

INDUSTRIA TEKNOLOGIAREN INGENIARITZAKO
GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

BALAZTA DISKO BATEN MEKANIZAZIO PROZESUAREN DISEINUA

Ikaslea: Gómez López, Aitor

Zuzendaria: Ortega Rodríguez, Naiara

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019ko uztailak 19

LABURPENA

Eu: Lan honen bidez balazta disko baten mekanizazio prozesua azalduko da, diskoaren diseinurako proposamen batetik abiatuz. Diseinuaren aukeraketan diskoaren geometria eta materiala zehaztuko dira, beroaren xahutze hobea bat lortzea edo sortu daitezkeen akatsak saihestea bezalako helburuei jarraituz. Bestalde, aukeratutako diseinuaren mekanizazio prozesua erraztearren, prozesu-orria idatziko da, parametro optimoak aztertuz eta azalduz.

Hitz gakoak: balazta diskoa, mekanizazioa, prozesu-orria.

Es: Mediante este trabajo se plantea el proceso de mecanizado de un disco de freno partiendo de una propuesta para su diseño. La elección del diseño consistirá en definir la geometría y material del disco, a partir de unos requisitos tales como una mejor disipación del calor o la prevención de posibles causas de fallo. Por otro lado, se elaborará la hoja de procesos con el objetivo de facilitar el proceso mecanizado del diseño elegido, analizando y detallando los parámetros óptimos.

Palabras clave: disco de freno, mecanizado, hoja de procesos.

En: By means of this work, the machining process of a brake disc will be suggested, based on a proposed design for the disk. The choice of the design will consist in defining the geometry and material of the disk, based on requirements such as a better heat dissipation or the prevention of possible causes of failure. On the other hand, the process sheet will be developed with the aim of facilitating the mechanization process of the chosen design, analyzing and detailing the optimal parameters.

Key words: brake disc, machining, process sheet.

AURKIBIDEA

1. SARRERA.....	1
2. TESTUINGURUA.....	3
3. HELBURUAK.....	7
4. ONURAK.....	9
4.1 Onura teknikoak.....	9
4.2 Onura ekonomikoak.....	9
5. ALTERNATIBAK.....	11
5.1 Geometria.....	11
5.2 Materiala.....	13
5.3 Fabrikazio prozesua.....	15
6. ALTERNATIBEN AUKERAKETA.....	17
6.1 Geometria.....	17
6.2 Materiala.....	18
6.3 Fabrikazio prozesua.....	19
7. METODOLOGIA.....	21
7.1 Aurpegiketa eragiketak.....	21
7.2 Artekaketak.....	26
7.3 Barne zilindraketa.....	28
7.4 Zulaketak.....	29
8. MAKINA.....	31
9. MEKANIZAZIO ERAGIKETAK.....	33
9.1 Lehenengo eusteko eragiketak.....	33
9.2 Bigarren eusteko eragiketak.....	38
10. PROIEKTUAREN ATAZAK.....	47
10.1 Merkatuko aukera desberdinen analisia.....	47
10.2 Piezaren zehazpena.....	47
10.3 Mekanizazio prozesuaren ebazpena.....	48
10.4 Proiektuaren idazketa.....	49
11. GASTUEN AITORPENA.....	51
11.1 Pertsona-gastuak.....	51

11.2	Amortizazioak.....	51
11.3	Bulegoko materiala eta material bibliografikoa.....	52
12.	ONDORIOAK.....	55
13.	BIBLIOGRAFIA.....	57
	A eranskina. Pieza bukatuaren neurriak.....	59
	B eranskina. Hasierako piezaren neurriak.....	61
	C eranskina. Prozesu-orria.....	63

IRUDIEN AURKIBIDEA

1. irudia.	Ibilgailuen ekoizpena, herrialdez herrialde (1950-2014). Wikipedia (2014).....	3
2. irudia.	Istripuen ondoriozko hildakoak Espainian (1960-2017). DGT (2018).....	4
3. irudia.	Disko-balazta sistemen atalak.....	5
4. irudia.	Balazta disko zurruna (Brembo Volvo S60 01-08).....	11
5. irudia.	Balazta disko aireztatua (Brembo Matrix Xr 09-11).....	12
6. irudia.	Zulodun balazta diskoa (Brembo A4 Quattro 07-18).....	12
7. irudia.	Artekadun balazta diskoa (Elevate Volvo C30 Performance).....	13
8. irudia.	Balazta disko mistoak (MX-5 Miata).....	13
9. irudia.	Balazta disko karbo-zeramikoa (Titan Motorsports R35 Nissan GTR).....	14
10. irudia.	Bi piezaz osatutako diskoa (Z1 2 Piece Brembo).....	14
11. irudia.	Karbonozko balazta diskoa (Lamborghini OEM Carbon Ceramic Brake Rotor).....	15
12. irudia.	Tornu paraleloa (Torno Paralelo TRENS serie STANDARD).....	16
13. irudia.	ZK tornua (Torno CNC TX66 Y3).....	16
14. irudia.	Aurpegiaren letren bidezko identifikazioa.....	21
15. irudia.	Ardatz bateko arbastatze eta akabera eragiketak.....	22
16. irudia.	Aurpegiketarako plakatxoaren forma eta material gomendatuak (Sandvik).....	23
17. irudia.	S formako plakatxoekin ditzaketen iraganaldi sakonerak (Sandvik).....	23
18. irudia.	S formako, arbastatzerako eta K graduko materialerako plakatxoaren geometriak (Sandvik).....	24
19. irudia.	SNMG 15 06 16-KR geometriaren sakonera eta aitzinapenaren balioen tarteak (Sandvik).....	24
20. irudia.	Zenbait materialetarako geometria desberdinen ebaketa abiaduren balioak (Sandvik).....	24
21. irudia.	Arbastatzerako aukeratutako plakatxoaren geometria (SNMG 15 06 16-KR).....	25
22. irudia.	Aitzinapenak eta puntaren erradioak zimurtasunean duten eragina.....	25
23. irudia.	Akaberarako aukeratutako plakatxoaren geometria (CCMT 12 04 04-KF).....	26
24. irudia.	Lortu nahi diren arteken neurrien eta puntaren erradioaren arteko erlazioa.....	27
25. irudia.	Gogortasun diferentziaren arabera ebaketa abiadura zuzentzeko koefizienteak.....	27
26. irudia.	Artekaketarako aukeratutako fresaren geometria (1B240-0500-XA).....	28
27. irudia.	Barne zulaketarako aukeratutako plakatxoaren geometria (TCMT 22 04 12-KR).....	29
28. irudia.	Zulaketarako aukeratutako barautsaren geometria (460.1-1600-048A0-XM).....	30
29. irudia.	Piezaren hasierako forma.....	33
30. irudia.	Aurpegiketaren baten abiadura konstanteen mugak.....	34
31. irudia.	Lehenengo arbastatzearen ondorioz lortzen den pieza.....	35
32. irudia.	Lehenengo akaberaren ondoren piezak duen forma.....	36
33. irudia.	Lehenengo artekaketa egin eta gero lortzen den pieza.....	38
34. irudia.	Bigarren arbastatzearen ondorioz lortutako pieza.....	39
35. irudia.	Hirugarren arbastatzearekin lortzen den pieza.....	40
36. irudia.	Barne zilindraketa eginez lortzen den pieza.....	43
37. irudia.	Bigarren akabera aurpegiketaren baten abiadura konstanteen mugak.....	44
38. irudia.	Bigarren artekaketaren ostean lortzen den pieza.....	45
39. irudia.	Piezaren bukaerako forma.....	46
40. irudia.	Proiektuaren Gantt-en diagrama.....	50

TAULEN AURKIBIDEA

1. taula. Geometria desberdinen ezaugarrien balorazioa.....	18
2. taula. Material desberdinen ezaugarrien balorazioa.....	19
3. taula. Fabrikazio prozesu desberdinen ezaugarrien balorazioa.....	20
4. taula. CMZ ekoizlearen TA20 Z4OO modelo eta bere ezaugarri teknikoak.....	32
5. taula. Lehenengo arbastatze aurpegiketaren parametroak.....	35
6. taula. Lehenengo akabera aurpegiketaren parametroak.....	36
7. taula. Lehenengo artekaketaren parametroak.....	37
8. taula. Bigarren arbastatze aurpegiketaren parametroak.....	39
9. taula. Barne zilindraketako hiru iraganaldietako parametroak.....	42
10. taula. Bigarren akabera eragiketako parametroak.....	44
11. taula. Bigarren artekaketaren parametroak.....	45
12. taula. Zulaketaren parametroak.....	46
13. taula. Proiektuaren atalen iraupenak.....	49
14. taula. Pertsona gastuen aitorpena.....	51
15. taula. Amortizazioko gastuen aitorpena.....	52
16. taula. Kostu totalen aitorpena.....	53

1. SARRERA

Proiektu honek balazta disko baten diseinuaren aukeraketa batetik abiatuz, haren fabrikazioaren parte den mekanizazio prozesuaren diseinua egitea du helburu. Oroitidazki honen bidez, xedea lortu arte lanean zehar jarraitu diren pausoen argibideak eskainiko dira.

Lehenik eta behin, lanaren testuingurua aurkeztuko da. Horretarako eta automozioaren industriak merkatuan duen garrantzia azpimarratzeko, sektore honek urteetan zehar izan duen bilakaera azalduko da. Halaber, aipatutako sektorea maila geografiko desberdinetan aztertuko da, mundu mailatik abiatuz eta Euskadi mailan bukatuz, horietako bakoitzean duen garrantzia argitzeko helburuarekin. Ondoren, balazta diskoek automozioan jokatzeko duten papera azalduko da eta hauen funtzionamenduaren azalpen labur baten bidez emango zaio bukaera atal honi.

