearen partaide da, munduko industria talde kooperatiborik handiena. Munduan zehar estrategikoki kokaturik dago bezeroei ahalik eta azkarren eta eraginkorren erantzuna emateko. Urtean 252 milioi euro fakturazten ditu gutxi gorabehera eta horietatik 168 automozio sektorean.

Eskaintako produktu eta zerbitzuak:

- *Aspektu eskakizunak betetzea:* egunero bezeroak alderdien eskakizun hobekuntzak egiten dituzte, beraz, tresnen ezaugarriak ez dira soilik fidagarritasuna eta zurruntasuna, baizik eta haien osagaiak amaitzeko gaitasuna. Irtenbidea eskaintzea ahalbidetzen die, sektoreko ezagutza eta esperientzia handian oinarrituta.
- *Egiturazko piezen tresnak, materialen hein zabala:* bezeroek etengabeko hobekuntzan dihardute, egituren zurruntasuna areagotzeko, bidaiarien lesioak saihesteko eta ingurumen politikarako bideratuta dagoen masa murrizpenean lan egiten ari dira. Honek diseinuaren ezagutza hobetzen laguntzen digu

belaualdi berriko aleazioetan eta indar handiko altzairu materialetan.

- *Proiektu kudeatzailea:* ingeniari eta langileak oso kualifikatuak eta adituak dira bezeroekin lankidetzan proiektu handiak garatzeko eta konponbide gakoak lortzeko.
- *Merkatu globaleko tresna:* Batz MB Tooling taldearen eta MB Sistemaren akziodun dira. Gaur egungo automobilgintzaren merkatu globalean irtenbide gakoak eskaintzen dituzte.

Batz enpresak automobilgintza sektorean bezero ugari ditu hurrengo 12. irudian ikusgai ditugunak.



## 12. irudia: Batz enpresaren bezeroak

Ikusten ari garen moduan Bizkaian, beste toki askotan bezalaxe, trokelgintzan etengabeko berrikuntza eta ikasketa fasea ematen ari da. Hori dela eta, simulazioaren garrantzia gero eta handiagoa da. Honela trokel kopurua, fabrikazio kostua, fabrikazio denbora, aurrekontua eta bestelako aspektu ugari murriztea lortzen da.

Gure kasuan automozio sektoreko pieza batekin ari gara lanean, automobil baten atearen barnealdeko piezaz hain zuzen. Bezeroak CAD irudia bidali digu eta honekin trokel diseinuaren simulazio numerikoa egitea eskatu digu. Hau nola egin dugun 2. dokumentuan azaldu dugu pausuz pausu eta dagokion irudiak txertatuz.

## 1.3. HELBURUAK

---

Proiektu honen helburua bezeroak helarazten digun pieza fabrikatzeko beharrezkoa den trokelaren diseinuaren optimizazioa da simulazioaren bidez. Horretarako, PAM-STAMP programa erabiliko dugu eta limite onargarri batzuen barnean denean bezeroarekin harremanetan jarriko gara berriro hurrengo fasearekin hasteko asmoz. Simulazio programa honen aukeraketari buruz aurrerago mintzatuko gara.

Alde batetik, etorkizunean aurkeztuko diren aldaketak ezartzea baimenduko digu, parametro ezberdinak moldatuz.

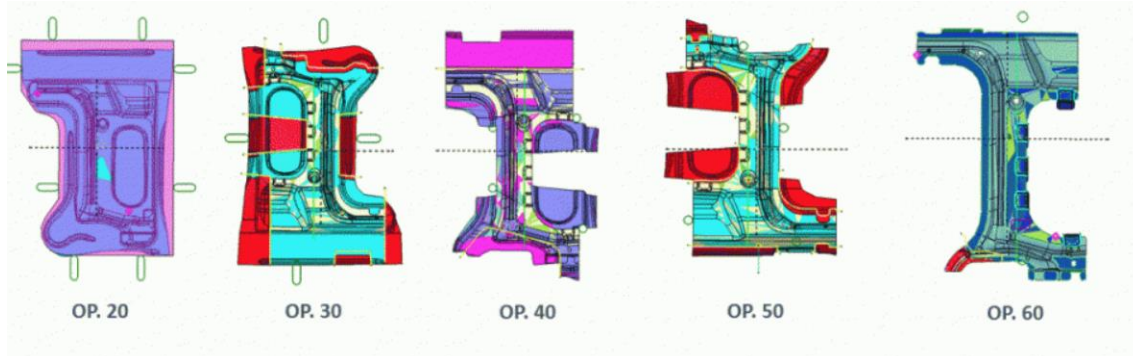
- Txaparen mehetzea ikasi daiteke automobilaren pisua murrizteko eta hartara materiala aurreztuko da.
- Erabilitako materiala ordezkatu daiteke beste jarrera elastiko-mekanikoa duen material batekin.
- Enbutizio abiadura optimizatu daiteke fabrikazio denbora murrizteko.

Bestalde, material honen joera aurreikus daiteke eta hutsegite posibleei erantzuna bilatu.

Etorkizunean trokelen erradio egokiak aukeratzera eramango gaitu, prototipo kopuruak minimizatuz, horien ber erabilpena, materialen alferrikako kontsumoa eta orduak murriztuz ingeniari eta fabrikazio prozesuetan beharrezkoak direnak. Era berean, froga kopurua murrizten saiatuko gara enbutizio abiadura egokia aurkitzeko behar diren probak eginez.

Piezaren lorpen prozesu erreala lau faseetan gertatzen da. Lehenengoan, enbutizioa, simulazioa PAM-STAMP erabiliz simulatuko dugu eta proiektu honen abiapuntua izan da. Lehen etapan piezaren planoekin trokelak diseinatuko ditugu bezeroak nahi duena lortu ahal izateko. Bukatzean enbutizioaren % 80-a lortu dela esan daiteke diseinu aldetik fabrikatu gabe. Honekin bezeroa konbentzitzen saiatuko gara proiektuarekin aurrera jarraitu ahal izateko. Baiezkoa eman ez gero aurrekontuaren % 30-a ordaindu beharko du hurrengo etapekin jarraitu ahal izateko. Hurrengo etapetan, kanpoaldeko zizaila, itxurako tolestea eta puntzonaketa burutuko ziren, baina hauek ez dira proiektu honetan zehar garatuko. Jarraian aipaturiko etapen 13. irudia dugu, non ikusten dugu nola etapa bakoitzari op aurretik jarriko diogun eta gero zenbaki bat esleitu.





**13. irudia:** Trokelgintzaren etapa ezberdinak

### 1.3.1. HELBURU PARTZIALAK:

Proiektu honen helburu nagusiak azpi helburu nagusietan sailka ditzakegu ondoren ikusiko dugun moduan.

#### 1.3.1.1. KONFORMATZEKO ETAPEN MURRIZKETA

Ez da lan erraza nahi den objektua lortzeko beharrezko enbutizio kopurua zehazki zehaztea. Arazo nagusia sortzen da eragiketa bakoitzerako diametroaren eta sakontasunaren arteko erlazio zehatza ezarri behar denean.

Eragiketa kopuruaren zehaztapena, hasierako diskoaren diametroarekin batera, enbutizio prozesuaren arazo garrantzitsuena da aurretik aipatu bezala. Enbutizioa pasada bi edo gehiagotan egiteko beharra zehazten da hasierako diskoaren diametroa eta enbutitu beharreko edukiontziaaren diametroaren arteko erlazioaren ondorioz sortutako tentsio erradial altuari aurre egiteko ezintasuna ematen denean.

Sakontasun handiaz enbutitutako piezak, ezin dira eragiketa bakarrean lortu. Hainbat eragiketa eta matrize ezberdinetan luzatu behar dira, eta, era berean, behin betiko enbutiziora hurbiltzen delarik.

Puntzoiaren diametroa gero eta txikiagoa den heinean diskoaren diametroaz alderatuz, enbutiziorako beharrezko den presioa handiagoa izango da. Presio honek xafla ez duela hautsiko esango dugu baldin eta materialaren erresistentzia limitea gainditzen ez badu.

Ondorioz, etapa kopurua murriztuz gero erabilitako trokel kopurua txikiagoa izango da eta honenbestez aurrekontua nabarmenki txikiagotuko da.

### **1.3.1.2. TROKELEN DISEINUAREN OPTIMIZAZIOA**

Trokelgintza adar mekaniko bat da, erraminten fabrikazio garapena du helburutzat piezen lorpenerako. Matrizea erraminta ez autonomo bat da, xafla ebakitzeko edo osatzeko gai den osagaiak zehaztutako geometrien arabera. Matrizea prentsa batean muntaturik doa eta elementu aktiboak mozketara mugimendu bat egiten du xafla moztu edo desegiteko eta eragiketa horien segida azkeneko pieza emaitza izanik.

Matrize progresibo baten xedea pixkanaka-pixkanaka desitxuratzea dugun materiala pieza lortu arte. Matrize mota honek metalezko osagai txikiak edo ertainak produzitzeko ahalmena du, azkar eta ekonomikoki ebakitzeko eta konformatzeko sekuentzia baten bidez, beraz, piezaren fabrikazioaren matrizearen diseinua justifikatzen da bezeroak eskatzen duen urteko ekoizpen bolumen altua dela eta.

Ondoren matrize progresiboak piezen kalitatea bermatu behar du. Hau da, manufakturak ezarritako tolerantzien barruen dagoela. Bestalde, diseinua sendoa izan behar da, osagaiak indar mekaniko handikoak izango dira eta, ahal den neurrian, galdaketa hornitzaileak hornitutako elementu estandarizatuak erabiliko dira.

Azkenean, matrizea osatzen duten osagai guztien muntaketa eta mantentzea erraza izan behar dira.

Fabrikazio prozesu batean tresneria funtzionamendu optimizatzeko tresna bezala definitzen da, piezak kokatuz eta bermatuz, hainbat eragiketa exekutatu ahal izateko. Tresneria progresiboaren kasuan, prentsan erabiltzeko orduan, etapa edo urrats bakoitzean posizionamendua oso garrantzitsua da, geroago ikusiko dugun bezala.

Tresneria egokia lortzeko, hau da, errendimendu ona, iraupen handia eta kalitate zehatzeko piezak egitea, hainbat faktore kontuan hartu behar dira; Osagaien diseinua, eraikuntza materialak eta tratamendu termikoak, fabrikazioa eta mantentzea.

Osagaiak diseinatzerakoan piezak dimentsionatzea garrantzitsua da, zati batzuek jasan duten higadura eta inpaktu handia dela eta. Gainera, doikuntza eta akabera tolerantziak garrantzitsuak dira, pieza horren azken emaitzan eragingo dutenak.

Materialak, akabera eta tratamendu termikoak kontuan hartu behar dira hasieratik, emaitza onak lortzeko eta batez ere tresnen bizitza erabilgarria luzatzeko. Gainera, beti kontuan izan behar da tresneria egitean elementuen estandarizazioa.

Osagai ezberdinekin hasi aurretik, hobe da alderdi garrantzitsu bat azaltzea, materialak. Trokelaren osagai guztietan gehien erabilitako materiala metal gogorra da. Hau produktu plubimetalurgikoa da, normalean gogortasun ezberdinetako karbono nahasteek osatzen dute, tungsteno karburo, titanio, tantalio eta niobidua erabiltzen dutenak. Baliozko ezaugarriak dituzten beste material batzuk metal sinterizatuak dira, burdin grafito laminarra, zementuzko ebaketak eta nitrurako altzairua.

Ondorioz, trokelaren diseinuaren optimizazioa da bilatzen duguna. Ahalik eta pieza kopuru handiena ekoizteko ahalik eta denbora laburrenean.

### **1.3.1.3. PIEZAREN SIMULAZIOA**

Automoziozko pieza bat emanda trokela diseinatzea izango da gure helburua, bezeroaren eskakizunak bete ahal izateko. Behin espezifikazio guztiak zehazturik ditugun, trokelaren diseinua burutu beharko dugu programa baten bidez. Hortaz, prozesuaren optimizazioa bilatzen dugu.

Pam-Stamp soluzio integral osoa eta eskalagarria da. Honek erraminta diseinu prozesu osoa bere gain hartzen du aurrekontu prozesutik erramintan formaltasunaren baliozkotzeak eman arte, try out-a, iragarpenak eta springback zuzenketak. Automobilgintza eta aeroespazialeko prozesuei zuzendutako irtenbide tresnak eskaintzen ditu, baita inprimatze prozesuak ere.

Honenbestez, simulazioaren bidez estanzazio prozesuaren espezifikazioak betetzen duen piezaren, zimurdura eta arrakala gabe, bideragarritasun analisi egin dezakegu. Eragiketa gehiago ere simula daitezke baina guri enbutizioa baino ez zaigu inporta. Piezaren berreskurapen elastikoa zehaztasunez aurreikusteko aukera ematen dute emaitzen kalitate optimoa ziurtatuz.

## 1.4. ONURAK

---

Aurreko atal batean aipatu bezala enpresek lortutako irabazien parte bat ikerkuntza eta garapenean inbertitzen dute. Honela enpresaren garapena aurrera doa eta gero eta lehiakorragoak egiten dira Enpresa txikiak atzean ez geratzeko laguntza ekonomikoak eskatzen dituzte baina batzuetan posible ez denez, porrotean bukatzen dute eta enpresa handiek xurgatzen dituzte edo zuzenean enpresa ixten da.

Proiektu hau, prozesu jakin batean zentratzen den arren, enbutizioa, eta pieza konkretu batean bertatik lortzen diren ondorioak bai beste prozesu bai beste piezei helarazi daitezke. Honela gauza asko hobetzea lor daitezke kostu txiki batekin antzina proba erroreaz egiten zen bezalaxe.

Laburbilduz, guzti hau hiru ondorio ezberdinetan sailka dezakegu:

### 1.4.1. ONURA TEKNIKOAK

Proiektu hau garatzearekin bat, onura mota ezberdinak ondorioztatzen ditugu beste alor ezberdinetara eraman dezakegu prozesua optimizatzeko asmoz.

Behin pieza simulatuta abantaila ezberdinak nabarmendu ditzakegu:

- Pieza eta tresnen diseinua bizkortzen du eta enbutizio prozesuaren kalitatea hobetzen du.
- Fabrikazio prozesuaren berreskurapen elastikoa nagusitzen du eta tresnen konpentsazio azkar eta zehatza ematen du.
- Material aldaketak onartzen ditu, txaparen lodiera minimo bat betetzen dutenak.
- Prozesu birtualen bidez, simulazioa, arazorik gabeko fabrikazioa bermatzen du.

Honenbestez, *Know-how* garrantzitsu bat suposatzen du beste arlo batzuetara aplikatu daitekeena. Hori dela eta, enpresak duen erraminta tekniko garrantzitsua da.

### 1.4.2. ONURA EKONOMIKOAK

Proiektu honetan, onura ekonomikoak onura teknikoen eskutik datoz. Atal honetan eskematikoki aurkezten ditugu baina aurreragoko dokumentuan, 3. dokumentua hain zuzen, zehatzago aurkeztuko ditugu kostuen analisi bat eta bai errentagarritasun analisi bat eginez.

- Kostuak murrizten ditu, industriako erabiltzaileek ekoiztutako tresnak garatzeko metodoak erabiliz trokel zuzenak helarazteko hasiera hasieratik.

- Prozesuaren produktibitatea hobetzen da, piezako denbora murriztuz, pieza kopuru gehiago lortzen dira denbora berdinean. Pieza kopurua % 20-an handituz.
- Trokelaren bizi erabilgarria berdina izaten jarraitzen du, baina aurrekoa kontutan izanda, pieza kopuru gehiago egin ditzake denbora berdinean. Hau da, baliteke prozesu osoa burutzeko erabili beharreko trokel kopurua murriztea eta hartara proiektuaren kostua murriztea.
- Guzti hau kontutan izanda, hau da, aurreko ondorio biak, lan jardunaldi baten optimizazioa lortzen da % 30 a hobetuz produkzioa.
- Guzti honek merkatuan lehiakorra izatera eramango gaitu espezifikazio guztiak betez gero.

### 1.4.3. ONURA SOZIALAK

Onura hauek begi bistan ez dira hain nabarmenak. Ikasketa guzti hau eginda eta ondorioak proiektu ezberdinetara eramanez baliteke lehiakorrako eta salmenta kopuruak gora egitea enpresa ugarietan. Guzti honek enpresaria aberasteaz gain, enpresa martxan jarraitzea baimentzen du eta aro berriari egokitzea.

Hortaz, lehiakorra izateak langileak onuradun egiteaz gain, gizartea aberatsago egiten du, merkatu handiako batean sartzea baimenduz eta ongizate handiago bat ekarriz gizarte osoari.

## 1.5. ALTERNATIBAK

---

Atal honetan zehar labur deskribatu dira proiektu hau aurrera eramateko dauden alternatiba ezberdinak. Atal osoa garatu eta ondorio bezala gure aukera zein den aipatu beharko dugu eta honen zergatia.

### 1.5.1. MATERIAL AUKERAKETA:

Pieza diseinatzerako orduan zein materialez eginda dagoen garrantzitsua izango da honek ekarriko dituen ondorioekin.

#### 1.5.1.1. FABRIKAZIOKO MATERIALEN BILAKAERA:

Automobilen diseinuan eragina duten aipamenak direla eta IGB-ko ikerketak material berriak lortzera bultzatu du merkatua: propietate mekanikoak (erresistentzia handiagoa) hobetzeko, tenperaturak (motorrak, balazta diskoak) eta arinagoak dira ( autoaren pisua gutxitzea erregaiaren kontsumoa gutxitzen du).

Material berrien erabilera uneko fabrikazio prozesuak egokitzea ez ezik, ezarritako eskakizunak dituzten piezak lortzea ahalbidetzen duten prozesu berriak garatzen ditu, ezagutza eza dela eta. Azken urteotan egiturazko aplikazioetan material konposatuen aplikazioa handitu egin da indarra eta zurruntasun mekanikoa lortzeko, konforta eta segurtasuna murriztu gabe.

Ikertutako material berrien artean honakoak nabarmendu behar ditugu:

- Erresistentzia altuko eta oso erresistentzia altuko altzairuak
- Aleazio arinak: aluminioa, magnesio-titanioa
- Matrize organiko, metaliko edo zeramikoen material konposatuak
- Material plastikoak

Magnesioa, aluminioa eta belaunaldi barriko altzairuak elektrizitatearen osagaien argiztapenaren itxura eta erabileran eragin teknologiko handia ( fabrikazio prozesu berriak garatzea), sektoreko enpresetan, gizarte eta ekonomia arloan.

### **1.5.1.1.1. ERRESISTENTZIA ALTUKO ETA OSO ERRESISTENTZIA ALTUKO ALTZAIRUAK**

Altzairu altuak eta ultra altuak garatu dira, aipatutako arazoei aurre egiteko, eta hori dela eta, altzairuaren industriak beste alternatiba batzuen alde egitea galarazten du, pisu/erresistentzia ratioak hobeak direlako. Jarraian 14. irudia dugu non erresistentzia altuko eta oso altuko altzairuaz egindako autoaren karrozeria dugu.

Gaur egun, indar handiko eta erresistentzia handiko altzairuak gorputz osagaietan erabiltzen dira, batez ere: barrualdeko panelak, kanpoko panelak, karrozeria, sistemako osagaiak, etab.

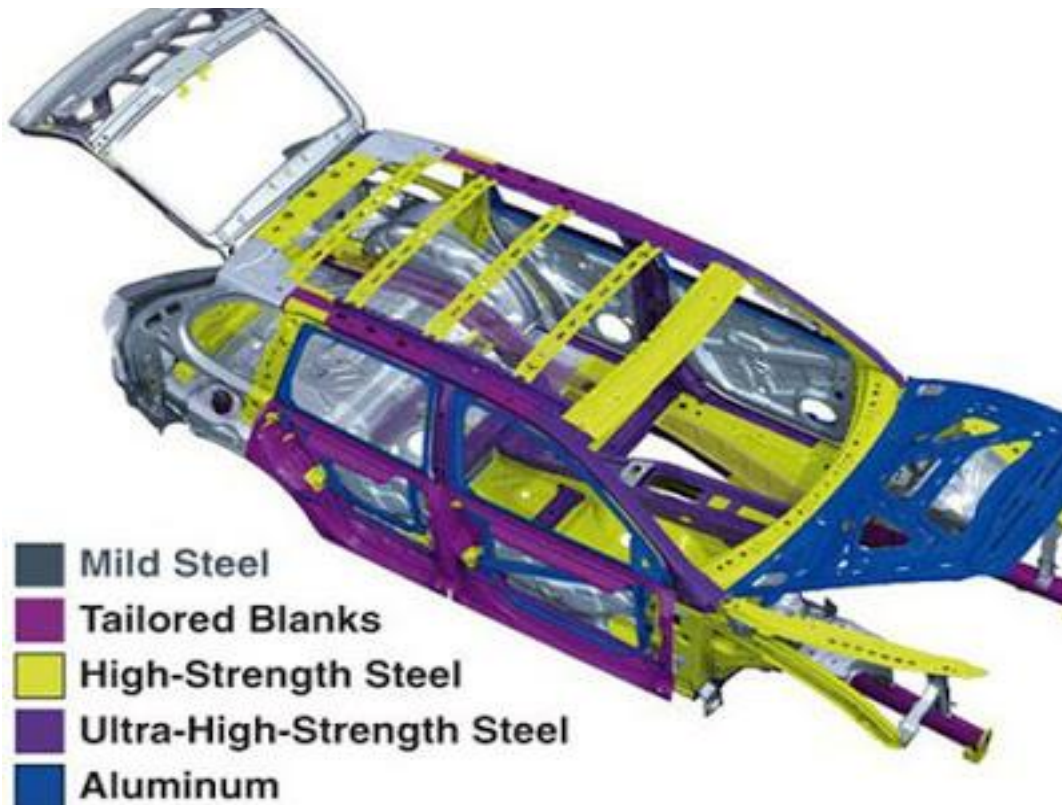
Indar handiko altzairuak (HSS) 200 eta 550 MPa arteko muga elastikoaren balioak dituzte. Altzairu horien gaineratik, ikuspuntu mekanikoen indar mekaniko handiko altzairu aurreratuak ( AHSS altzairuak, altzairu indartsu aurreratua edo indar handiko altzairu altuenak) dira. Bere muga elastikoa 550 MPA baino handiagoa da (gehienez 1200 MPa ingurukoa).

Beraz, indar handiko altzairuak erabiltzeko arrazoi nagusiak honakoak dira:

- Trakzio oso altuko erresistentzia handia, segurtasun eskakizun berarentzako dimentsio txikiago bat ahalbideratzen duelarik.

Dimentsio txikiago hau itzultzen da: diseinatu beharreko osagaiaren pisua murriztea eta erregaiak aurrezteko alde batetik, eta, bestetik, osagaien bateratze handiagoak.

- Erresistentzia bera eskaintzen du, inpaktu energia xurgatzeko gaitasun handia.



#### 14. irudia: Erresistentzia altuko eta oso altuko altzairuaz egindako automobila

Indar handiko altzairuen propietate bikainak kontuan hartuta, berehalako aplikazioak, neurri handi batean, industriaren gaitasuna altzairu horien osagaiak fabrikatzeko eta osatzeko oinarritzen du. Bere erresistentzia mekaniko altuak ahaleginak egiten ditu, erronka teknologiko batzuk planteatzen baititu konbinatzeko beharrezkoak: tenkadura, higadura erresistentzia eta bizi zikloa. Honenbestez, erraminta gogorrek lortu behar ditugu mekanizatzean apurto ez daitezen eta indar handikoak inpaktuak jasotzean ez apurtzeko.

##### 1.5.1.1.2. ALEAZIO ARINAK

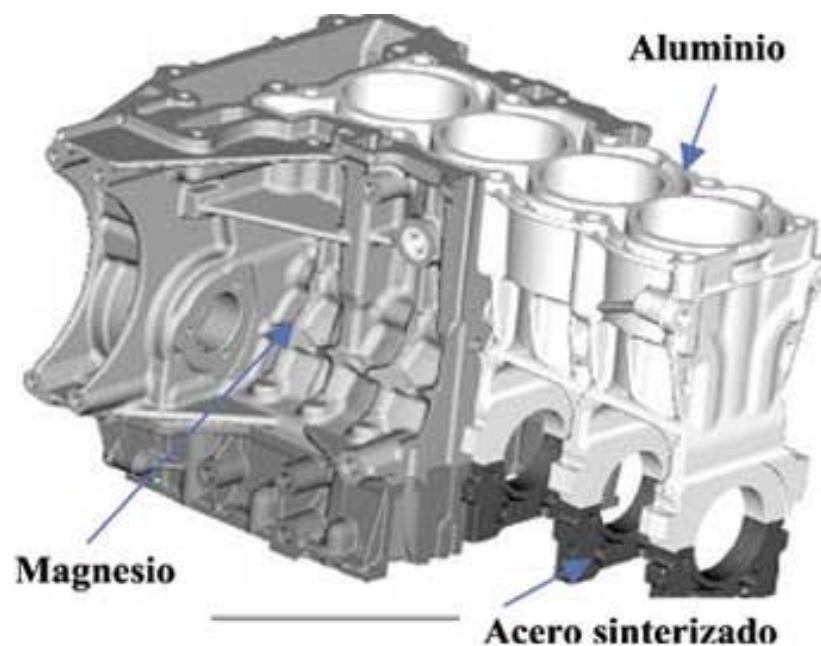
Aluminioa alegia automobilaren kanpoaldean erabilitako aleazio arinen jatorria da, esaterako, euskarriak, pistoiak, gorputza, motoreen blokeoa, etab.



Titanio eta titaniozko aleazioak propietate bikainak dituzte, indar mekaniko, dentsitate txikiko eta korrosioarekiko eta oxidazioarekiko erresistentzia handia dutenak.

Ezaugarri bikainak eta materialen portaera ona izan arren, beren erabilera lehia ibilgailuetara mugatuko da, eskaintza lortzeko eta tratatzeko kostu altua dela eta. Horrenbestez, aleazioen eta prozesuen kostu txikiagoaren garapenean ikertzen da, propietate onak mantentzeko nahian.

Magnesio aleazioak indar/pisu ratio onena duten materialak dira. Honek erakargarri egiten ditu bai garraio sektorean bai sektore aeroespazialean. Hala eta guztiz ere, bere erabilera mugatua izan da korrosioarekiko erresistentzia txikia dela eta. Ondoren ibilgailu baten motorea ageri da, 15. irudia, non, material ezberdinak ageri diren, aurretik azaldu da honen garrantzia.



15. irudia: Kotxe baten motorea

### 1.5.1.1.3. KONPOSITEAK

Material konposatuen barruan garapena bereziki aeroespazial sektorean ikusi da eta automobilgintza sektoreko gehien erabiltzen den matrizearen mota organikoa da, 16. irudia. Dimentsio handiko zehaztasuna aurkezten du bere konformazio prozesu berezien ondorioz.



#### **16. irudia:** Konpositea automobilaren karrozerian

Hala ere, sektore horretan nabarmentzekoak dira metalezko matrize konpositeak (MMC), propietate mekaniko eta pisu baxukoak direnak. Matrizea normalean aluminiozkoa da.

Konposatuek gaur egun fabrikatzaileentzako oso ezaugarri erakargarria dute: soinuaren leuntze gaitasuna. Gaur egun, ezinbestekoa da ingurumen arau zorrotzak direla eta.

Aipatu diren matrizeez gain, garapen berritzaileak molibdeno, kobalto, titanio eta altzairu herdogaitzez osatutako matrize gisa fabrikatu dituzte. Aplikazio ohikoenen artean, kolpe-leungailua, teilatuak, atek, gorputz panelak, txasisak, pneumatikoak, argiak, etab.

#### **1.5.1.1.4. PLASTIKOAK**

Polimeroak, kimikaren ikuspegitik, masa molekular txikiko monomero izaneko oinarrizko ehunka molekulaz osatutako makromolekulak dira. Plastiko guztiak polimeroak dira, baina polimero guztiak ez dira plastikoak.

Plastikoa kimika eta teknologiaren ikuspegitik material organiko polimerikoak dira. Karbono, oxigeno eta hidrogenozko molekula erraldoiez osaturik daude eta pisu molekular altua dute.

Automobilgintzako plastikoen erabilera azken mendean zehar, eta gaur egun garraioan oso erabilia izan zen. Izan ere, historikoki esan genezake plastiko mota ugari daudela mundu osoko garraioetan. Nahiz eta 13 polimero mota ezberdinak aurki ditzakegu auto bakar batean, autoan erabiltzen den plastiko osoaren % 66-a osatzen duten hiru familia daude: polipropilenoa (% 32 ), poliuretanoa ( % 17 ) eta PVC ( % 16 ).

Kostu asko murriztuak ikusi dira plastikoen konformagarritasuna, muntatze erraztasun eta muntaketa lerroetan. Plastikoen pisuaren arintasuna automozioaren sektoreko onura garbia da, ez bakarrik pisu totala jaitsiz, gasolina kontsumoaren jaitsierari lagunduz. Hau baliotan 0.5 litro aurreztuko lirateke 100 km-tan. Honek onura handiagoa dakar emisioetan pentsatzen baldin badugu.

Ondoren, ikertu diren material ezberdinetako ponderazio taula erakusten da. Hala ere, osagai bakoitzerako aukeratutako materialari buruzko erabakiak erabakitzen dituenak, materiala bera ez ezik, produktua lortzeko beharrezkoak diren fabrikazio prozesuak dira. Hori dela eta, diseinu eskakizunak lortzeko aukera ematen dutenen artean, kostuen murrizketa eta kalitate maila eskatzen duen konpromisoa izango da.

Jarraituko den irizpide ponderazio taula egiteko honakoa da:

- 1- Oso Txarra; 2- Txarra; 3- Erdizkakoa; 4- Ona; 5- Oso ona

Eta gero propietate ezberdinen artean bete beharrezkoen artean, hiru bat jarriko diogu material bat aukeratzeko orduan begiratzen diren ezaugarri nagusiak baitira.

Material bakoitzarentzako ezaugarri konkretu bakoitzarentzako erabakitze kriterioen artean garrantzia ezarri da bete behar direnen artean eta bete behar ez direnak. Garrantzitsuenak konformagarritasuna, kostua eta erresistentzia mekanikoa dira zeintzuei hiru balioa jarriko diegu material bat aukeratzeko orduan. Erdiko maila arintasuna ebakitzeko erraztasuna, korrosioarekiko erresistentzia eta isolatzaileak dira. Azkenik, birziklatze ahalmena begiratuko genuke, bat. Honenbestez, guzti honekin ponderazio taula osatuko dugu, ikusi 1. taula jarraian, zeinek zein material aukeratuko dugun esango digu proiektu aurrera eramateko.

Propietateak	Al aleazioak	Ti	AHSS	Material konposatuak	Plastikoak
Erresistentzia mekanikoa (3)	15	12	15	9	6
Arintasuna (2)	8	8	6	10	10
Birziklatzea (1)	5	4	4	2	4
Konformagarritasuna (3)	15	9	12	9	12
Ebakitzeko erraztasuna (2)	8	8	6	8	8
Korrosioarekiko erresistentzia (2)	8	10	8	10	15
Isolatzaile akustikoa (2)	4	2	6	8	6
Isolatzaile termikoa (2)	4	4	4	8	6
Kostua (3)	9	15	12	9	6
<b>Guztira</b>	<b>76</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>73</b>

**1. taula:** Materialen ezaugarrien ponderazio taula

Behin ponderazio taula hau bukatuta esan genezake proiektua aurrera eramateko aukeratu den materiala aluminio aleazioa dela honek baitu puntuazio altuena.

## 1.5.2. SOFTWARE AUKERA:

Piezaren simulazioa egiterako orduan aurki ditzakegun programa ezberdinak deskribatuko ditugu jarraian. Hauek ikasiz eta ebaluatuz gure aukera zein izan den aipatuko dugu eta honen zergatia.

### 1.5.2.1. ANSYS LS-DYNA

Ansys Ls.Dyna-k Ls-Dyna-ren elementu finituen elementu esplizitua konbinatzen du Ansys programaren aurreko eta ondorengo prozesu indartsuarekin. Ls-Dyna-k erabiltzen duen metodo esplizitua erabiliz, epe laburreko arazoak, deformazio dinamikoko handiak dituzten arazo kuasiestatikoak eta ez linealtasun anitzetarako irtenbide arinak lortzen dira.

Printzipioz, Ansys eta Ls-Dyna ez ziren bateratu analisi software berean. Ansys kode implizituarekin elementu finituen azterketa tresna gisa garatu zen. Ingeniaritza munduan ospe handia du eta mota honetako softwarea merkatuan lider izatea eta ingeniaritzako hainbat alorretako software analisien aukera konbinatuak izatea.

Beste alde batetik, Ls-Dyna hasiera baten Dyna3D deitzen zuten, 1976an John O. Hallquist-ek garatutako proiektu militarra bezala, eta hori dela eta, bere garapenaren ondoren, kodea doan banatu zen. Garapena urtez garatu zenean, bere sortzailea konpainia pribatu batetara joan zen eta ( Livermore Software Technology Corporation) banaketa askea bertan behera uzten du gaur eguneko izena hartuz.

Bi programen integrazioak aukera ematen du Ansys-en geometria sortzeko eta ondorengo Ls-Dyna analisi batean erabiltzeko. Halaber, emaitzen transferentzia ahalbideratzen du, bai eta esplizituki zein implizituki soluzioak konbinatuz. Metodo

inplizituarekin kalkulatu den hobespenarekin zerikusia duten elementuak esplorazio esplizituekiko inplikaturako elementu dinamikoak simulatu daitezke. Alderantziko esplizituarekin eta konponbidearen inplizituaren kasuan, arazoak simulatu daitezke, egoera dinamiko baten ondoren egoera ia estatiko gertatzen denean, hala nola, eragina izan ondoren pieza baten berreskurapena. Beste abantaila bat da Ansys-en postprozesadoreak, irtenbideen datuak lortzeko modu sinplea eskaintzen du, bai zenbakiz bai grafikoki. Aurrerago 17. irudian programa honekin egindako simulazio baten adibidea ikus dezakegu.

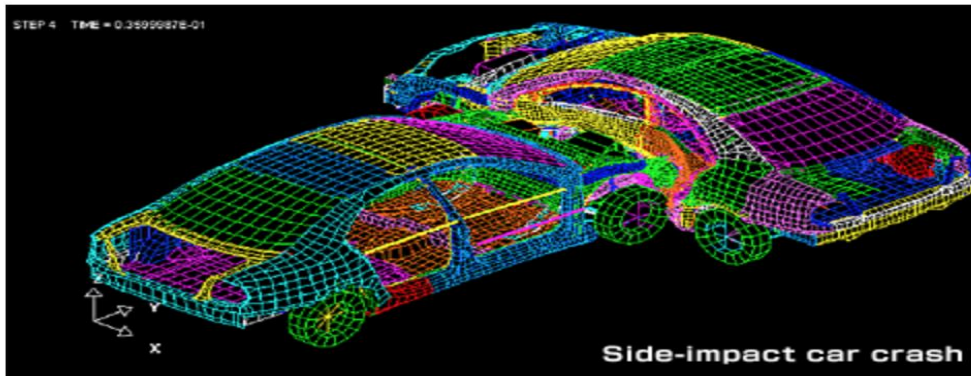
Softwarearen aplikazioak ugari dira, horien artean nabarmentzen dira:

- *Automobilaren segurtasuna eta okupatzaileen segurtasuna:* Ls-Dyna automobilgintzan oso erabilia da ibilgailuen diseinua aztertzeko. Ibilgailuen portaera aurreikustea baimentzen du baita okupatzaileena. Software honek aplikazio hauetarako aplikazio zehatzak ditu: eserlekuak, pretentsionatzaileak, azelerometroak, airbag, eredu hibridoak.
- *Xaflaren konformazio prozesuak:* software honen aplikazio hedatuenetarikoa da. Ls-Dyna-k estresak eta deformazioak aurreikusten ditu eta hutsegitea gertatuko den zehazten du.

Saretze baten definizioa onartzen da azterketa zehar definitzen denean, zehaztasun handiagoz eta aurrezteko denbora kalkulatzeko. Simula daitezkeen prozesuen artean honako hauek daude: estanpazioa, hidroformazioa, forja, enbutizioa, fase desberdinak dituzten prozesuak.

- *Industria aeroespaziala:* Ls-Dyna oso erabilgarria da eremu honetan turbinen alabe kopuruen zehaztasunean (hegazkinen galera gutxitzeko), egiturazko porrota aztertzeko, hegaztien eraginak edota inpaktuak eragindako kalteak aztertzea.

- *Beste aplikazio batzuk:* Ls-Dyna beste azterketa askotan erabiltzen da, esate baterako: jarlekua, beira konformazioa, plastikozko moldaketa eta konformazioa, mekanizazioa, ingeniari-tza sismikoa, kirol ekipamendua, etab.



#### 17. irudia: LS-Dyna programarekin egindako simulazioaren adibide bat

Enbutizio prozesu baten analisiak parte bat esplizitua du eta beste implizitua, garatzen diren lau fase guztietan.

- Esplizitua: puntzoiaren jaitziera, plakaren kontaktua trokelarekin eta txaparen deformazioa.
- Implizitua: xaflaren berreskuratze elastikoaren kalkulua (puntuoia kentzea).

Konformazio simple baten soluzio esplizitu implizitua izatea aukera ona da, LS-Dyna-ren zati dinamikoa erabiltzen baita ebazpenerako. Aldiz, springback-aren kalkulua egiteko ANSYS-en motor implizituak kalkulatzen du eta ez da hain erraza ebaztea.

ANSYS DYNA-ren eskuliburuaren arabera, datu baseak esplizitu eta implizituki aztertu ahal izango dituzu, eta alderantziz. Proposatutako beharreko ebazpen prozedura behar bezala ulertzeko, bi irtenbide mota azaldu behar dira eta ikusi nola erabili daitezkeen.

Metodo honek bere abantaila eta desabantailak ditu zeintzuk jarraian enuntziatuko ditugun.