Behin lana testuinguruan kokatu dela, honen helburuak azalduko dira. Lanaren helburu nagusiaz gain, bertan zehar lortuko diren azpi helburuak ere finkatuko dira.

Geroago, lanak eskainiko dituen onurak azalduko dira. Hauek bi atal nagusitan banatuz. Onura teknikoak, langileen lana errazteari eta produktibitateari begira garrantzi handikoak izango direnak, eta onura ekonomikoak, enpresaren errentagarritasunari begira ardua handikoak ere izango direnak.

Hurrengo atalean, diskoaren diseinuaren zehazpenari ekingo zaio. Horretarako ikuspuntu desberdinetatik abiatuz merkatuan dauden aukerak aztertuko dira. Diskoen geometria eta materiala izango dira ikuspegi garrantzitsuenak, baina fabrikazio prozesu motak ere aztertu beharrekoak izango dira, lanaren funtza diskoaren fabrikazioaren atal bat diseinatzea baita.

Aurreko atalarekin lotuta, aukera guztien artean ezarritako baldintza batzuk betetzen dituztenak aukeratuko dira ondoren, modu horretan diskoaren diseinua definituz.

Behin diskoaren diseinua lortu dela, honen mekanizazio prozesurako metodologia zehaztuko da. Atal honetan prozesuan zehar agertuko diren eragiketak azaldu eta bakoitzean erabiliko diren plakatxoak eta hauen menpe dauden parametroak ezarriko dira.

Horren ondoren, eragiketa bakoitzean kalkulu guztiak burutuko dira, parametro guztiak definituz. Modu horretan, operazio bakoitzaren nondik norakoak azalduko dira, geroago, prozesu-orrian era labur era praktikoan irudikatzeko. Atal honen egikaritzearen bidez lanaren helburu nagusia lortuko da.

Ostean, proiektuan zehar jarraitutako ataza guztien azalpena emango da, hauen iraupenak adieraziz. Gainera, era laburrago eta praktikoago batean bistaratzearren, proiektuaren Gantt-en diagrama erakutsiko da.

Proiektuaren kudeaketarekin lotuta, kostuen aitorpena egingo da, eta hauek batuz lanak suposatu dituen kostu totalak adieraziko dira.

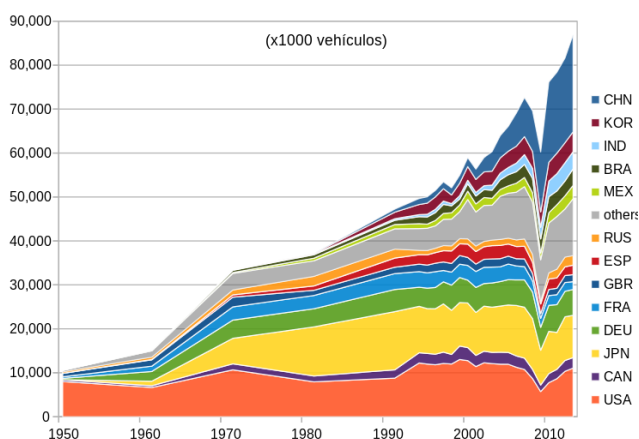
Amaitzeko, lanaren gauzatzeari esker lortu diren ondorioak aipatuko dira.

2. TESTUINGURUA

1890eko hamarkadan sortu zen Estatu Batuetan automobilgintzaren industria. Asko izan dira garai haietako lehenengo ibilgailuetatik gaur egungo modelo teknologikoki konplexuagoetara sektore honetan garatu diren aurrerapenak. Izan ere, hobekuntza hauen beharrak handia izaten jarraitzen du, bai funtzionaltasunaren inguruan, baina baita estetika eta segurtasunaren inguruan ere, oraindik irabazi tarte handia eskaintzen duen baina gero eta zorrotzagoa den merkatu batera moldatu beharrak eraginda. Berrikuntzak etorriko dira beraz, baldintza optimoen eskari horri erantzuna ematen jarraitu nahi izatearen ondorioz.

Honek, automozioarena garapenean dabilen sektore bat dela argi uzten du. Fabrikazio metodo, material edo geometria bezalako alderdi asko daude oraindik ikertu eta fabrikatzeko eta, beraz, ingeniartzaren eginkizuna garrantzi handikoa izango da arlo horretan.

Automobilgintza etengabeko aurrerapen horien beharra duen sektore bat izateaz gain, aurreko mendeen zehar herrialde guztietara oso azkar zabaldu den merkatu bat izan da, mundu mailako ekoizpenaren eta ekonomiaren arloari begira oinarri garrantzitsuenetariko bat bihurtuz. Lehenengo 100 urteetan ekoizle garrantzitsuena Estatu Batuak izan baziren ere, azkenengo hamarkadan Txina jarri da sektorearen buru, mundu mailan egiten diren ia ibilgailuen herena bertan fabrikatzen direlarik. Iparramerikak, Koreak eta Japoniak beste heren bat osatzen dute momentu honetan.



1. irudia. Ibilgailuen ekoizpena, herrialdez herrialde (1950-2014). Wikipedia (2014).

Europar mundu mailan ekoizten diren autoen %20-a ekoizten da (19,5 milioi/urte), bertako herrialde garrantzitsuena Alemania izanik (5,5 milioi/urte) eta Espainia bigarren postuan egonik (2,7 milioi/urte).

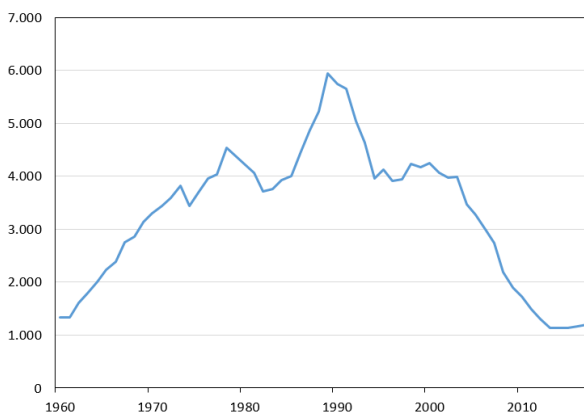
Espanian dauden 17 lantegiak dira Europa mailan ekoizpenaren lehenengo postuetan mantentzen dutena. 43 modelo desberdin ekoizten dira,

zeinetatik 20 eskusiboki bertan egiten diren. Horren ondorioetako bat 300.000 lanpostu zuzen eta zeharkako 2 milioiren sorrera da.

Era berean, Euskadi mailan, energiarena eta aeronautikarenarekin batera, sektore estrategiko garrantzitsuenetakoa izan da azkenengo urteetan automozioaren industria. Enpresa ugariaren (300 inguru) sorrerarekin automobil-sektoreak bere lekua aurkitu du lurralde honetan. Estatuko produkzioaren herena Euskadin kokatzen da eta esan beharra dago honelako ekoizpen kontzentrazioa Europako lurralde gutxi batzuetan besterik ez dela gainditzen.

Sektorearen teknologiaren espezializazio maila da hainbeste enpresen sorreraren arrazoietakoa bat. Espezializazio horrek bai ekoizpen eta bai ikerketa prozesuetan banaketa bat sortzen du. Segurtasuna, eraginkortasuna, funtzionaltasuna dira, besteak beste, zatiketa horretako arloak.

Horien artean, segurtasunaren eremua izan da azkenaldian aldaketa gehien jasan dituen. Datuei erreparatuta, errepideetan gero eta hildako gutxiago izatea lortu da azken urteotan. Bideko segurtasun arauen aldaketak zerikusia duen arren, autoetan ezarritako teknologia berriek izan dute eragin handiena, istripuetako heriotza-tasa hori asko murriztuz.



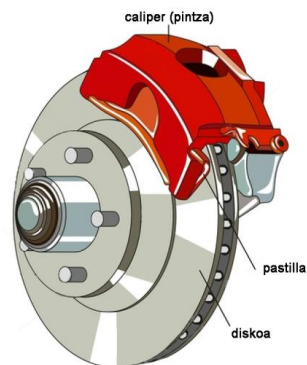
2. irudia. Istripuen ondoriozko hildakoak Espainian (1960-2017). DGT (2018).

Esan dezakegu segurtasunaren arlo horretan ibilgailuen balaztatze sistemak funtsezko zeregina duela -garrantzitsuena esan genezake-errepidean pertsonak daukagun babes nagusia delako eta beraz, gure osotasuna bermatzeko ezinbestekoa delako. Sistema honek autoa moteltzen eta geldiarazten laguntzen digu, eta derrigorrezkoa du lan hori zehaztasunez egitea, beraz sistema hori osatzen duten osagaien fabrikazioak eta mantentze lanek arreta berezia eduki behar dute. Horregatik, pieza hauen eta haien fabrikazio prozesu horien ikerketak eta diseinuak funtsezko eginkizuna burutzen dute automobilgintzan.

Zentratuko gara, lan honen helburua bere diseinu eta fabrikazioari lotuta dagoenez, balaztatze sistema horren barruan dagoen pieza oso garrantzitsu batean: balazta diskoa.

Balazta diskoa ibilgailuen gurpiletan kokatuta dagoen eta pistoi, balazta-pastilla eta pintzekin batera disko-balazta sistema osatzen duen pieza bat da. Balaztatze sistema horretan, gainazalean marruskadura koefiziente altua duten pastilla batzuk gurpilekin batera biratzen den diskoarekin kontaktuan jartzen dira, pistoi hidrauliko batzuen bidez.

Kontaktuan, abiadura diferentziak sortzen duen marruskadura indarrak diskoaren eta, beraz, gurpilen balaztatzea eragiten du, ibilgailua motelduz.



3. irudia. Disko-balazta sistemen atalak.

Geometria, material, fabrikazio prozesu eta abarren konbinaketa ezberdinek definituko dituzte pieza horien diseinuaren alternatiba guztiak, besteak beste, ekonomia, funtzionaltasuna edo eraginkortasuna bezalako faktoreetan oinarrituz.

3. HELBURUAK

Aipatutako automozioaren etengabeko berritzeari eta autoen segurtasun faktoreen hobekuntza premiari jarraituz, balazta disko baten fabrikazio prozesuaren barnean dagoen mekanizazio atalaren diseinua eta dagokion prozesu orria azaltzea izango da lan honen helburua.

Prozesuan zehar azpi-helburu batzuk zehaztuko dira, zeintzuen bidez helburu nagusia lortzeko bidea erdietsi ez ezik zeharkako ondorio batzuk lortuko diren. Horien artean hurrengoak aurkituko ditugu:

- Fabrikatu nahi den piezaren geometria optimoa lortzea.
- Fabrikatu nahi den piezaren materiala zehaztea.
- Prozesua garatzeko erabiliko den makina lortzea.
- Aukera guztiak aztertuz mekanizazio prozesu optimoa lortzea.
- Prozesu orria lortzea.

Behin atal hauek lortu direla, proiektuaren helburua lortutzat eman ahal izango da. Hala ere, agertuko diren beste atalei esker lanaren xehetasun guztiak azalduko dira.

4. ONURAK

Lan honen onurak bi atal nagusitan banatuko dira. Alde batetik, enpresarentzat eta haren langileentzat onuragarri suertatu daitezkeen abantaila tekniko batzuk eskainiko dira. Bestalde, gehienbat enpresaren mesederako izango diren etekin ekonomiko batzuk ere lortuko dira.

4.1 ONURA TEKNIKOAK

Landuko den prozesu orriak hainbat onura ekarriko dizkie bai enpresari eta bai haren langileei.

Enpresarentzat, prozesu orriak informazioa aurkitzeko modu fidagarri eta simple bat suposatuko du. Bere soiltasunak asko erraztuko du eginbeharreko pausoen azalpena, fabrikatu nahi den piezaren ekoizpena arinduz. Gainera, lanaren bidez prozesuko atal guztiak justifikatuko dira, modu ordenatuan azalduz. Honen bidez, egin nahi den edozein aldaketa inplementatzea askoz errazagoa izango da. Horrek prozesua ñabardura desberdinekin ikusteko aukera ere emango du, adibidez, mekanizazio-eragiketen ordenatik edo tresna desberdinen erabilpenetik abiatuz. Honen bidez emaitza hobereana lortzea errazagoa izango da.

Fabrikazio fase honetan parte hartuko duten langileek, alderdi desberdinetan beraien gaitasunez guztiz baliatu ahal izango dira, agertu daitezkeen konplexutasun teknikoak murriztuko baitira. Prozesu zehatz bakoitzerako aukeratutako materiala, erabili beharreko makina edo produktua fabrikazioaren diseinu eta programazioa ezagunak izango zaizkie eta haien eginbeharrak hobeto egin ahal izango dituzte. Erabiliko diren makinak eta erreminten erabilpena ere erraztuko da emango diren proposamenen bidez.

4.2 ONURA EKONOMIKOAK

Onura teknikoak ez ezik, onura ekonomikoak ere lortuko dira prozesu orri honen ondorioz. Txostena prestatzeak atal desberdinen artean dagoen lotura hobetuko du, batetik bestera sortu daitezkeen akatsak murriztuz. Gainera, prozesuko pauso guztiak zehazteak eta egin beharreko kalkuluak egiteak azken emaitza optimizatzea ahalbidetuko dute, egon daitezkeen arazoak fabrikazioa hasi baino lehen jada aztertutako eta konponduak izango baitira. Honek etekin handiagoak ekarriko ditu denbora gutxiagoan.

Enpresaren etekinak handiagoak izateak langileen soldata handitzea, instalazioetan behar diren berrikuntzak egitea edo produkzioerako baliabideen hobetzea ahalbidetuko ditu, beste askoren artean. Gainera, etekin horiei esker ekoizpen aukerak zabalagoak izango dira eta enpresaren lehiakortasuna askoz handiagoa izango da.

5. ALTERNATIBAK

Aipatu den moduan, geometria, material eta fabrikazio prozesu horien konbinaketa izango da gaur egun merkatuan aurkitu daitezkeen diskoen alternatiba guztiak definituko dituena. Ibilgailu eta helburu desberdin bakoitzak zehaztuko dute konbinaketa horretatik lortzen den pieza bakoitzaren egokitasuna. Aztertuko dira, orduan, momentuan eskuragarri dauden aukerak.

5.1 GEOMETRIA

Piezaren geometria izango da honen diseinua eta ondorengo funtzionaltasuna baldintzatuko dituen aldagai garrantzitsuenetako bat. Merkatuan dauden hautabideen artean hainbat aurkitu daitezke, haietako bakoitza funtzionamendu egoera eta faktore ekonomiko batzuei egokitzuz lortutako emaitza izanik.

Diseinu sinpleenetik abiatuko gara, ondoren datozenak horri egindako aldaketa batzuen ondorioz lortzen baitira. Merkatuan dauden aukerak aztertuz, **balazta disko zurrunak** deritzenak dira aurkitu daitezkeen sinpleenak.

Bere izenak dioen bezala, pieza solido zurrun bakar batean daude fabrikatuak. Marruskadura-pisten artean dagoen bolumena solidoa da. Horren ondorioz merkatuan dauden aukera merkeena dira. Hala ere, ibilgailu txikietan edo atzeko gurpiletan muntatu ohi dira bakarrik, bere erabileran sortzen diren tenperatura altuak xahutzeko gaitasun ezarengatik.



4. irudia. Balazta disko zurruna (Brembo Volvo S60 01-08).

Beroaren disipazio hobeko baten behar horren ondorioz sortuko dira hemendik aurrera izendatuko diren alternatibak, batzuk sinpleagoak eta beste batzuk konplexuagoak. Hala ere, horiek guztiak oinarritzko geometria bat partekatzen dute: disko zurrunetan ez bezala, kasu hauetan bi marruskadura pistak ez dira disko berean egongo. Bien artean tarte bat duten bi diskoen kanpoko aurpegietan kokatuko dira pista horiek. Bi diskoen artean dauden nerbio erradial batzuen bidez mantenduko da diskoaren

zurruntasuna. **Balazta disko aireztatuak** deritze disko hauei eta diskoaren kanpoko aurpegiaren geometriaren arabera (lauak, artekatuak, zulatuak...) mota desberdinetakoak izango dira. Arruntena aurpegi lauak dituena da.



5. irudia. Balazta disko aireztatua (Brembo Matrix Xr 09-11).

Aireztatuen artean dauden mota guztiak diskoaren erabileran sor daitezkeen arazo desberdinak saihesteko edo haien eraginkortasuna hobetzeko helburuarekin diseinatu dira.

Pastilla bat gastatzen hasten denean, gasak jaurtitzen ditu, pastillaren eta diskoaren kontaktu optimoa galaraziz. Hori saihesteko, disko aireztatuen aurpegietan zulaketa batzuk egiten dira, gas horiei irtenbidea emateko eta aldi berean diskoaren pisua zerbait arintzeko. Disko hauei **zulatutako balazta disko aireztatuak** deritze. Esan beharra dago gaur egungo pastillak asko hobetu direla eta gero eta gas gutxiago jaurtitzen dutela, horregatik mota honetako diskoak errendimendu altua behar duten autoetara mugatu dira.



6. irudia. Zulodun balazta diskoa (Brembo A4 Quattro 07-18).

Beste alde batetik, **artekadun balazta disko aireztatuak** topatu daitezke. Disko hauen berezitasuna, gasi ez ezik diskoaren eta pastillen kontaktuaren ondorioz sortzen diren partikulei irtenbidea ematea da, bere aurpegietan kokatutako arteka batzuen bidez. Beroa ez dute zulatutakoek bezain ondo disipatzen baina horiek ez bezala, "cracking" izeneko fenomeno saihesten dute. Fenomeno hau zuloen inguruan sortzen diren arrakala txiki batzuk sortzen direnean gertatzen da.



7. irudia. Artekadun balazta diskoa (Elevate Volvo C30 Performance).

Azkenik, aipatutako diseinuen konbinaketak eginez, **balazta disko mistoak** sortuko dira, gama altuko autoetan eta espezifikazio bereziko ibilgailuetan erabiltzen direnak. Disko hauek aireztatuak izan ohi dira eta haien aurpegietan zulaketak eta artekaketak egiten dira azaldutako mota bakoitzaren ezaugarri hoberenak batuz.



8. irudia. Balazta disko mistoak (MX-5 Miata).

Diskoen geometriak alde batera utzita, hauek osatzen dituzten materialei jarriko zaie arreta, parametro hau baita sistemaren balaztatze ahalmena zehaztuko duena, marruskadura gainazalaren tamainarekin batera.

5.2 MATERIALA

Ibilgailu motak eta erabilpenak baldintzatuko dute diskoen materiala. Gaur egun 3 talde nagusietan banatzen dira merkatuan aurkitu daitezkeenak: burdinurtu grisezkoak, karbo-zeramikoak eta altzairu eta aluminioa erabiliz lortutakoak.

Ibilgailu gehienetan, **grafito laminarreko burdinurtu gris nodularrezkoak** erabiltzen dira. Hauek 400°C-ko tenperaturetara iritsi daitezke eta 7.2 kg/dm³-ko dentsitatea daukate. Hain arruntak ez diren beste hainbat aleazio aurkitu daitezke, haien erabilpena inguruko tenperaturak eta hezetasunak edo eskakizun mekaniko desberdinek baldintzatuko dituztelarik. Hala ere, beste aleazio horien bidez lortzen diren materialak gama altuko autoetan eta erabilera berezi batzuetarako prestatzen direnetan baino ez dira erabiltzen.