- *Abantailak:*

- Prozesuaren sinpletasuna: Etapa bakoitzeko bakarrik izango da simulazio datu bat. Inportazio/esportaziorako zehaztutako tentsioak, emaitzak, etab. Akatsak gutxitzen ditu.
- Prozesuaren bistaratze osoa: Puntzoiaren sartze/irtetzea ikus daiteke, baita enbutizioaren progresioa eta berreskuratze elastikoa prozesuak aurrera egin ahala.

- *Desabantailak:*

- Kalkulu denbora handitzea: kalkulu osoa esplizitua izango da eta aurrez aipatutako denbora handitu egingo baita. Azterketa konplexua izan daiteke: elementu mota ezberdinak, materialen ereduak, materialen propietate ezberdinak, tamaina ereduak, etab. Nahitaezkoa da gutxienez eragozpenak minimizatzea, bai prozesuaren ezagutza handia analisi programan.
- Erabilitako baliabideak areagotzea: erabilitako PUZ baliabideak handitu egiten dira, dagoeneko azaldu bezala, LS-Dyna-k denbora tarte txikietan prozesuaren denbora osoa banatzen du, tarte bakoitzerako sistema guztiz konpondu arte. Horrek esan nahi du programa horrek PUZ-aren baliabide guztiak behar dituen iterazio ugari konpontzen dituela.

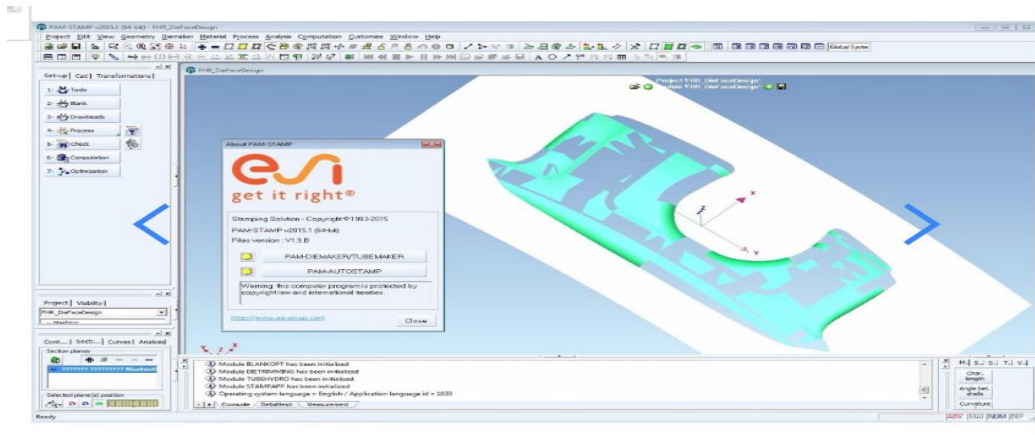
Merkatuan badira beste elementu finituen softwareak, xaflen enbutizio prozesua aztertzeko erabil daitezkeenak. Horietako batzuk konformazio prozesuaren simulazioan, diseinuan eta hobekuntzan oinarritzen dira soilik. Honek abantaila batzuk dakartza, erabilera hori bakarrik izango balitz, baina erabat alferrikakoak dira beste prozesu dinamiko baten analisia burutzen bada.

#### **1.5.2.2. PAM-STAMP:**

Software hau xafla enbutizio prozesu baten diseinu osoa ahalbideratzen duen tresna da. *Pam diemaker*-ek matrizearen geometria eta CAD modeloa moztu behar den tokitik zehaztuko du. *Pam-quickstamp*-ek eta *Pam-autostamp*-ek, prozesua simulatzen dute, baina lehengo kasuan azkarragoa eta zehaztasun gutxiagoz egiten da; hau akatsen bistaratze tresna gisa erabiltzen da.



18. irudia dugu non programaren simulazio leihoa ikusten den.



### 18. irudia: PAM-STAMP programaren simulazio leihoa

Esan bezala piezen fabrikaziorako softwarea da non estapanazioa, trokelaren diseinua eta garapena bilatzen den. Jarraian programaren aspektu nagusiak aipatuko ditugu:

- *Material kostuen estimazioa:*

Automobilien egitura ehunka metalezko zatietatik eginda daude. Produkzio prozesuan, hiru dimentsiotako pieza horiek bi dimentsiotako xafla metalatik mozten dira prentsatu aurretik eta robotak soldatutakoak (spot edo laser) ondoren. Bi dimentsiotako xafla metalikoa da, bobina luzeak, “bobinak” bezala ezagutzen dena, zabalera desberdinak izan ditzakete, material propietate ugari eta aldagaiaren prezioak izan ditzakeen eta gaur egun ere lodiera desberdinak izan ditzakete bobinan zehar. Geometria abiapuntutzat hartuta, aplikazioak azkar zabalduetako lauki laburra garatu eta haizearen diseinu optimoa zehaztu ahal izango du kostu txikieneko dagokion bobinan. Ondoren, egin beharreko lana modu eraginkorrean egiteko fluxu orokorra eta eskuragarri dauden funtzioak deskribatzen ditu.

- *Geometria zatiketa definizioa*

Pieza azalera edo eredu sendo gisa inportatu daiteke. Eredu solidoaren goiko eta beheko azalera ateratzeko funtzionaltasuna dugu baita erdialdean sorkuntza ere eskuragarri dago zuntz

geometrikoaren berdinketa kalkulatzeko. Hautatutako pieza material eta loditasunari buruzko informazioarekin esleitu daiteke.

- *Blank outline definizioa*

Lizitazioen soluzioa ESI GROUP-en oinarritutako urrats bakarreko solver batean oinarritzen da. Laburbilduz, posiblea zehazten du zehaztutako lauki hutsa (azpi eremuetan dauden arren), 3-D zatiaren modelo osoa eta prozesu parametro gutxi batzuk, aglutinatzaile indarra, materialaren definizioa eta lodiera bezalakoak. Labur garatuz gain, bideragarritasun partziala ere zuzenean eta ondo azter daiteke kontraste desberdinen bidez, esaterako, lodiera, eta muga diagrama (FLD). Zuzeneko eskuliburu baten zuzeneko inportazioa ere onartzen da.

- *Jakinarazpen automatikoa*

Irtenbidean parte materialaren aipamen azkar eta automatizatu sartzen da. Funtzionalitate honek materialaren erabilera esportatzen du, erortzen da, bobina zabalera, eremu hutsa eta habia sekuentzien irudiak garatzen ditu.

PAM STAMP metalezko konformazio prozesuen simulazio eta simulazio tresnen diseinu eta diseinu tresnen bidez, ingeniariak diseinatu, optimizatu eta egiaztatzen dute metal konformazio prozesu guztiak birtualki. PAM-STAMP-ek metalezko hodi metalikoen, estrukturako profilak, blokeatu motako soldadu formatuak eta bloke egokituak bezalako bero eta hotzeko piezen beharrak estaltzen ditu. Industria sektoreko enpresa nagusietan erabilia da, automozioa, aeroespaziala, elektronikak eta etxetresna elektrikoak barne.

Erramintaren diseinu arinak erraminta geometria esanguratsuak sortzen ditu kontzeptu ezberdinak era azkar baten ebaluatzeko asmoz. Doikuntza iteratiboak eta aldaketak egiten ditu eratutako arazoak zuzentzeko eta identifikatzeko.

Lizitazio fasean, erabiltzaileak kostu materiala kalkulatzeko formatu eta habia optimorik onena definitu dezakete eta, horrela, trokelaren diseinua modu azkar batean zuzentzeko gai izango da.

Bideragarritasun fasean, diseinatzaileak *B-Spline* geometrietan oinarritutako hodiaren gainazalak sortzen dituzte eta zehaztapenak betetzen dituzte, hausturarik edo zimurrik gabe, eta tolestea, gratatzea, muntaia, hasierako formatuaren edo ebaketa lerroen optimizazioa, beste. Hortaz, hasierako bideragarritasunean proiektuaren hasieran osagai geometriari oinarritzen da.

*Diemaker* atalean dugun alderantzizko zuzentzaileak piezaren bideragarritasuna bermatzen du. Alderantzizko kalkulu hau minutu gutxitan egin daiteke, eta produktuen diseinatzaileak formazioaren zatiaren forma hobetzeko aukera ematen du.

Aurretik aipatu dugun alderantzizko honek kostuen estimazioan lagunduko digu baita ere. Horrek plaka forma ematen du, lehengaiaren kostua kalkulatzeko ahalbidetuko duena.

Balidazio fasean zehar, ingeniariak pieza kapsulatuaren berreskurapen elastikoa zehaztasunez aurreikusteko aukera ematen dute, enbutizio matrizearen konpentsazio automatikoa egin edo, nahi izanez gero, eragiketa guztiak, detektatzeko eta ikusteko akats kosmetikoak eta baita benetako piezarekin egingo dute. Software konfigurazioan bideragarritasun fasearen eta baliozkotze fasearen emaitza onen kalitate bermatzen du.

Bero estapanazioan zehar, bero transferentzia eta fluidoaren korronea (CFD) aztertuz 3D-ko hozte eraginkortasuna aztertzeko balio du. Gainera, konformazio prozesuak materialaren propietateak aldatzen dituzenez, produktuaren portaera ere eragiten duelako, konformazio prozesuaren emaitzak hartu ahal izango dira soldatutako prozesuari dagokionez, muntaia mantenduz, tolerantzia eta beraz, produktuaren zehaztapenak eta portaerak bermatu edo hobetuz.

Azkenean, ingeniariak benetako errealitate birtualen azken produktua ikusteko eta berrikusteko aukera dute. Prototipo

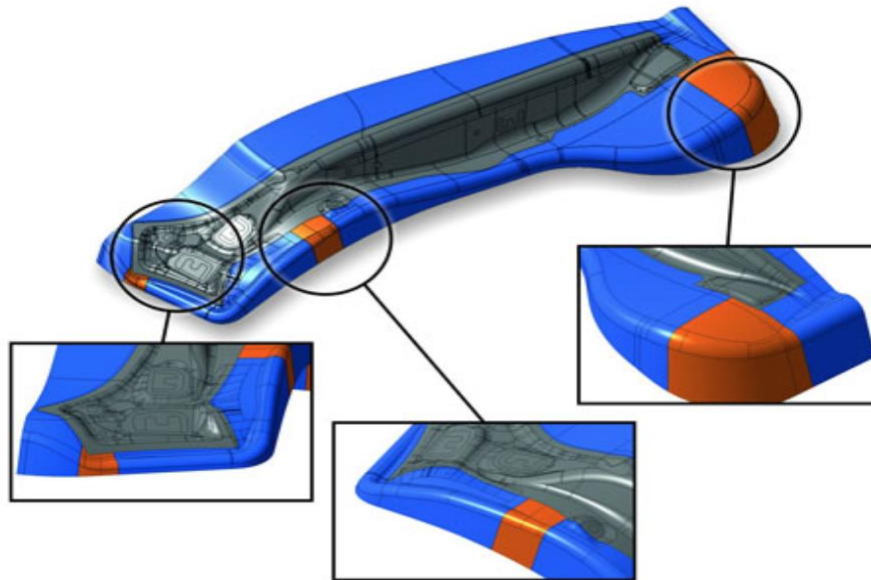
birtualek osagaien fabrikazio prozesua eta muntaketa prozesua bermatzen dute, azken produktua eskatzen den diseinu tea zehaztapenen arabera entregatu ahal izateko, baita denborarekin eta helburu ezarritako helburuak betez bermatuz. ESI-k prototipo birtualak diseinatzeko soluzio osatua, integratua eta optimizatua eskaintzen du, eta prototipo errealean diseinurako aukera ematen du, eta ingeniari erabakiak une egokian eta lankidetzan ingurunean ahalbidetzen ditu.

Programa hau erabiltzeak abantaila nagusi batzuk ditu jarraian aipatuko ditugunak:

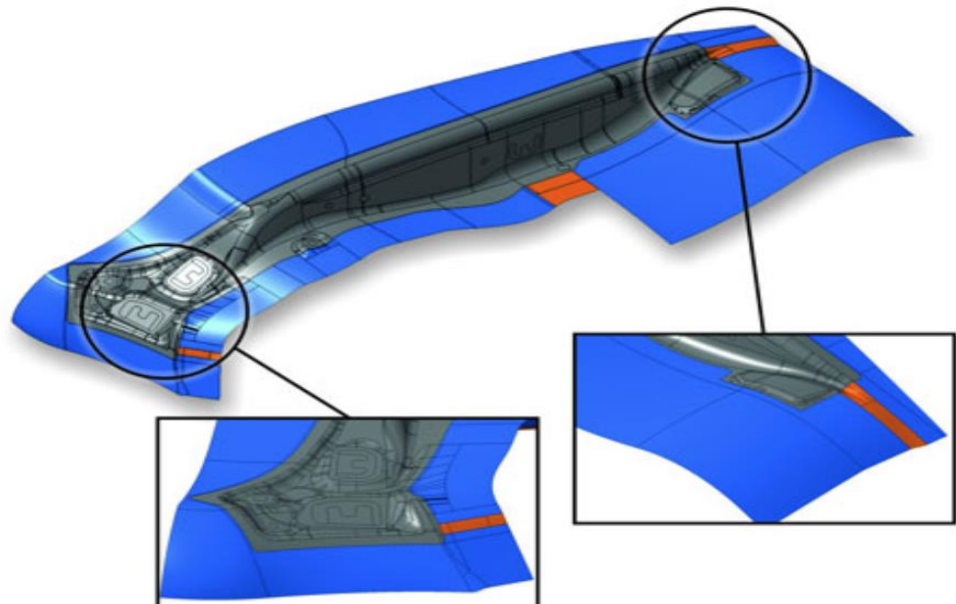
- Piezen eta tresnen diseinua bizkortzen du eta zigilatze prozesuaren kalitatea hobetzen du.
- Kostuak murrizten ditu, industriako erabiltzaileek balioztatutako tresnen garapenaren metodoak erabiliz, lehen aldiz zuzendutako hurrenkera egokiak emateko.
- Fabrikazio prozesuaren *springback*-a nagusitzen du eta tresnen konpentsazio azkar eta zehatza ematen du.
- Hainbat material onartzen ditu: aluminioa, titanioa, fase bikoitza, boroaren altzairuak etab.
- Prozesu birtualen bidez arazorik gabeko fabrikazioa bermatzen du.

### 1.5.2.3. AUTOFORM:

Pam Stamp bezala softwarea xaflaren konformazio prozesuak diseinatzeko eta optimizatzeko tresnak eskaintzen ditu. Hain zuzen ere, Autoform-ek pieza baten enbutzio prozesua aztertzeo aukera ematen duen tresna ematen du, azkenik diseinatu aurretik, produkzioan agertzen diren arazoei buruzko informazioa ematen duena. Hemen , 19 eta 20 irudietan , honen adibide bat ikus dezakegu.



19. irudia: Autoform programan landutako adibidea



20. irudia: Autoform programan landutako beste adibide bat

Software honen abantaila manipulazio erraza da, azterketa dinamiko mota bakar batean kontzentrazioa dela eta. Autoform programaren irtenbideak xafla konformazioaren inguruko plataforma eratzen du (prozesuen ingeniaritzan, ebaluazioan, eta hobekuntzan). Software soluzio honek eguneroko aplikazioetarako eta errendimendu altuko ingeniaritza aplikazioetan erabiliko dugu.

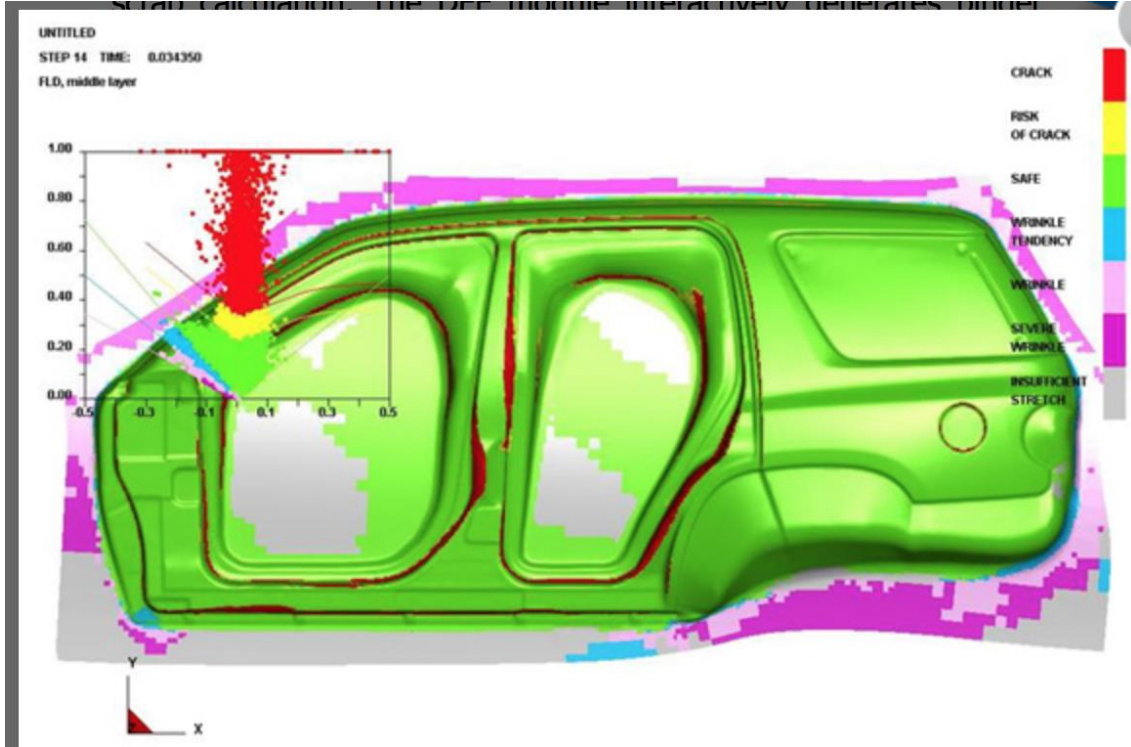
Etengabe inbertitzen du ikerketa eta berrikuntzan, bere ezagutza aplikatuz software soluzio aurreratuen garapenean eta hartara bezeroei laguntzeko erabakiak azkarrago hartzen, segurtasunez eta modu eraginkorrean.

Ahalegin horiek automozioaren munduari dagozkion erronka nagusiei erantzuten diete, esate baterako, CO2 emisioak murriztea eta erregai aurreztea, pisua murriztea, egitura materialaren kontsumoa optimizatzea eta handitzea segurtasun arauak.

Honenbestez, software honek xaflaren konformazioa optimizatzen dute azkartuz eta ezaugarri indartsuen aukera zabala eskainiz bezeroari. Ondorioz, konformazio prozesuaren diseinua ebaluatu daiteke, funtzio, kalitate, epe eta kostu irizpideei dagozkienez. Erabaki horiek konektatzean eta pisatzeaz gain irtenbideak xaflen piezen garapenean, plangintzan, eskaintzan eta trokelgintzan erabiltzen dira, bai prozesu ingeniaritzan bai ekoizpenean ere.

#### **1.5.2.4. DYNAFORM:**

Software hau estanzazio eta enbutizio prozesuei bideratua dago. Modu inplizitu edo esplizitu batean arazo konpontzaile bat dauka. Behean, 21.irudia, kotxe baten albo baten simulazioa dugu ate biak kontutan duena. Helburu berezietatik eratorritako instalazioak aurkezten ditu, hau da, arazo mota horien konponbidea eta osagaien mekanismoa eta definizioa errazten du.



**21. irudia:** Dynaform programaren bidez kotxe baten simulazioa

#### 1.5.2.5. DEFORM 3D:

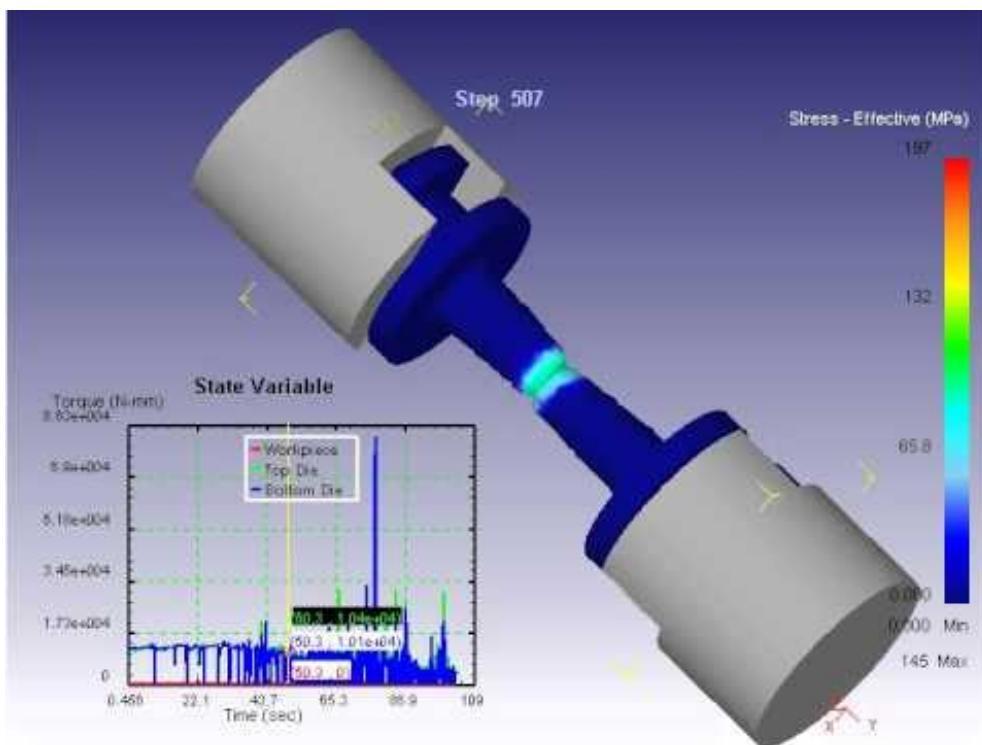
Teknologia Zientifikorako Teknologien Korporazioa (SFTC) 1991ko abuztuan Ohion sortu zen, Battelleko langile ohiek abangoardiako diseinu eta prozesua aztertzeke teknologiak industriarako prestakuntza materialetarako. SFTC-k 1991ko urrian DEFORM sistema erosi zuen eta gaur egun ehunka gune onartzen ditu.

DEFORM gaur egun gehien erabiltzen den Elementu Finituen Metodoa (EFM) da metalezko konformazioan adibidez. Metalezko eraketa arazoak konpontzeko prozesuak optimizatu eta hamarkadan zehar metalen matrizeen eraketan eta tentsioak aztertu ditu. Deform lehen aldiz "D laneko bertsioan argitaratu zen 1989an.

1993an, DEFORM 3D lan tresnen hiru dimentsiotako arazoak aztertu ziren lehengoz.

Deform 3D sistema ingeniari-tza softwarea da, diseinatzaileek metalaren, tratamendu termikoaren, prozesu mekanizatuaren eta prozesu mekanikoen eraketa aztertzen dute, ordenagailuan lantokian inplementatuz eta proba akatsen bidez. Honen adibide bat 22. irudian ikusgai dugu.

Deform 3D prozesuaren simulazioa funtsezkoa izan da bi hamarkadetan enpresa liderrei kostuak, kalitatea eta entregatzeko hobekuntzak egiteko.



**22. irudia:** Deform 3D programaren simulazio leihoaren adibide bat

Proiektua garatzeko garatuko den ordenagailu softwarearen aukeraketa egiteko, alderdi ezberdinak ebaluatuko dira, metodo bakoitzerako alderdi bakoitzari balioa esleituz. Hortaz, kontutan hartu behar diren alderdiak honakoak dira: programa erabiltzeko erraztasuna, urteko lizentziaren prezioa eta programaren



erabileraren ezagutza. Era berean balio adierazlea esleituko zaie, bakoitzak duen garrantziaren arabera (1- garrantzirik gabeko adierazlea; 5-garrantzi maila altua). Guzti honekin ondoko ponderazio taula eratuko dugu, 2. taula:

Software	Is-Dyna	Pam-Stamp	Autoform	Dynaform	Deform 3D
Lizentzia kostua (4)	8	12	12	12	8
Ezagutza (4)	8	16	8	8	8
Simulazio denbora (3)	3	9	9	6	6
<b>Guztira</b>	<b>19</b>	<b>37</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>22</b>

**2. taula:** Software programaren ponderazio taula

Honenbestez, erabiliko den softwarea Pam-Stamp da (37), bai hotzeko konformazioarekin bai berotako konformazioarekin lan egingo duena. Erraminten diseinuari esker bai eta fabrikazio simulazioa dela eta enpresa ugarietan erabiltzen den programa da, bereziki automotzio programetan. Ondorio honetara heltzeko aurreko 2. taulako emaitzetan oinarritu gara.

### 1.5.3. PRENTSA MOTAK:

Bete behar duen funtzioaren arabera, konformatu den materiala eta lan egiteko materialen arabera, honako mota hauek aurki ditzakegu:

#### 1.5.3.1. PRENTSA MEKANIKOA:

Prentsa mota honek indarren biltegitratze bat egiten du, erabileraren eta angeluaren arabera. Normalean trokelak eta zulaketak egiteko erabiltzen diren makina batean erabiltzen dira, eskuz, 23. irudia, edo automatikoki egin daitezke eta behe puntu hilaren gainean lan egiten dute, matrizea dagoen tokia, eta horri esker besoa edo punta bat honekiko eragiten du kolpe sendoa. Hau motor mekaniko batek bultzatzen du, 24. irudia.



**23. irudia:** Eskuzko prentsa mekanikoa

Motor elektriko bat du zeinek inertzia bolantea eragiten duen. Honek energia metatzen du gero parte mugikorrari emateko, enbrage edo akoplamendu bidez (biela manibela sistema). Energia entregatzea oso azkar egiten da, malgutasun gutxirekin eta kolpe bakoitzean biltegitatu den lanaren parte bat xahutzen da. Indar maximoa karrera bukaeran ematen da, indar maximoa aldiz karrera erdialdean.

Mozte lanetan, estanpazioan, forjaketan eta enbutizio txikietan erabiltzen dira.



**24. irudia:** Prentsa mekanikoa

### **1.5.3.2. PRENTSA HIDRAULIKOA:**

Pascalen printzipioan oinarritzen dira, presio altuko fluidoen eta fluxu baxuko presio handiko fluidoen pistoi bat elikatzen dute (zilindro hidraulikoa), indar handien ondorioz. Indar, posizioa eta abiadura kontrolpean egiten da energia entregatzea, beraz, prozesuaren etengabeko kontrola mantentzen dugu. Enbutizio sakonetan eta eskaera handiko prozesuetan erabiltzen dira, mekanizazioa adibidez. Hortaz, malgutasun handiko piezak dira eta astiro egiten direnak. Honen adibidea ondoko 25. irudian dugu enpresa batean aurki daitekeena.



**25. irudia:** Prentsa hidraulikoa

### **1.5.3.3. ZERBITZATUTAKO PRENTSAK:**

Serboteknologia 2000 urteaz geroztik prentsa serbomekanikoen akzionamendurako erabili izan dira. Hasiera batean, estanpatzaileak prentsa hauek prentsa mekanikoak erabiltzen ziren forma eta aplikazio berdinentzat erabiltzen ziren, abiadura osoan eta biraketa modu osoan. Baina ez zuten benetan aprobetxatzen

serboaren ezaugarri bereziak, jarraian 26. irudia dugu honen adibide.



### 26. irudia: Zerbitzatutako prentsa

Indar handiko materialak erabiltzeak ohikoago bihurtu zirenean eta kontrolatutako abiadura eta mugimenduaren funtzionamendua kontrolatzen hasi zirenean konturatu ziren mota honetako prentsen gaitasunak aprobetxatu behar zirela. Atxikipena eta abiadura zein arina zen konturatu eta karroaren paralelismoa manten zitekeela konturatu ziren. Mugimenduaren eta posizioaren kontrol programagarria energia galera gabe (posizio kontrola mikretan).

Gaur egun serboprentsa hauek lehen baino gehiago erabiltzen dira kostu eta produktibitate handiagoak lortuz. Hori dela eta, estanpatzaileak prentsa hauek fabrikazio sistemaren parte ikusten dute eta ez makina autonomo gisa. Trokelaren biziaren luzapena lortzen da.

Ponderazio taula, 3. taula, eratzeko aurretik erabili dugun irizpide bera jarraituko dugu. 1-a balio gutxikoari erantsiz eta 3-a garrantzi handia duenari. Balio hau aukera egiterako orduan bete behar direnen artean eta bete ez beharrekoen artean ere sailkapen bat egin behar da garrantzi gutxiago edo gehiago emanez, eta honela ondoko taula osatuko dugu.

Prensa motak	Mekanikoa	Hidraulikoa	Serboprensa
Erabiltzeko erraztasuna	3	6	6
Produktibitatea (Kolpe/minutuko)	6	3	9
Kostua	3	6	9
<b>Guztira</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>24</b>

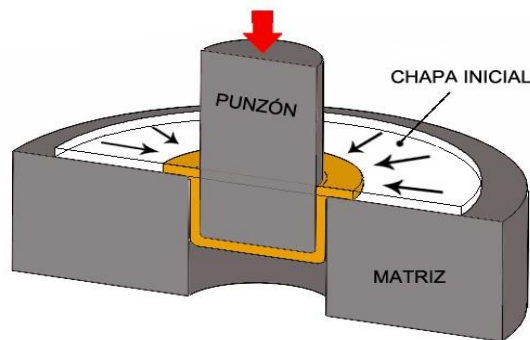
**3. taula:** Prensa mota ezberdinen ponderazio taula

Ikusitako emaitzen ondorioz aukeratuko den prensa mota mekanikoa da proiektu honen garapenean, errentagarriena baita eta egin behar dugun lanarentzako nahikoa baita.

#### 1.5.4. KONFORMAZIO MOTAK

*Txapa konformazioaren propietateak:*

Txapa konformatze prozesuak xafla mekanismo batzuekin eustea (matrizea) eta plastikozko deformazio bat egitean datza, erraminta batek (puntuoia) zulatu egiten du aplikaturiko indarraren bidez, indar hori konpresio, trakzio, zizaila edo hauen konbinaketa izan daiteke (hurrengo 27. irudian ikusiko dugu).



**27. irudia:** Enbutizio prozedura

Plastikozko deformazio prozesuetan xafla osagaiak duen garrantzia egungo industriaren erabilera zabala da: automobilgintza, aeronautika, etxetresna elektrikoak, eraikuntza, ontziak etab. Prozesu hau hain erakargarria egiten duten abantailak ondokoak dira:

- Ez dago materialaren ezabaketarik ( bolumenaren kontserbazioa).
- Erresistentzia mekanikoa altua da.
- Erresistentzia-pisuaren ratioa bikaina da.

Orokorrean metalak metalezkoak dira eta gogorrak (beroak eta hotzak), metalak etengabe isurtzen ditu eta norabide hobean (irristaketaren norabidea) lodiera murriztuz konprimatze indarren bidez.

Txapa konformazioan erabiltzen diren material ohikoenak:

- Aluminioa: aeronautika eta automobilgintza
- Karbono-altzairuak: automobilgintza eta etxetresna elektrikoak
- Altzairu herdogaitza: edukiontzi eta etxetresna elektrikoak
- Beste batzuk ( kobrea, estainua,...)

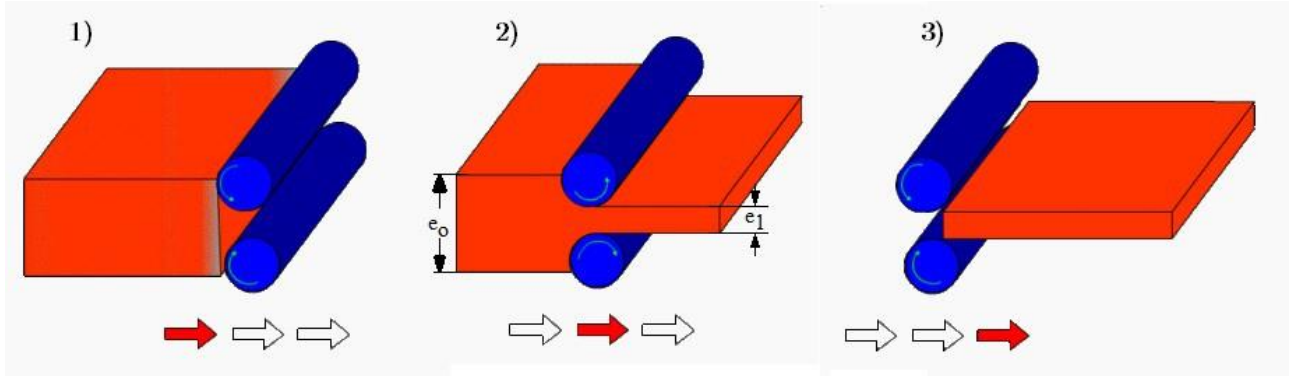
Gaur egun industrian erabiltzen diren fabrikazio-prozesu ugariaren artean, plastikozko deformazioa oso garrantzitsua da produktuen ekoizpenaren erabilera trinkoa dela eta. Konfigurazio konplexuagoak dituzten azken formak lortzea da materialaren muga elastikoa gainditzeko gai diren kanpo indarren ekintzak burutzen dituzten geometrietatik. Forma prozesuak sailkatzeko bi mota daude:

- Egindako tenperaturaren arabera, moldaketa hotzak (hotzeko tenperatura ez da iritsi eta deformazioa plastikoaren bidez gogortzea da) eta beroa ( berkristalizazio tenperaturara heldu eta gogortzea ezabatzen da). Propietateen araberakoa da bat edo bestea aukeratzea azken enbutizioan bilatuak.
- Prozesuan sortutako deformazioaren arabera, bolumetrikokoak eta xaflak banatu ditzakete: formatu bolumetrikotan, forma aldaketa ordena berekoaren antzekoa hiru espazio norabideetan. Jatorrizko geometria hiru dimentsiotako pertsonaia da ( barrak, blokeak eta zilindroak).

Hala eta guztiz ere, xaflan forma, magnitude handiagoa duen forma-aldaketa xaflen planoan bi dimentsiotan gertatzen da. Jatorrizko geometria bi dimentsiotako izaera du: metalezko xaflak, non bere dimentsioaren 2a hirugarrena baino handiagoa denez, lodiera deitzen zaio.

Erabilitako ohiko konformazio-prozesuak honako hauek dira:

- *Konformazio bolumetrikoa:*
  - Laminatua ( 28. Irudia)



### 28. irudia: Laminazio konformazio prozesua

- Forjatua
  - Estrusioa
  - Luzatzea
- *Xafla konformazioa*
    - Luzapena, estanzazioa eta enbutizioa
    - Tolestea

Metal estanzazioa prozesu baten bidez egiten da, metal batek bi moldeen arteko konpresio karga jasaten duenean. Karga progresiboki aplikatutako presioa edo perkusioa izan daiteke, prentsak eta mailuak erabiltzen dira. Moldeak altzairuzko piezak dira, horietako bat gida (mailua edo goiko estanpa) eta bestea finkoa (ingude edo beheko estanpa).

Deformatu beharreko materialen tenperaturak ber kristaltze tenperatura baino handiagoa baldin bada, berotako estanzazioan arituko gara, eta txikia bada, aldiz, hotzeko estanzazioa deitzen zaio.

Egia da estanzazioak elementu metalikoen eraldaketa helburu duela. Prozesu hau ez da berdin egiten, bi teknika garrantzitsu existitzen baitira: hotzeko estanzazioa eta berotako estanzazioa jarraian azalduko ditugunak.

#### 1.5.4.1. ESTANPAZIOA BEROAN

Berotako estanzazioa prozesu berritzailea da, zeinen bidez altzairu erresistenteak forma konplexuetan moldatzen dira modu eraginkorrean, hotzeko estanzazio konbentzionalarekin baino. Atal honen bukaeran berotako estanzazioaren adibide bat txertatu dugu, 29. irudia.

Estanzazio mota hau berkristaltze tenperaturaren gainetik egiten da eta burdinaren kasuan  $910\text{ }^{\circ}\text{C}$  da. Lortutako produktuak zimurtasun eta prezisio dimentsional gutxiago du, baina deformazio handiagoak lortzen dira.

Prozesuak altzairua berotu egiten du malgua bilakatuz, konformazioarekin jarraituz eta azkar hozteaz gain, material eraldatua eta gogortua sortuz prozesu horretan.

Erresistentzia eta konplexutasuna modu eraginkorrean konbinatzeko gaitasun horri esker, beroan estanzatzean pieza arinak lortzen ditu eta hotzean ekoizten bada soldadura lodiagoak eta pieza astunagoak lortuko ziren, prozesu ugari erabiliz eta denbora gehiago erabiliz fabrikatzeko.

Aitzitik, metal beroaren estanzazioa gauzatzeko, tenperatura altuak materialaren zurruntasun handiagoa bultzatu behar du, eta horrela malgutasuna lortuz. Prozesu honek zehaztasun mekaniko eta dimentsional gutxiagoko produktuak ekoizten dituen arren, materiala azkar urtzen da.

Lehengaita (formakuntza prozesuan) altzairua da lingote eran, egitura kristalino tipikoarekin, lodia eta dendritikoa. Ez da aproposa erresistentzia mekanikoa eskatzen den prozeduretan. Zuzenean fabrikatu diren piezak lana eta inpaktuaren zamak jasotzen dituztenean huts egingo dute. Ale dendritikoak berkristaldu behar dira altzairuari beharrezko erresistentzia emateko berotako eragiten bidez.

Ale tamainan eragina duten faktoreak:

- Prozesuaren amaierako tenperatura
- Hozte abiadura
- Alearen hasierako tamaina



Deformazio kopurua: metala tenperatura altuan dagoenez, kristal erreformatuak berriz hazten dira, baina ez hain handi eta irregularrak. Lana berotan egitean eta metala hoztean kristal txikiagoak eraten dira, uniformeagoak eta zertxobait lauak. Honek metalari anisotropia baldintza ematen dio edo alearen orientazioa, hau da, metala harikorra da eta deformagarriagoa da ardatzaren norabidean norabide elkartuztean baino. Honen ondorioz, ez da gogortasunezko harikortasuna handitzen aleak distorsionatuak baitira eta arin aldatzen dira deformazio gabeko ale berrietara. Gainera, kristalen arteko espazioa txikitzen da eta ezpurutasunak bereizturik daudenez zailagoa da hau apurtzea (granular egitura hobetua). Indar gutxiago eskatzen du, eta, beraz, denbora gutxiago du, materia malgua delako. Erresistentzia baxuko eremuak ezabatzen dira.