Aipatu berri den bezala, normalean erabiltzen diren diskoak 400°C-tik beherako tenperaturetan lan egiteko daude prestatuta. Temperatura altuagoak jasan ahal izateko aleazio desberdinekoak erabili beharko dira. Hala ere, badaude egoera batzuk non diskoen erabilpenerako materialen pisuak eta tenperatura altuak jasateko ahalmenak aparteko ezaugarri batzuk

bete beharko dituzten. Hala nola, lehiaketetarako prestatuak dauden autoak edo abiadura oso altuetara garraiatzeko gai izan behar diren ibilgailuak. Kasu hauetan **disko zeramiko edo karbo-zeramikoen** erabilera izaten da ohikoena. Disko hauek, arinagoak izateaz gain (2.45 kg/dm^3), beroarekiko askoz erresistenteagoak dira eta deformatzeko joera askoz txikiagoa dute burdinurtuzkoekin konparatuta. Material honetako diskoen fabrikazioa eta mantentze lanak motelagoak eta garestiagoak dira eta horregatik ez da ohikoena hauen erabilera.



9. irudia. Balazta disko karbo-zeramikoa (Titan Motorsports R35 Nissan GTR).

Azkenaldiko berritasuna dira **bi-metal** deritzen (batzuetan ko-molde) aluminiozko eta altzairuzko piezak dituzten diskoak. Marruskadura pistak altzairuz eginak dituzte -disko arruntek bezala- baina koroa aluminiozkoa dute, modu horretan pisuaren murrizketa (%20koa) eta beroaren xahuketa hobeago bat lortuz. Gainera, nekearekiko eta deformazioekiko erresistentzia altuagoa dituzte. Batzuetan zink geruza batez estaltzen dira korrosioa saihesteko. Disko zeramikoetan gertatzen den moduan, hauen fabrikazio denborak eta kostuak altuak izaten dira eta horren ondorioz soilik erabilera berezietarako ekoizten dira.



10. irudia. Bi piezaz osatutako diskoa (Z1 2 Piece Brembo).

Azkenik, aipatu beharrekoak dira soilik lehiaketarako ekoiztuak diren **karbono-zuntzezko** balazta diskoak. Burdinurtuzkoekin konparatuz askoz eraginkorragoak izateaz gain, pisua zeharo murriztuagoa dute (1.7 kg/dm^3). 400°C -tik gorako tenperaturak behar dituzte modu egokian lan egiteko eta 1000°C -taraino iristeko gai dira. Marruskadura koefiziente altuei esker oso eraginkorrak izan arren, higadura handiak jasaten dituzte aurpegietan, haien erabilpena asko mugatuz.



11. irudia. Karbonozko balazta diskoa (Lamborghini OEM Carbon Ceramic Brake Rotor).

5.3 FABRIKAZIO PROZESUA

Behin merkatuan aurkitu daitezkeen balazta diskoen diseinua aztertu dela, aipatu beharrekoak dira hauek fabrikatzeko erabiltzen diren metodoak, material eta geometria bakoitzari zuzenki lotuta baitaude.

Lehenengo pausoa piezaren galdaketa izango da, mekanizazio batez jarraiturik.

Burdinurtuzko balazta diskoak, hau da, disko gehienak, DISAMATIC motako **hondarretako galdaketa lerroetan** fabrikatutakoak dira. Molde eta arren forma eta kokapen desberdinak konbinatuz diskoaren diseinu desberdinak lortuko dira. Fabrikazioaren atal honetan diskoaren zati batzuk ekoizpen prozesuaren hurrengo atala izango den mekanizazio prozesurako egokitzen dira.

Disko zeramikoaren kasuan, antzeko prozedura jarraitzen da, baina material egokietako molde eta arrak erabiliz. Mota honetako diskoen fabrikazio prozesuek denbora gehiago behar izaten dute, material zeramikoek tratamendu termiko eta kimiko luzeagoak behar baitituzte.

Bestalde, lehenago aipatutako balazta disko bi-metalikoek disko arruntak bezala hondarretako galdaketa lerroetan ekoiztuak izan arren, bi zatitan banatzen da haien gorputzaren fabrikazioa, material bakoitzaz egindako zatietan, alegia. Galdaketa prozesua egin ondoren bi zatiak torlojatu eta mekanizazio prozesu bat aplikatzen zaie, beharrezkoa den gainazaletan.

Mekanizazio prozesuari dagokionez, disko mota guztiek torneaketa makinetan lortuko dute haien bukaerako forma. Aztertu behar izango dira, beraz, torneaketa makina horietan aurkitu daitezkeen aukerak.

Hiru mota nagusi aurkituko ditugu eskuragarri: tornu paraleloak, zenbakizko kontrolدون tornu automatikoak eta espeka-tornu automatikoak.

Tornu paraleloa eskuzko tornua da, zeinen mugimendua bolante eta palanken bidez kontrolatzen den. Normalean pieza bakarrerako edo lan bereziatarako baino ez da erabiltzen, bere prestatze eta produkzio denboren luzera dela eta.



12. irudia. Tornu paraleloa (Torno Paralelo TRENS serie STANDARD).

Zenbakizko kontroladun tornuetan serbomotorren eta programazioaren bidez automatizatzen da mugimendua. ZK tornu batek normalean beste motako tornuek egiten dituzten eragiketa guztiak egin ditzake, beraz hauen bidez pieza konplexuagoak torneatu daitezke. Langilea babesteko karinatua edukitzen dute. Makina gama handia dago serie tamaina, piezaren konplexutasun eta tornuaren malgutasun desberdinetara egokitzeko.



13. irudia. ZK tornua (Torno CNC TX66 Y3).

Azkenik **espeka-tornu automatikoetan** mugimenduen automatizazioa sistema mekatronikoen bidez gauzatzen da. Normalean prestatze konplexuak dituzte eta kostu handikoak dira. Barra batetik abiatuz, pieza sinpleen lote handi eta oso handien torneaketa egiteko aukera ona dira eta mantentze gutxi, iraupen luzea eta amortizazio azkarra izaten dituzte.

6. ALTERNATIBEN AUKERAKETA

Behin aukera guztiak aztertu direla, proposatutako alternatiben artean horietako bat aukeratzeko, bi prozedura hauek jarraituko dira:

- Kasu bakoitzean aztertuko diren ezaugarriak azalduko dira.
- Ezaugarri bakoitza 1-5 bitarteko nota baten bidez zenbatetsiko da, bilatzen denarekin duen antzekotasuna adieraziz:



Esan beharra dago, lortu nahi den diskoaren diseinua eguneroko erabilera duten autoetara zuzenduta dagoela, errendimendu altuko ezaugarriak behar ez dituztenak baina segurtasun, konfort eta funtzionaltasun baldintza batzuk bermatu behar dituztenak.

6.1 GEOMETRIA

Geometriari begira, zenbait parametro hartuko dira kontutan 4 atal nagusien barruan egongo direnak: eraginkortasuna, iraunkortasuna, fabrikazioa eta faktore ekonomika.

Lehenago aipatu denez, balaztatzerakoan sortzen den energia zinetikoa bero bihurtzen da diskoaren eta pastillen arteko marruskaduraren ondorioz. Lan egoera batzuetan tenperatura altuak lortzen dira eta bero hori kaltegarria gerta dakieke diskoaren funtzionamenduari eta haren integritateari, bere eraginkortasuna gutxituz. Beraz, tenperaturaren xahutze ahalmena kontutan hartu beharreko faktore garrantzitsu bat izango da. Era berean, balaztatzerakoan sortzen diren gasen dispertsioa ere garrantzizkoa izango da, hauek diskoaren eraginkortasuna asko kaltetzen baitute.

Iraunkortasunari begira, beste bi faktore eduki behar izango dira kontutan. Batetik, balaztatzean sortzen diren partikulek sortzen duten abrasioa. Bestetik, "cracking" efektuaren ondorioz sortzen diren arakalen agerpena. Bi efektu hauek saihestea ezinbestekoa izango da diskoak bizi iraupen egoki bat izateko.

Bestalde, disko bakoitzaren fabrikazio prozesuaren konplexutasuna balioztatu beharrekoa izango da, faktore honek fabrikazio denborarekin eta sortu daitezkeen akatsekin harreman handia baitu. Horrekin lotuta, disko bakoitzaren fabrikazio prozesuaren kostua hartuko da kontutan.

1. taula. Geometria desberdinen ezaugarrien balorazioa.

	ERAGINKORTASUNA		IRAUNKORTASUNA		FABRIKAZIOA	EKONOMIA	
	Temperaturaren disipazioa	Gasen disipertsioa	Partikulen abrasioa	"Cracking efektua"	Konplexutasuna	Kostua	MEDIA
ZURRUNAK	1	1	1	5	5	5	3
AIREZTATUAK							
-Lauak	3	1	1	5	4	4	3
-Zulatuak	5	4	2	1	3	3	3
-Artekadunak	4	3	5	4	3	3	3.7
-Mistoak	5	5	5	1	1	1	3

Faktore guztiak aztertuta, esan daiteke garrantzitsuak eraginkor eta iraunkor batez gozatu nahi baldin bada, aipatutako **artekadun balazta disko aireztatuena** izango dela aukera aproposena.

Aukeratu den geometriaren neurriak A eranskinean erakusten dira. Diseinu hau galdaketatik datorren piezari beranduago azalduko diren eragiketak eginez lortuko da. Galdatutako piezaren neurriak B eranskinean aurkezten dira.