Baina desabantailak ere badira; oxidazio azkarra, honenbestez azalera ahula da. Bero erresistentzia dela eta, tresna nahiko garestiak behar dira eta ezin dira tolerantzia txikiak mantendu.

Hortaz, berotako estanpazioan prozesu berritzailea da. Forma konplexuko altzairu oso erresistenteak moldeatzen dira era efizienteago batean. Prozesuak altzairuaren berotzea dakar, konformazio eta berez diseinatutako trokelak azkar hozteko. Erresistentzia eta konplexutasuna konbinatzeko ahaleginak pieza lirain eta produktiboak lortuko dira. Hotzean aldiz, piezaren bat soldatu beharko zen eta denbora luzeago batean burutu beharko zen.

Hotzeko estanpazioa berkristaltze tenperaturaren azpitik egiten da eta alea prozesuan zehar deformatzen da, egitura mikroskopioan anisotropia lortuz. Lodiera baxuko piezetan aplikatzen den prozesua da, normalean txapa edo laminak izaten dira zeintzuek lodiera uniformeak duten.

Gaur egun, pisua arintzeko konponbide aurreratuenak dira gorputz egituretan. Kolpearen aurrean portaera hobetzen du eta bidaiariaren segurtasuna hobetzen du.



## 29. irudia: Berotako estanpazioaren adibidea (Gestamp)

### 1.5.4.2. ESTANPAZIOA HOTZEAN

Hotzeko transformazio teknologiak makina mota transformazio eragiketak dira. Profilaketa eta hidroformazioa hotzean osatutako azpikategoriak dira. Honek era askotako piezak fabrikatzea ahalbidetzen du, gorputz zati txikietatik pieza handietara, hala nola atek eta alboko panelak.

Hotzeko estanpazioa egiteko, maneiatzeko elementuak tenperatura baxuan egon behar dute. Teknika hori lodiera uniformeetan edo xafletan egiten da, hotz edo beroaren gabezia dela eta, materiala deformatzeko aukera ematen du eta, horrela, puntzonaketa, xaflak pieza moztu, deformazioa luzapenetan, tolesturak, pieza hutsak lortzea. Garrantzitsua da altzairu, aluminiozko aleazioen, zilar eta latoiaren presentzia estanpazioa burutu ahal izateko.

Kristalizazio tenperatura azpitik konformatzen den materiala hotzean ari garela esango dugu. Metal gehienekin hotzean lan egiten da edo giro tenperaturan baina formakuntza erreakzioaren ondorioz tenperatura hazkunde bat jasaten da piezan. Berotako lana metalaren gainean estanpazio plastikoa egiterako orduan alearen egitura fintzen du. Aldiz, hotzetako eragiketa egitean alearen tamaina txikitzen du baita distortsionatu ere.

Hotzeko lanak erresistentzia, mekanizagarritasuna, dimentsioko zehaztasuna eta metal azalera amaieran hobetzen du. Oxidazio dela eta, txikiagoa hotzean, hobe konforma daiteke.

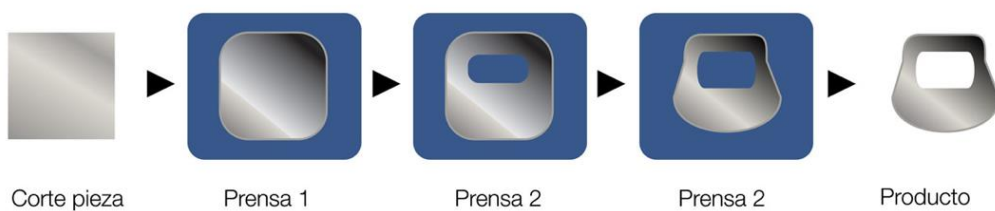
Ondorioz, lan desberdintasun nagusia prozesua egiten den temperatura da. Hotzean materiala ber kristaltze temperatura azpitik dago eta prozesuak pieza eta ekipoaren frikzioa dela eta temperatura igoera jasotzen du. Hortaz, esaten dute 200 °C-raino heltzen direla hotzeko estanzazioak.

Metal guztiak kristalinoak dira jatorriz eta neurri ezberdinetakoak, ale irregularrez osaturik. Egitura aldaketek alearen zatiketa, atomoen mugimenduak eta sarearen distortsioa sortzen dituzte.

Presio hotzak lan beroak baino presio handiagoa eskatzen du. Metalak egoera zurrunagoan mantentzen duenez, ez da betirako deformatua, muga elastikoa gainditu duen arte.

Metal batek hotzean eusten duen lana harikortasunaren menpekoa da, metal harikorra goak hobeto funtzionatuko du. Metal puruak elementu jakin batzuek baino deformazio handiagoa jasan dezakete, aleazio metalek gogortasunaren joera eta abiadura handitzen baitute.

Hotzeko estanzazioaren abantailak eta gaitasunak honako hauek dira: indarra handiko materialekin lan egitea, ibilgailuen egiturazko pisuak murrizteko konponbideak ematen dituzte. Hau bereziki garrantzitsua da txasis piezetarako, non materialen lodiera eta indarra handiagoa den. Hemen jarraian aplikazio honen adibide bat dugu, 30. irudia.



**30. irudia:** Hotzeko estanzazioaren adibidea (Gestamp)

Bukatzeko aurretik aipaturiko estanzazioen abantailak ondoko 4. taulan batuko dira gero ponderazio taula osatzeko asmoz.

Hotzeko deformazioa	Berotako deformazioa
Prezizio handiagoa	Deformazio handiak
Azalera akabera hobe	Hausturako arrisku txikia
Erresistentzia handitzea	Ez dago gogortzerik
Energia aurrezte	Lan gutxiago (makina txikiagoak)
Propietateen zuzentasun mekanikoa	Isotropia handiagoa

**4. taula:** Hotzeko eta beroko estanzioaren abantailak

Honetarako jarraituko dugun irizpidea aurreko bera da ondoko 5. taulan ikus genezaken bezalaxe.

1- Eskasa; 2- Ertaina ; 3- Handia

Konformazio mota	Beroan	Hotzean
Prezisia (1)	1	3
Erresistentzia (2)	2	4
Erraztasuna (3)	9	3
Kostua (3)	15	9
<b>Guztira</b>	<b>27</b>	<b>19</b>

**5. taula:** Konformazio mota bien ponderazio taula

## 1.6.ARRISKUEN ANALISIA

---

Atal honetan proiektuaren gauzatzeak izan dezakeen arrisku potentzialen analisia egiten da, edo proposatutako irtenbidea egokia edo baliozkoa den. Hauek sekuentzia bat jarraitzen dute ondoren deskribatuko dena:

- Arrisku kudeaketaren planifikazioa: proiektuaren arrisku kudeaketan nola burutu behar diren zehaztea.
- Arriskuen azterketa identifikazioa: proiektuan eragin dezaketen arriskuen ezaugarriak zehaztu.
- Arriskuen azterketa kualitatiboa: gertatzeko probabilitatea eta eragina jorratu. Saillkapen honi esker lehentasuna duten arriskuak identifikatuko dira.
- Arriskuen azterketa kuantitatiboa: proiektuaren helburu behinenetan eragina zenbakitan jorratu.
- Arriskuei erantzunaren planifikazioa: Proiektuaren helburuek dituzten mehatxuak gutxitzeko eta aukerak hobetzeko ekintzak eta aukerak garatu.
- Arriskuen jarraipena eta kontrola: arriskuei erantzun planak inplementatu, arriskuak kontrolatu, arrisku berriak identifikatu eta proiektuan zehar arrisku kudeaketaren prozesuko eraginkortasuna ebaluatu.

- *Doitasun maila ez da egokia*

PAM- STAMP programan zenbakizko simulazioan erabilitako txaparen tamaina aztertu edo aldatu egingo da horren arabera. Era berean honen kokapena piezarekiko ere. Lortutako emaitzen arabera emaitza bat edo bestea lortuko dugu gure emaitza optimora hurbilduz edo urrunduz. Modu honetan segurtasun marjina automatikoki sortzen dugu. Hau emaitzen atalean garatuko dugu sakonago.

- *Emaitza experimentalek ez dute kalkulu teorikoak baliozkotzen*

Simulazio prozesu osoa egin ondoren, emaitzak interpretatzen dira eta makina batean egiaztatzen dira zuzenak diren edo ez. Horrelakoetan, prototipoen gehieneko hobekuntza bat egiten da, eta bertan, simulazioaren parametroak aldizka aldatzen dira, ahalik eta denbora gehien aurrezten saiatzen garelarik.

Hutsegite eta efektuen analisi modala, diseinu batean gerta daitezkeen hutsegite potentzialaren ebaluazio eta analisia ziurtatzeko tekniko analitiko da.

Adituen ezaguera eta esperientzia oinarrituz, huts egin dezakeen elementu bakoitza sistematikoki analizatzen duen tresna bat da, eta osagai edo sistemen diseinu

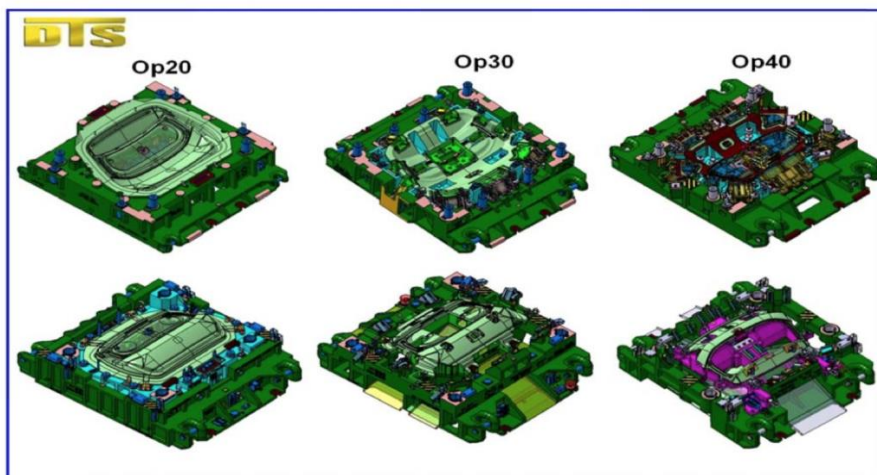
prozesuan erabiliko da. Planteamendu sistematiko horrek, arduradunak edozein diseinu- prozesutan jarraitzen duen disziplina mentala orekatu eta formalizatzen du.

Helburua, akatsak ekidingo dituzten beharrezko akzioak identifikatzea.

Lehenik, CATIA-k sortutako pieza CAD-aren geometria sortzen da. Ondoren, pieza hori lortzeko beharrezkoa den estapanazio prozesua definitzen da, eta simulazioan erabiltzeko hileko gainazalak CATIA-n eraikitzen dira. Simulazio eredu PAM-STAMP-en konfiguratu da, beraz, dagoeneko definitutako prozesua marra-gainazalekin erreproduzitu daiteke. Baldintza nominaletan prozesua simulatu eta balioztatu ondoren, sendotasuna aztertzen da. Bertan, lehengoak piezaren serieko ekoizpenean zehar aldatzen diren faktoreak identifikatzen ditu eta bideragarritasunaren eragina izan dezake.

Ondoren parametro ezberdinen konbinazioaren bidez kalkuluak egiten dira eta guztien emaitzak aztertzen dira. Azkenean lortutakoaren arabera, prozesuaren sendotasuna ebaluatu egiten da eta kontrolerako jarraibide posibleak egin behar dira prozesuaren parametroen eraginik handienean definituta.

Proposatutako konformazio prozesua 6 eragiketa independenteek osatzen dute, hau da, transferentzia mota bakar batean bilduko litzateke. Hau ondoko irudi bietan, 31. irudian eta 32. irudian, ikusi ahalko dugu.



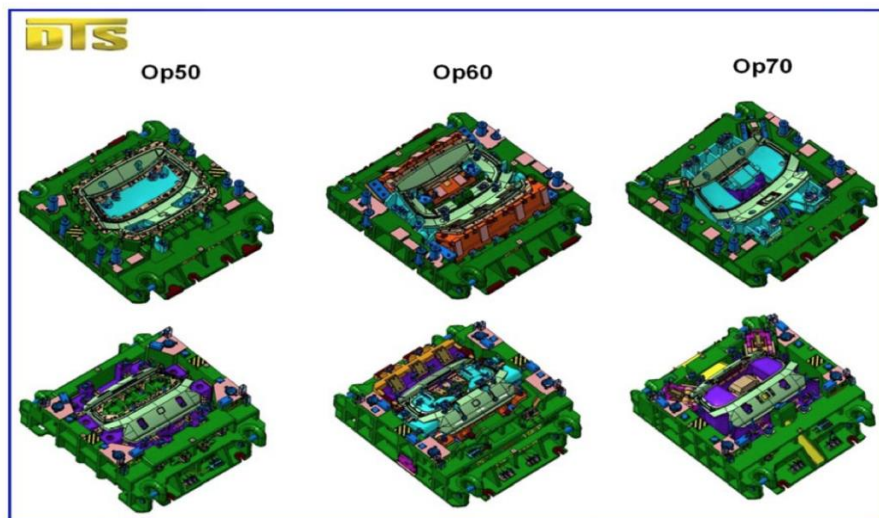
### 31. irudia: Enbutizio eta ebaketa trokelak

Eragiketa bakoitzak OP darama aurretik eta gero zenbaki bat esleituta, eragiketa bati lotuta dagoena.

OP 20- ENBUTIZIOA

OP 30- EBAKETA (ZULAKETA)

OP 40- EBAKETA (ZULAKETA)



### 32. irudia: Ebaketa eta toleste trokelak

Eragiketa bakoitzak OP darama aurretik eta gero zenbaki bat esleituta, eragiketa bati lotuta dagoena.

OP 50- EBAKETA

OP 60- TOLESTEA

OP 70- TOLESTEA

Hauek proiektuaren arabera eta egin beharreko eragiketa kopuruaren arabera alda daitezke. Bideragarritasuna berme bidez simulatzeko ebaluatu ahal izateko, garrantzitsua da errealitate materialaren ordezkari bat izatea.

PAM- STAMP-en beharrezko taula materiala konfiguratu da, arreta berezia jarritz datu esperimentalen gogortze ereduaren egokitzeari. Bi irizpide erabili dira simulazioen emaitzak ebaluatzeko.

1. Alde batetik, konformazio-mugaren diagramak (FLD), zorrotasunaren arabera aurreikusitako porrota aurreikusteko erabilitako hutsegite nagusia.
2. Beste alde batetik, porrota argaltzeko irizpidea. Akatsa gertatzen da %25-a baino gehiagoko lodiera murrizten bada.

Hortaz, ondorio bi aipa ditzakegu.

- Ondorio ekonomikoak :
  - Inbertsio ekonomikoa denbora laburrean berreskuratzea bilatzen da.
  - Ez du baliabide ekonomiko handirik behar.
  - Proiektu errentagarria bilatzen da, prozesuaren produktibitatea hobetzeko asmoz.
  - Proiektu laburra izatea bilatzen da prozedura hobetuak sartuz.
  
- Ondorio teknikoak:
  - Makina erramintaren alorreko edozein enpresarentzako Know-how garrantzitsua da.
  - Merkatuan dagoen trokela erabiltzen da, ez da inolako inbertsiorik egin behar.
  - Enbutizioaren prezisioa hobetzea baimentzen du balazten ekarpena eginez trokeletan.
  - Langile gutxi behar dira gure pieza lortzeko.

Honenbestez, arriskuen kudeaketa proiektuen arriskuei erantzuna, analisia eta identifikazioa egiteko prozesuak dira.



INDUSTRIA MEKANIKO INGENIERITZA GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***AUTOMOZIO SEKTORERAKO TXAPAZKO  
OSAGAIAREN SIMULAZIO NUMERIKOA***

***2. DOKUMENTUA- LANAREN GARAPENEAN JARRAITUTAKO  
METODOLOGIA***

**Ikaslea:** Batiz, Gangoiti, Iraitz

**Zuzendaria:** Ortega Rodriguez, Naiara

**Kurtsoa:** 2017-2018

**Data:** 2018/ 06/ 15

Atal honetan zehar funtzioen deskribapena garatuko dugu, hau da, simulazioa burutzeko jarraitutako prozedura eta egindako kalkulu edo algoritmoak. Era berean irudiak eta grafikak gehituko ditugu deskribapenean lagungarri izango direnak.

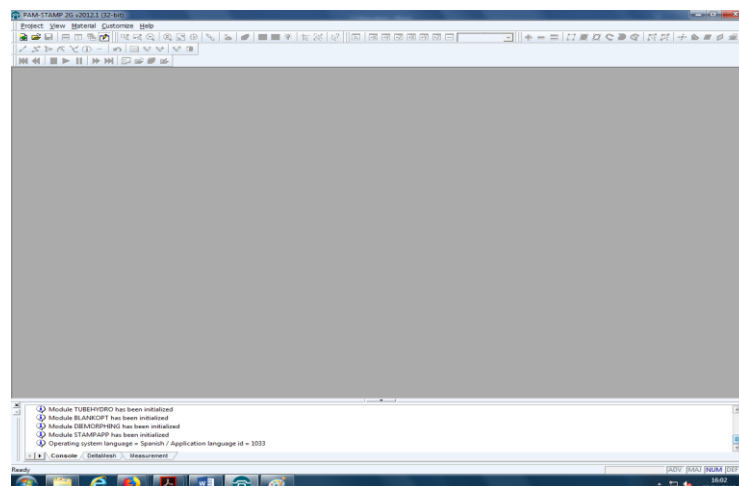
## 2.1.FUNTZIOEN DESKRIBAPENA

Antzina metodo informatikoen gabezia zegoenean beste era batetara egiten zen jarraian azalduko dugun guztia. Ohikoena proba/errore metodoa zen. Hau metodo heuristikoa zen, proposiziozko eta prozesala. Metodo honen funtsa probatzea eta egiaztatzea da. Hala ere, guzti hau egiteko enpresariak denbora luzez gain kostu altua beregain hartu behar zuen. Guztiak bezala teknologiak eta metodologiak aurrera egin zuten. Teknika berriak agertu ziren baita programa informatikoak ere. Hain zuzen ere, horietako bat PAM STAMP dugu zein gure proiektua garatzeko erabiliko dugun.

### 2.1.1.PROGRAMAREN DESKRIBAPENA ETA ERABILTZEA

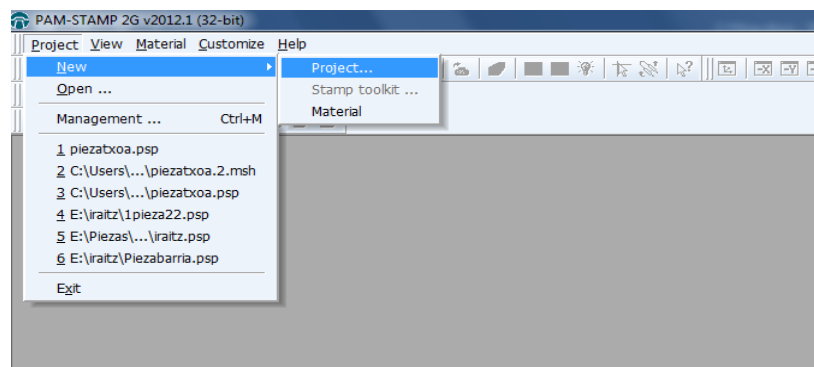
Emaitza optimoa izan den jakiteko jarraian jarraitu dugun prozedura azalduko dugu pausuz pausu eta argazki ezberdinak erantsiz.

Automozio sektorerako txapazko osagaiaren simulazio numerikoa garatzeko PAM STAMP programaren laguntza izan dugu. Behin programa irekita honako 33. irudia ikusiko dugu eta bertan lan egingo dugu hemendik aurrera.



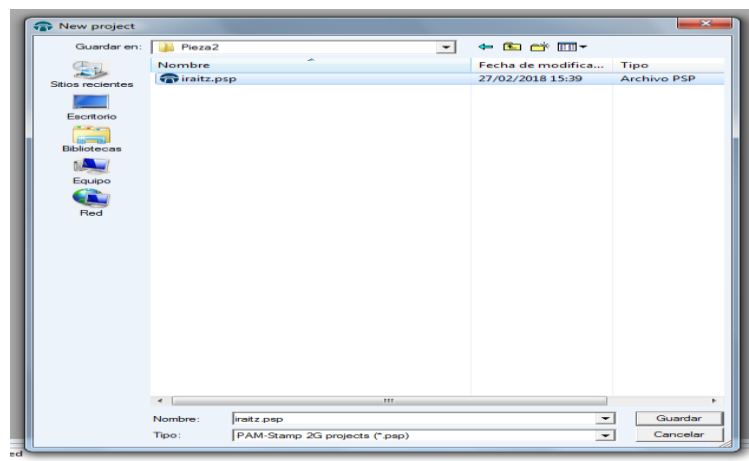
33. irudia: PAM-STAMP programaren hasierako leihoa

Jarraian proiektua irekitzeari ekingo diogu edo berri bat sortzeari. Honetarako, *Project* atalean klikatuko dugu eta baldin aurretik sortua badago irekiko dugu *Project* → *Open* bidez. Hau nola egin ondoko 34. irudian ikus genezake.

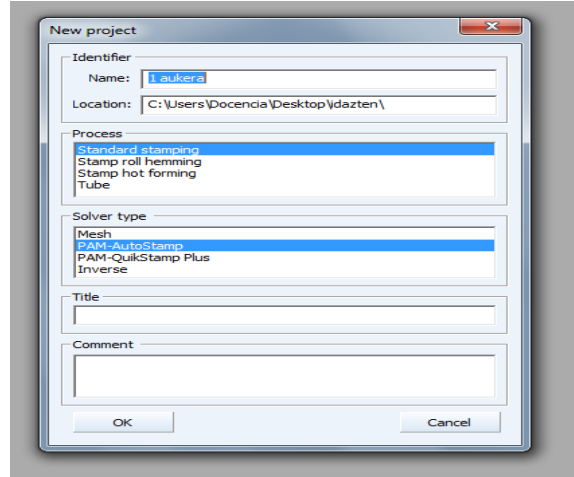


**34. irudia:** Proiektu baten irekitze prozesua

Honela ez bada berria sortuko dugu, ikusi 35 eta 36. irudiak, *New* → *Project* bidez. Nahi den direktorioan sartzen da eta izen bat ematen zaio.



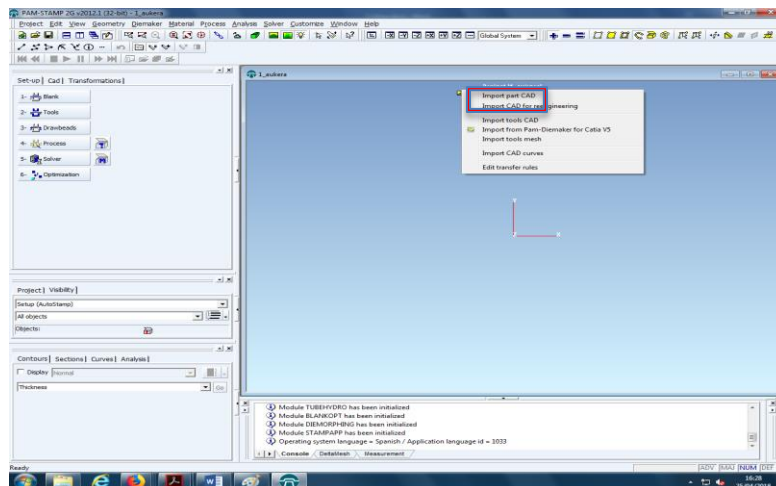
**35. irudia:** Proiektu berri baten irekitze prozesua



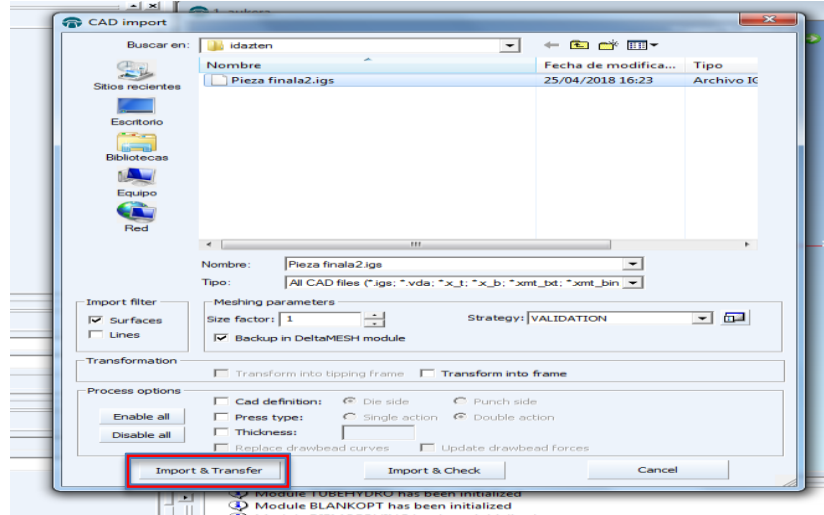
**36. irudia:** Proiektu berriaren prozesaketa eta arazo konpontzaile mota

Behin *Ok* klikatuz leiho urdin bat agertuko da gure pantailaren eskuinaldean, 37. irudia, non geometria inportatu ahal izango dugu (*import part cad*) edota geometria sortuz gure kabuz.

Lan fluxuarekin jarraituz, aurretik esan bezala, kontutan izan beharra dugu piezaren geometria gainazal bat behar duela *.iges* formatuan gordeta izan behar dena, ikusi 38. irudia.

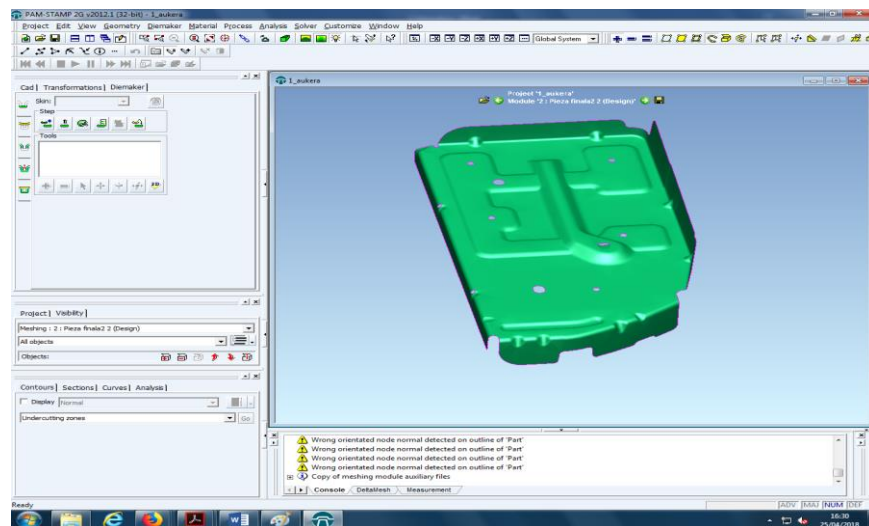


**37. irudia:** Geometria inportatzeko esteka



**38. irudia:** Inportatzen den geometriaren aukeraketa *Import eta Transfer* egin aurretiko leihoa

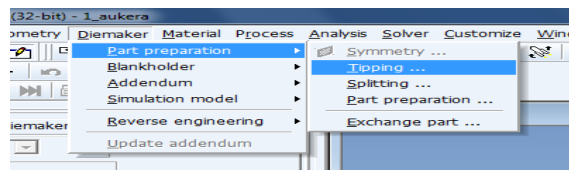
Aipatzen ari garen prozedura egin ondoren, ondoko 39. irudia, prest gaude lanean hasteko.



**39. irudia :** Pieza Diemaker atalean lan egiteko prest duguneko leihoa

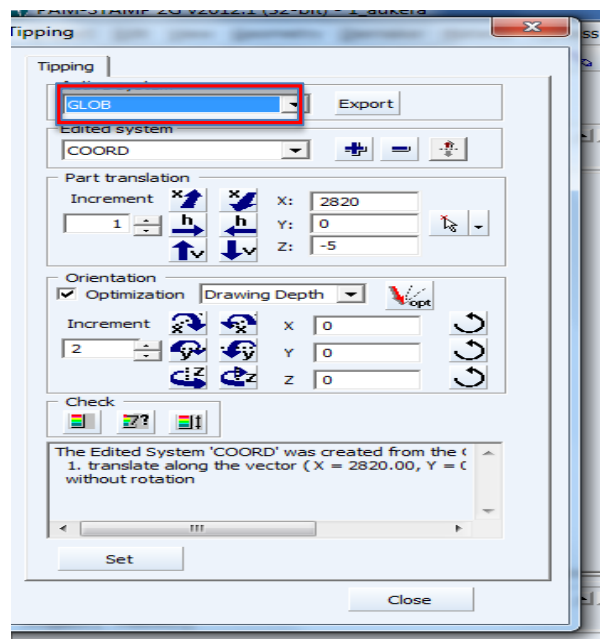
### 2.1.1.1. DIEMAKER

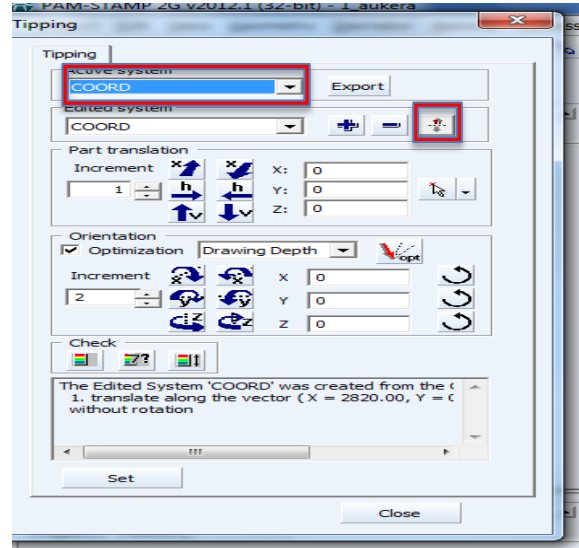
Behin dugun pieza aztertuta edo ez jarraitu beharreko pausuak berdinak dira prozeduran zehar. *Diemaker* atalean, sistema koordinatuaren orientazioa aldatuko dugu *Tipping* atalean klik eginez eta ondoko pausuak jarraituz (hau nola egin 40, 41,42 eta 43. irudietan ikus dezakegu):



**40. irudia:** Sistema koordinatuen orientazio aldaketa

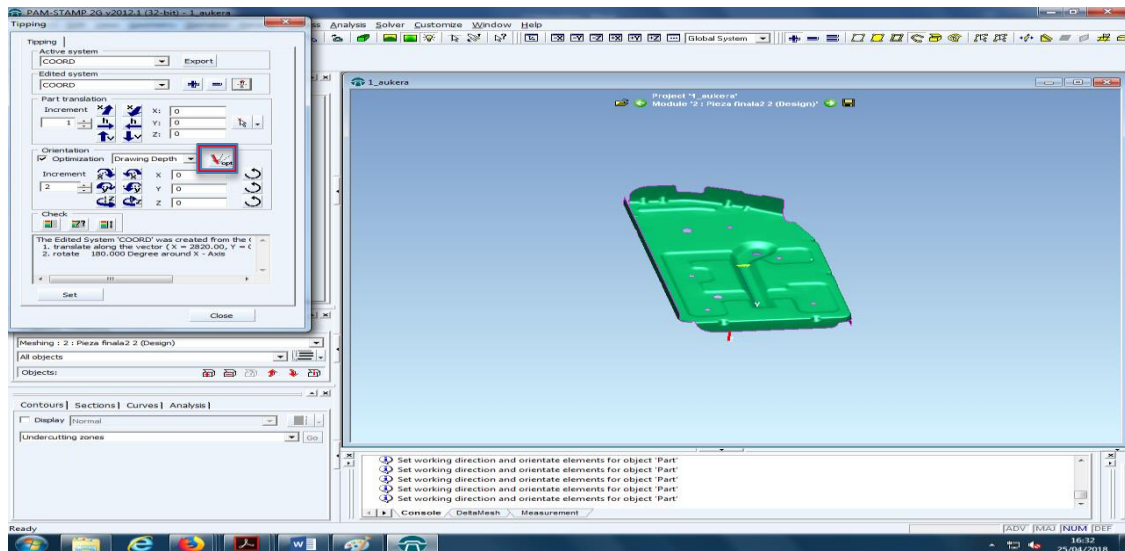
✓ *Sistema aktiboaren aldaketa*





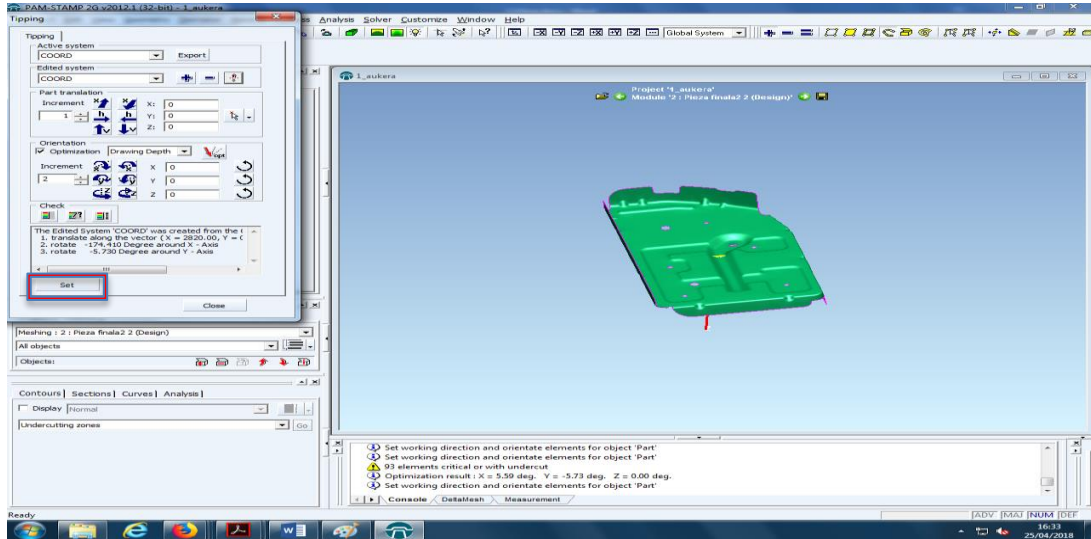
41. irudia: Sistema globaletik koordinatu sistemara aldaketa

✓ Ardatzaren noranzkoa aldatu



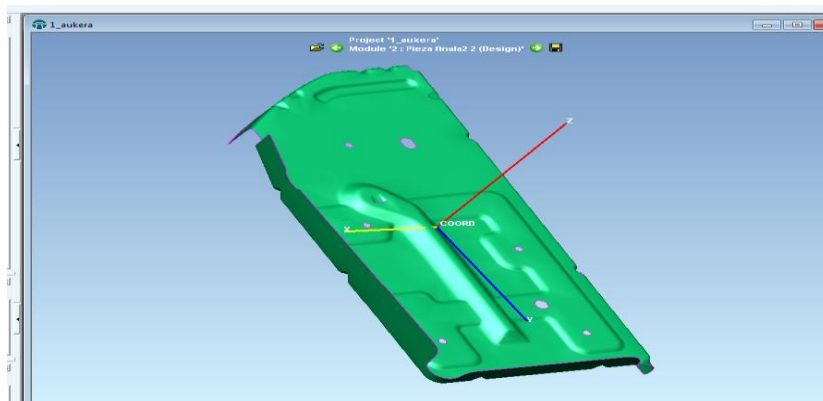
42. irudia: Estanzazioa z ardatz positiboan

✓ Optimizatu



**43. irudia:** Prozesua burutzeko azken pausua

✓ *Set gure irudian aplikatu daiten*

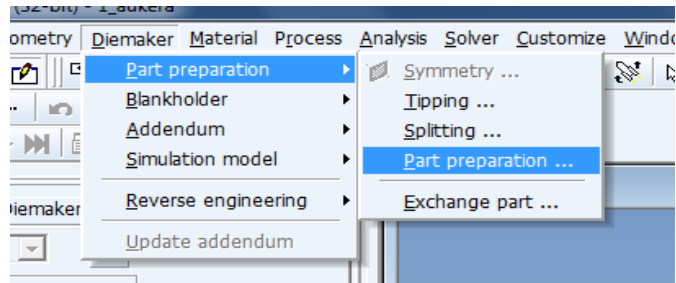


**44. irudia:** Pieza beste perspektiba batetik (z +)

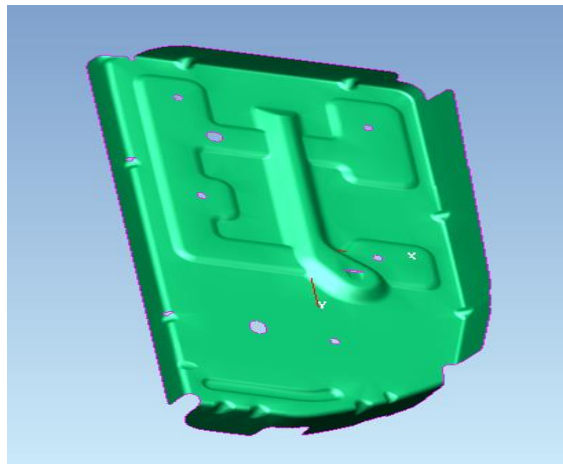
Ondoren zuloak itxi beharko ditugu, ikusi 44. irudia, aurrera jarraitu aurretik, bestela estanpatzean bihurtu eta desplazatu egingo dira deformazioak sortuz.

Honetarako *diemaker* atalean → *part preparation* → *part preparation* egin eta jarraian ikusten dugun 45. irudia irekiko da. Ondoren *holes* estekan klik egin beharko dugu 47. irudian ikusiko dugun bezalaxe eta 46. irudian ikusten diren zuloak itxiko dira.