6.2 MATERIALA

Materialaren aukeraketari dagokionez, hiru atal nagusietan banatuko dira ezaugarri garrantzitsuenak: eraginkortasuna, piezaren ekoizgarritasuna eta alderdi ekonomikoa.

Hiru ezaugarri egongo dira erabilitako materialen eraginkortasunari lotuta. Hasteko, materialak jasan ditzakeen tenperaturen tartea aztertu beharko da. Zenbat eta zabalagoa izan, hau da, zenbat eta tenperatura altuagoak jasateko ahalmena izan, txikiagoa izango da akatsak sortzeko aukera. Nekearekiko erresistentzia ere garrantzizkoa izango da. Kasu honetan iraunkortasuna modu positiboan baloratuko da eta beraz, disko erresistenteenak izango dira aproposenak. Eraginkortasuna baldintzatuko duen beste ezaugarri bat materialaren pisuarena izango da. Materiala zenbat eta astunagoa izan orduan eta zailagoa izango baita diskoa balaztatzea, beraz material pisutsuenak baztertu beharko dira.

Fabrikazioaren aldetik, mekanizagarritasunak eta piezaren geometriaren konplexutasunak garrantzia izango dute, horien menpe egongo baita piezaren fabrikazioaren zailtasuna eta prozesuaren iraupena. Beraz, mekanizagarritasuna positiboki baloratuko da eta konplexutasuna kaltegarritzat hartuko da.

Azkenik alderdi ekonomikoa ere kontutan hartu beharko da, material merkeenak komenigarrienak izanik.

2. taula. Material desberdinen ezaugarrien balorazioa.

	ERAGINKORTASUNA			FABRIKAZIOA		EKONOMIA	
	Temperatura tartea	Nekearekiko erresistentzia	Pisua	Mekanizagarritasuna	Konplexu.	Prezioa	MEDIA
Burd. griseko aleaziozkoak	2	3	2	5	5	5	3.7
Zeramikoak	4	4	4	3	4	1	3.3
Bi-metalikoak	2	3	3	4	2	2	2.7
Karbono zuntzezkoak	5	2	5	2	3	1	3

Materialak aztertu ondoren, **grafito laminarreko burdinurtu gris nodularreko aleazioa** suertatu da aproposena, beraz hori izango da balazta diskoaren diseinurako erabiliko dena. Esan beharra dago, material mota honen barruan erresistentzia desberdinekoak aurkitu daitezkeela, baina balazta diskoetarako erabilienak erresistentzia altukoak dira (**970 N/mm²; 220 HB**)

6.3 FABRIKAZIO PROZESUA

Aipatu beharrekoa da fabrikazio prozesuaren lehenengo pausoa, hau da, galdaketa, aztertu berri diren piezaren geometriaren eta materialaren menpe dagoela eta behin horiek finkatu direla ekoizpenaren atal hori ere ezarrita geratuko dela.

Kasu honetan burdinurtu griseko aleaziozko artekadun balazta disko aireztatuaren fabrikazio prozesua izango da diseinatuko dena eta lehenengo pauso hori burutzeko aukerak **DISAMATIC motako makinetako hondarretako galdaketara** murriztuko dira.

Mekanizazioari dagokionez, bi atal nagusietan bananduko dira makina bakoitzaren aukeraketa parametroak. Hasteko, eraginkortasuna hartuko da kontutan eta ondoren, segurtasuna.

Eraginkortasuna baldintzatuko duen lehen parametroa fabrikazio denbora izango da. Hau bi ataletan banatu daiteke: prestatze denbora eta mekanizazio denbora. Ekoiztu nahi den tiradarako bi horiek minimizatzen dituen makina izango da aproposena.

Tornuaren erabilpenaren konplexutasuna ere kontutan hartu behar izango da, hau fabrikazio denborarekin eta beraz, eraginkortasunarekin zuzenki lotuta baitago.

Eraginkortasunarekin bukatzeko, pieza konplexuak fabrikatzeko tornu bakoitzaren gaitasuna aztertu beharko da. Ahalik eta geometria gehien ekoizteko gai diren tornuak izango dira egokienak, horrek askatasun handia suposatuko baitu piezaren diseinuan.

Segurtasunari dagokionez, oso garrantzitsua izango da makinaren erabilpenean sortu daitezkeen arazoak minimoak izatea.

3. taula. Fabrikazio prozesu desberdinen ezaugarrien balorazioa.

ERAGINKORTASUNA					
	Fabrikazio denbora	Erabilpena	Gaitasuna	Segurtasuna	Media
Tornu paraleloa	1	1	2	2	1.5
ZK tornua	4	5	5	5	4.75
Espeka-tornua	4	3	2	3	3

Argi geratzen da, beraz, **zenbakizko kontrol-dun tornua** izango dela piezaren fabrikaziorako aproposena.

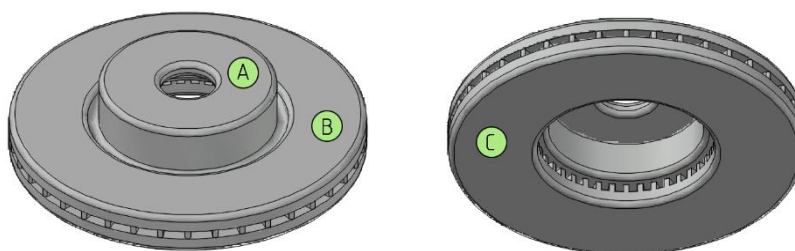
7. METODOLOGIA

Atal honek balazta diskoaren mekanizazioan egingo diren eragiketetan erabiliko den metodologia aurkeztea izango du helburu.

Azpiatal bakoitzean eragiketa bakoitza burutzeko modu optimoa lortuko da, betiere erabaki guztien zergatia azalduz. Eragiketa guztietan erabiliko diren plakatxoak eta hauen ondorioz ezarriko diren parametroak zehaztea izango dira atal honen xedea.

Plakatxoen aukeraketarako Sandvik Coromant© ekoizlearen katalogoak erabiliko dira, enpresa hau sektoreko indartsuenetakoa baita eta aukera ugari eskaintzen baititu. Torneaketarako *Herramientas de torneado* (2012) eta fresaketa eta zulaketarako *Herramientas rotativas de metal duro integral* (2018) erabiliko dira.

Azalpenak erraztearren mekanizatuko den aurpegi bakoitza letra batez identifikatuko da, 14. irudian agertzen den moduan:

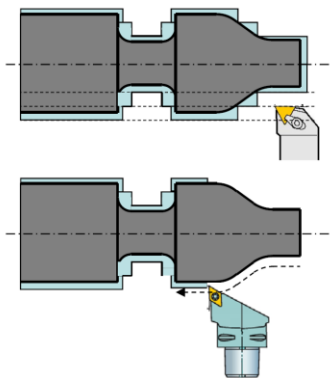


14. irudia. Aurpegien letren bidezko identifikazioa.

7.1 AURPEGIKETA ERAGIKETAK

Balazta diskoen marruskadura aurpegiak behar bezala funtzionatzeko, hau da, balaztatze eraginkor bat lortzeko, izan behar duten zimurtasuna $0.8 \mu\text{m}$ -koa da. Horren ondorioz aurpegi hauetan (B,C) bi iraganaldi egingo dira, lehenengoa arbastatzerako eta bigarrena akaberaren baldintza hori betetzeko. Modu horretan azaleraren zimurtasunaren eskakizun minimoak lortuko dira mekanizazio prozesua ahalik eta azkarrena eginuz.

Aipatutakoez aparte, beste aurpegiketa eragiketa bat burutuko da, balazta diskoaren A aurpegian. Horretan arbastatzea egingo da soilik, akaberari dagokionez, eskakizun berezirik ez baitu bete behar.



15. irudia. Ardatz bateko arbastatze eta akabera eragiketak.

Aurpegiketarako plakatxoei dagokienez hurrengo kodea erabiliko da erreferentzia zenbaki gisa:

C	N	M	G	12	04	08	-	PF
1	2	3	4	5	6	7		12

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1) Plakatxoaren forma | 6) Plakatxoaren lodiera (mm) |
| 2) Azpijan angelua | 7) Puntaren erradioa ($\times 0.1$ mm) |
| 3) Perdoiak (sistema metrikoan) | 12) Akabera (PF, WF), tartekoa (WMX) edo arbastatzea (PR). |
| 4) Plakatxo mota | |
| 5) Plakatxoaren tamaina (mm) | |

7.1.1 Arbastatzea

Esan bezala, prozesuan zehar hiru arbastatze eragiketa egingo dira. Marruskadura aurpegi bakoitzeko bat eta zulatuko den aurpegian beste bat.

Eragiketa hauen helburua material kantitate maximoa kentzea da, akabera kontutan hartu gabe piezaren amaierako forma ahalik eta hurbilena lortuz eta mekanizazio prozesua laburtuz. Eragiketa honetan plakatxo sendoak erabiltzea da komenigarriena, hauek indar handiagoak jasateko gai direnez, pasada bakoitzeko material gehiago kentzea ahalbidetzen baitute. Era berean zenbat eta handiagoa izan plakatxoa, orduan eta iraganaldi sakonagoak lortu ahal izango dira.

Aurpegi bakoitzean egingo diren iraganaldi sakonerak desberdinak izango dira. Marruskadura aurpegietan 4 mm-ko arbastatzea egingo da (ondoren akaberarako iraganaldi bat egin ahal izateko) eta zulatutako aurpegian aldiz, 5 mm-koa. Prozesua arintzearen, hiru eragiketa hauetako plakatxoa 5 mm-ko iraganaldiak egiteko gai izateko aukeratuko da, batetik bestera plakatxoa aldatu behar ez izateko.

Plakatxoaren aukeraketa:

1. Forma:

16. irudian agertzen den bezala, plakatxoen ekoizlearen gomendioari jarraituz, S formako plakatxoa aukeratuko da, aurpegiketarako aproposena baita.

2. Materiala:

Metal gogorrezkoa aukeratuko da, beste material motekin konparatuta merkeagoa delako eta behar diren eskakizunak betetzeko nahikoa delako. CoroTurn® motakoek ezin dituzte 4 mm baino iraganaldi sakonera handiagoak egin beraz iraganaldi batean egin nahi baldin bada, T-Max P motakoa izan beharko da.

Plaquitas negativas	•	•	•	•	•	•	•	•
T-Max P								
Plaquitas positivas	•	•	•	•	•	-	•	-
CoroTurn® 107 CoroTurn® TR	-	•	-	-	-	-	•	-
Cerámica, CBN y PCD	•	•	•	•	•	•	•	-
	•	•	•	•	•	-	•	-
Forma de la plaquita								
Refrentado		•	•	•	••	•	•	•

16. irudia. Aurpegiketarako plakatxoen forma eta material gomendatuak (Sandvik).

3. Tamaina:

Ekoizleak 17. irudiako taulan adierazten duen moduan, 5 mm-ko iraganaldi sakonera egin ahal izateko 12, 15, 19, 25 mm-ko tamainako plakatxoak erabili behar dira.


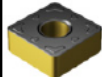
Forma de la plaquita	Tamaño de plaquita	Profundidad de corte (a_p), mm, pulgadas												
		Acabado						Desbaste						
		Medio												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		.04	.08	.12	.16	.20	.24	.28	.31	.35	.40	.43	.47	.51
		pulgadas												
	90°	09 3/8	[Bar chart showing depth ranges for 09 3/8]											
	12 1/2	[Bar chart showing depth ranges for 12 1/2]												
	15 5/8	[Bar chart showing depth ranges for 15 5/8]												
	19 3/4	[Bar chart showing depth ranges for 19 3/4]												
	25 1	[Bar chart showing depth ranges for 25 1]												

17. irudia. S formako plakatxoek egin ditzaketen iraganaldi sakonerak (Sandvik).

4. Geometria:

Orain arte lortutako datuekin plakatxoaren geometria aukeratuko da. Gainera, balazta diskoaren materiala trakzioarekiko erresistentzia altuko burdinurtu gris nodularra dela hartuko da kontutan (K) (220 HB).

18. irudian, T-Max P motako, akaberarako eta K materialerako aproposak diren plakatxoen geometriak agertzen dira. Sendotasunaren aldetik tamaina (15 mm), puntaren erradio (1.6 mm) eta lodiera (6 mm) aproposak dituenez, **SNMG 15 06 16-KR** erabiliko da, burutuko den eragiketarako nahiko sendoa den arren, handiegia ez baita.

	ISO	□	/C	P				M				K				S				ANSI								
				1515 GC	1525 GC	4205 GC	4215 GC	4225 GC	4235 GC	5015 GT	1115 GC	1125 GC	2015 GC	2025 GC	2035 GC	235 GC	4235 GC	3005 GC	3205 GC		3210 GC	3215 GC	H13A	1105 GC	1115 GC	1125 GC	H13A	S06F
 SNMG-KR	SNMG 12 04 08-KR	12	1/2													☆	★	☆									SNMG 432-KR	
	SNMG 12 04 12-KR		1/2													☆	★	☆									SNMG 433-KR	
	SNMG 12 04 16-KR		1/2													☆	★	☆									SNMG 434-KR	
	SNMG 15 06 12-KR	15	5/8													☆	★	☆									SNMG 543-KR	
	SNMG 15 06 16-KR		5/8													☆	★	☆										SNMG 544-KR
	SNMG 19 06 16-KR	19	3/4													☆	★	☆										SNMG 644-KR
SNMG 25 07 24-KR	25	1													☆	★	☆										SNMG 856-KR	
	SNMG 12 04 12-KRR	12	1/2													☆	★	☆									SNMG 433-KRR	
	SNMG 12 04 16-KRR		1/2													☆	★	☆									SNMG 434-KRR	
	SNMG 15 06 16-KRR	15	5/8													☆	★	☆									SNMG 544-KRR	

18. irudia. S formako, arbastatzerako eta K graduako materialerako plakatxoaren geometriak (Sandvik).

5. Kalitatea:

Aukeratutako geometriarentzako **GC3210 kalitatea** da ekoizleak gomendatzen duena.

6. Iraganaldi sakoneraren tartearen konprobaketa:

Plakatxoaren geometriaren iraganaldi sakonera tartea 0.94 - 8.8 mm da, 19. irudian ikusi daitekeen bezala, beraz egin nahi dugun eragiketarako aproposa dela baieztatu daiteke.

7. Aitzinapena:

Geometria horrek ahalbidetzen dituen aitzinapenen tartea 0.61 – 0.85 mm/b da, beraz printzipioz 0.85 mm/b-ko aitzinapena hartuko da, eragiketa ahalik eta azkarren egiteko. Konprobatu beharko da plakatxoaren kalitateak zenbateko aitzinapena onartzen duen.

Plaquita	Profundidad recomendada $a_p = \text{mm}$			Avance recomendado $f_n = \text{mm/r}$		
	Min	Máx.		Min	Máx.	
SNMG150616-KR	4.4	0.94	8.8	0.61	0.3	0.85

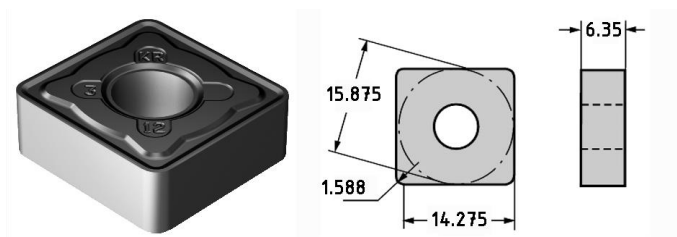
19. irudia. SNMG 15 06 16-KR geometriaren sakonera eta aitzinapenaren balioen tartea (Sandvik).

8. Ebaketa abiadura:

Ezarri daitezkeen ebaketa abiadurei dagokienez, ikusten da 20. irudia taulako balioak aitzinamendu desberdinetarako definitzen direla. GC3210 kalitaterako aitzinapen maximoa 0.6 mm/b dela ikusi daiteke. Beraz erabiliko den aitzinapena 0.6 mm/b izango da. Horren ondorioz ebaketa abiadura 245 m/min -tan ezarriko da, piezaren materiala trakzioarekiko erresistentzia altua duen burdinurtu grisa baita (220 HB, 970 N/mm²).

ISO K	Núm. MC	N.º CMC	Material	Fuerza de corte específica k_{c1} N/mm ²	Dureza Brinell HB	<<<< RESISTENCIA AL DESGASTE		
						GC3205	GC3210	GC3215
						a_{ex}, mm	feed	$f_n, \text{mm/r}$
						0.2-0.4-0.6	0.2-0.4-0.6	0.2-0.4-0.6
						Velocidad de corte (V_c), m/min		
K1.1.C.NS	07.1	07.2	Fundición maleable	790	130	460-380-325	385-315-265	260-215-185
			Ferrítica (viruta corta)	900	230	375-310-265	315-255-215	210-175-150
K2.1.C.UT K2.2.C.UT	08.1	08.2	Fundición gris	890	180	530-435-375	445-360-305	300-250-210
			Baja resistencia a la tracción	970	220	425-350-300	355-290-245	240-200-170
			Alta resistencia a la tracción					

20. irudia. Zenbait materialetarako geometria desberdinen ebaketa abiaduren balioak (Sandvik).



21. irudia. Arbastatzerako aukeratutako plakatxoaren geometria (SNMG 15 06 16-KR) (neurriak mm-tan).

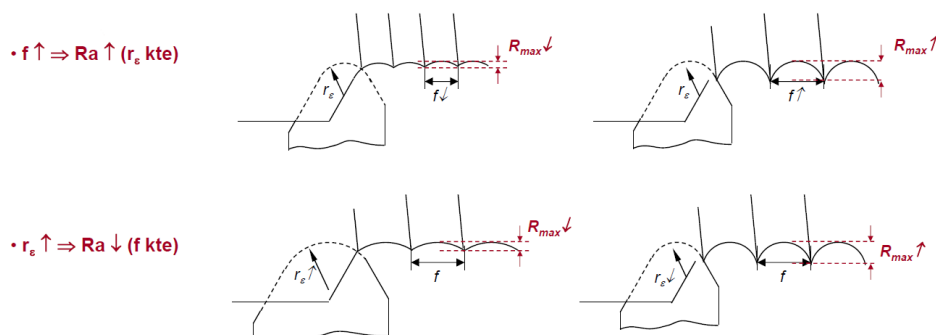
7.1.2 Akabera

1 mm-ko iraganaldi sakonerako akabera eragiketak marruskadura aurpegietan burutuko dira soilik, hauek baitira zimurtasunaren eskakizun minimo bat ($R_a=0.8\mu\text{m}$) bete behar dutenak. Esan bezala, parametro hau plakatxoaren puntaren erradioa eta aitzinapenaren menpe dago eta hurrengo ekuazioaren bidez erlazionatu daitezke:

$$R_a(\mu\text{m}) = \frac{f(\text{mm}/b)^2}{32 \cdot r_\epsilon(\text{mm})}$$

Jakinik $R_a=0.8 \mu\text{m}$ izan behar dela, aitzinapenaren (f) eta puntaren erradioaren (r_ϵ) arteko erlazioa hurrengoa izango da:

$$f(\text{mm}/b) = \sqrt{\frac{25.6 \cdot r_\epsilon(\text{mm})}{1000}}$$



22. irudia. Aitzinapenak eta puntaren erradioak zimurtasunean duten eragina.