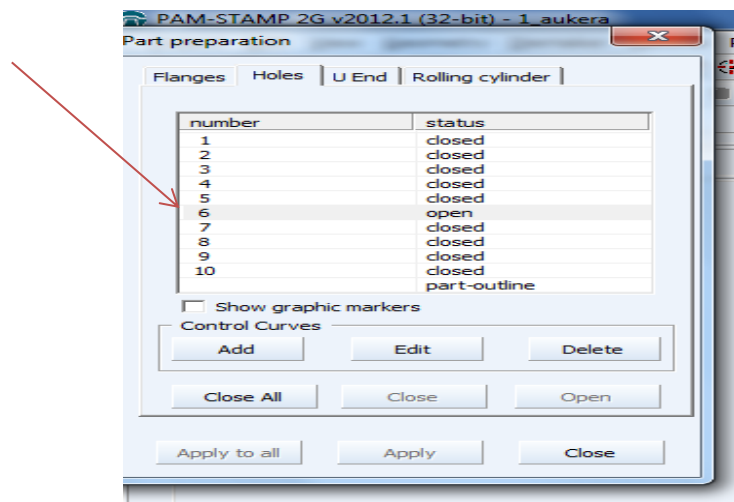




**45. irudia:** Zuloak ixteko jarraitu behar den prozedura

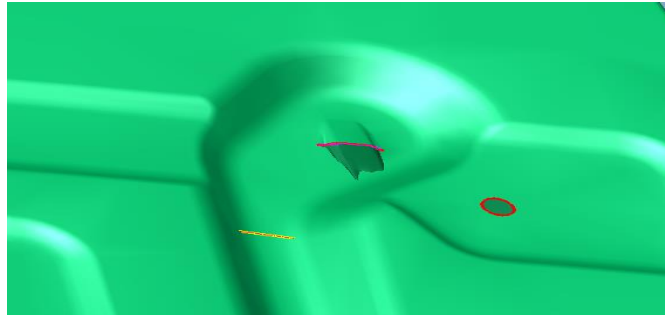


**46. irudia:** Pieza bera zuloak itxi aurretik



**47. irudia:** Zuloak ixtean ikusiko den leihoa

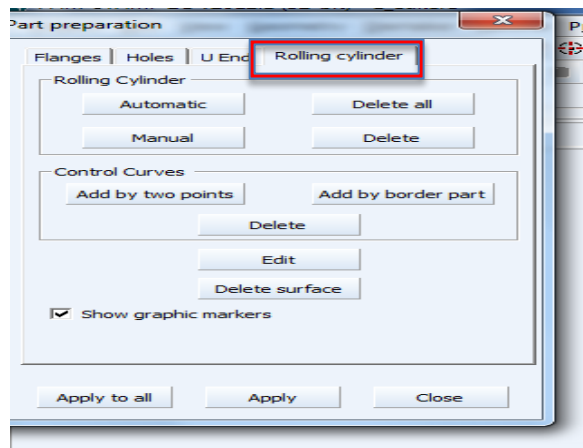
*Holes* atalean zulo guztiak itxiko ditugu bat izan ezik ( seigarrena).



**48. irudia:** Itxi gabeko zuloa

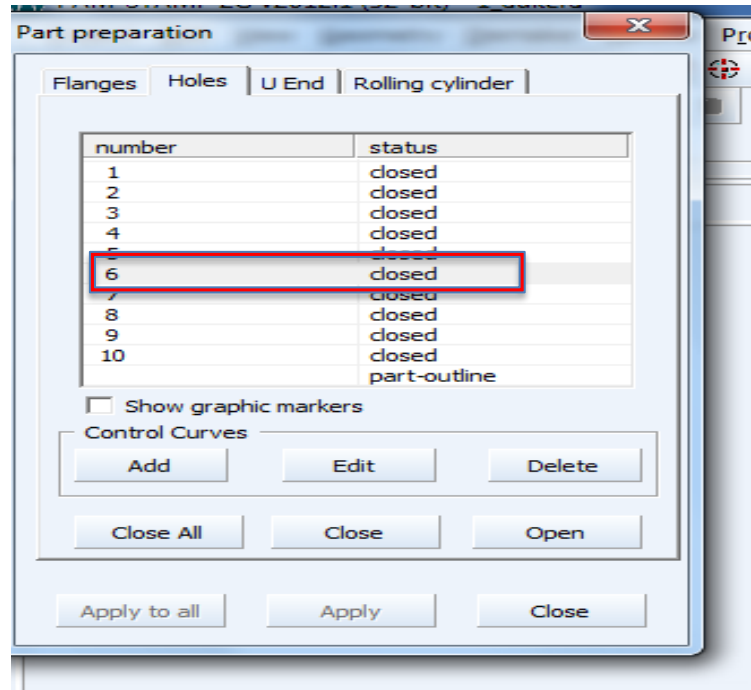
48. irudian ikusten da nola zulo bat ez den itxi. Salbuespen hau beste era batetara konpondu beharko dugu. Atal hau itxi eta menu nagusiko elementu batekin baliatuz zulo bat eratuko dugu elementu finituen bidez klik ugari eginuz pieza nagusian.

Behin zulo hau dugula ixteko *Rolling Cylinder* atalean klik egingo dugu *diemaker* → *part preparation* → *part preparation* barnean laugarren esteka, 49. Irudia.



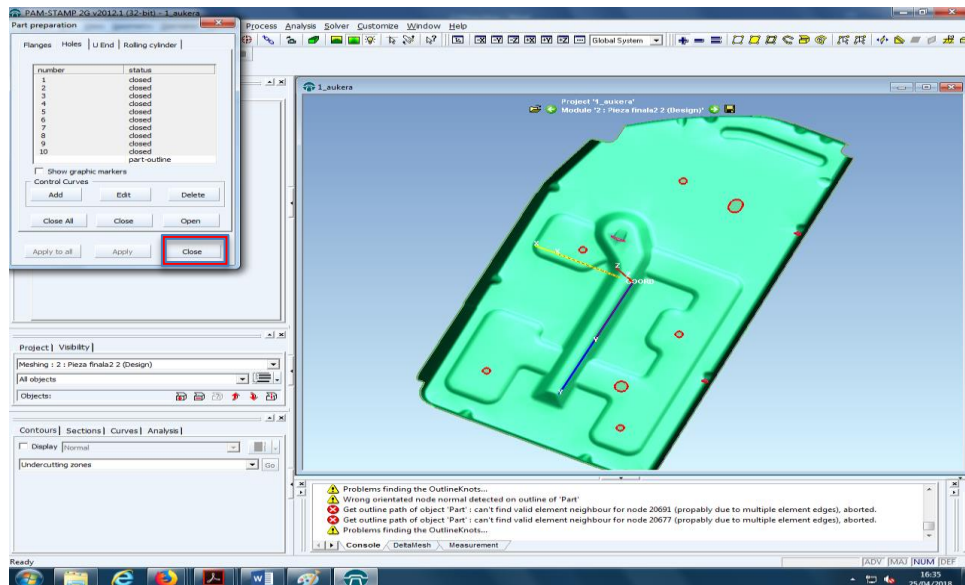
**49. irudia:** Zilindroa eratzeko leihoa

Aurretik egindako zulo horren gainean zilindro bat egingo dugu, ikusi 49. irudia, bi puntuetan klik eginuz eta jarraian *holes* atalean seigarrenko zulo hori itxi egingo dugu, ikusi 50. irudia, aurrerantzean arazo gehiagorik emango ez duelarik. Honetarako aurretik azaldu den teknika jarraituko da.



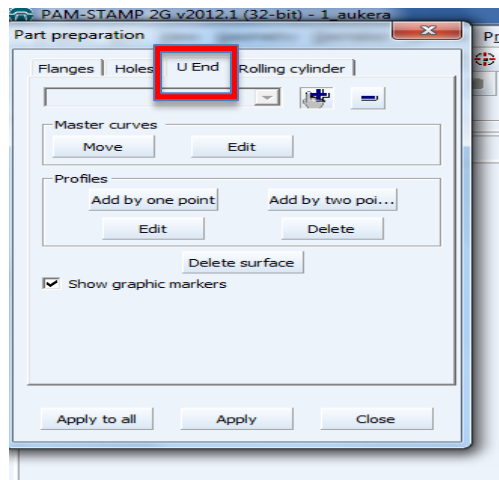
**50. irudia:** Zulo guztiak ixtean dugun leihoa

Pantailan honakoa ikusiko dugu, 51. irudia:



**51. irudia:** Holes close eginda dugun leihoa

Alboetako tolesturak ere ezabatu beharra izan dugu aurreragoko erroreak saihestu ahal izateko. Hala ere, pieza ez da guztiz ondo geratzen eta *U end* hirugarren estekaren bidez biribiltzeak egitea lortzen dira puntu konkretu batean ertz arraroa geratzen baita, ikusi 52. irudia.

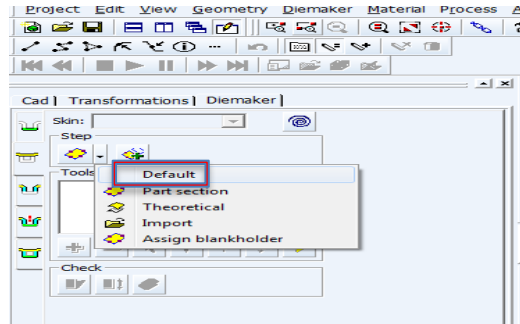


### 52. irudia: Ertz biribiltzeak lortzeko U end leihoa

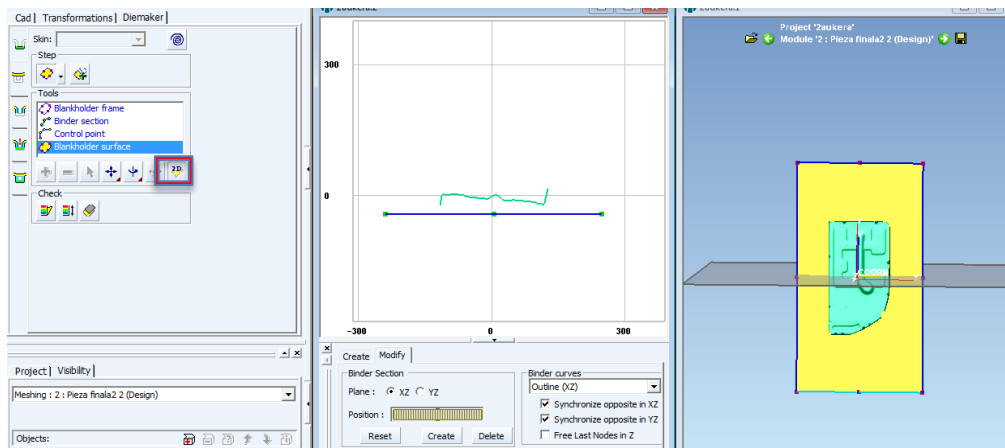
Azkenik piezaren itxura hobetzen da forma jarraitua emanik perimetro osoan zehar.

#### 2.1.1.2. BLANKHOLDER

Hurrengo pausua pisadorea zehaztea izango da. Hau programak defektuz sortzen duena izan daiteke edo guk molda dezakegu forma laua edo forma kurboa emanaz. 53. irudian defektuzkoa nola hautatu ikusten dugu eta 54. irudian aldiz 2D aukeran klik eginez zein distantziatara gauden edo txaparen itxuran moldaketak egiterako orduan bertan ikusteko aukera dugu.



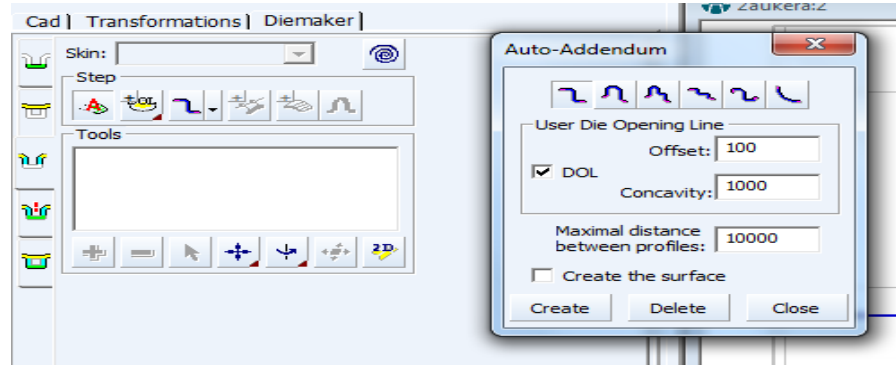
**53. irudia:** *Blankholder* aukeraketa



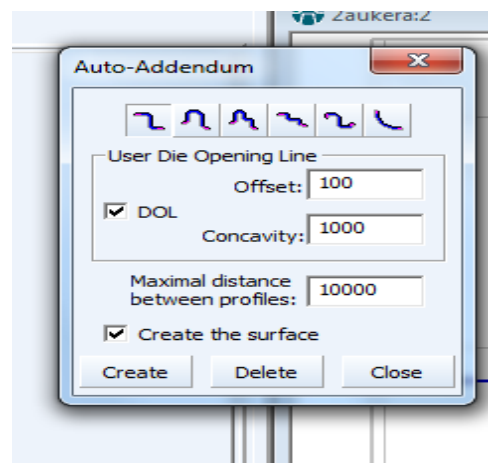
**54. irudia:** Txaparen itxura eta distantzian aldaketa egitea baimenduta dago

### 2.1.1.3. ADDENDUM

Addendum-ak azken diseinua nolako izango den influentzia handia du. Honen ikasketa aspekturik garrantzitsuena da eta hirugarren pausu hau 55 eta 56. irudietan nola egin ikusten dugu.



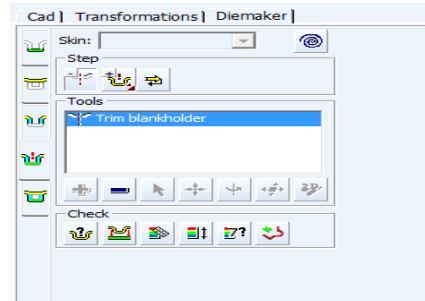
55. irudia: Addendum motaren aukeraketa



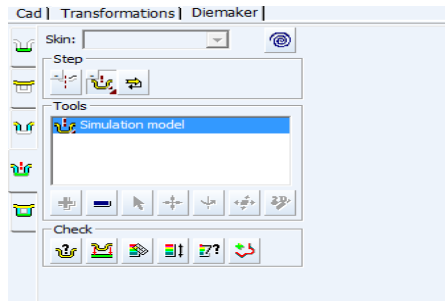
56. irudia: Addendum gainazalaren eraketa

#### 2.1.1.4. SIMULATION MODEL

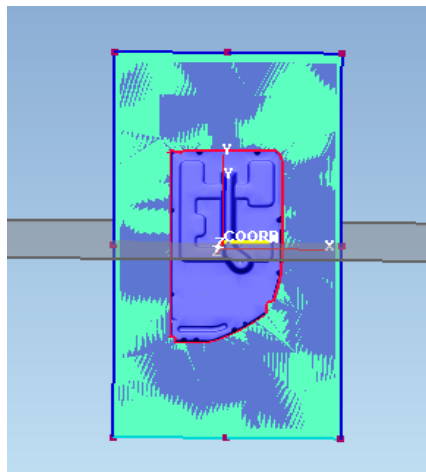
Erramintekin hasi aurretik azken pausu bat dugu, *Trim blankholder*-ra, 57. irudia, eta *Simulation model*, 58. irudia, gehitzea egitea. 59. irudian pausu hauek jarraituz gure piezak duen itxura dugu ikusgai.



57. irudia: *Trim Blankholder* aukeraketa

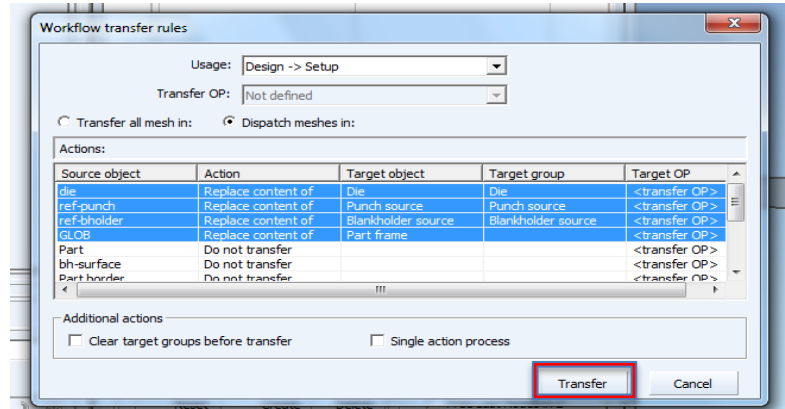


58. irudia: *Simulation model* aukeraketa



59. irudia: Set Up eginda piezaren itxura

### 2.1.1.5. ERRAMINTEN TRANSFERENTZIA (update setup):



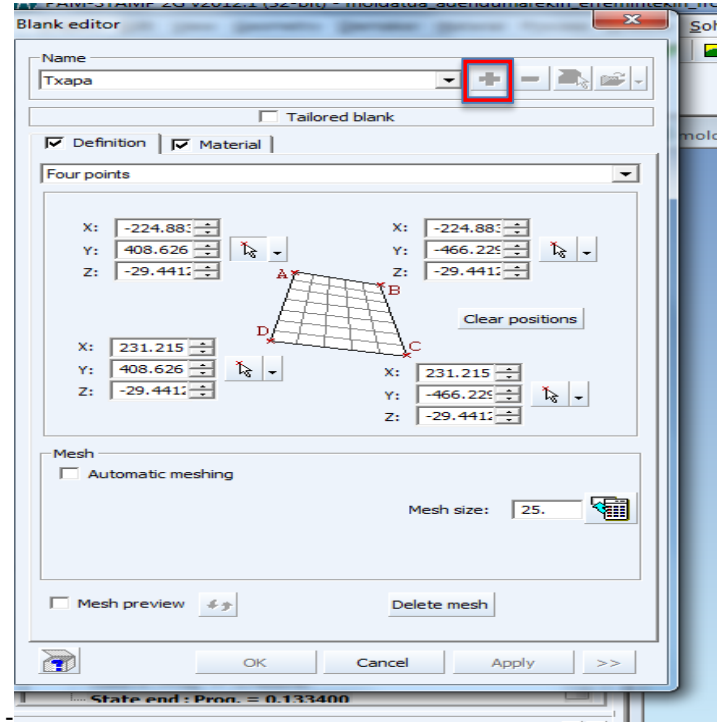
**60. irudia:** Erraminten transferentzia

Behin erraminten transferentzia eginda, 60. irudia, gure pieza prest dago simulazio numerikoko atalarekin hasteko.

#### 2.1.1.5.1. XAFLAREN EZAUGARRIEN EDITOREA

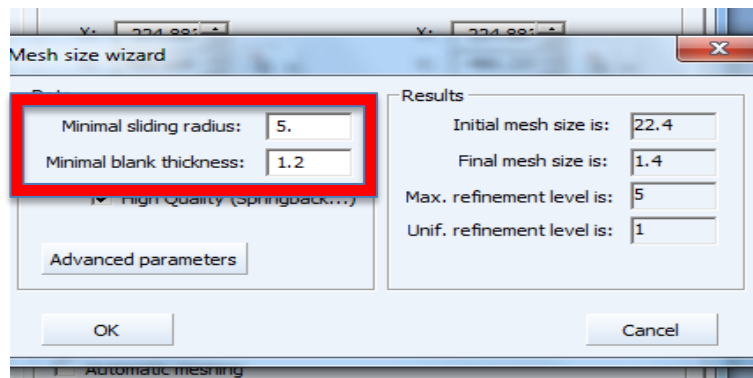
Xafla objektua eratzten dugu *Blank* botoia klikatuz eta + eginez. Lodieraren arabera hiru aukera ditugu eta bat aukeratu beharko dugu. Guk gainazalekoa aukeratuko dugu oso fina dena. Gero, inportatu edo sortuko dugu 4 punturen bidez. Guzti hau 61. irudian ikus genezake.





**61. irudia:** Txaparen sortzea

Hau saretzea da eta automatikoki egin dezake edo kalkulagailua klikatuz balio ezberdinak sartuz. Guk azken aukera bidez termino bi definituko ditugu aurrerantzean garrantzi handia izango dutenak: biribiltze erradio minimoa eta lodiera, ikusi 62. irudia.

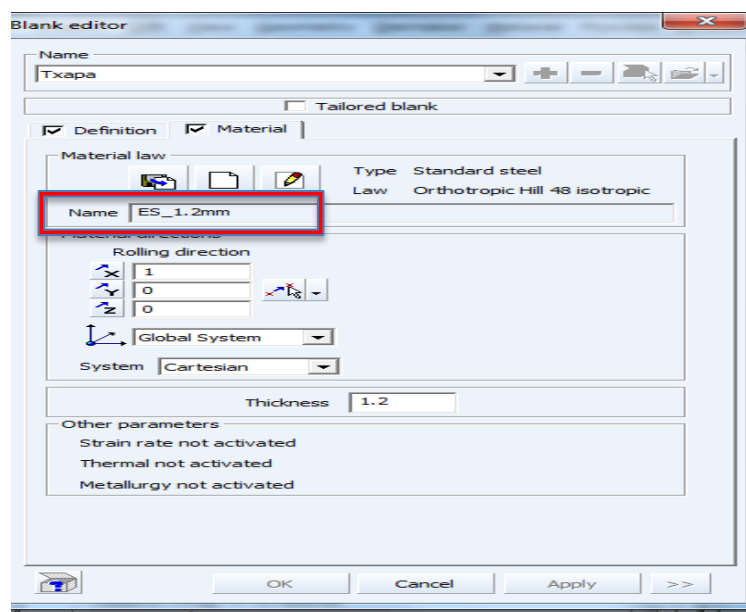


**62. irudia:** Biribiltze erradioa eta lodiera zehaztapena

Xafla guztiz definiturik izateko materiala aukeratzea baino ez zaigu faltako. Datu basetik norma bat aukeratuko dugu eta hortik aurretik kalkulagailuan

definitu dugun lodieraren araberako material lodiera bera aukeratuko dugu. Hau ondorengo 63. irudian dugu ikusgai.

Normalean hotzeko konformaziorako karbono urriko altzairuak (bere harikortasuna dela eta) eta lodiera gutxiko txapak ( 1,2 mm gutxi gora behera) erabiltzen dira.



**63. irudia:** Materialaren aukeraketa datu basetik

Ijezketa norabidea x ardatzean aukeratuko dugu eta lodiera aurrekoaz bat doala ziurtatu beharko dugu hurrengo pausura jarraitu aurretik. Hau 63. irudian egingo dugu.

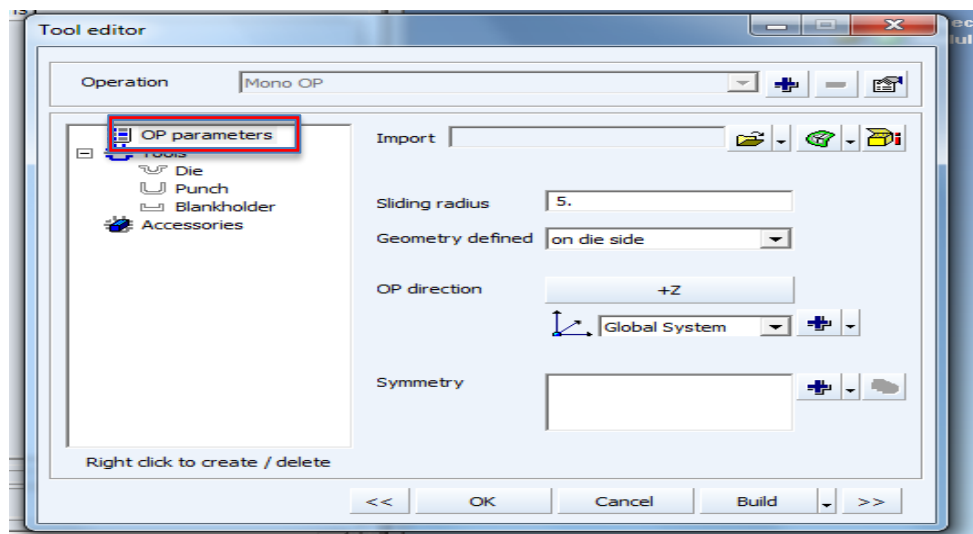
Txaparen propietateak aurretik jasan dituen ijezketa prozesu eta tratamendu termikoen menpe daude:

- Anisotropia: Propietateak ez dira berdinak norabide guztietan ijezketan jasandako norabideko berkrizaltzea dela eta (forjako norabideko fibratuaren antzera).
- Tentsio egoera aldakorrek piezaren gune ezberdinetan.

#### 2.1.1.5.2. ERREMINTA ETA OSAGARRIEN EDITOREA

Prozesuaren geometria daukagun elementuen geometriara egokitu behar dugu, simetria planoaren eraketa burutu behar *erreminta* ikonoa klikatuz.

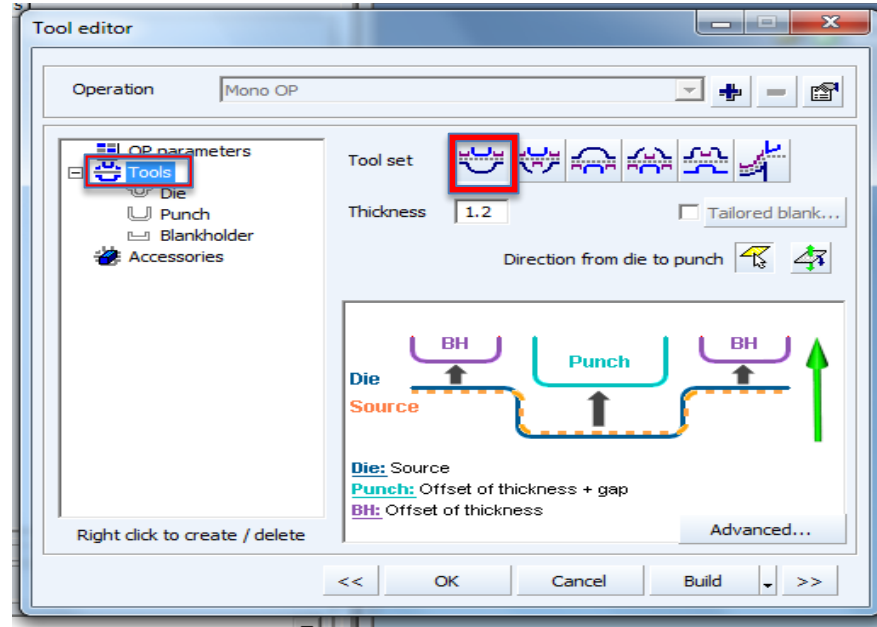
Lehen pausua ,*OP parameters* klikatzea izango da, 64. irudia,



**64. irudia:** Parametroen definitzea; biribiltze erradioa eta estanzazio ardatza zehaztuz

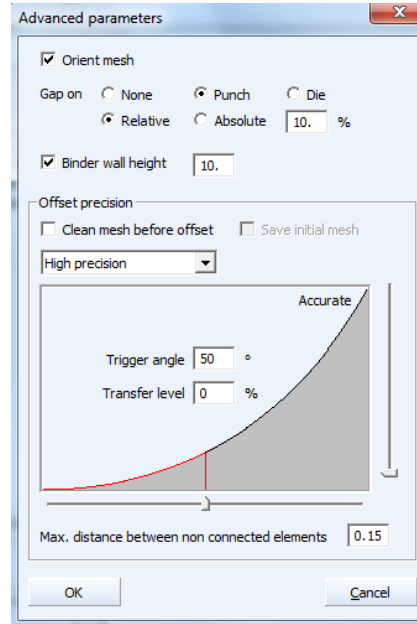
Eta + puntuan klikatuz simetria plana eratuko dugu era arin batean. Kolokialki ulertzeko ardatz bien noranzkoa sistema globalaren berdina izan behar da.

Jarraian erremintetara joko dugu. *Tools set* atalean, ikusi 65. irudia, zinatika aukeratu dugu pestainan akzio bikoitzeko prentsari dagokion irudia aukeratuz (lehen aukera). Ziurtatu beharra dugu *punch to die* norabidea egokia dela (ardatz berdea goranzko norabidean).

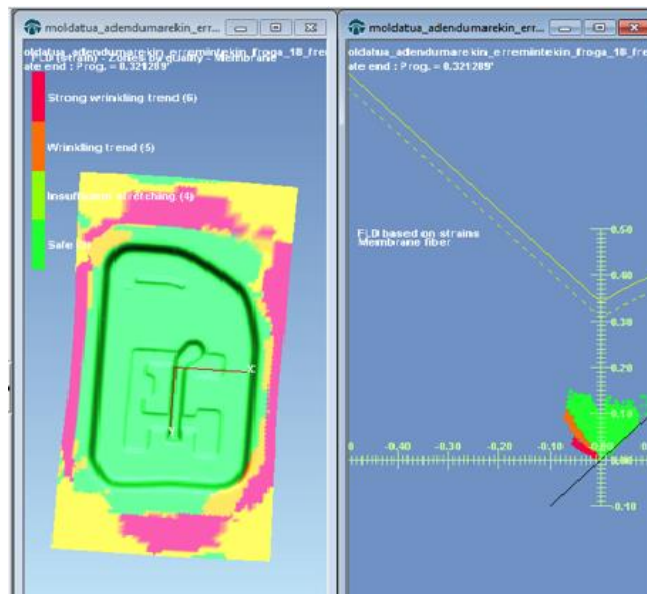


**65. irudia:** Zinematikaren eta lodieraren zehaztapena

*Advanced* atalean klik eginez ondoko 66. irudia irekiko da eta defektuz agertzen da offset-a matrize puntzoi tartea % 10- a dela ikus genezake. Jarraian simulazio emaitza eta FLD diagrama aurkezten da, ikusi 67. irudia, kasu honetarako. Gure simulazio emaitzak honekin egin dira, hau da, inolako aldaketa egin gabe *advanced* atalean.

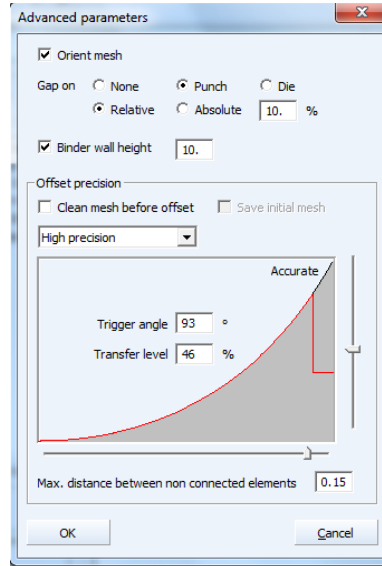


66. irudia: Advanced parametroak

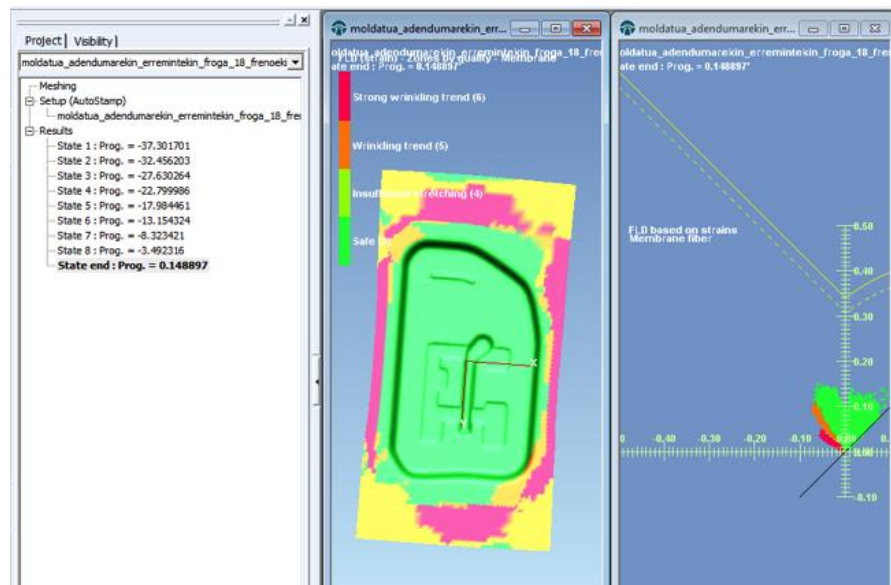


67. irudia: Simulazioaren FLD diagrama

Hurrengo adibidean aldaketa bat egin da *trigger angle* eta *transfer level*-en eta emaitzak aztertuko ditugu orain, ikusi 68 eta 69 irudiak.

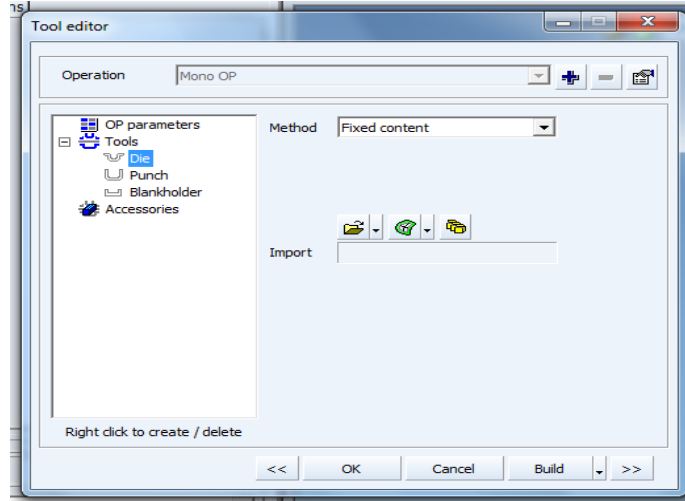


**68. irudia:** Advanced parametroen aldagaien aldaketa

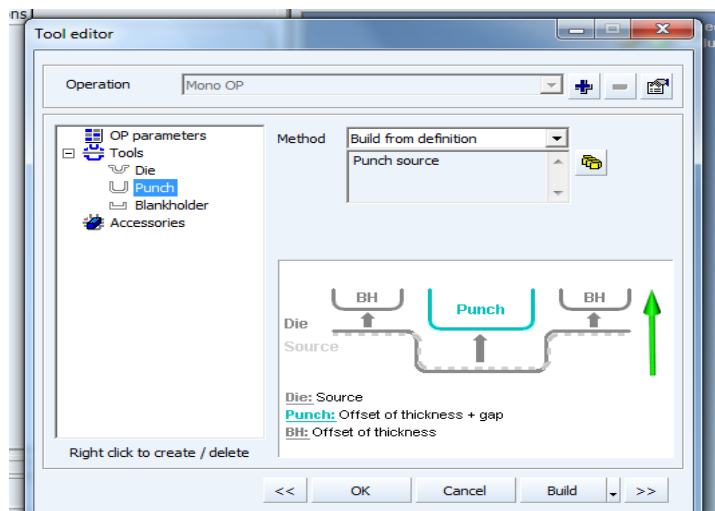


**69. irudia:** Simulazio emaitzak eta FLD diagrama aldagaien aldaketarako

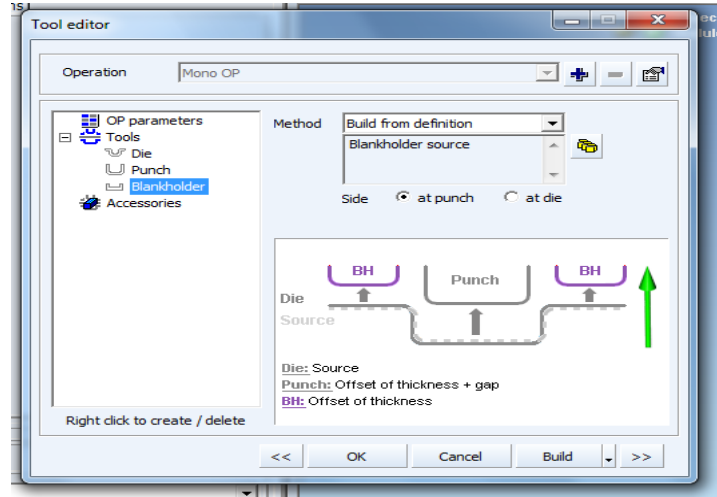
Orain programari esan beharko diogu zein geometria dagokion elementu bakoitzari. Hau da, erreminta bakoitzerako, ikusi 70, 71 eta 72 irudiak, *build from definition* klikatu eta jatorri egokia elementu bakoitzerako aukeratu beharko dugu.



**70. irudia:** Matrizearen metodoaren zehaztapena

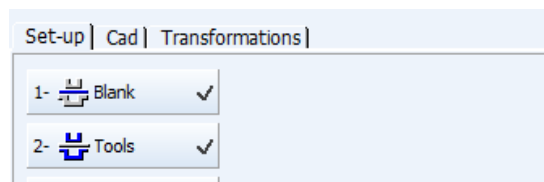


**71. irudia:** Puntzoiaren metodoaren zehaztapena



**72. irudia:** Txaparen metodoaren zehaztapena

Behin amaituta ondokoa ikusiko dugu, 73. irudia :



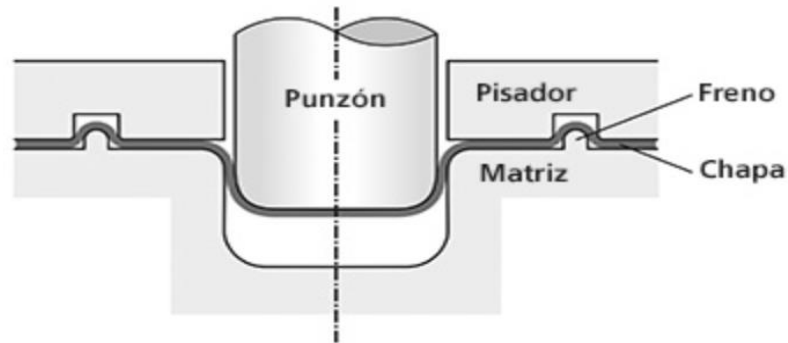
**73. irudia:** Lehen atal biak bukatzean programaren ezker partean ikusten dena.