Aukeraketa prozesua aurreko atalean egindakoa bezalakoa denez, era laburtuago batean azalduko da, taularik edo irudirik erabili gabe.

Plakatxoaren aukeraketa:

1. Forma:

Kasu honetan aurpegiketa eragiketak egiteko ekoizleak gomendatzen dituenen artean **C** formakoa aukeratuko da, angelua txikiagoa duenez akaberarako egokia izango baita.

2. Materiala:

Arbastatzekoetan bezala, metal gogorrezkoa aukeratuko da, lehenago aipatutako arrazoi berdinegatik. Kasu honetan CoroTurn®107 izango da

egokiena, T-Max P-rekin konparatuz merkeagoa baita eta behar diren eskakizunak betetzeko egokia baita.

3. Tamaina:

1 mm-ko iraganaldi sakonerak egin ahal izateko 06, 09, 12 mm-ko tamainako C formako plakatxoak erabili behar dira.

4. Geometria:

Geometriari dagokionez, burdinurtu griserako direnen artean, akaberarako garrantzitsua den puntaren erradioaren tamaina txikiak ($r_e=0.4$ mm) baldintzatuta aukeratu da plakatxoa. Hori betetzen dutenen artean, tamaina handiena duena hartu da, sendotasunari lotuta (12 mm). Aurreko guztia **CCMT 12 04 04-KF** geometriako plakatxoak betetzen du.

5. Kalitatea:

H13A kalitatea aukeratu da, honen bidez aitzinapenaren tarte egokiago bat lortu daitekeelako.

6. Iraganaldi sakoneraren tartearen konprobaketa:

Aukeratutako plakatxoaren geometriaren iraganaldi sakonera tarte 0.42 – 2.4 mm da. Ondorioz, egin nahi dugun eragiketarako (**ap = 1 mm**) aproposa da.

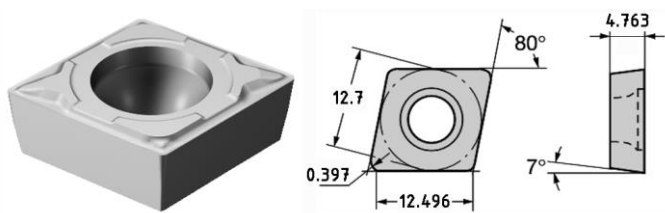
7. Aitzinapena:

Aukeran dauden aitzinapenen tarte 0.14 – 0.27 mm/b da. Kasu honetan, aitzinapena nahi den zimurtasunerako aukeratu beharko da. Puntaren erradioa 0.4 mm izanda eta lortu nahi den akabera 0.8 μm izanda, aitzinapenak **0.11 mm/b**-ko balioa izan behar du.

8. Ebaketa abiadura:

H13A kalitaterako, erresistentzia altuko altzairuarentzako (220 HB, 970 N/mm²) eta 0.11 mm/b-ko aitzinapenerako **138.75 m/min** -ko ebaketa abiadura lortzen da, taulan agertzen diren balioekin hurrengo interpolazioa eginez.

$$V_c = 140 - \frac{(140 - 115)}{(0.1 - 0.3)} \cdot (0.1 - 0.11) = 138.75 \text{ m/min}$$



23. irudia. Akaberarako aukeratutako plakatxoaren geometria (CCMT 12 04 04-KF) (neurriak mm-tan).

7.2 ARTEKAKETAK

Atal honetan bi marruskadura aurpegietan (B,C) egingo diren artekak lortzeko erabiliko diren erreminta eta ebaketa parametroak azalduko dira. Arteka hauek 46 mm-ko luzera, 4 mm-ko zabalera eta 1 mm-ko sakonera

biribila edukiko dute. Guztira 10 egingo dira norabide erradialean, diskoaren zentrotik 102 mm-ra. Haien arteko desfasea 36° -koa izango da, beraz.

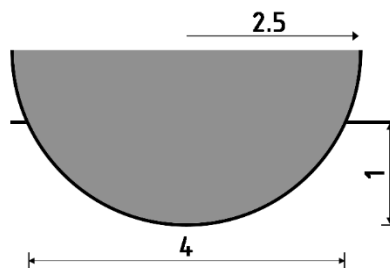
Fresaren aukeraketa:

1. Modeloa:

Arteken forma biribila dela-eta, punta biribileko fresa erabili beharko da, beraz ekoizleak eskaintzen duen profilaketarako punta biribildun fresa aukeratuko da.

2. Geometria

Lortu nahi den artekaren forma dela-eta, puntaren erradioa izango da fresaren tamaina aukeratzeko irizpidea, sakonerak eta zabalerak ez baitute erradioaren tamaina izango, 24. irudian ikusi daitekeen bezala.



24. irudia. Lortu nahi diren arteken neurrien eta puntaren erradioaren arteko erlazioa.

Beraz, hori jakinda, 2.5 mm-ko erradioa duen fresa aukeratuko da. Gainera, aitzinapena handitzearen, hortz kopuru handiena duena izango da egokiena, beraz 4 hortzekoa aukeratuko da. Hau guztia betetzen duen fresaren kodea **1B240-0500-XA** da.

3. Kalitatea

Geometria horretarako eta K graduko materialetarako **1630 kalitatea** gomendatzen du ekoizleak.

4. Ebaketa abiadura:

Katalogoak eskaintzen digun abiaduraren balioa 205 m/min-koa da 180 HB-ko burdinurtu griserako. Kasu honetan erabiliko dena, 220 HB-koa da beraz abiaduraren balioa zuzendu beharko da jakinda gogortasunaren balioa + 40 HB dela. Lortzen den faktorea (0.91) eskaintzen den abiadurarekin biderkatuz **186.55 m/min**-ko ebaketa abiadura lortzen da.

ISO/ ANSI	CMC ¹⁾	HB ²⁾	Menor dureza				Mayor dureza				
			-60 ³⁾	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	02.1	HB ²⁾ 180	1,44	1,25	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
M	05.21	HB ²⁾ 180	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
K	08.2	HB ²⁾ 220	1,21	1,13	1,06	1,0	0,95	0,91	0,86	0,82	0,79
	09.2	HB ²⁾ 250	1,33	1,21	1,09	1,0	0,91	0,84	0,75	0,70	0,65

25. irudia. Gogortasun diferentziaren arabera ebaketa abiadura zuzentzeko koefizienteak.

Ekoizleak dioenez, parametro hau erabili ahal izateko sakonera $0.05 \times D_c$ -ra mugatu behar da, beraz $a_{pmax} = 0.05 \times 5 = 0.25$ mm izanda, 4 pasada egin beharko dira 1 mm-ko sakonera lortzeko.

5. Hortzeko aitzinapena

Ekoizleak eskaintzen duen balioa K graduko materialerako eta 5 mm-ko diamentrorako **0.07 mm/b** da hortz bakoitzeko.



26. irudia. Artekaketarako aukeratutako fresaren geometria (1B240-0500-XA) (neurriak mm-tan).

7.3 BARNE ZILINDRAKETA

Jarraian, barne zilindraketa eragiketan erabiliko diren erremintak eta parametroak definituko dira. Esan beharra dago, eragiketa honetan zimurtasunaren inguruko eskakizun berezirik ez dela bete behar, beraz arbastatze baten bidez burutuko da. Ikusiko denez, ezinezkoa izango da eragiketa iraganaldi baten egitea, 12 mm-ko sakonerakoa baita, eta hainbestekoa egin dezaketen plakatxoak ez baitaude eskuragarri. Beraz parametroak 4 mm-ko sakonerako hiru pasadatan egiteko ezarriko dira.

Plakatxoaren aukeraketa:

1. Forma:

Ekoizlearen gomendioari jarraituz, barne zilindraketarako T formako plakatxoa da egokiena, beraz hori aukeratuko da.

2. Materiala:

Nahi den iraganaldi sakonerako egokia denez eta aukeren artean merkeena denez metal gogorrezko CoroTurn®107 motakoa aukeratuko da.

3. Tamaina:

Eragiketa hiru iraganalditan egingo denez, bakoitzaren sakonera 4 mm-koa izango da. Sakonera horretarako 16, 22, 27, 33 mm-ko plakatxoak daude eskuragarri.

4. Geometria:

Orain arte lortutako datuak (arbastatzea, burdinurtu griserako) betetzen dituen plakatxoa **TCMT 22 04 12-KR** da, beraz hori aukeratuko da.

5. Kalitatea:

Aukeratutako geometriarentzako **GC3215** kalitatea da ekoizleak gomendatzen duena.

6. Iraganaldi sakoneraren tartearen konprobaketa:

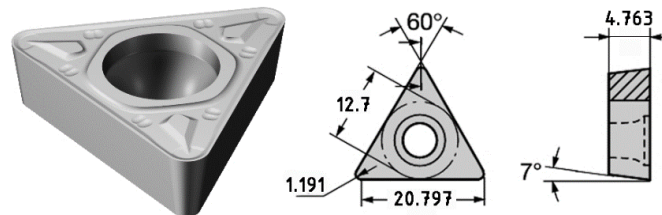
TCMT 22 04 12-KR geometriaren iraganaldi sakonera tartea 1.44 - 4.8 mm da, beraz egin nahi den eragiketarako (**4 mm**) egokia izango da.

7. Aitzinapena:

Geometria horrek ahalbidetzen dituen aitzinapenen tartea 0.17- 0.5 mm/b da, beraz **0.5 mm/b**-ko aitzinapena hartuko da, eragiketa ahalik eta azkarren egiteko.