### 2.1.1.5.3. FRENOEN EDITOREA

Balaztak maiz erabiltzen dira materialaren fluxua lokalki kontrolatzeko enbutizio eragiketa zehar, haustura zimurrak saihestuz. Kontrol hau sarritan lortzen da balaztak zapaltze indarrak konbinatuz. Prozedura hau nola egiten den 74. irudian ikus daiteke.

Honenbestez, balaztak erabiltzen dira metalezko xaflaren fluxua kontrolatzeko operazio zehar hodiaren barrunbean zehar, gutxieneko materiala erabiliz zigilatutako pieza optimoa lortzeko.





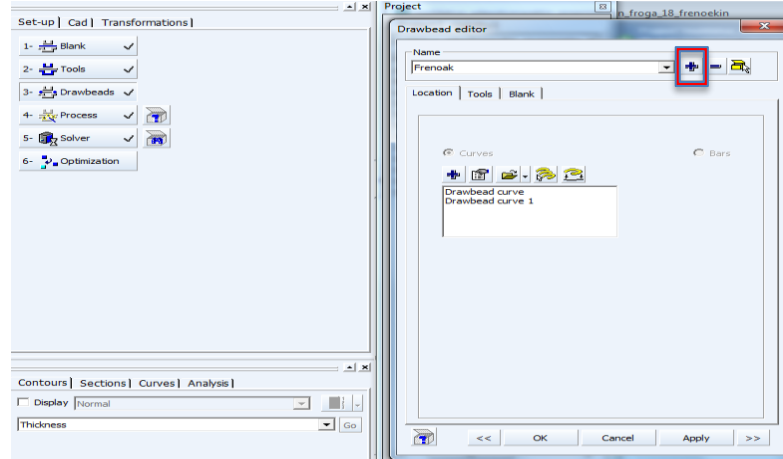
#### 74. irudia: Enbutizio prozedura

Prozesu fasean zehar, balzatak posizioa, iraupena eta atxikipena aldatzen dira, gutxieneko materiala erabiliz zigilatutako pieza optimoa lortzeko. Balzatak eskuz ere aldatu daitezke martxan jartzeko fasean, nahi duzun prozesua lortzeko. Oro har, balzatak erabiltzen direnean, alderdi batzuk hartu behar dira kontutan konformazio optimoa lortzeko:

1. Zapaltzailea ixten den bitartean beharrezkoa den presio indarra.
2. Zapaltzailea ixtean txaparen formak balzattetan duen eragina.
3. Enbutizio prozesuan zehar erramintak itxita mantentzeko beharrezkoa den indarra.
4. Balazta gainditu duten eremuetan materialen propietate aldaketak (deformazioak eta tentsio osagarriak) planoan eta lodieran, gogortze gehigarrian, mehetze gehigarrian.
5. Moldatu den txaparen formatua.

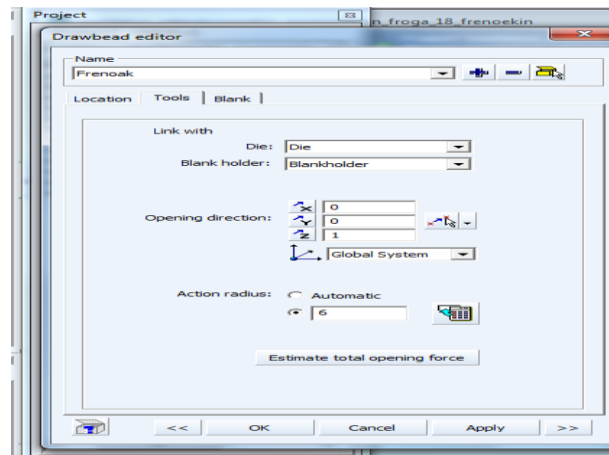
Baina balazten erabilera intentsiboak, eta beharrezkoak diren aldaketak, moldaketa simulazio batean balzatatzeak ikuspegi egituratu bat eskatzen dute. Simulazio eredu horiek aldatzea azkarra eta erraza izan behar da eta ez du eraginik izan kalkuluaren denboran. Hala eta guztiz ere, arreta berezia jarri behar zaie frekuentziaren ezarpenari dagokionez, balzatatze eraginkorreko ereduak estanzazio simulazioan duen garrantzia handia duelako.

Hortaz, + klik egin eta izena ematen zaio edo inportatu egiten da, 75. irudia.



**75. irudia:** Frenoen eratzea

*Tools* atalean matrize eta pisadorearen link-a definitzen da *opening direction*-tzat z hartuz, ikusi 76. irudia.



**76. irudia:** Matrize eta zapaltzailearen definizioa

Azkenik, *blank* atalean frenoak egiten duen indarra definitu beharko dugu. *Uniform* aukeratu eta nahi dugun frenoaren geometria aukeratu beharko dugu parametro geometrikoak definituz, ikusi 77. irudia.

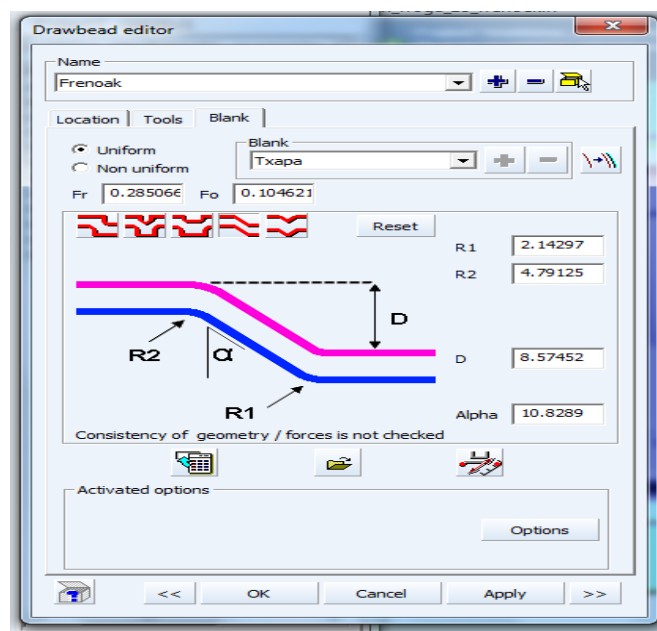
$F_r$ = pisadoreak txaparen gainean egindako indarra

$F_o$ = frenoaren kontra egindako indarra, pisadoretik irristatzen denean

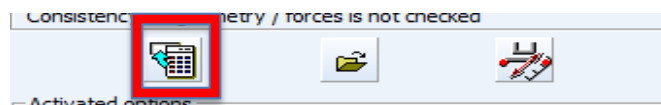
Aukeratutako geometriaren arabera parametro batzuk definitu beharko ditugu eta kalkulagailuan, 78. irudia, hauen grafika ezberdinak ikusiko ditugu.

Honen aukera egingo dugu balaztaketa handia egitea nahi bada edo balazta txikia egin nahi denaren arabera. Lehen eta azken aukerak asko eutsiko dute, hau da balaztatze handia egingo dute. Besteek aldiz, eremu txikiagoan.

Grafikoetan balioa ezkerreruntz edo eskuineruntz eramanez gauzak aldatuko dira, egin nahi den efektu handiago izatea edo txikiagoa izatea nahi denean. Honek gure piezan nolako eragina duen aztertu beharko dugu eta erabakia hartu.

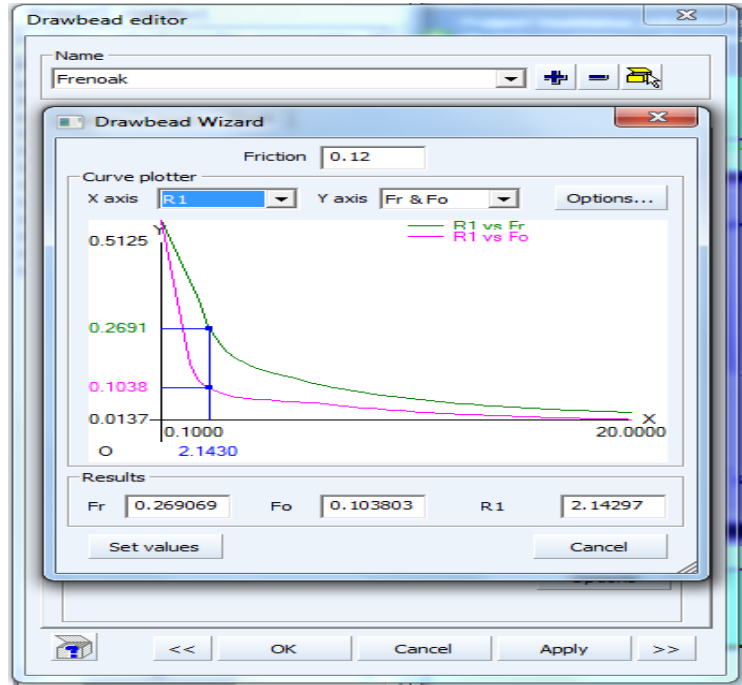


**77. irudia:** Balaztaren indarraren definizioa

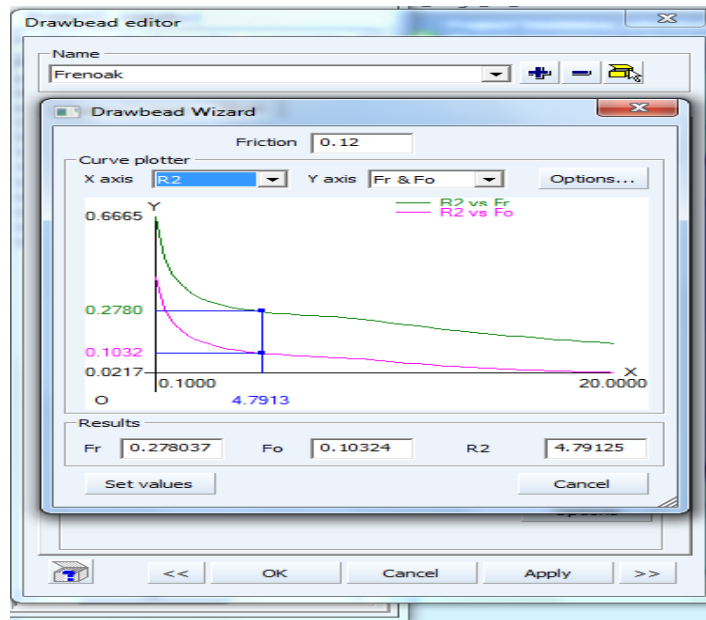


**78. irudia:** Kalkulagailuaren aukeraketa

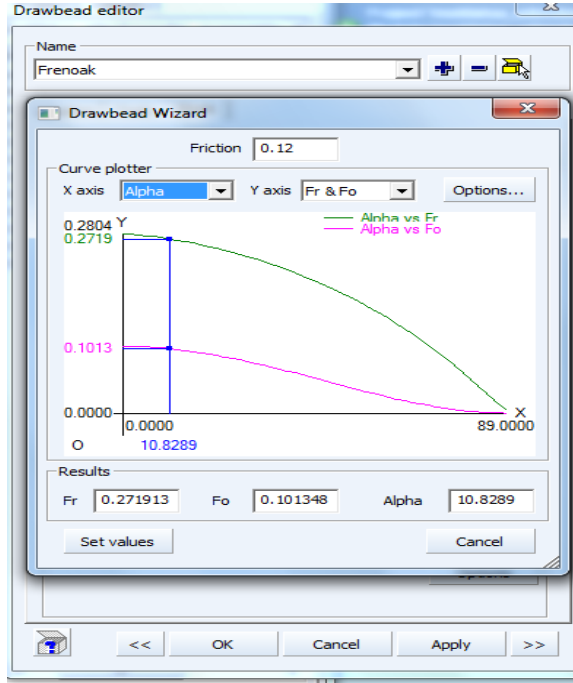
Esan bezala geometriaren arabera grafika ezberdinak ikusiko ditugu: R1, 79. irudia; hurrengoa, 80. irudia, R2; jarraian alpha grafika, 81. irudia; ondoren D aldagaiaren grafika dugu, 82. irudia eta azkenik frikzio aldagaiaren grafika dugu, 83. irudia.



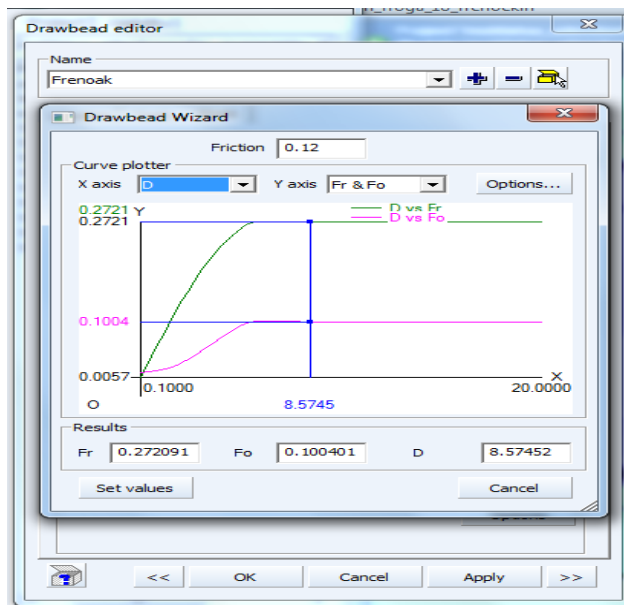
79. irudia: R1 aldagaiaren grafika



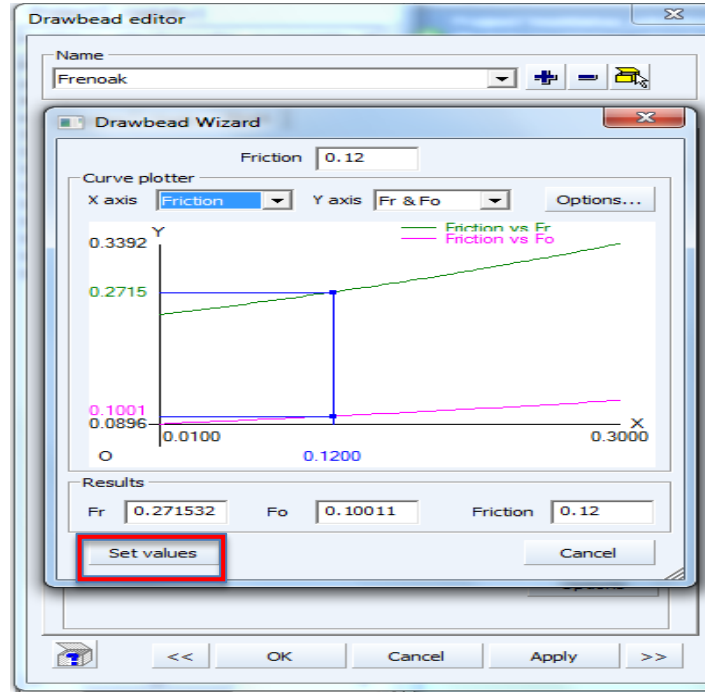
80. irudia: R2 aldagaiaren grafika



81. irudia: Alpha aldagaiaren grafika



82. irudia: D aldagaiaren grafika

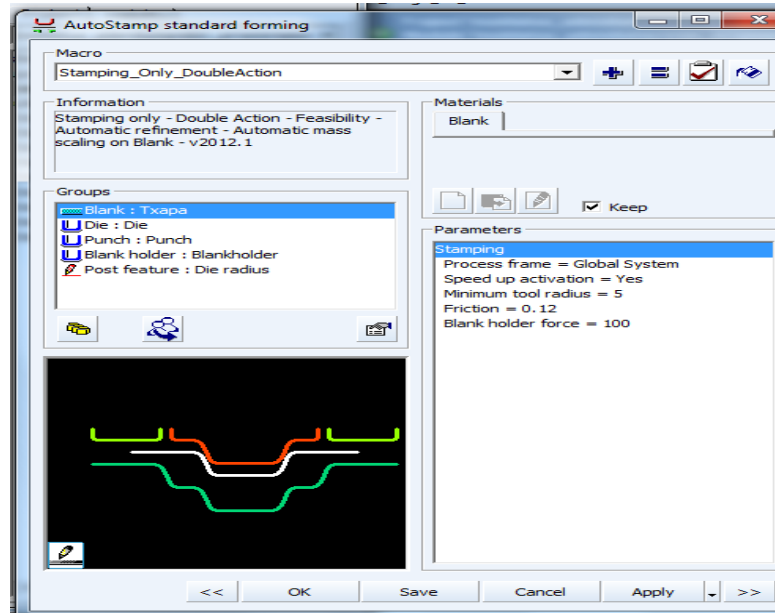


**83. irudia:** Frikzio aldagaiaren grafika

*Set values* eginez balioak definiturik geratuko dira. Bestelako balaztarik definituz gero prozedura bera jarraitu beharko dugu.

#### 2.1.1.5.4. EBAZPEN MATEMATIKOKO MAKRO-EN EDITOREA

*Process* ikonoa klikatu behar dugu eta makroa kargatzean stamp/feasibility direktorioan *Stamping Only Double Action* aukeratu eta open klikatu beharra daukagu, ikusi 84. irudia.



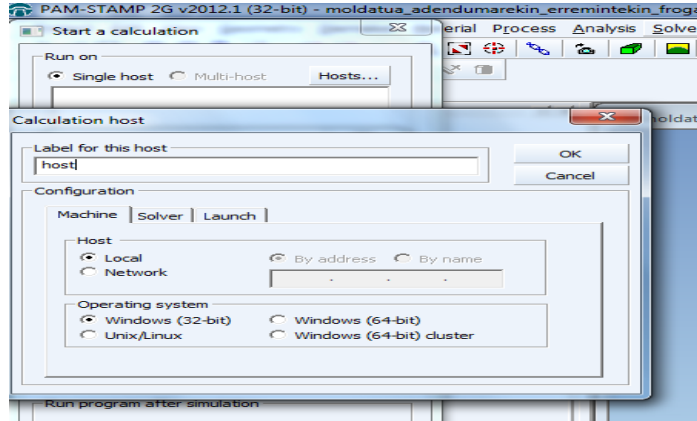
84. irudia: Makro editorearen zehaztapena

Taldean ikusi nahi diren elementuak klikatu beharko dira eta parametroetan alda daitezkeen ezaugarriak ditugu, zapaltzailearen indarra esaterako.

#### 2.1.1.5.5. SOLVER

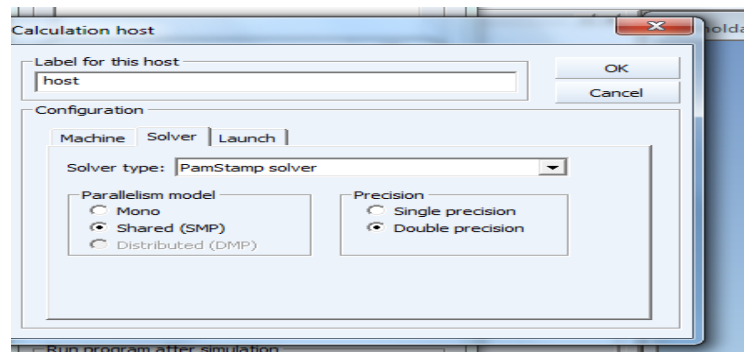
Host barnean azken pausu batzuk baino ez zaizkigu falta prozesatzen hasi aurretik, ikusi 85 eta 86 irudiak.

- *Izena eman*
  - Makina → lokala
  - Sistema operatiboa → Windows 32 bit



**85. irudia:** Host izena ematea

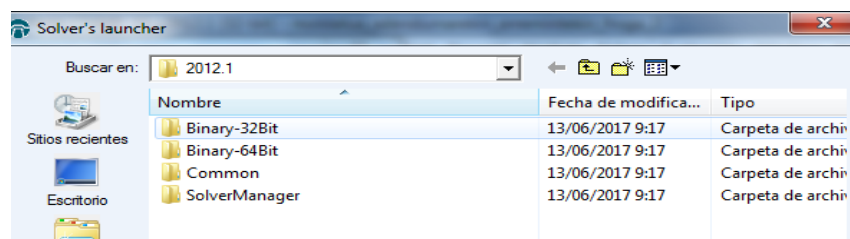
- *Solver: Shared eta prezisio bikoitzekoa*



**86. irudia:** Arazo konpontzailearen definizioa

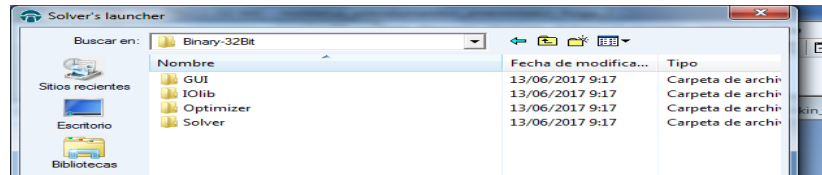
- *Launch*

Jarraitutako etapa ezberdinen irudiak aurkezten ditugu jarraian, 87,88,89 eta 90. irudiak.

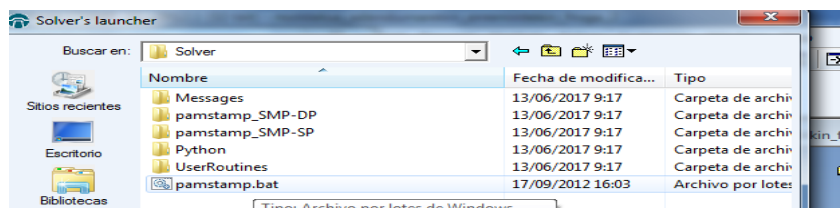




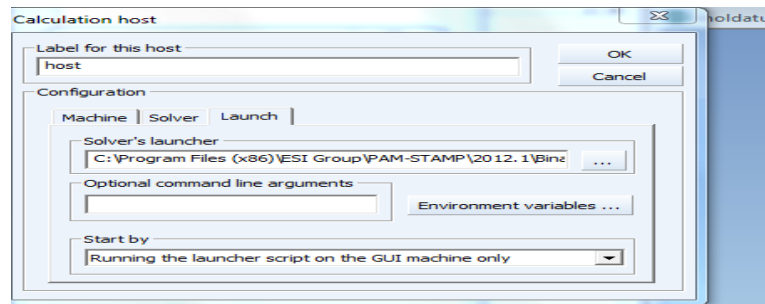
**87. irudia:** *Solver Launch* atalaren 1. etapa



**88. irudia:** *Solver Launch* atalaren 2. etapa

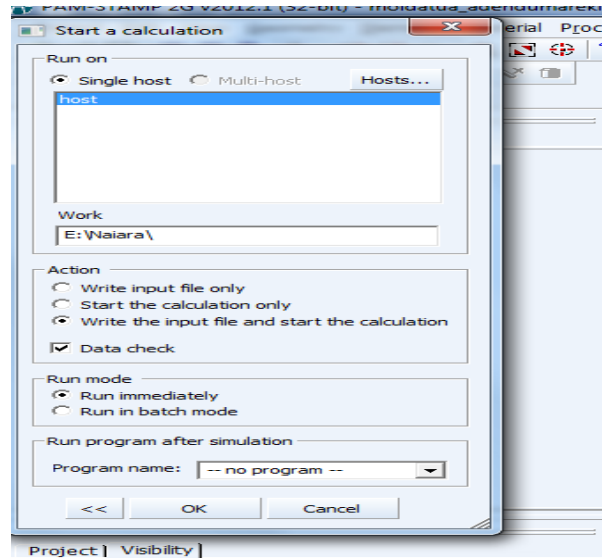


**89. irudia:** *Solver Launch* atalaren 3. etapa



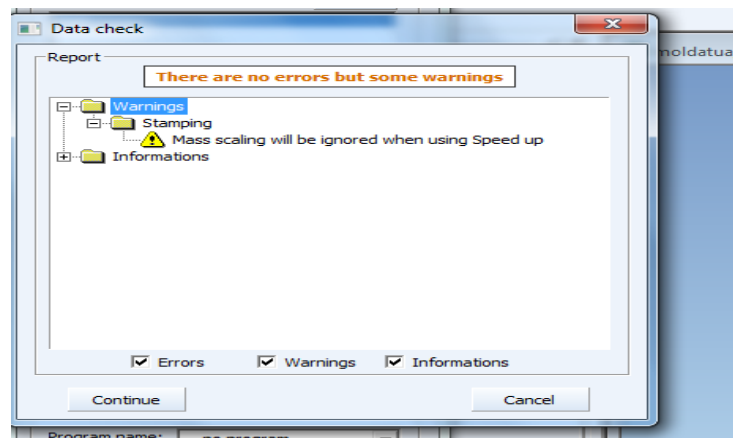
**90. irudia:** *Solver Launch* atalaren irudia

Honela simulazioen kalkuluei hasiera emango diegu 91. irudian ikusten dugun legez.

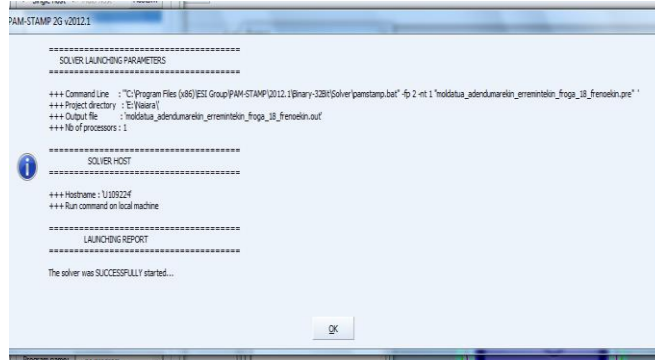


**91. irudia:** Kalkuluen hasiera

Dena ondo dagoela egiaztatu behar da. Honetarako data *check* ikonoa sakatu eta akatsik ez dagoela egiaztatzen dugu, 92. irudia. Jarraian simulazioari ekingo diogu, 93. irudia, eta emaitzak izango ditugu ondoren, 94. irudia.

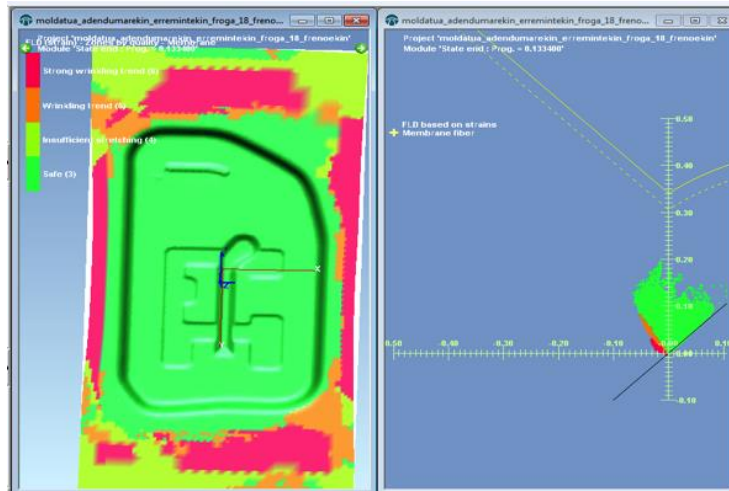


**92. irudia:** Arazorik ez denaren ziurtapena



**93. irudia:** Simulazio hasi denaren baieztapena

Simulatu eta emaitzak ikusiko ditugu eta etapa bakoitzean duen balio ikusi ahal izango dugu.



**94. irudia:** Simulazioaren FLD diagrama

Aztertzen diren emaitza motak hurrengoak dira:

- **Argaltzea**

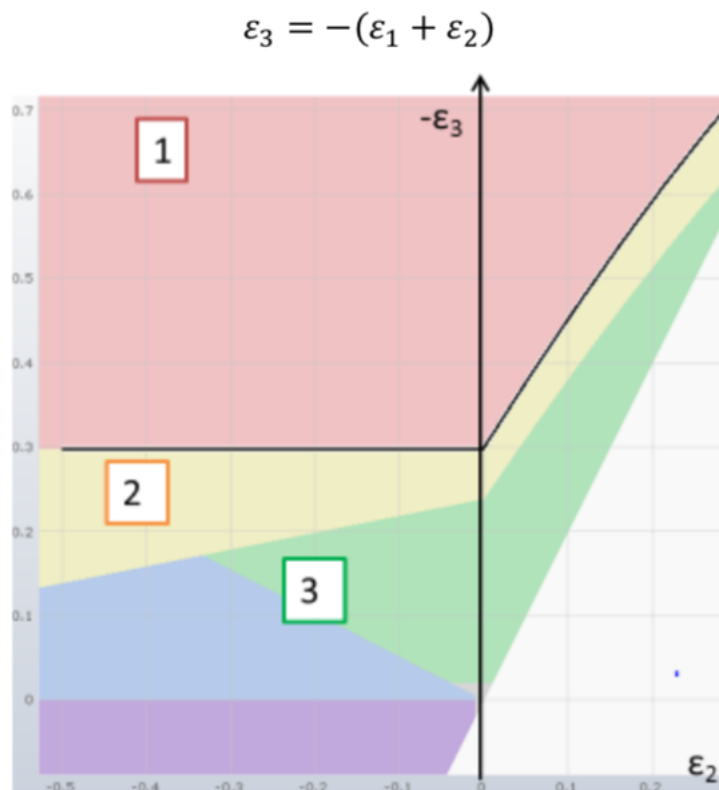
Enbutizio prozesua material fluxuan eta bere argaltzean oinarritzen da. Argaltzean materiala gogortzen baldin bada, materialaren ahultasuna txikia da eta gai da inguruko materiala berarekin eramateko. Materiala ez bada gogortzen, ahultasun gune bat sortzen da eta materialaren haustura ematen da.

Ohiko formulazioa ez da nahikoa fenomeno hau deskribatzeko, elementu normalen estresak eta tentsioak nahikoak ez diren moduan deskribatzen baitira. Hori dela eta, programak litzeko aukera ematen duen elementu partikularra du: TTS- lodiera estresaren bidez.

Elementu honek kontraste txikiak, estres normala eta 3D-ko plastikotasuna kontuan hartzen ditu. Automatikoki aktibatzen da fenomenoak litzaten direnean.

Argaltzea formagarritasunarekin erlazionatuta dago zuzenean. Bistaratzeko, hiru eremu nagusi bereizten ditugu grafikoan.

Kasu horietan betetzen du  $\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 1$ , non  $\epsilon_3$  argaltzea den. Hori dela eta, argaltzea deformazio nagusi eta deformazio sekundarioaren arteko batura da.



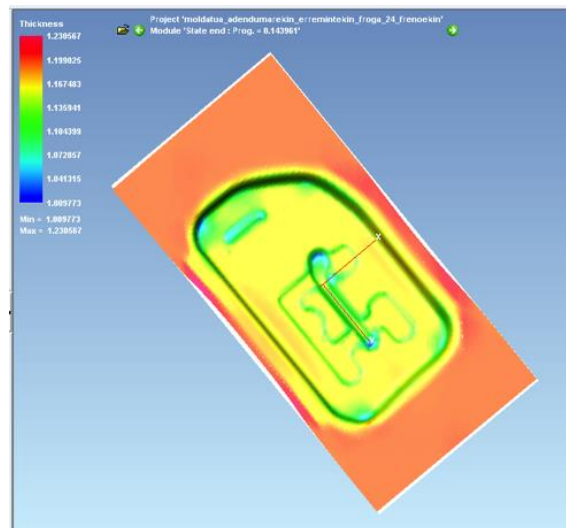
**95. irudia:** Deformagarritasun grafika zonalde ezberdinetan banatuta

Argaltze eremuak formagarritasun eremuak bezala edo antzera banatzen dira aurreko 95. irudian ikusten den bezalaxe.

Txaparen mehetzea bistaratzeko beste komandu bat *thinning* da, eta horren balioa erakusten da, ikusi 96. irudia. Onargarria izan dadin pieza eta nahikoa luzatua mehetze maximo onartua (% 25) da eta mehetze balio minimoa (0) da.

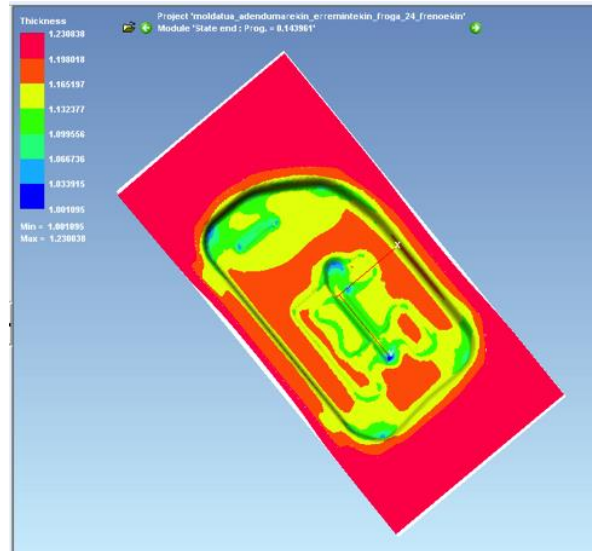
Beltzez agertzen diren eremuak nahiko argaldu ez direnak izango dira. Oso logikoa da gune hauetan zimurrak agertzea eta konpresio guneak. Bestalde, laranja eremuak nabarmentzekoak dira, eta, ondorioz, haustura guneekin bat datoz.

Jarraian gure simulazioan lortutako mehetze irudi batzuk aurkeztuko ditugu, 97, 98, 99, 100 eta 101 irudiak non komandu ezberdinak klikatu diren eta irudi ezberdinak ikus ditzakegu.



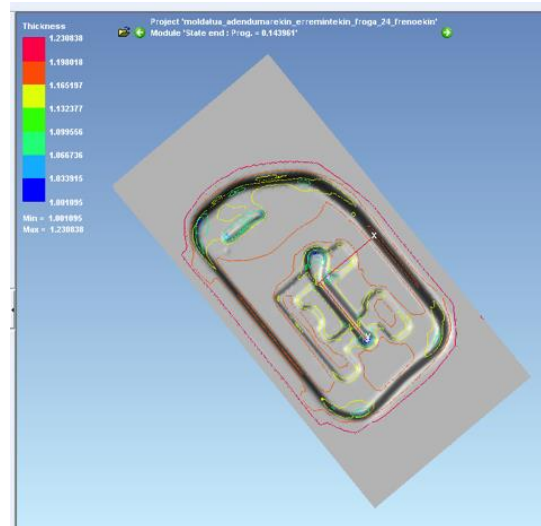
**96. irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Smoothed* komandua klikatuz

**Smoothed (eskalarra):** Nodoko balio bat aurkezten du. Hardware Gouraud algoritmoak elementuak definitzen duten elementuen interpolazioa aurkezten du, ikusi 96. irudia. Bistaratze hau gomendatzen da nodoaren ingurunea ikusi nahi denean.



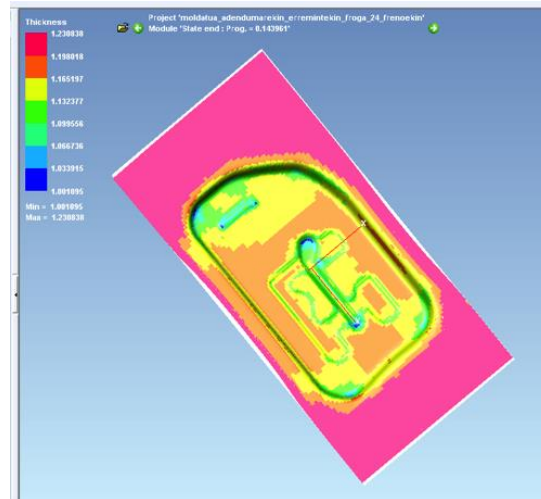
**97. irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Banded* komanduan klikatuz

**Banded (eskalarra):** Nodoko balio bat aurkezten du saretze baten ondorioz. Guzti hau aurreko 97. irudian ikus dezakegu.



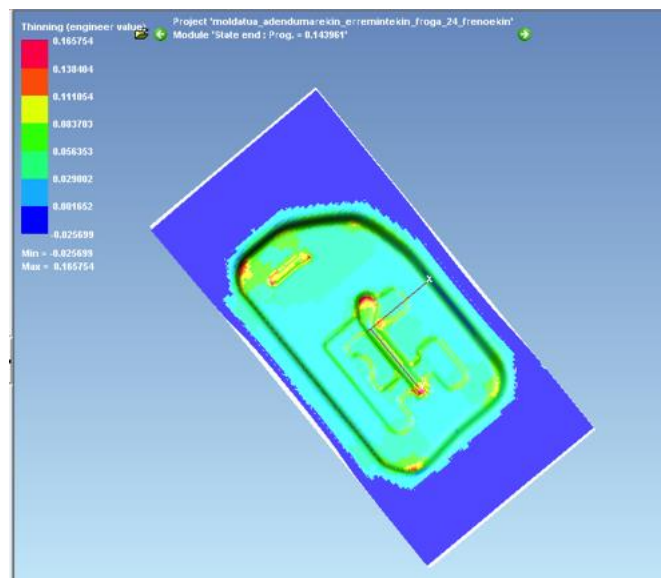
**98. irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Isolines* komanduan klikatuz

**Isolines (eskalarra):** modeloan isolerroak erakusten ditu. Lerro hauetako bakoitzak inguruneko posizioaren balioa konstantea aurkezten du, ikusi aurreko 98. irudia.

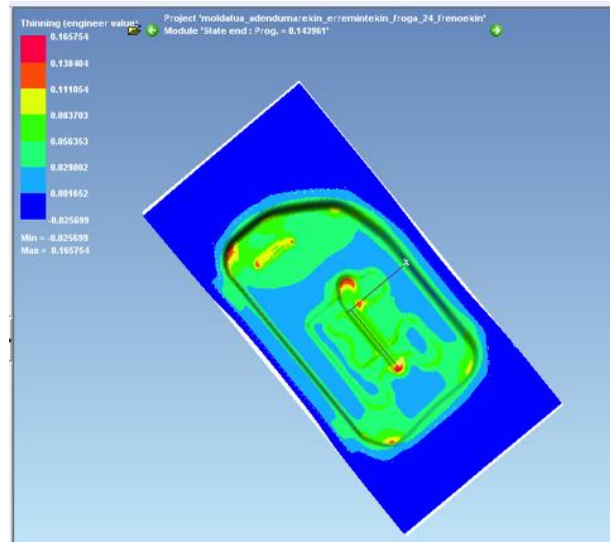


**99. irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Normal* komandua klikatuz

**Normal (eskalarra):** elementuaren balioa aurkezten du. Ingurune nodalarentzako, abiadura eta nodoko distantzia adibidez, elementuaren balioa elementua definitzen duten nodo guztien batz besteko balioa da. Bistaratze hau gomendatzen da elementuaren ingurunerako, ikusi aurreko 99. irudia.



**100. irudia:** Piezaren argaltze diagrama *Ingeniaritza balioa*



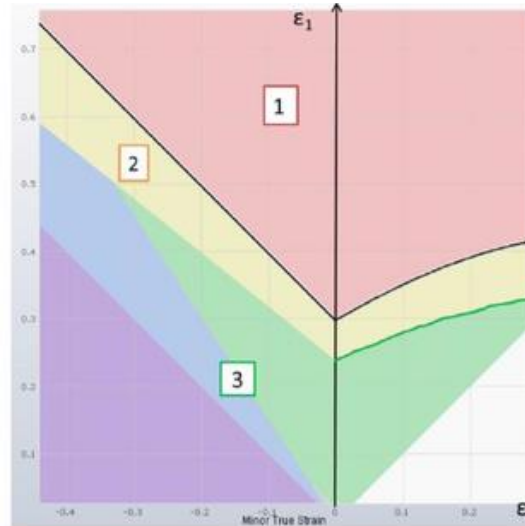
101. irudia: Piezaren argaltze diagramaren *balio erreala*

- *FLD*

Plastikozko ezegonkortasuna normalean ohartarazten den arazoa da, xafla formako eragiketetan, produktu akastunak eragiten dituena. FLD parametro garrantzitsua da produktu ez akastunen produktuen fabrikazio prozesuan kontuan hartu beharrekoa.

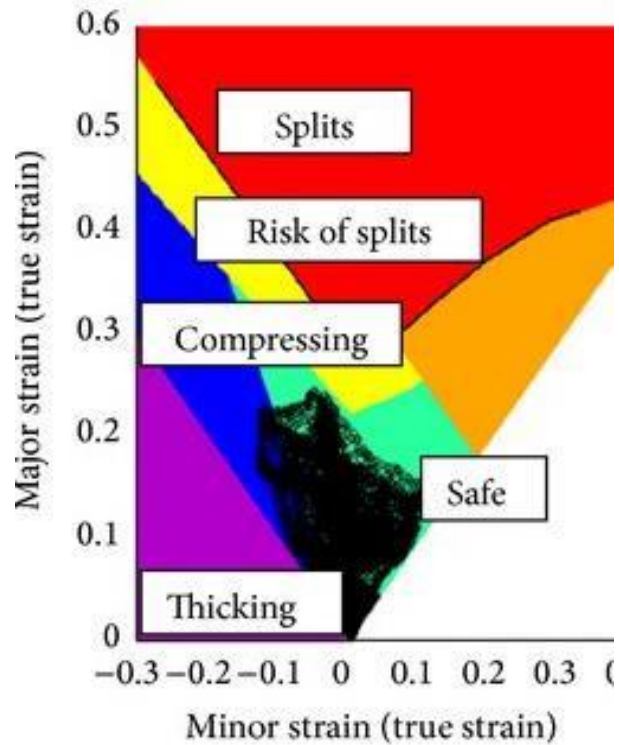
Digrama honek piezen puntuen egoera erakusten du enbutizio ondoren. Deformazio nagusi ( $\epsilon_1$ ) eta bigarren mailako deformazio ( $\epsilon_2$ ) arteko erlazioa da. Hau ondoko irudian ikus dezakegu,





**102. irudia:** Deformazio nagusien diagrama zonalde ezberdinetan banatuta

FLD kurba piezaren materialaren araberakoa da. Bertan, argi eta garbi hiru eremu bereiz ditzakegu, ikusi 102. irudia. Lehenengo zatian bildutako puntuek FLD kurba gainditzen duenak dira, era hausturaren ondorioz sortzen dira. Hauek lehen konpondu beharrekoak izango dira.

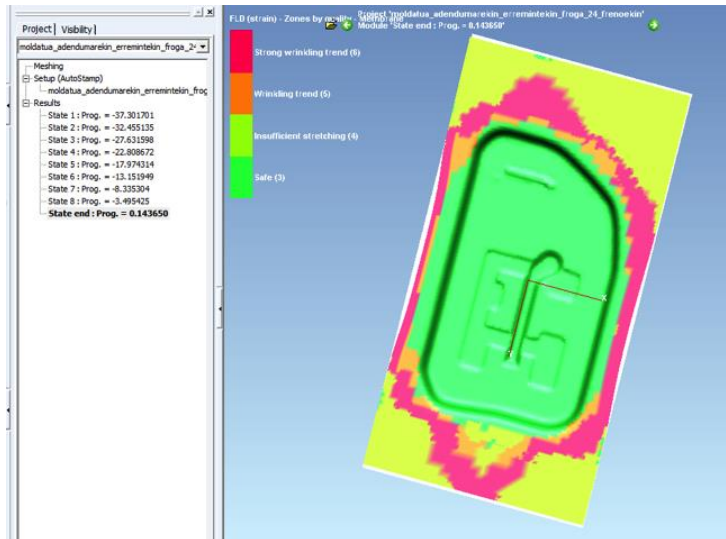


**103. irudia:** Kolore bakoitzari esleitzen zaion arriskua edo gune segurua

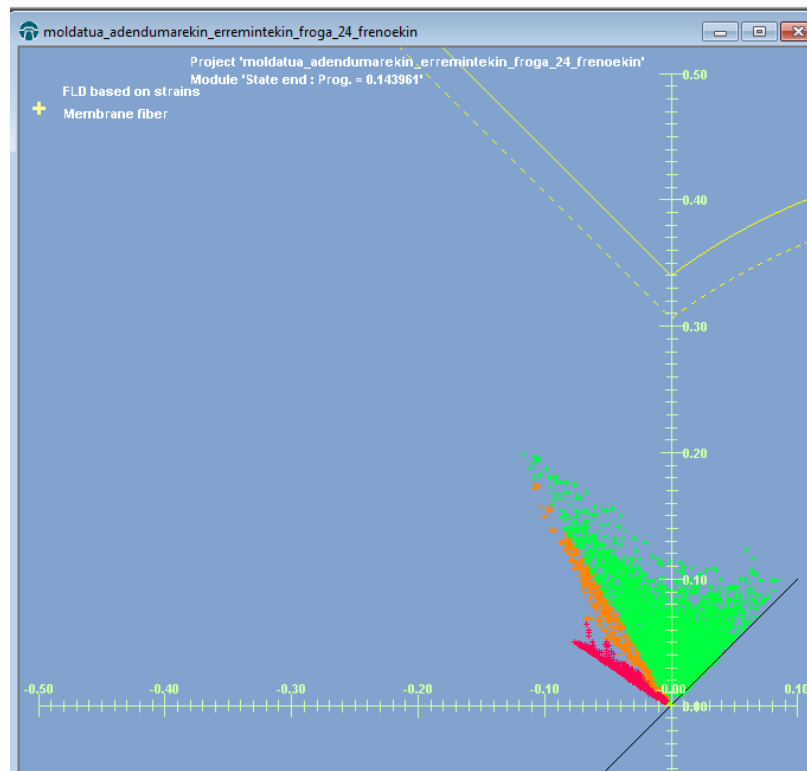
Bigarren eremua bezeroak markatutako eremua da, gehien murrizten dena hartuko da beti, hau da errestriktiboena. FLD kurbaren % 80 puntu inguruk gainditzen dute, hauek ere hobetu beharrekoak dira, lehen eremukoak bezain premiazkoak ez diren arren. Puntu horiek hobetzeko aukera batzuk dira; zapaltzailearen aldaketak, addendum aldaketa, balazta aldaketa edo enbutizio altuera.

Azkenik, hirugarren eremua dugu, puntuek ez dute haustura aurreko arazoak aurkezten, hala ere zimur edo luzatze arazoak izan ditzakete.

FLD diagramak aurkezten duen kolore sorta jarraituz, behin enbutituta pieza baten formagarritasuna aurkezten da. Ikus dezakegu nola gure pieza formagarritasun limiteen barnean dagoen. Argi eta garbi ikusten dira baita sortutako zimurrak, ikusi 103 eta 104 irudiak. Hauek tresna kaltetu dezakete, bizitza erabilgarria murriztuz. Hori dela eta, komeni da hauek txikitzea. Arazo honen irtenbide bat enbutizio altuera murriztea izango da.



104. irudia: Piezaren FLD diagrama



105. irudia: Piezaren simulazioaz bat agertzen den diagrama

## ▪ *Springback*

Metalezko piezetan gai garrantzitsuena da bereziki inar handiko aluminio edo altzairuzko osagaiak estanpatzean. *Springback*-aren ondorengo forma ez da tolerantzia barruan egongo eta agian xede horretarako egokiak ez direnak.

*Springback*-aren aurreikuspen zehatzak berreskuratze elastikoa konpentsatzeko eraginkortasuna ematen du, tresna geometrian egindako aldaketak aipatzen dituen, berreskurapen ondorengo forma nahi den forma bermatzeko diseinatuta. Berreskuratze eta ondorengo zuzenketa fidagarria da eta programaren funtsezko arrakastak dira.

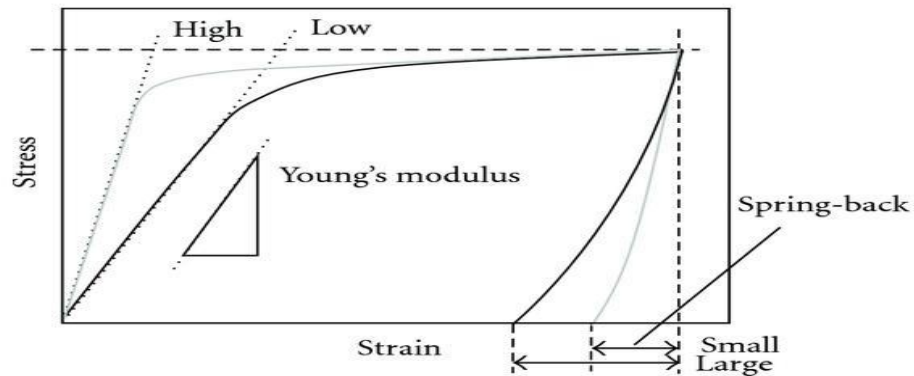
Berreskurapen elastikoa pieza baten aldaketa geometrikoa da deformazio prozesuaren amaieran, konformazio tresna batetatik atera denetik. Enbutizioa eta luzatzeen deformazioa bukatzean txapa metalikoak birmoldatuen elastikotasuna berreskuratzen da eta, ondorioz, bukatutako pieza zehaztea eragiten du. Hortaz, txapa gune elastikoan lanean ari denez momentu berreskuratzaile bat agertzen da. Alde batetik, zenbat eta elastikotasun muga handiagoa izan, gero eta errekuerazioa handiagoa da. Bestalde, zaila da alde zurretik jakitea: simulazio numerikoa edo aurre saiakuntzak.

Soluzioak:

- Txapa gain flexionatu
- Beroan lan egin

Ondorioz, fabrikazio industriak hainbat arazo praktiko ditu: lehenik eta behin, errekuerazio elastikoaren ondoriozko piezaren geometria auresatea eta bigarrenik, efektu horiek konpentsatzeko tresna egokiak diseinatzea.

Material berrien aplikazioaren ondorioz, arazo kopurua areagotzen da. Material horientzako osatutako piezak *springback*-az kaltetuago daude ohiko altzairuzko piezak baino. Metalezko akats tipikoei dagokienez, hala nola pausuak eta zimurrak, xafla tentsioa erabakigarria da. Errekuerazio elastikoa agertzen bada, modelo horiek ez dira nahikoa deformazioa saihesteko. Kasu honetan, esfortzuak erabakigarriak dira eta doitasun handiago bat dakartzate berarekin, ikusi 106. irudia.



**106. irudia:** Tentsio-ingar diagrama

Tresnen garapenean zehar, *springback*-a softwarearekin konpentsatzen da pieza beharrezko dimentsioekin irtetzeko zuzenean. Honela minimora murrizten dira proba zikloak tresnen garapen faseetan.

Baliteke simulazio softwareak hasiera hasieratik errekupeazio elastikoa detektatzea eta hau konpentsatzea ere. Horrela tresna prozesuak hobetu egiten dira eta ekoizpen kostuak nabarmenki murrizten dira. Errekupeazio elastikoaren konpentsazioak tresnen edo ondorengo prozesuetan aldaketak garestiak izateko arriskua minimizatzen du. Jarraian 107. irudia dugu non pieza baten berreskurapen elastikoa eta tentsio-ingar diagrama dugu formakuntza prozesuan zehar.

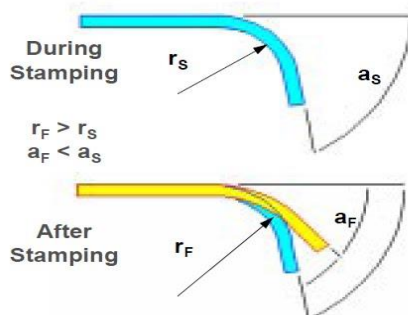


Figure 1. Elastic springback

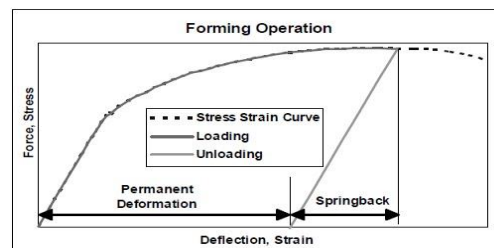


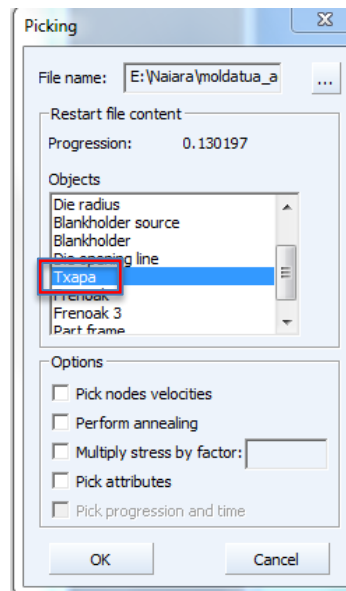
Figure 2. Stress and strain during forming.

**107. irudia:** Berreskurapen elastikoa eta tentsio-ingar diagrama formakuntza prozesuan

Honenbestez berreskurapen elastikoaren erantzuna lortzeko jarraituko dugun prozedura ondokoa izango da:

- **Fitxategi berria ireki**
- **Project -> picking of computing model -> aukera.rst**

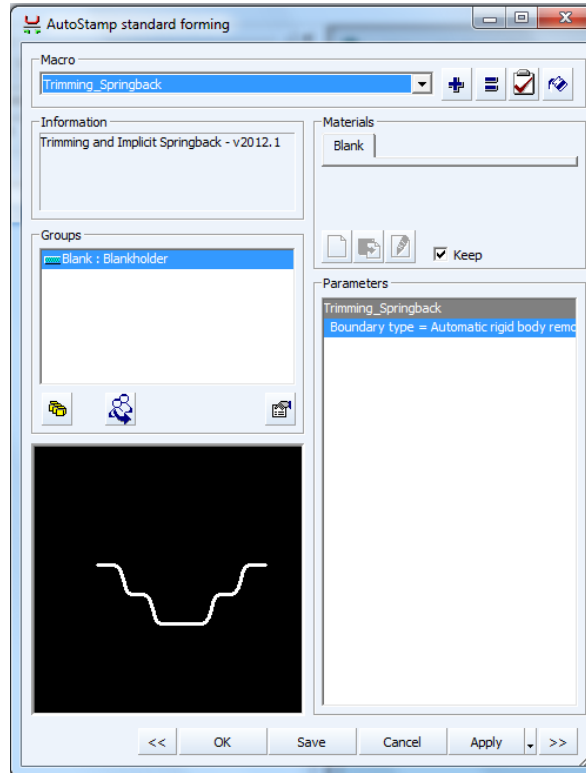
Behin proiektua ireki dela prest gaude kalkuluekin hasteko baina lehenbizi *Project* atalera jo behar dugu eta aurkezten den geometria guztitik soilik *txapa* aukeratu beharko dugu. Behin hau eginda *Process* atalera joko dugu.



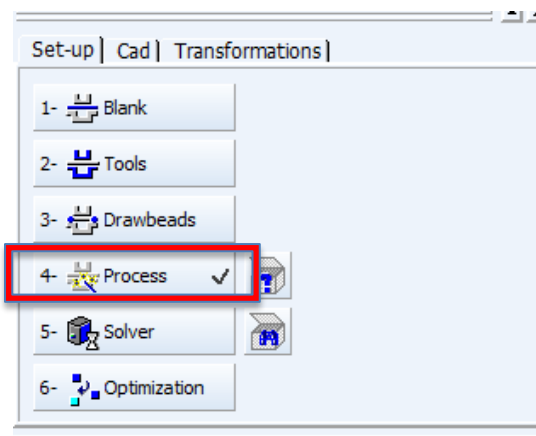
**108. irudia:** Txaparen aukeraketa

- **Process -> macro -> stamp -> high quality -> trimming springback**  
(Boundary type: automatic rigid body removal)

Jarraian prozesu atala burutzeari ekingo diogu eta horretarako pausu batzuk jarraitu beharko ditugu. Behin hau eginda ondoko 109. irudia ikusiko dugu eta gure piezari aplikatuz prest gaude *Solver* atalarekin hasteko eta programaren ezker partean ondoko 110. irudia ikusiko dugu.



109. irudia: Process ataleko azken leihoa

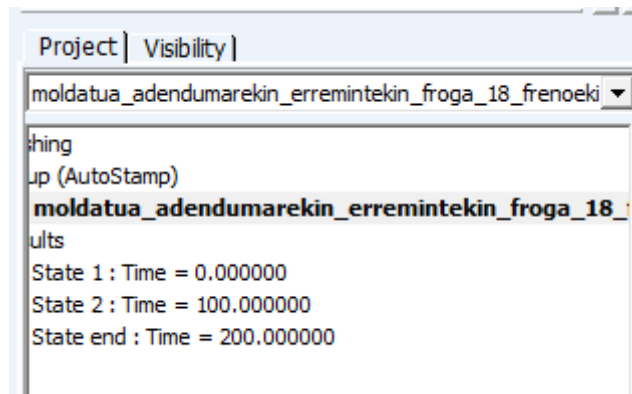


110. irudia: Process atala burututa dagoeneko leihoa

- **Solver**

Hiru etapetan kalkulatzen du ( lehena, *stamping*-aren azken emaitza).

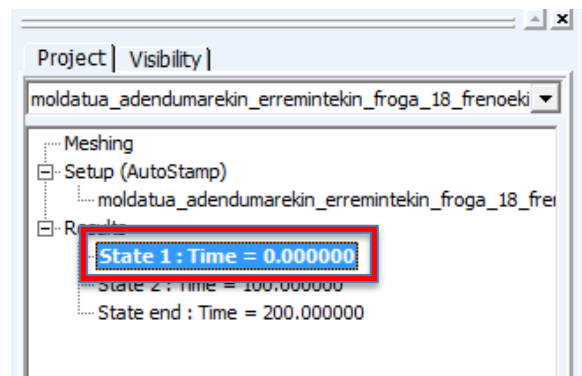
Solver-a ireki eta Host mota aukeratu eta Ok klikatuko dugu. Jarraian errorerik egotekotan edo ez leiho bat irekiko da eta hemen solver-a prest dago lanean hasteko eta konputazioari ekingo dio ondoko 111. irudiko emaitzak emanez.



**111. irudia:** Springback-aren soluzioak

**Emaitza ondo ikusteko:**

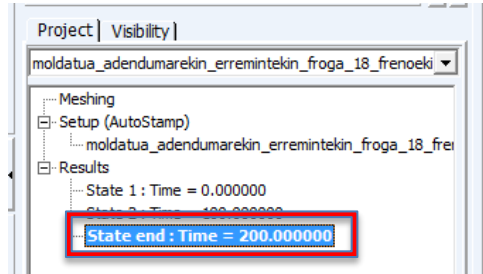
- Lehen etapa klikatzen dugu, ikusi 112. irudia, eta -> *project* -> *export* -> *mesh* -> *berreskurapen elastiko gabeko pieza* izena jarriko diogu.



**112. irudia:** Soluzioaren lehen etapa

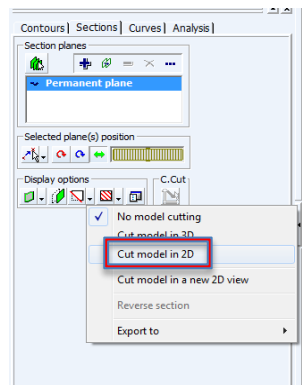
- Azken etapa klikatzen dut, ikusi 113. irudia, eta -> *project* -> *import* -> *mesh* -> *berreskurapen elastiko gabeko pieza* izena jarriko diogu



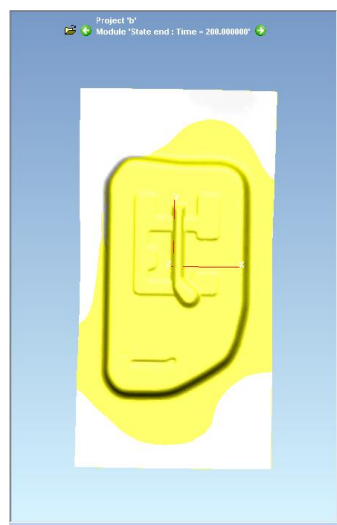


**113. irudia:** Soluzioaren azken etapa

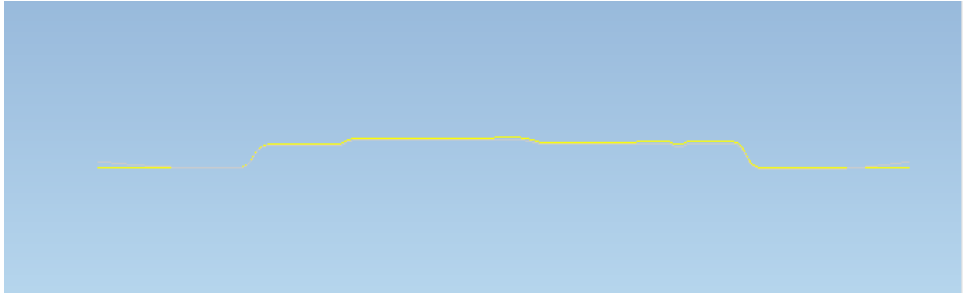
Bukatzeko sekzio bat burutzen dut eta emaitza biak ikusten dira ( berreskurapen elastikoaren aurretik eta ondoren), ikusi 114. irudia.



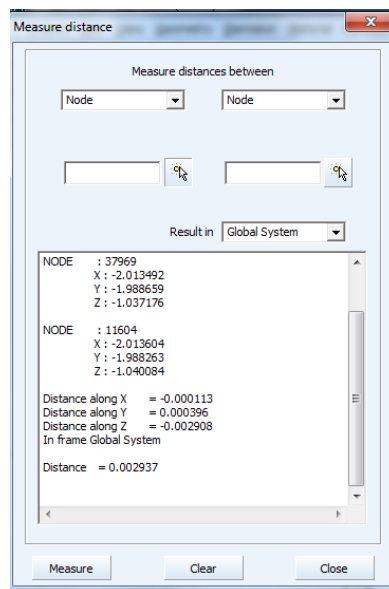
**114. irudia:** Sekzioa burutzeko prozedura



**115. irudia:** Piezaren sekzioa



116. irudia: Solver-aren etapa bien irudia



117. irudia: Bi puntuen arteko distantzia

## 2.2. EMAITZEN DESKRIBAPENA

---

### 2.2.1. SARRERA. AUTOMOZIOA GAUR EGUN

Automozio sektorea ekonomiaren sistema globalaren dinamismo handiena izan duen sektoreetako bat da, eta azken produktuen aldaketa gehien izan dituen. Gaur egun, “garraio iraunkorra” barruan garatzen ari da, honako kontzeptu hauetan oinarrituta: segurtasuna, erosotasuna ahaztu gabe eta ibilgailuen komunikazio beharrak asetzeko, ingurumenarekin iraunkortasuna eta energia eraginkortasuna, lehiakortasuna eta onura ekonomikoa.

- Ingurumena eta baliabideak:

Ingurumen faktorea, arinagoa, kontsumo txikia eta kutsatzaile txikiko ibilgailuak (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etab.) fabrikatzea eskatzen du. Ibilgailuen emisioei buruzko araudi zorrotzak daude, esaterako, Klima Aldaketari buruzko Nazio Batuen Konbentzioaren Kiotoko Protokoloa, ibilgailuaren kutsadura posiblea kontutan hartuta diseinutik abiatuta. Horretarako, ibilgailu eraginkorrenak propulzio eta transmisio sistemak berrikusten dira.

Kontutan izan behar den beste faktore bat ingurumen faktorea da ibilgailuen erabilera birziklatzea posiblea, ibilgailuen inpaktu ekologikoak bere diseinutik erretiratzea eragiten duen modu bat diseinatzen laguntzen duena.

Gaur egun, ibilgailu hibridoak (elektrizitate elektrikoa eta barneko errektuntzako motorra duten ibilgailu propulzio alternatiboak) eta erregai-pilen ibilgailuen garapena gaur egungo ibilgailuentzako alternatiba gisa ikertzen ari da.

- Segurtasuna:

Segurtasun faktorea ibilgailuen portaerari eta erosotasunari zuzendutako eskakizun batzuk sorrarazten ditu, nabarmenduz:

- **Inpaktu murriztea:** inpaktuaren azterketa (egiturazko portaera) eta ereduak sortzea, sentsoen , materialen eta ibilgailuen teknologien sarrera, eragina arintzeko oinezkoen babesa.

- **Prebentzioa:** istripuen azterketa, gidatzeko laguntza aurreratuen sistemak ezartzea, ibilgailu bereziak (garraio kolektiboa, minusbaliatuak, ...).
- **Mugikortasuna:** adibidez, gidariko komunikazioa sistemak, ibilgailua eta errepidea lortzen dituzten sistemak...

Laburbilduz, bilatzen dugu:

- Produktuaren garapenean inplikazioak: ibilgailuaren garapenaren bideragarritasun azterketa fabrikazio prozesuari.
- Iraunkortasuna areagotzea: autoaren garapenaren fase guztietan eta bizitza ziklo osoan aplikatzea, desmuntatzea, ber-erabilpena eta berreskurapena barne.
- Fabrikazio teknologia, komunikabidea eta produkzio erakunde barria: kudeaketa tresnen eta produkzioaren exekuzio sistema berriak.
- Material berriak eta horien inplikazioak diseinuan eta/edo ekoizpenean.

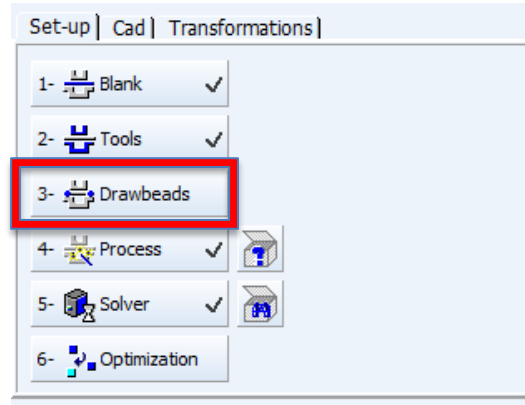
## 2.2.2. DISEINU ETA FABRIKAZIO PROZESUEN BILAKAERA

Material berri hauek industrian agertu izanak fabrikatzaileek diseinu prozesua berrikustea ekarri zuen, diseinu integralaren kontzeptuak eta ingeniariak konkurrenteak sortuz: pieza hori zenbait baldintza funtzionaletatik garatzen da eta bere prozesuetatik fabrikaziora eraman. Hau materialen tratamenduaren konplexutasun maila eta tolerantzia maila dela eta gertatzen da.

Osagaiak garatzeko funtsezko faktorea fabrikazio tresnen eta beharrezko makinariaren diseinuan kostuak dira, azken pieza eta tresnak lortzeko behar diren proben kostua optimizatu egiten dira etengabeko proba eta akatsen bidez.

Egoera honek enpresak motibatu behar ditu probak murrizteko metodoak aurkitzera: fabrikazio prozesuan parte hartzen duten elementuen portaerari buruzko ikuspegi egokia lortzea da ikasketa bidez. Une honetan aldiz, simulazioak software bidez egiten dira.

## 2.2.3. SIMULAZIO EMAITZAK – EMAITZA OPTIMORAKO BIDEA

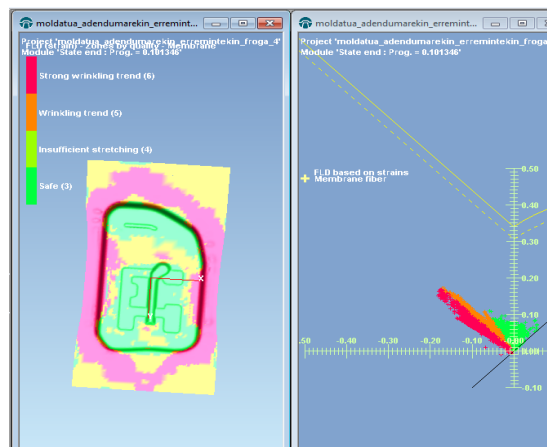


**118. irudia:** Bete diren simulazio etapak

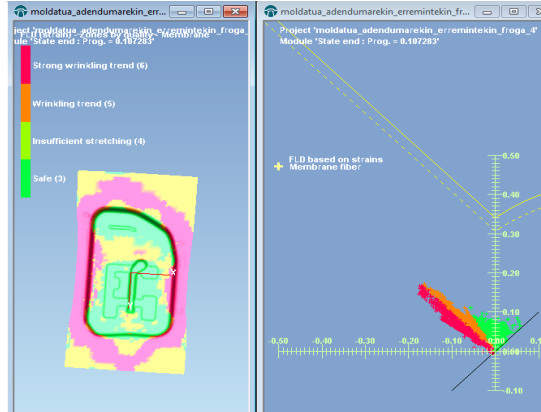
Aurreko 118. irudian klik batez bete diren etapak aurkezten dira. Ikusten dugu *drawbeads* atala bete gabe dagoela. Honek esan nahi du aurkeztuko diren simulazioetan ez dela balazten eraginik kontuan hartuko.

- **1. kasua:** Zapaltzailearen indarraren eragina

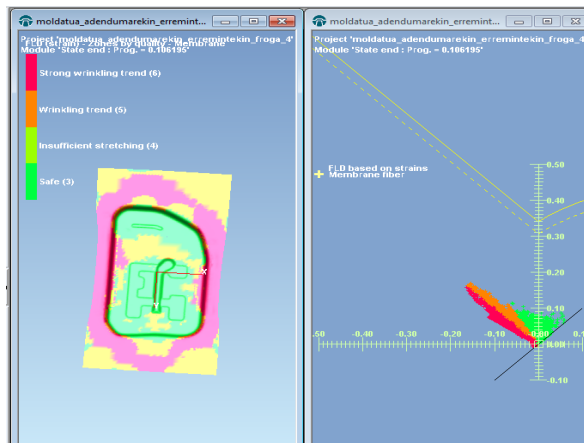
Jarraian aurkezten diren lau irudietan, 119, 120, 121 eta 122 irudiak, biribiltze erradioa 5 mm-takoa da eta lodiera 1,2 mm-takoa. Bi aldagai hauek konstante mantentzen dira eta aldatzen den aldagai bakarra zapaltzailearen indarra da.



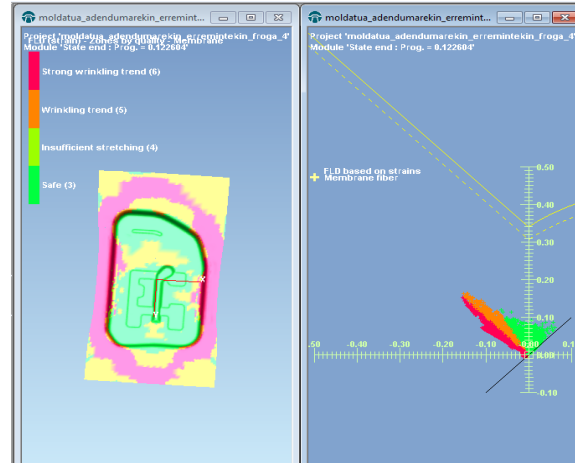
**119. irudia:** Balazta gabeko 50 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama



**120. irudia:** Balazta gabeko 100 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama



**121. irudia:** Balazta gabeko 200 KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama

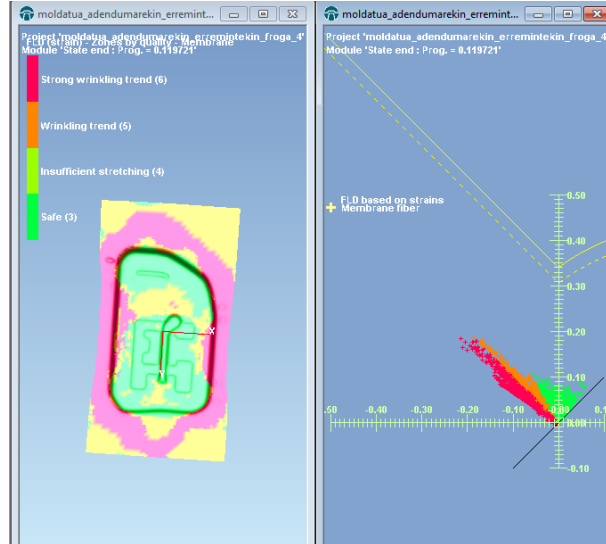


**122. irudia:** Balazta gabeko 300KN zapaltzaileaz lortzen den FLD diagrama

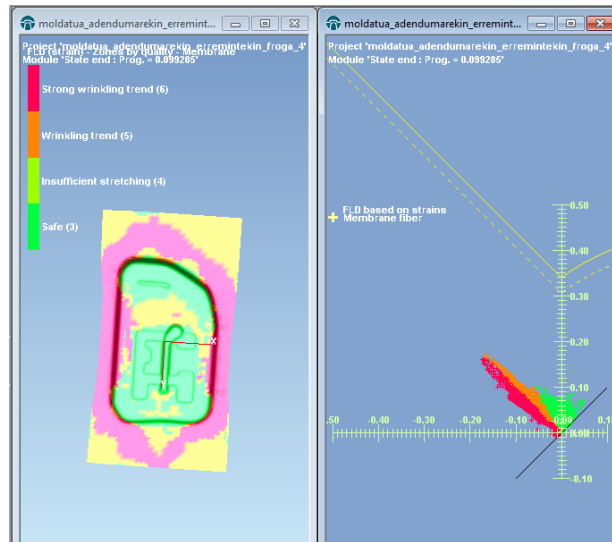
Orokorrean ikusten da piezaren barnean gune seguru nahiko daudela baina hala ere ez da nahiko luzatzen enbutizio eragiketa burutzean. Era berean piezaren ingurunean zimurdura gogorreko tendentzia guneak ditugu nahiz eta zapaltzailearen indarra handitu hor jarraitzen du piezaren barnealdera trasladatuz. Hurrengo puntuan beste aldagai bat aldatuko dugu beste biak konstante mantenduz eta ikusiko dugu gauzak hobetzen diren.

- **2. kasua: Biribiltze erradioaren eragina**

Jarraian aurkezten diren hiru irudietan, 123, 124 eta 125. irudiak, konstante mantentzen diren aldagaiak lodiera eta zapaltzailearen indarra dira. Kasu honetan biribiltze erradioa da aldatzen den aldagai gorako joeraz.

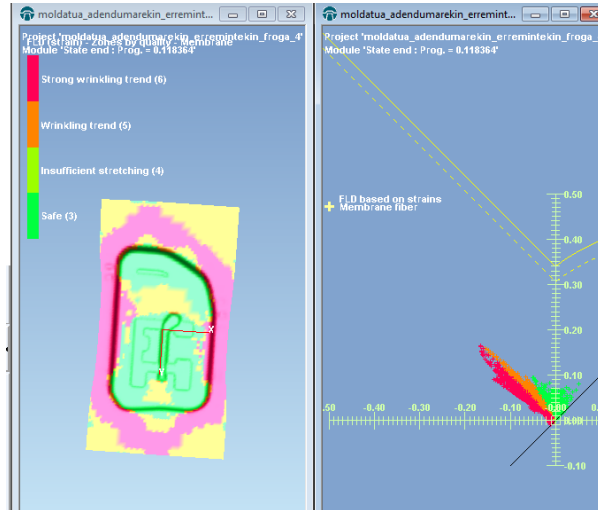


**123. irudia:** Balazta gabeko FLD diagrama biribiltze erradioa 6 mm deneko kasua



**124. irudia:** Balazta gabeko FLD diagrama biribiltze erradioa 7mm deneko kasua



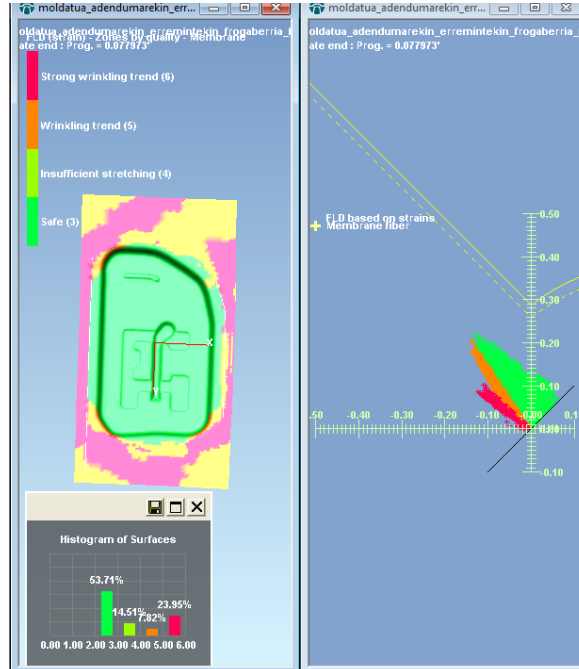


**125. irudia:** Balazta gabeko FLD diagrama biribiltze erradioa 9 mm deneko kasua

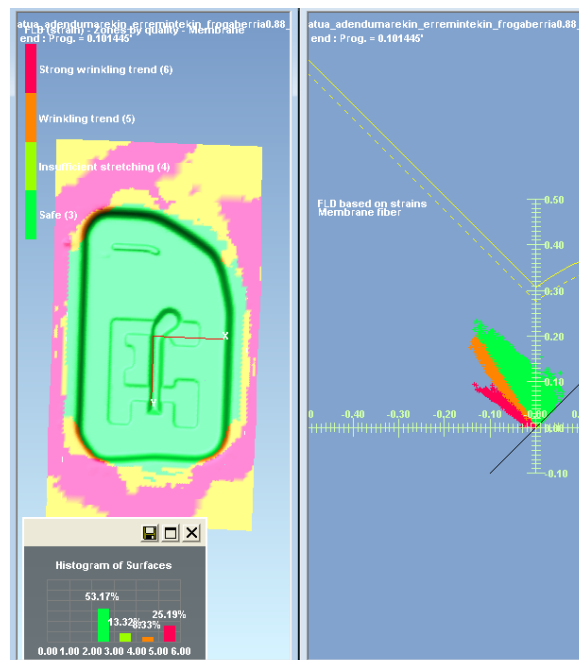
Gune seguruak piezaren osotasun osoa ez duen arren, luzapen nahikoa ez duten gune handiagoak daude piezaren barnealdean. Kanpoaldean aldiz zimurdura gogorreko tendentziak jarraitzen du eta ikusten da gauza ez dela asko hobetu.

▪ **3. kasua: Lodieraren eragina**

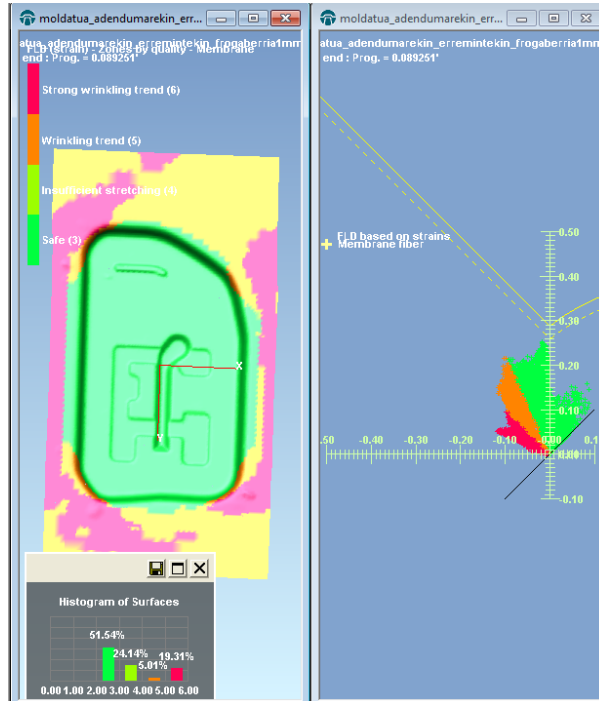
Jarraian aurkezten diren 126, 127 eta 128. irudietan biribiltze erradioa eta indarra konstante mantentzen dira eta aldatzen den aldagaia lodiera da. Hiru kasu hauetan ikusten da zimurdura bortitzeko guneak presentzia handia duela bai piezaren mugan bai piezaren inguruan eta enbutizio prozesua burutzean hauek piezaren barnealdera trasladatzen dira. Era berean esan dezakegu kurbatura guneetan zimurdura tendentzia hor dagoela. Balazten geometria kurbatura guneetan ez dago definiturik ezta piezaren inguru osoan eta hori aurreragoko kasuetan aztertuko dugu ikusteko emaitza hobetzen den edo ez.



126. irudia: Balazta gabeko kasua lodiera 0,7 mm denean FLD diagrama



127. irudia: Balazta gabeko kasua 0,88 mm denean FLD diagrama

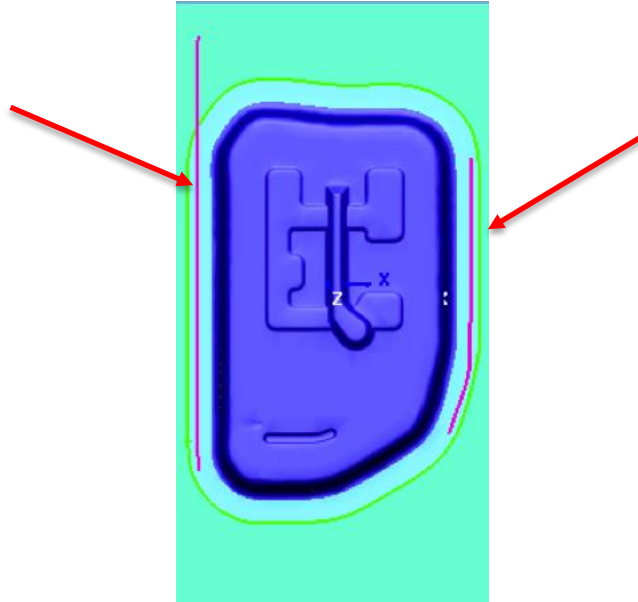


**128. irudia:** Balazta gabeko kasua lodiera 1 mm denean FLD diagrama

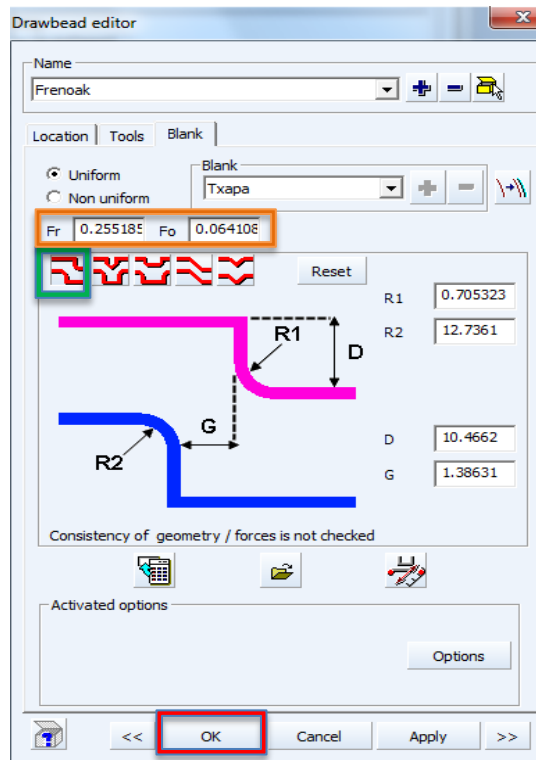
Ondorioz, esan genezake kasu ezberdin hauek aztertuz piezaren zimurdurak piezaren barnealdera trasladatzen direla. Hau saihesteko balaztak gehituko ditugu eta bete beharreko etapen, *hirugarren etapa*, betetzera ekingo diogu. Jarraian azertu diren kasu ezberdinak aurkeztuko ditugu bai eta bere irudiak ere.

▪ **4. Kasua: Balazten eragina**

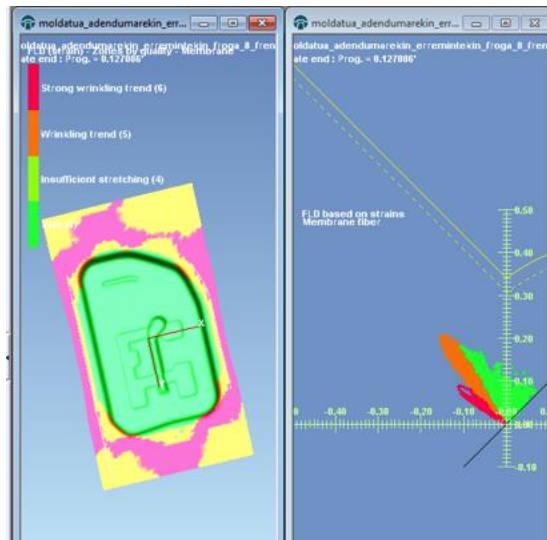
Balaztak piezaren ezker eta eskuin aldean kokatu ditugu, ikusi 129. irudia, eta honek duten geometriak bere garrantzia du. Jarraian bost kasu ezberdin aurkezten ditugu, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138 eta 139. irudiak honen adibide dira eta ikusiko dugu geometria bakoitzak nola eragiten duen. Geometria bakoitzak eragiten duen FLD diagrama aurkezten da geometriaren definizioaren ondoren. Ondorio garrantzitsu bezala esan genezake lehen eta bostgarren aukerak pieza gehien eusten duten geometriak direla.



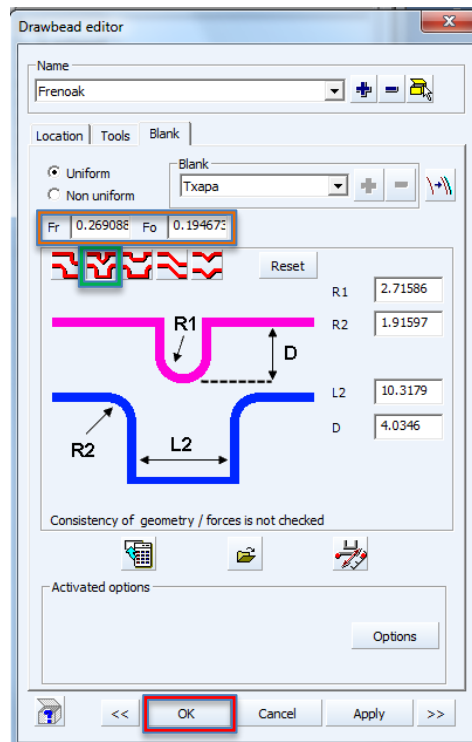
**129. irudia:** Balazten kokapena



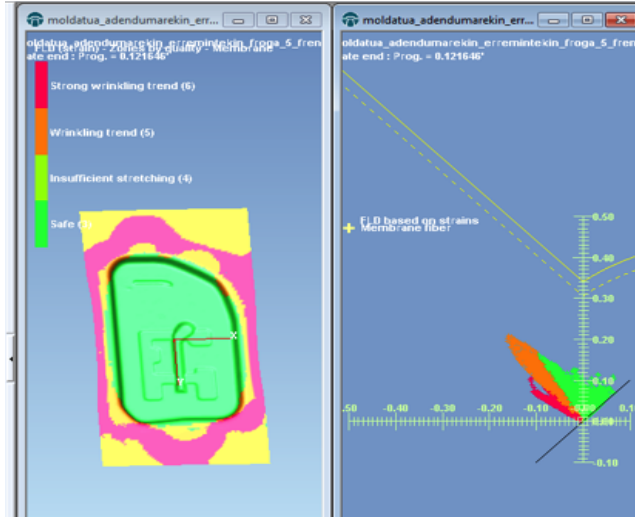
**130. irudia:** Balazta duen lehen kasuaren geometriaren definizioa



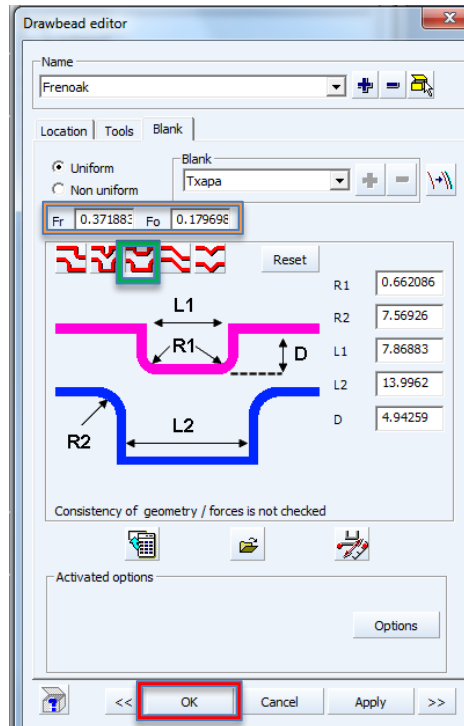
**131. irudia:** Lehen aukeraren FLD diagrama



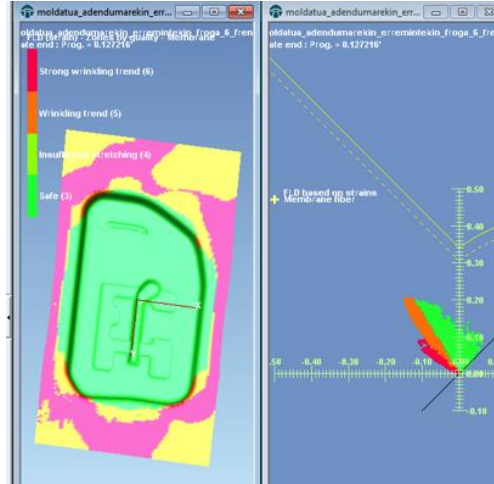
**132. irudia:** Balazta duen bigarren kasuaren geometriaren definizioa



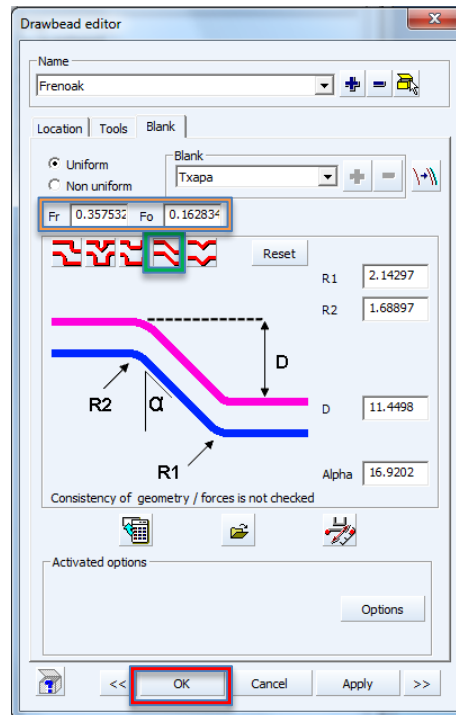
133. irudia: Bigarren aukeraren FLD diagrama



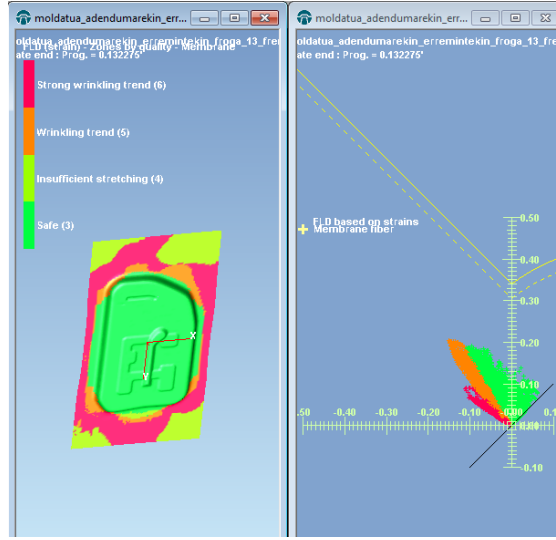
134. irudia: Balazta duen hirugarren kasuaren geometriaren definizioa



135. irudia: Hirugarren aukeraren FLD diagrama

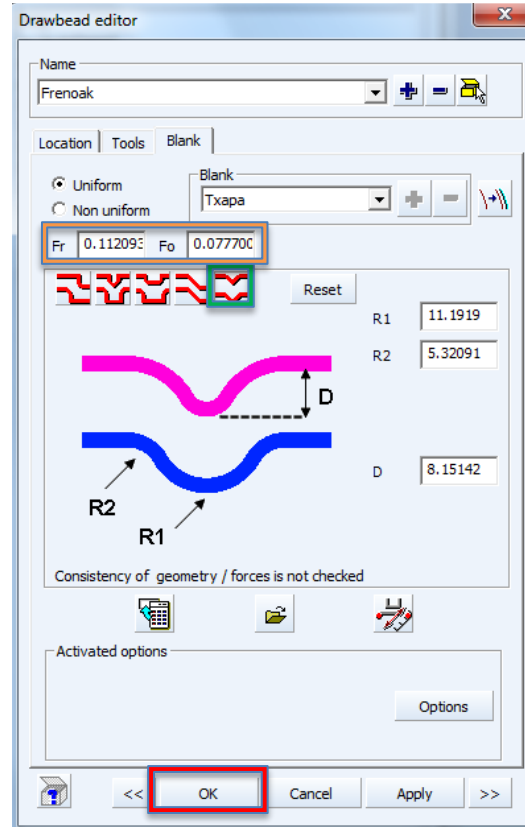


136. irudia: Balazta duen laugarren kasuaren geometriaren definizioa

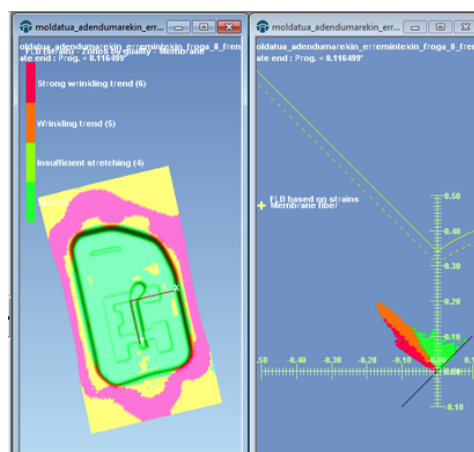


137. irudia: Laugarren kasuaren FLD diagrama





138. irudia: Balazta duen bostgarren kasuaren geometriaren definizioa



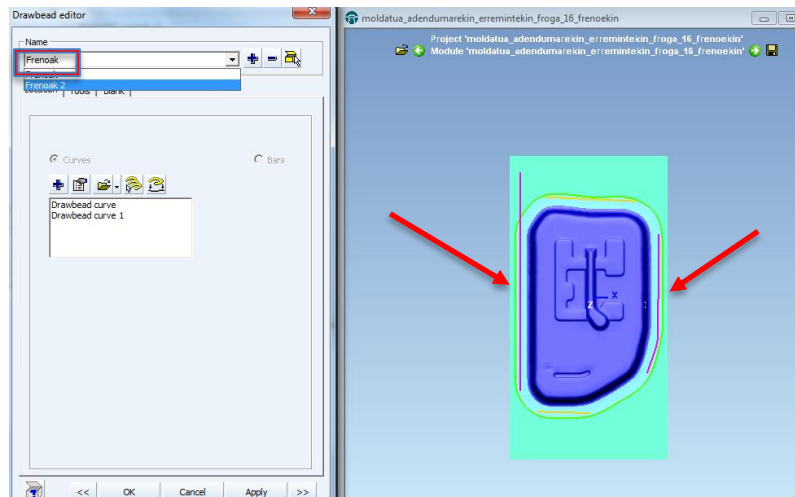
139. irudia: Bostgarren kasuaren FLD diagram

Orain kasu ezberdinak aztertuko ditugu bi balazta izan beharrean lau jarrita, hau da, freno bikote bi jarriko dizkiogu eta ondoko emaitza ezberdinak aurkeztuko ditugu. Prozedura zein izan den azaltzeaz gain simulazioen emaitzak aurkeztuko dira aldi berean.

#### ▪ 5. Kasua: Balaztaren kokapenaren eragina

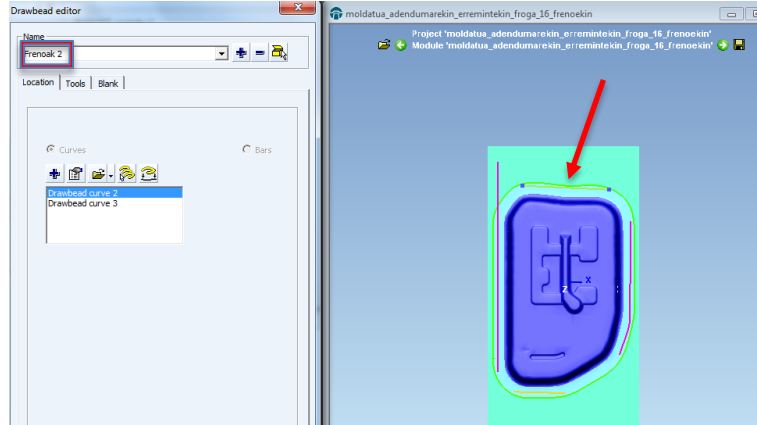
Aurreko ondorioak ikusita esan genezake balazten kokapenak ere bere garrantzia duela. Ondoko kasuetan balaztak berriz definitu ditugu piezatik gertuago eta kurbatura guneak inguratuz eta hauek inguratu gabe. Era honetan ikusi diren emaitzak ebaluatu dira eta emaitza optimorako bidea gertuago dagoela nabaritu da.

Lehen balazta bikotea definitu da, orain arte erabili dena, hurrengo irudian ikusten dugun moduan, ikusi 140. irudia.

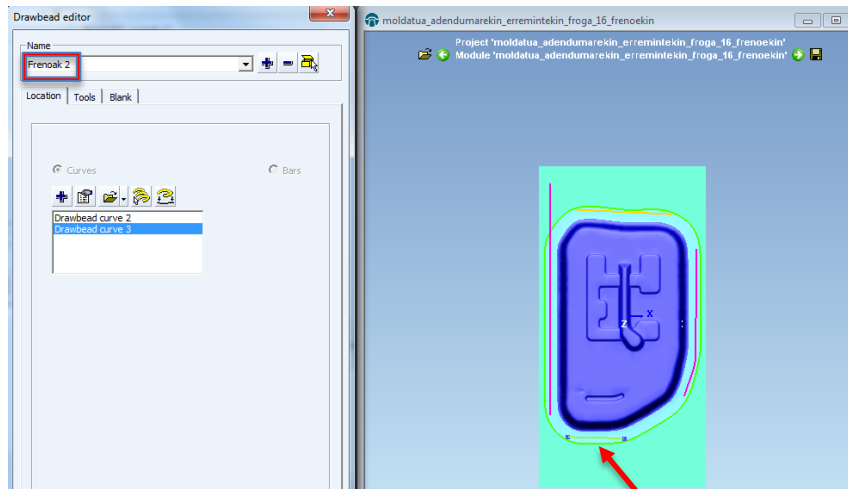


**140. irudia:** Balazta editorea, frenoak definizioa

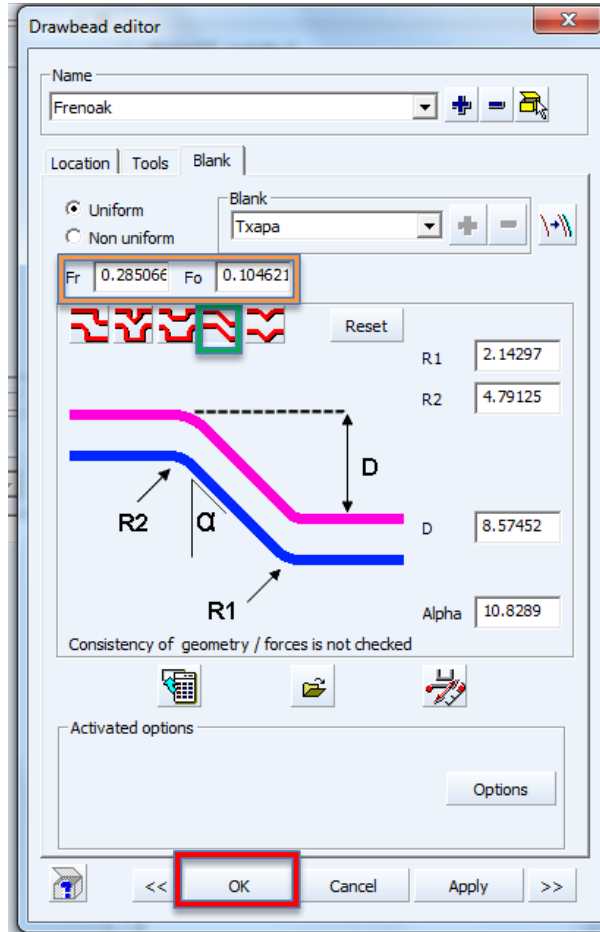
Orain beste balazta bikotea definitzea falta zaigu. Honetarako aurreko prozedura jarraituko dugu. Ondoko 141 eta 142 irudietan beste balazta biak nola definitu diren ikus dezakegu lehen etapa moduan. Jarraian erramintak definituko ditugu eta azken pausu bezalaxe geometria aukeratu dugu frenoak atalean egin dugun moduan. Hau ondoren aurkezten diren 143 eta 144 irudietan ikus dezakegu.



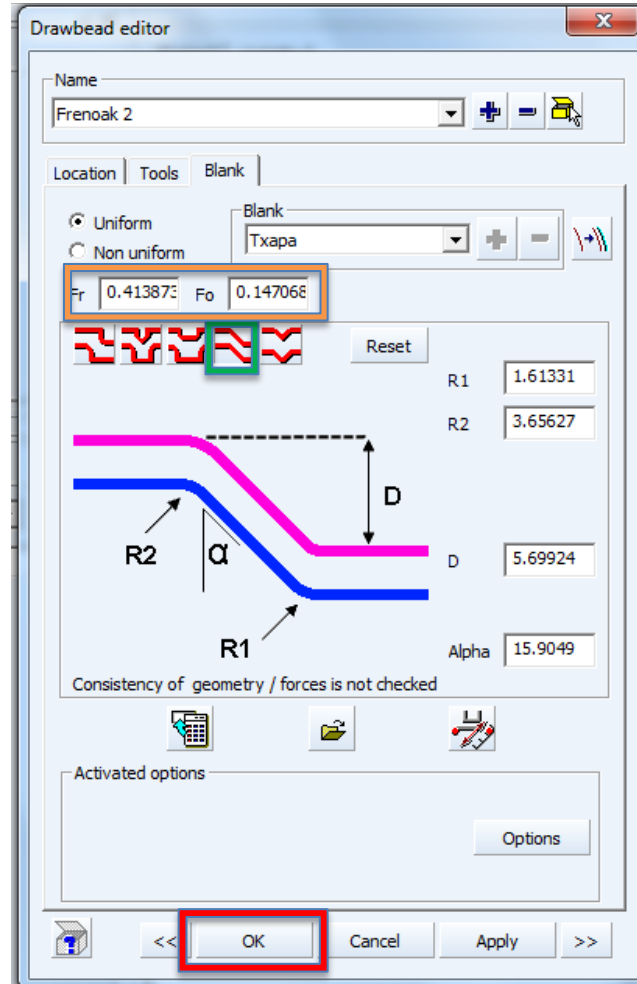
141. irudia: Frenoak2 goi balaztaren kokapena



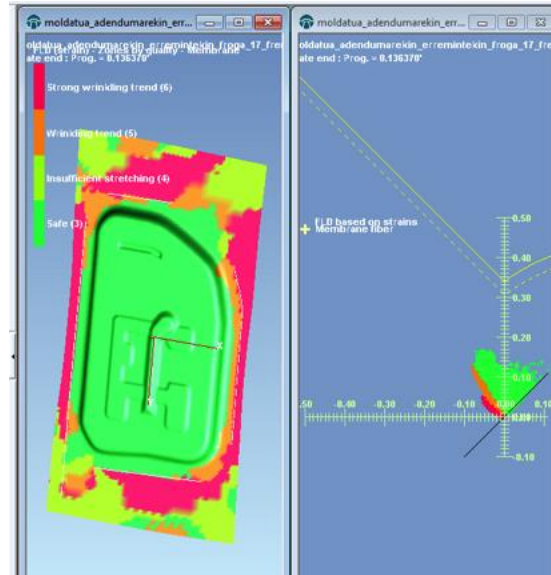
142. irudia: Frenoak2 behe balaztaren kokapena



143. irudia: Frenoak balaztaren geometriaren definizioa

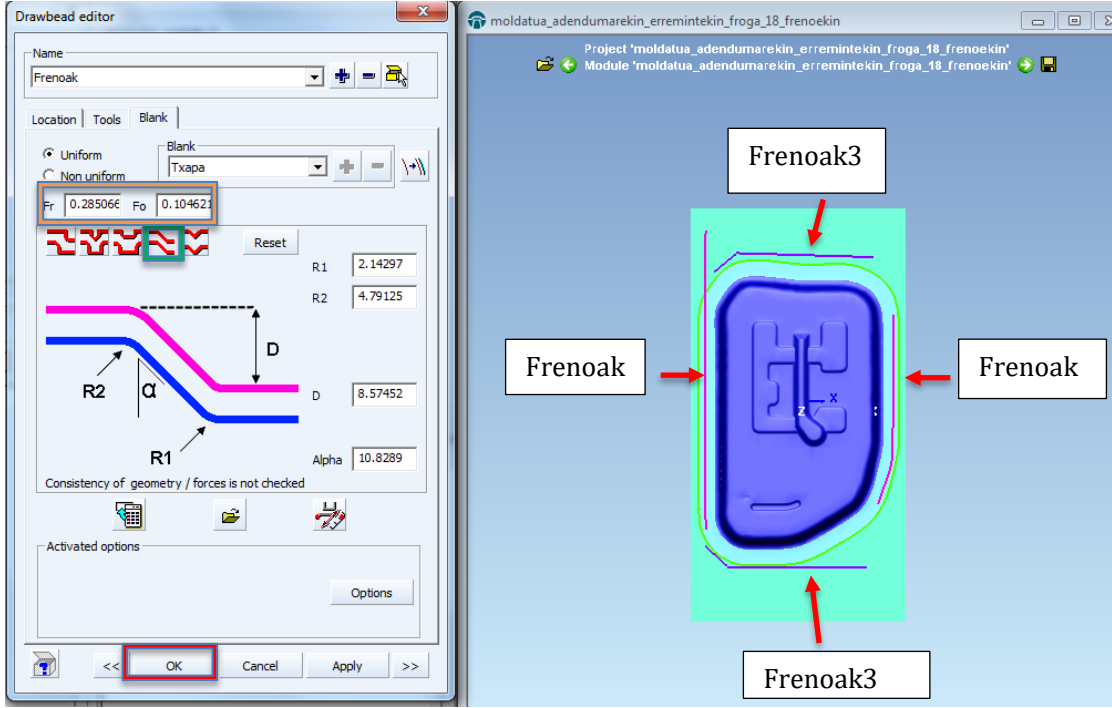


144. irudia: Frenoak2 balaztaren geometriaren definizioa

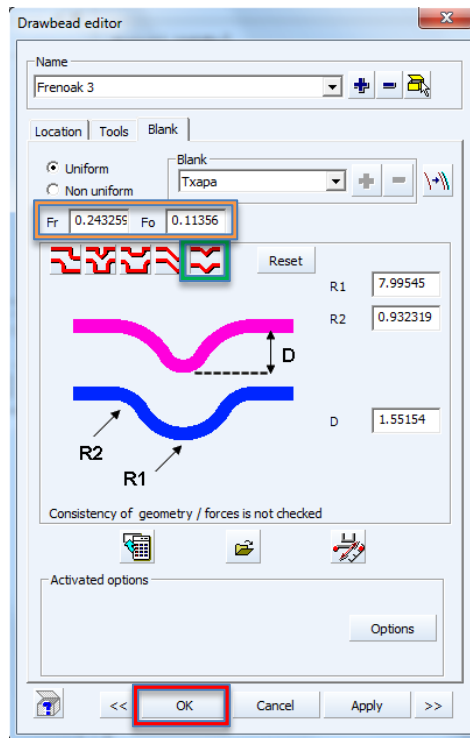


**145. irudia:** Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama

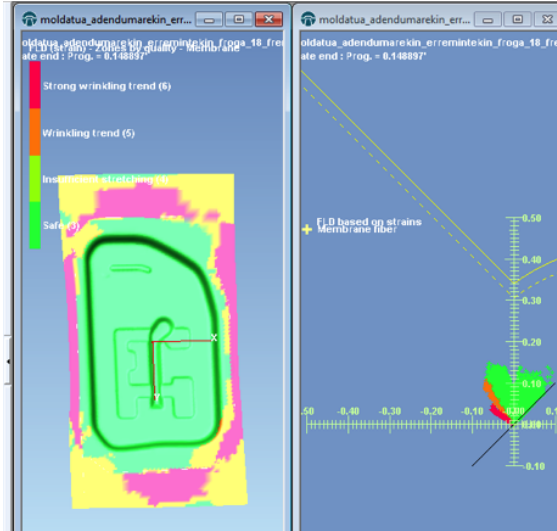
Emaidza aztertuz gero ikusten dugu oraindik piezaren mugako zimurdura tendentzia hor jarraitzen duela. Hortaz balazta ezberdinak zehaztuko ditugu piezaren ingurune osoa hartzen dutenak. Lehen balazta, frenoak, berdin mantenduko dugu baina bigarrena, frenoak3, berria ezarriko dugu frenoak2 ezabatuz. Kasu honetan piezaren goi eta behe aldeak guztiz hartuko ditu bere kurbaturak kontutan izanik eta piezatik gertu. Nola kokatu ditugun balazta hauek 146. irudian ikus dezakegu, baita geometriaren definizioa 147. irudiarekin batera. Lehen kasu honen emaitza 148. irudian daukagu. Era berean bigarrenko eta hirugarrenko kasu bi definitu ditugu, 149, 150, 151, 152, 153 eta 154 irudiak honen adibide.



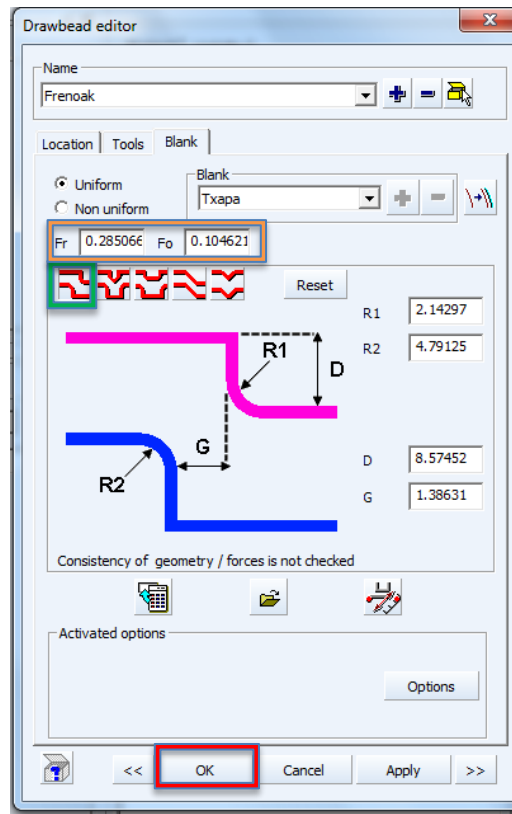
**146. irudia:** Frenoak balaztaren geometriaren definizioa



**147. irudia:** Frenoak3 balaztaren geometriaren definizioa

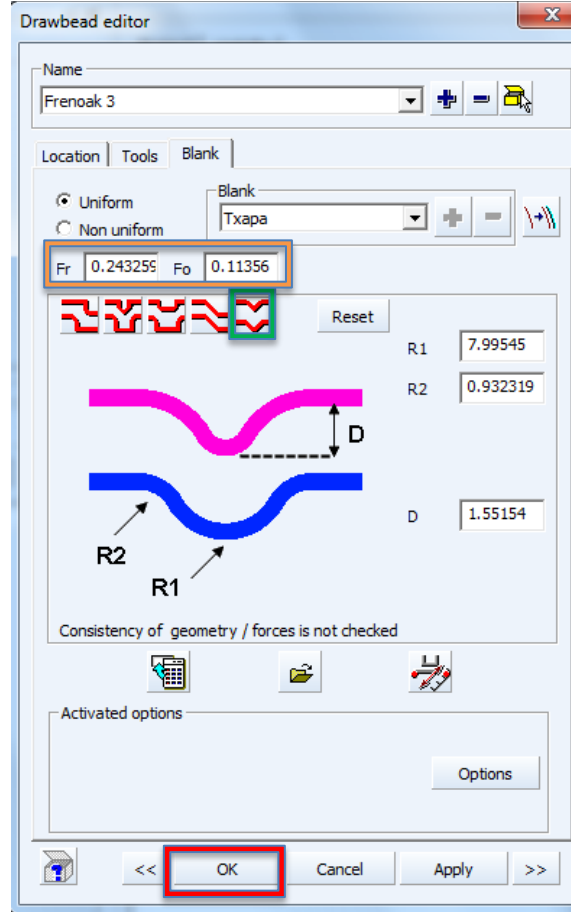


148. irudia: Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama

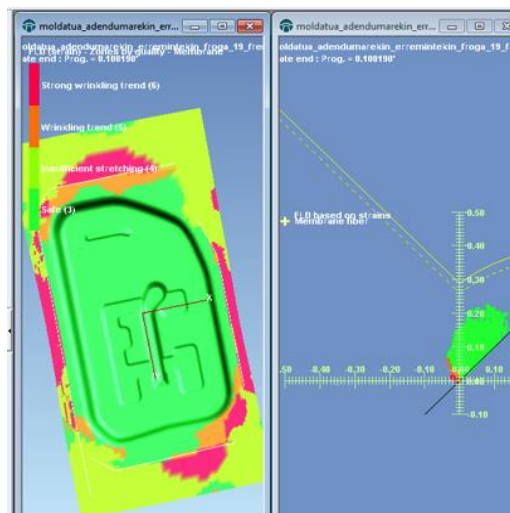


149. irudia: Frenoak balaztaren geometriaren definizioa

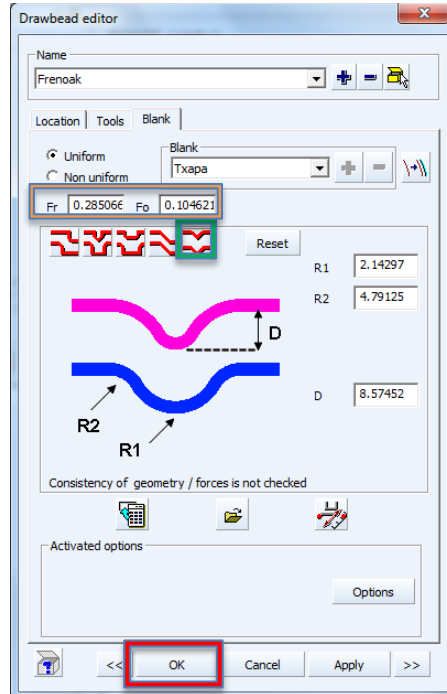




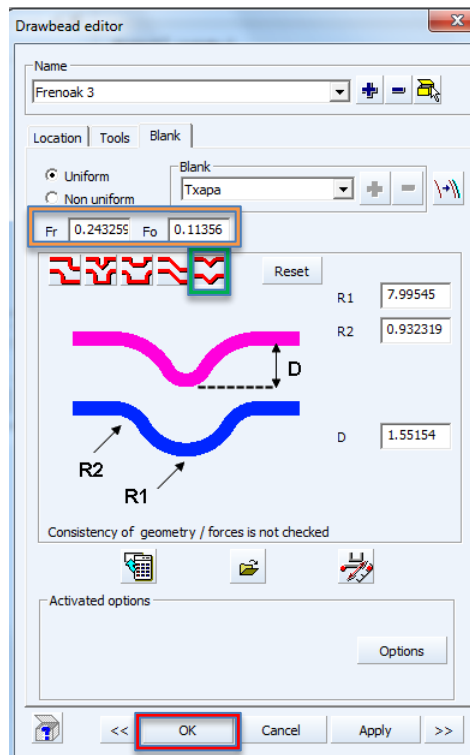
150. irudia: Frenoak3 balaztaren geometriaren definizioa



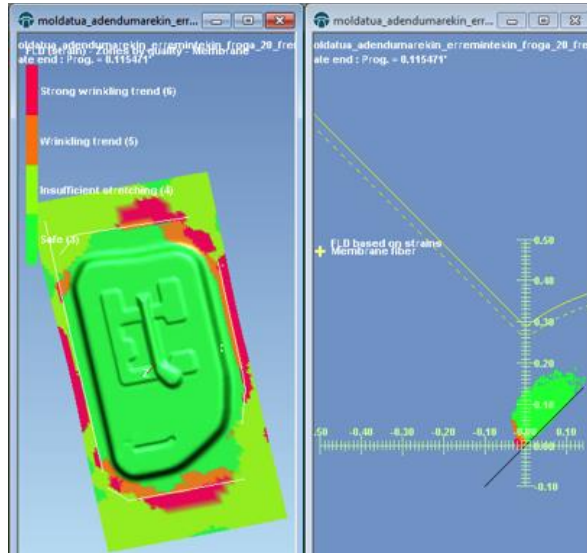
151. irudia: Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama



**152. irudia:** Frenoak balaztaren geometriaren definizioa



**153. irudia:** Frenoak3 balaztaren geometriaren definizioa

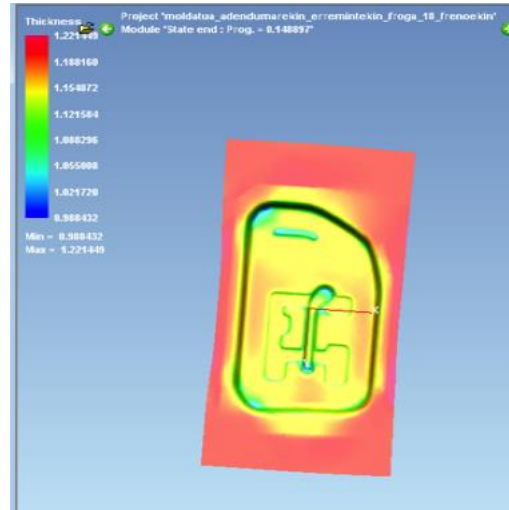


**154. irudia:** Aztertzen ari garen kasuaren FLD diagrama

Ondorio nagusi bezala esan genezake emaitza nabarmen hobetu dela. Piezaren barneko gune seguruak pieza osoa bere gain hartzen du eta piezaren kanpoaldean zeuden tendentzia gogorreko zimurdurak desagertu eta nabarmen desplazatu dira. Konturatzen gara material oso gutxi galtzen dela pieza enbutitzean eta honenbestez gure helburu bete dugula esen genezake. Era berean emaitza ezberdinak aztertuz ikusten da lehen eta bostgarren aukerak gehien eusten dutenak direla aurretik esan bezala. Ondoko atalean emaitza optimoari buruz hitz egingo dugu.

▪ **EMAITZA OPTIMOAREN ARGALTZEA**

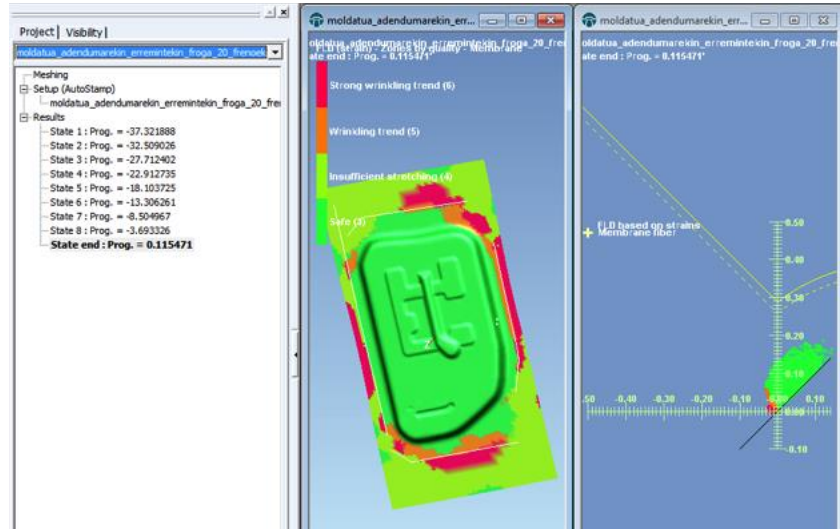
Argaltzeak ez du piezaren % 10 a gaitutuko eta ondorioz ondoko 220. irudia ontzat emango dugu, hau da, emaitza optimo bezala.



155. irudia: Pieza optimoaren argaltze diagrama

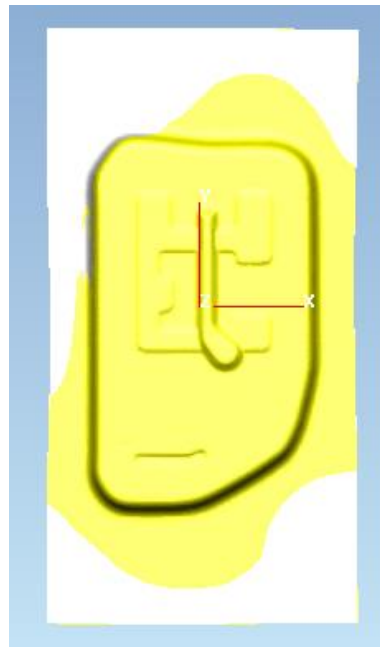
#### ▪ EMAITZA OPTIMOAREN FLD DIAGRAMA

Aurretik aipatu ditugun kasu ezberdinak baloratzuz emaitza optimotzat 10. kasua hartu dugu, frenoak eta frenoak3 balaztak dituen hain zuzen. Iterazio honetan ikusi da emaitza nabarmen hobetu dela eta kasu honetan gune seguru ugari ikusi ditugu FLD digraman. Jarraian berriz aurkezten dugu diagrama hori, ikusi 156. irudia, informazioa freskatzeko asmoz. Ikusten da arrakala gune gutxi dagoela eta zimurdura gogorreko tendentziak ere gune gutxi du. Hartara material gutxiago desegingo da eta produktibitate handiagoa lortuz.



**156. irudia:** Emaitza optimoko FLD diagrama eta puntuotik matrizerara dagoen distantzia

▪ **EMAITZA OPTIMOAREN SPRINGBACK-A**



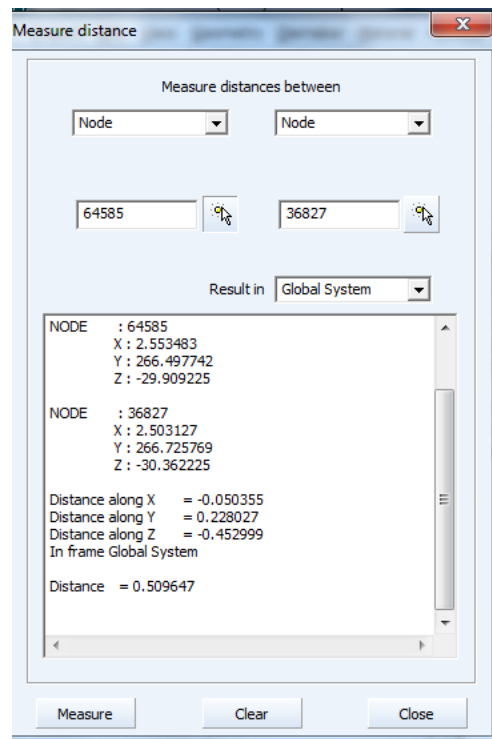
**157. irudia:** Piezaren springback-a

Prozeduran azaldu den legez emaitza hobeto bisualizatzeko asmoz sekzio edo mozketa bat burutu da eta berreskurapen elastikoaren aurretik eta ondoren

ikusten da ondoko 158. irudian. Era berean bi puntu ezberdinen arteko distantzia zein den jakitea era errez baten lortuko dugu. Honetarako *analyse* atalean erregela aukeratu dugu eta bi puntu klikatu ditugu eta pantaila txikiago bat irtengo da, ikusi 159. irudia, zein den tarte hori.



**158. irudia:** Muga bien irudia



**159. irudia:** Bi puntuen arteko distantzia

## 2.3. PROIEKTU PLANA ETA PLANGINTZA

---

Proiektuen programazioaren definizioak dio politika, prozedimendu eta beharrezkoak diren programak ezartzen direla zehazturiko helburuak lortzeko.

### Abantailak:

- Atazak guztiz definituta egonez gero, lan asko aurretiaz planifikatu daiteke.
- Ataza ez badago ondo definituta, ataza gauzatzekoan lortutako jakituriak ziur aski aldaketak suposatuko ditu programazioan, lehentasunean, etab.
- Zenbat eta ziurgabetasun gehiago izan atazek, orduan eta informazio gehiago prozesatu beharko da helburuak lortuko direla.

Honenbestez, alde batetik ziurgabetasun maila gutxitu edo guztiz kentzen du, helburuak hobeto eta zehaztasun gehiagorekin ezagutzeko ahalmena ematen digu eta azkenik lana monitorizatu eta kontrolatzeko oinarri bat izango da.

### 2.3.1. PLANGINTZA BATEN HELBURUAK ETA ABANTAILAK :

#### 2.3.1.1. HELBURUAK:

Proiektuaren konplexutasuna, datu kopurua, datak etab. kudeatzeko teknika hobetua da plangintza.

- Plangintza batean beharrezko informazioa:

Lan paketeak bata bestearen atzetik zenbatzen dira eta bakoitzak hurrengo informazioa eman beharko du: izenburua, laburpen txiki bat, arduraduna eta giza baliabideak, lan zama, baliabide teknikoak, iraupena eta entregagaien definizioa (emankizunak).

Proiektua kontrolatzeko mugarriak erabiltzen dira. Hauek kontrol puntuak edo, kritikoak diren datak islatu behar dituzte, beraien betetze data zehatza adierazi behar delarik. Azken finean, gutxi eta esanguratsuak dira.

#### 2.3.1.2. ABANTAILAK:

- Data eta kostu murrizketak betetzeko baliabideak nola erabili behar diren erabakitzen laguntzen du.
- Alternatibak ebaluatzen laguntzen du, proiektuaren atzerapenean duten eragina bezalako auziei erantzunez, ataza ezberdinen arteko lasaierak identifikatu, proiektuaren arrakastarentzat kritikoak diren elementuak identifikatu, etab. bezalako galderei erantzuna eman.
- Erabakiak hartzeko informazioa ematen du.
- *What if* ariketa errazten du eta bide larria identifikatzen laguntzen du.

### 2.3.2. PLANIFIKAZIOA:

Jarraian proiektu hau burutzeko lan plangintza aurkeztuko dugu. Honen iraupena hamabi astekoa izan da. Era laburtuan eta ordenatuan aurkeztuko dira atazak proiektu osoan zehar.

#### **PZ1. Proiektuaren lortzea**

Lehendabiziko zereginean, zehazki kudeaketa arloan, ingeniari sailaren laguntzarekin, iristen diren eskaintzako proiektu batean zentratzean gertatzen da. Arduraduna ingeniaria izango da eta langilearekin batera informazioa jasoko du. Azken honek informea garatuko du. Honek zazpi eguneko epea izango du prozesua sakon aztertu, informazioa bildu eta problema nondik nora doan antolatzeko.

#### **PZ2. Piezaren diseinu grafikoa**

Enpresak burutzen duen lehen zeregina karga liburua betetzea da, proiektuaren hasieratik erabiltzen den proiektuaren oinarriko informazioa biltzen duen dokumentua da.

Bezeraok helarazi dio ingeniariari pieza CAD formatuan eta honek langileari emango dio beharrezko simulazioa egin dezan. Honek bi asteko epea izango du. Programa informatiko baten beharra izango du, simulazio software indartsua duena, .iges artxiboa bertan lan egin ahal izateko. Hau zein izango den alternatiba atalean garatu da.

#### **PZ3. Diseinua eta simulazioaren analisia**

Karga koadernoarekin batera proiektuaren analisi global bat egiten da, honako azpiatazak dituena:

- Operazio kopuruen definizioa
- Helburua zehaztea

Hemen proiektuaren funtsa dago, saretze, simulazio eta post prozesadore atala baitago. Honen iraupena bost astekoa izango da. Nahiz eta lan guztia langileak egingo duen Iraitz Batiz Gangoiti



ingeniariak beharrezko konprobaketak eta zuzenketak egingo ditu. Hartara piezaren zailtasuna aztertzeko eta etorkizuneko arazoak aurreikusteko.

#### **PZ4. Plan metodoaren lortzea**

Planaren metodoa gauzatzea piezak duen eragiketaren kopuruaren arabera banatzen da. Gure kasuan enbutizioan, lehen etapan, baino ez gara zentratuko eta emaitza optimoa lortzean. Eragiketa hau programaren erramintekin egingo dugu. Laugarren etapa honek hamar eguneko iraupena du.

#### **PZ5. Plan erdi definituaren lorpena**

Bostgarren urrats hau gauzatua izango dugu bezeroari entregatzeko prest dagoenean. Bezeroarekin bilduko gara eta orain arte egindako lana aurkeztuko dugu hobekuntza gaie buruz eztabaidatzeko behar izanez gero. Honek 4 egun iraupena du.

#### **PZ6. Behin betiko planaren metodoa lortzea**

Zeregin honek azken planaren metodoa lortzea esan nahi du. Azken fasea simulazio osoa eta behin betikoa lortuz gero definituko dugu. Datu guztiak barneratu eta produktibitatean hobekuntzak lortuko dira. Hemen langilea eta ingeniaria batera dihardute lanean iraupena aste bikoa delarik.

Sei zeregin hauetan zehar proiektua garatzen eta idazten emango dugu denbora gehiena ahalik eta proiektu erakargarri eta errentagarriena egiteko asmoz.

Jarraian azaldutako zeregin bakoitzaren iraupena erakusten duen Gantt-en 11. taula dugu eta Gantt diagrama ondoko atalean aurkeztuko dugu berari buruzko teoria aurkeztu eta gero, ikusi 160. irudia.

Zereginaren izena	Hasiara data	Amaiera data	Iraupena (egunak)
1. Zeregina	12/2/18	19/2/18	7
2. Zeregina	19/2/18	5/3/18	14
3. Zeregina	5/3/18	9/4/18	35
4. Zeregina	9/4/18	19/4/18	10
5. Zeregina	19/4/18	23/4/18	4
6. Zeregina	23/4/18	7/5/18	14

**11. taula:** Zereginen taula

## 2.4. GANTT DIAGRAMA

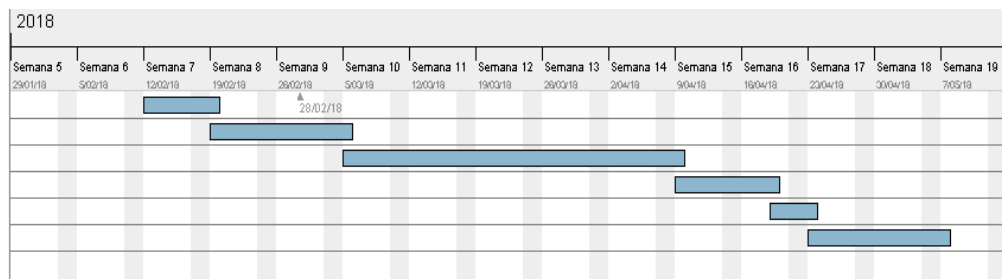
Proiektuan definituriko atazen iraupenak adierazten dira barrak erabiliz. Albo batean proiektua osatzen duten atazak zehazten dira eta ataza bakoitzari barra horizontal bat esleitzen zaio, barraren luzera eta atazaren iraupena proportzionalak direlarik.

**Faseak:** ataza nagusiak determinatu -> iraupena estimatu -> grafikoki marraztu -> atazen arteko menpekotasunak ezarri -> denbora eskala egutegian bihurtu

Metodo honek bere abantailak eta desabantailak ditu jarraian azalduko ditugunak:

- Abantailak: oso sinplea eta ulertzeko erraza
- Desabantailak:
  - Normalean ataza kopurua txikia duten proiektuetan erabiltzen da.
  - Programazio determinista eta arbitrarioa da ( iraupenen estimazioa bakoitzaren esperientziaren arabera da).
  - Atazen arteko menpekotasuna ez da zehazten (zelan eragiten duten atzerapenek etab. Beste atazetan).
  - Ezin da zehaztu ataza bati aplikaturiko zuzenketek planifikazio orokorrari nola eragiten dioten.

Proiektu oro gauzatzeko beharrezkoa da epe batzuk betetzea, eraginkortasuna eta efizientzia bide izan nahi badira. Proiektu honetan definitu diren ezarpena abian jartzeko probak, mugak edo hobeto definituta, etapak, eta bakoitzari dagozkion denbora mugak, betearazteko behar diren langile eta ingeniariaren identifikazioarekin batera, ondoko 160. irudia beharko du proiektuak aurretik agertu den 11. taularekin batera.



160. irudia: Gantt diagrama

INDUSTRIA MEKANIKO INGENIERITZA GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***AUTOMOZIO SEKTORERAKO TXAPAZKO  
OSAGAIEN SIMULAZIO NUMERIKOA***

***3. DOKUMENTUA – KOSTUEN ANALISIA***

**Ikaslea:** Batiz, Gangoiti, Iraitz

**Zuzendaria:** Ortega Rodriguez, Naiara

**Kurtoa:** 2017-2018

**Data:** 2018/06/15

Proiektu hau produktu edo zerbitzu bakar bat sortzeko helburua duen jarduera tenporala da. Disziplina anitz batzen ditu, informazioa eraldatuz eta giza ingurumen, tekniko, ekonomiko eta beste hainbat faktoreek baldintzatuta dago. Beharrezkoak diren dokumentua baino gehiago da, antolaketa eta zuzendaritza beharrezkoak dira. Gure proiektu hau bulego teknikoan bukatzen denez aurrekontua beharrezkoak dira. Gure proiektu hau bulego teknikoan bukatzen denez aurrekontua beharrezkoak dira. Gure proiektu hau bulego teknikoan bukatzen denez aurrekontua beharrezkoak dira. Gure proiektu hau bulego teknikoan bukatzen denez aurrekontua beharrezkoak dira.

### 3.1. GASTUEN ANALISIA

Bere helburua proiektuaren gauzatze materialaren kostu ekonomikoaren moneta unitatean zehaztea da. Neurketa dokumentuan eta planifikazioan oinarriturik egon behar da.

Kostu analisia egiteko arrazoiak:

- Proiektua egiteko kapital nahikoa dagoen ala ez jakiteko (maniobra funtsa kalkulatu da, eta aurrekontuarekin alderatzen da, arazoak egon daitezkeen ala ez jakiteko).
- Proiektuaren errentagarritasun ekonomikoaren bermatzeko. Errentagarritasun analisirako oinarritutako datua da, hasierako inbertsioaren balioa zehazten duelako.

### KOSTUEN ANALISIAK SAIL EZBERDINAK DITU JARRAIAN AZALDUKO DIRENAK:

- BARNE-ORDUAK**

Proiektua burutzen duen erakundearen langileen orduak, proiektua gauzatzeko. Kalkula ahal izateko, langile bakoitzak ataza bakoitzean egingo duen lana zenbatetsi behar da (ordutan). Orduak bider langile bakoitzaren ordu tasa eginez kalkulatu da.

Proiektu honetan ingeniari bat, 40 €/h, eta langile bat, 30 €/h, dugu. Guzti hau ondoko 6. taulan ikusiko dugu.

Tarea	Langileak	Kostua langilea (€/h)	Inbertitutako denbora (%)	Proiektu orduak (h)	Kostea (€)
Prozesuaren definizioa	Ingeniaria	40	20%	5	175
	Langilea	30	30%	15	
Simulazioa	Ingeniaria	40	30%	12	969
	Langilea	30	50%	55	
Plangintza	Ingeniaria	40	50%	2	106
	Langilea	30	20%	11	
<b>GUZTIRA (€)</b>					<b>1250</b>

## 6. taula: Kostu analisien barne-orduak

### ▪ AMORTIZAZIOAK/INBERTSIOAK

Enpresak proiekturako erabiltzen dituen aktibo finkoak dira: makineria, ordenagailuak, lizentziak, baimenak etab.

Aktibo fincoen erabiltzaileak ekartzen duen aktibo hauen balio galera ipini egin behar da aurrekontuan. Aktibo finkoak materialak edo ez materialak izan daitezke.

Hala ere, aipatu beharra dago berdinduena inbertsioak proiektu honetarako erosi ziren ala ez, aurrekontuan sartu behar dira. Hau ondoko 7. taulan ikusiko dugu.

Amortizazioa = (hasierako balioa / bizitza erabilgarria) \* erabiltze denbora

Kontzeptua	Kantitatea	Hasierako balioa, kostua (€)	Bizitza erabilgarria (h)	Proiektuko orduak (h)	Amortizazioa (€)
Ordenagailua	1	3000	8800	2500	852,27
Lizentzia Pam-Stamp (urteko)	1	2000	1760	1800	10227,27
<b>GUZTIRA (€)</b>					<b>11079,55</b>

## 7. taula: Kostu analisien amortizazioak

### ▪ GASTUAK

Proiekturako erabiltzen diren kontzeptuak, eta erabilia deuseztatzen direnak. Bidaiak, bulego materiala, argia, material suntsikorra, prototipoak, etab. Gastu guzti hauen ezaugarri komuna, ezin direla behin erabilia berriro erabili.

Gure kasuan bulego teknikoko lana baino ez denez, bulegoko materiala baino ez dugu izango kontutan, hurrengo 8. taulan ikusiko dugun bezalaxe.

GASTUAK	Kostua (€)
Bulegoko materiala	500

8. taula: Kostu analisien gastuak

## ▪ AZPI KONTRATAZIOAK

Proiektua gauzatzeko beste erakundeen lanak beharrezkoak direnean.

Normalean, arauen arabera, gutxienez hiru eskaintza eskatzen dira azpi-kontratazio bakoitzeko. Eskaintzen artean aukeratzeko balorazio ekonomikoa zein teknikoa egiten da. Azpi kontratazioen aurrekontuek atal berberak izango dituzte, tamainaren arabera (azpikontratazio txikietan ez da beharrezkoa).

Gure proiektua bulego teknikoan gauzatzen denez ez dago azpi kontratazioaren beharrik.

## ▪ KOSTU EZ ZUZENAK

Proiektuan inoiz parte hartzen ez duten langileak kontuan hartzeko atala edo enpresan dauden bestelako kostuak. Normalean, ordu zuzenen ehunekoa izaten da, enpresek kalkulatuak. Batzuetan barne-orduetan sartzen da.

- Sail ez ekoizleak: finantza saila, administrazio saila, informatika saila, etab.
- Azpikontratazio batzuk (segurtasuna, garbiketa, etab.)
- Gastu orokor batzuk: argia, ura, etab.

Esan bezala, kostu ez zuzenak proiektuetan esleitu ezinak izaten dira, proiektuetan parte hartzen ez diren izakiak izaten direlako.

Hau kalkulatzeko era: urte oso batean kostu ez zuzenak eta zuzenak kalkulatu dira eta ehunekoa kalkulatu da. Proiektuetan ehuneko hori erabiliko da, ikusi ondoko 9. taula.

KOSTU EZ ZUZENAK	
Kostu zuzenak	12329,55
kostu ez zuzenak	15%
<b>GUZTIRA (€)</b>	<b>1849,43</b>

**9. taula:** Kostu analisien kostu ez-zuzenak

## ▪ EZUSTEAK

Aurrekontuaren ehunekoa izanda ipintzen den kopurua, aurrekontuaren gehipenak ekar dezakeen kaltea ekiditeko. Normalean proiektuaren ehuneko %5-koa izaten da.

Gure kasuan zero hartuko da bulego teknikoan ezin baitira ezustekoak sortu.

Laburbilduz 10. taula aurkezten dugu kostuen analisiaren laburpen bat.

<b>LABURPENA</b>	
<b>INBERTSIOAK</b>	11079,55
<b>BARNE ORDUAK</b>	1250,00
<b>KOSTU ZUZENAK</b>	12329,55
<b>KOSTU EZ ZUZENAK</b>	1849,43
<b>EZUSTEAK</b>	0,00
<b>GASTUAK</b>	500,00
<b>GUZTIRA (€)</b>	<b>26008,52</b>

**10. taula:** Kostu analisisien laburpena

## 3.2. ERRENTAGARRITASUN ANALISIA

---

Proiektuaren errentagarritasuna, aurretiaz bete behar den nahitaezko baldintza da. Hala ere, analisiak egitea, ez du proiektuaren arrakasta bermatzen, baina arriskuak gutxitzen ditu. Azken finean, errentagarritasun analisiak ahalbidetzen ditu inbertsio alternatiba ezberdinak konparatzea, erabakia justifikatzea eta lortutako emaitzak aurreikusitakoekin aldaratzea.

Honekin jarraituz inbertsio baten errentagarritasuna kalkulatzeko inbertsioaren mozkina inbertsioaren guztizkoarekin zatituz lortzen den balioa da.

Ondorioz, proiektu bat ekonomikoki interesgarria da, bere errentagarritasuna arriskurik gabeko inbertsioak ematen duen errentagarritasuna baino handiagoa bada, eta aldi berean, erabiltzen den kapitalaren finantza kostuei aurre egiteko gai bada.

Gure proiektua aurreko atalean ikusi den bezala bulego teknikoan bukatzen da eta honen kostua 26.008,52 €-takoa dela esan dezakegu hamabi astetako epean. Metodo tradizionalan aldiz iraupena bikoitza izatera hel daiteke prozedura bera egiteko, material askoz gehiago galduz bidean eta proportzio kostu handiagoak izanik. Era berean metodo tradizionalan langileak, doitzaileak, laguntzaileen beharra izango du eta simulazio numerikoan aldiz langile bakar batek egin dezake guztia aurretiaz gerta daitezkeen ezusteak aurreikusi daitezkeelako ordenagailuaren laguntzaz.

Honenbestez, ondoko 12. taula egin dugu datuak eta kostuak adieraziz eta ikusiz zein metodo izango den errentagarriagoa. Emaitza ikusiz gero konturatzen gara simulazio numerikoaren bidez trokel bi egin daitezkeen bitartean eta hasierako inbertsioa berreskuratuz ia guztiz metodo tradizionalaren bidez trokel bakarra egin zitezkeen. Ondorioz, konturatzen gara software laguntzak gauzak asko aurretzen dituela enpresariaren lanak eta modelo bakarra ekoitzi beharrean modelo gehiago egin ditzake epe berdinean errentagarriago bihurtuz enpresa eta era berean lehiakorragoa. Honek baimenduko dio beste merkatu batzuetan sartzea eta ikerkuntza, garapena eta berrikuntzan inbertsioak egitea. Honenbestez, esan dezakegu simulazio numerikoaren metodoa errentagarriagoa dela.



	Simulazio Numerikoa	Metodo Tradizionala
Hasierako inbertsioa	26.008,52 €	0 €
<b>DATUAK</b>		
Proiektuaren iraupena	4 hilabete	9 hilabete
Doikuntza kostua	25 €/h	30 €/h
Simulazio kostua	40 €/h	0 €
Simulazio denbora	45 h	0 h
Xafla kostua	10 €/xafla	
Erabilitako xafla kopurua	18	35
<b>KOSTUAK</b>		
Doikuntza	16.000 €	43.200 €
Simulazioa	1.800 €	0 €
Xaflak	180 €	350 €
Σ Kostuak	17.980 €	43.550 €

**12. taula:** Metodoen konparazio taula

INDUSTRIA MEKANIKO INGENIERITZA GRADUA

## GRADU AMAIERAKO LANA

### ***AUTOMOZIO SEKTORERAKO TXAPAZKO OSAGAIEN SIMULAZIO NUMERIKOA***

#### ***4. DOKUMENTUA – ONDORIOAK***

**Ikaslea:** Batiz, Gangoiti, Iraitz

**Zuzendaria:** Ortega Rodriguez, Naiara

**Kurtsoa:** 2017-2018

**Data:** 2018/06/15

## 4.1. ONDORIO OROKORRAK:

---

Atal honetan proiektutik atera daitezkeen ondorioak aipatzen dira zerrenda baten bidez.

- Fabrikatuko den pieza automozio sektorerako bideratuko da eta hau automobilaren atearen barnealdean joango da.
- Helburu nagusia trokelaren fabrikazioa izango da pieza honen simulazioa burutu ahal izateko era optimo batean. Hau lortzeko helburu partzial batzuk bete beharko dira pieza optimo eta errentagarria lortuz.
- Aurreko puntuan aipatu dena kontutan izanik bidean galduko den txapa kopurua eskasagoa izango da eta hartara galera gutxiago izango dira, material kantitate berdinarekin pieza gehiago fabrikatu ahal izango baitira. Proiektuaren garapenean zehar balaztak duten geometrian asko zentratuko da ez baitute berdin eragiten geometria guztiak.
- Simulazio emaitzen atalean aspektu ezberdinak aztertu ditugu: zapaltzailearen indarra, balaztaren kokapena eta balaztaren geometria. Hauen arabera emaitza ezberdinak aztertu ditugu optimora heldu arte. Ikusi da balazta gabe piezaren barnealdean ez dela nahiko luzatzen enbutitzean eta piezaren ingurune osoan zimurdura indartsuko joera duela. Era berean zapaltzailearen indarra handitzen joan gara eta emaitza oso gutxi hobetzen dela ikusi da. Hori dela eta balaztak jarri ditugu gertuago edo urrutiago eta honek eragiten duen simulazio ezberdinak aztertu ditugu. Ikusi da balazta gertu eta muga guztia hartzen badu emaitza asko hobetzen dela era berreskurapen elastikoaren balioa oso txikia dela.
- Simulazio numeriko hau burutzeko Pam-Stamp simulazio programa erabili da, alternatiba atalean garatu da programa hau aukeratzearren arrazoia. Era berean atal berdinean prozesu hau burutzeko erabiliko den prentsa zein izan den ere garatu dugu, prentsa mekanikoa, eta hau erabiltzeak izango duen abantailak aipatu dira. Azkenik, enbutizio prozesuan erabiliko den txaparen materialak ere bere garrantzia izango du eta hau karbono gutxiko Al aleazioa izango da proiektuan azaldu bezala.
- Berreskurapen elastikoa piezaren gunean 0,509647 mm-koa da eta hau emaitza optimoko atalean ikus dezakegu.
- Argaltze maximoa piezaren gunean enbutizio prozesuan 1,22 mm-koa da eta onargarritzat eman da minimoak ez baitu piezaren % 10-a gaintitzen.

- Proiektuaren iraupena 84 egun dira eta honek plangintza bat izango du proiektuan zehar azaldu dena. Hala ere, honen gunerik zail eta luzeena simulazio numerikoa izango da, emaitza optimoa bilatzen baita. Hau burutu gabe ezin izango genukeen proiektu hau bukatutzat eman.
- Proiektu honek duen kostu totala 26.008,52 €-takoa da. Pisurik handiena barne-orduak dute, kostu zuzenen %85-a gutxi gorabehera. Era berean honen barnean langileak ordu kopuru handiena eman du proiektua burutzeko.

INDUSTRIA MEKANIKO INGENIERITZA GRADUA

## GRADU AMAIERAKO LANA

### ***AUTOMOZIO SEKTORERAKO TXAPAZKO OSAGAIEN SIMULAZIO NUMERIKOA***

#### ***5. DOKUMENTUA – BIBLIOGRAFIA***

**Ikaslea:** Batiz, Gangoiti, Iraitz

**Zuzendaria:** Ortega Rodriguez, Naiara

**Kurtoa:** 2017-2018

**Data:** 2018/06/15

## BIBLIOGRAFIA:

---

### HIZTEGIAK:

- <http://www.euskadi.eus/diccionario-elhuyar/>
- <https://www.wordreference.com/es/translation.asp?tranword=DOCUMENT>

### DOKUMENTAZIOA:

- Teknologia mekaniko ikasgaiko materiala
- Ingeniaritza proiektuak ikasgaiko materiala
- Egitura-materialak: Lanen eta hausturen mekanika ikasgaiko materiala
- Enpresen antolakuntza ikasgaiko materiala

### INFORMAZIO OROKORRA:

- <http://www.sernauto.es/es/sector-automocion>
- <http://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/9039924/03/18/La-industria-de-la-automocion-espanola-acelera-su-expansion-en-Marruecos.html>
- <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/8513773/07/17/La-automocion-espanola-ya-es-la-tercera-mas-competitiva-de-Europa.html>
- <http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/Documents/agendas-sectoriales/agenda-sectoria-industria-automocion1.pdf>
- [http://www.abc.es/motor/reportajes/abci-liderazgo-absoluto-sector-automocion-espana-2017-201801241641\\_noticia.html](http://www.abc.es/motor/reportajes/abci-liderazgo-absoluto-sector-automocion-espana-2017-201801241641_noticia.html)
- <https://www.acicae.es/news/el-sector-vasco-de-automocion-crece-en-facturacion-y-en-empleo>
- <http://www.eleconomista.es/pais-vasco/noticias/9081641/04/18/La-automocion-vasca-preve-crecer-un-7-en-2018.html>
- <http://www.gestamp.com/Home.aspx?lang=es-ES>
- <http://www.matrici.com>
- <http://www.batz.com/es/>
- <http://www.maier.es/es/>
- [https://elpais.com/elpais/2014/09/26/media/1411746089\\_697121.html](https://elpais.com/elpais/2014/09/26/media/1411746089_697121.html)
- <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/105497-Los-materiales-compuestos-en-el-futuro-de-la-automocion.html>

- <http://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/150089-Posibilidades-de-nuevos-materiales-para-industria-de-automocion-composites-reto.html>
- <http://juancapaj.blogspot.com/2011/12/materiales-empleados-en-la-automocion.html>
- <https://nanosteelco.com/products/sheet-steel/ahss-sheet/>
- <http://arisa.com/prensa-mecanica-y-servo-prensa-automatizacion-de-procesos/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Troquelación>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Prensa\\_hidráulica](https://es.wikipedia.org/wiki/Prensa_hidráulica)
- <https://www.logismarket.es/prensas-hidraulicas/814582961-cp.html?src=gg&param1=g&param2=es sr 04 maquinas-herramienta&param3=814582961&param4=c&gclid=Cj0KCQjwxtPYBRD6ARIsAKs1XJ6O47uHJU9lhQurlF0grznFpU7bYko1wvy 592vDLoqjJpi1Xt - UoaAo6kEALw wCB>
- <https://www.thefabricator.com/spanish/la-servoprensa-funciona-mejor-como-un-sistema>
- <http://www.gestamp.com/que-hacemos/tecnologias/estampacion/estampacion-en-frio>
- <http://www.gestamp.com/que-hacemos/tecnologias/estampacion/estampacion-en-caliente>
- <https://es.scribd.com/document/255474732/Diagramas-Limite-de-Formabilidad>
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70344/fichero/Capitulo+3.pdf>
- <https://pdfs.semanticscholar.org/9cc0/2c1053b866757e14f5b1463f8e0b29ce1799.pdf>
- <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/734/3/032124/pdf>
- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.519.2279&rep=rep1&type=pdf>
- [http://essay.utwente.nl/58267/1/graduate\\_report\\_2004\\_lingbeek.pdf](http://essay.utwente.nl/58267/1/graduate_report_2004_lingbeek.pdf)
- <https://www.esi-group.com/software-solutions/virtual-manufacturing/sheet-metal-forming/pam-stamp-stamping-simulation-solution>
- <http://www.aysmanufacturing.com/portfolio-item/estampacion-pam-stamp/>
- [http://www.aysplm.com/documentos/productos/pdf/pam\\_stamp\\_ays.pdf](http://www.aysplm.com/documentos/productos/pdf/pam_stamp_ays.pdf)
- <https://es.scribd.com/document/259215739/Manual-Pam-Stamp>
- <http://www.3dcadportal.com/pam-stamp-2g.html>
- <https://www.ansys.com/products/structures/ansys-ls-dyna>

- <https://www.ansys.com/products/structures/ansys-ls-dyna/lsdyna-capabilities>
- ANSYSWorkbenchLS-DYNAUsersInstructionsR16.pdf
- <https://www.autoform.com/es/>
- <http://www.3dcadportal.com/autoform.html>
- <https://www.eta.com/inventium/dynaform>
- <http://www.3dcadportal.com/dynaform-metal-forming-software.html>
- <http://www.figes.com.tr/english/dynaform/index.php>
- <http://www.cimatech.com/productos/dynaform/simulacion-estampacion-dynaform.html>
- <https://www.deform.com/products/deform-3d/>