8. Ebaketa abiadura:

Ebaketa abiadurei dagokienez, GC3215 kalitaterako eta 0.5 mm/b-ko aitzinapenerako aproposena **185 m/min** izango da.



27. irudia. Barne zulaketarako aukeratutako plakatxoaren geometria (TCMT 22 04 12-KR) (neurriak mm-tan).

7.4 ZULAKETAK

Azkenik, zulaketetako barautsa aukeratu eta eragiketa parametroak definituko dira. Piezan 16 mm-ko diametroko eta 10 mm-ko sakonerako 6 zulo pasante egingo dira.

Barautsaren aukeraketa:

1. Barautsaren modelo:

K graduko materialetarako eskuragarri dauden artean moldakorrenak izateagatik egin beharreko eragiketarako aproposenak direnez, CoroDrill®460 motako barautsak izango dira aukera egokiena.

2. Geometria:

Aukeratutako modeloaren barruan, barne eta kanpo hozte sistemarako geometriak aurkitu ditzakegu. Horien artean kanpo- hozte sistemarako direnak izango dira egokienak, aukera merkeenak baitira eta bete behar diren eskakizunak betetzeko nahikoak baitira. Zuloek 16 mm-ko diametroa dutenez eta piezaren materiala burdinurtu grisa denez, **460.1-1600-048A0-XM** geometria aukeratuko da, 3 sorbatz dituena.

3. Kalitatea:

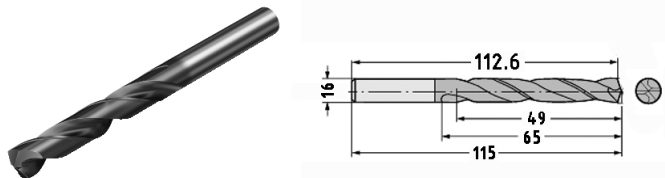
Aukeratutako geometriarako **GC3210 kalitatea** da ekoizleak gomendatzen duena.

4. Ebaketa abiadura:

Egin beharreko zulo pasanteek 10 mm-ko sakonera dute, beraz ebaketa abiadura eta aitzinapena zehazteko ekoizleak eskaintzen dituen balioen artean luzera erabilgarria 2 - 3 x Dc dutenak hartuko dira, aukera txikiena baita. Horien artean erresistentzia altuko burdinurtu griserako ebaketa abiadurak (min. - hasiera - max.) = (70.4 - 88 - 110) m/min -ko balioak hartu ditzake, beraz maximoa ezarriko da (**110 m/min**).

5. Aitzinapena:

Aitzinapenaren ezarpena modu berean egingo da. Kasu honetan erabilgarri dauden balioak hurrengoak dira: (min. - hasiera - max.) = (0.344 - 0.430 - 0.516) mm/b. Maximoa hartuz, aitzinapena **0.516 mm/b**-koa izango da.



28. irudia. Zulaketarako aukeratutako barautsaren geometria (460.1-1600-048A0-XM)
(neurriak mm-tan).

8. MAKINA

Atal honetan prozesu osoan zehar erabiliko den makina aukeratuko da. Behin egingo diren eragiketa guztiak zehaztu direla, hauek burutzeko egokia izango dena hartuko da, betiere zentzuzko prezio tarte baten daudenen artean aukeratuz.

Makinaren aukeraketarako CMZ ekoizlearen katalogoak erabiliko dira, enpresa hau Europa mailan indartsua delako eta haren kokapenaren hurbiltasunari esker zerbitzua hobea izango delako.

Prozesua osatzen duten eragiketak mota desberdinekoak direnez eta eskaintzen duen automatizazio maila dela eta, erabiliko den makina ZK tornu bat izango da, alternatibean aukeraketan zehaztu den moduan.

Seriea:

Ekoizleak eskaintzen dituen serieen artean aproposena aukeratzeko hurrengo baldintzak ezarriko dira:

Arteketeta eragiketetan fresaren diametroa txikia izango denez metodologiako atalean ondorioztatu den ebaketa abiadura lortzeko tornuak fresaketarako biraketa abiadura altua eskaini beharko du. Biraketa abiadura zehazki hurrengoa izan beharko da:

$$N = \frac{V_c(m/min) \cdot 1000}{\pi \cdot D(mm)} = \frac{186.55 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 11876.14 \text{ b/min}$$

Gainera, balazta diskoen torneaketak dituen berezitasunen artean, diametroaren tamainarena kontutan hatu beharko da. Kasu honetan 320 mm-ko diametroa onartzen duen makina bat aukeratu beharko da.

Ekoizleak 12000 b/min-ko fresaketarako biraketa abiadura lortu ditzaketen eta 400 mm-tik gorako diametroekin lan egin dezaketen tornuen serie bat eskaintzen du, **TA Z400 seriea** zehazki.

Modeloa:

Serie horretan aurkitu ditzakegun modeloen artean, printzipioz potentzia onargarria eman dezakeen modelo sinpleena aukeratuko da, errentagarritasunari begira fabrikazio kostuak murrizteko.

Iraganaldi sakonera eta aitzinapena direla-eta A aurpegiko arbastatzea izango dela potentzia gehien kontsumituko duen eragiketa aurreikusi daiteke, beraz hurbilpen bezala horren balioa erabiliko da:


$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60}$$

$$= \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.6 \cdot 5 \cdot 245}{60} = 11882.5 W$$

TA20 Z400 modeloa izango da beraz aproposena, potentzia hori jasan dezakeelako, bidezkoa den kostu baten barruan. 4. taulan tornu honen espezifikazio teknikoak agertzen dira.

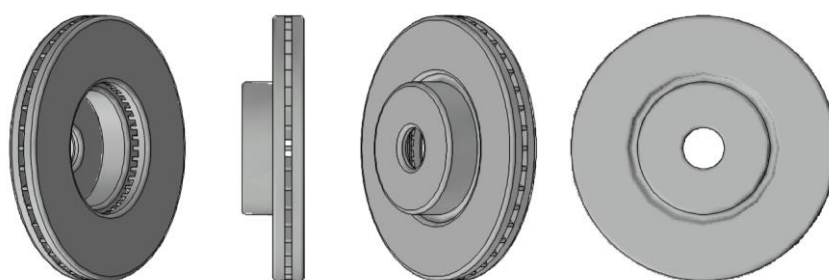
4. taula. CMZ ekoizlearen TA20 Z400 modeloa eta bere ezaugarri teknikoak.

EZAUGARRI TEKNIKOAK	TA20 Z400
Piezaren diametro maximoa	460 mm
Ardatz nagusiaren biraketa abiadura max.	4000 b/min
Potentzia max. ardatz nagusian	22 kW
Erreminta dorretxoaren posizio kopurua	12
Erreminta dorretxoaren ardatzen biraketa abiadura maximoa	12000 b/min
Erreminta dorretxoaren ardatzaren potentzia maximoa	11.3 kW



9. MEKANIZAZIO ERAGIKETAK

Behin atal bakoitzean erabiliko diren erremintak eta horien menpe dauden ebaketa parametroak lortu direla, prozesu-orrian agertuko diren pauso guztiak azalduko dira, horietako bakoitza dagozkion kalkulu eta justifikazioen bidez aurkeztuz. Esan beharra dago eragiketa guztiak zenbakizko kontrol-dun eta C ardatza duen tornu batean egingo direla. 29. irudian piezaren hasierako forma ikusi daiteke.



29. irudia. Piezaren hasierako forma.

9.1 LEHENENGO EUSTEKO ERAGIKETAK

Hasteko, galdaketatik datorren pieza A aurpegian dagoen zulotik eutsiko da, tornuaren atzapar-plateren bidez. Posizio honetan dagoelarik, hiru eragiketa egingo zaizkio C aurpegian.

9.1.1 Lehenengo arbastatze aurpegiketa

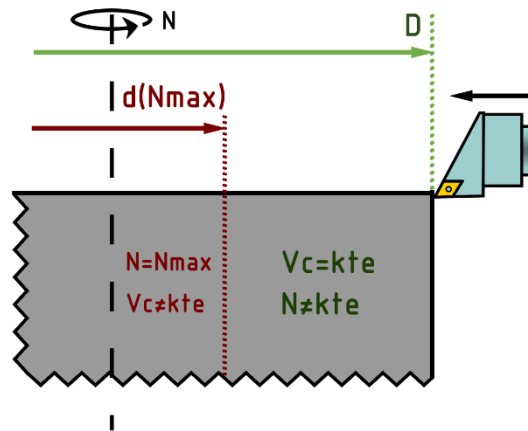
Metodologia atalean ezarri den moduan, arbastatze honetarako GC3210 kalitatezko eta SNMG 15 06 16-KR geometriako plakatxoa erabiliko da. Eragiketa 4 mm-ko iraganaldi batean egingo da eta plakatxoaren ekoizlearen gomendioari jarraituz 0.6 mm/b-ko aitzinapena eta 245 m/min-eko ebaketa abiadura ezarriko dira. Aurpegiketa diametro handienetik txikienerako norabidean egingo da, hau da, kanpotik barrura.

Eragiketa hau aurpegiketa bat denez, ezarritako ebaketa abiadura konstantea lortzeko biraketa abiadura aldakorra izan beharko da. Hala ere, aukeratutako tornuak biraketa abiadura maximo bat dauka eta diametroa txikituz doanez, momentu batean biraketa abiadura maximo hori lortzea gertatu daiteke. Momentu horretatik aurrera biraketa abiadura konstante mantendu beharko da, ebaketa abiadura aldakorra bihurtuz.

Aukeratutako tornuak 4000 m/min-ko biraketa abiadura maximoa dauka torneaketarako.

30. irudian ikusi daitekeen moduan, aurpegiketa bi zatitan banatuko da, bien arteko banaketa biraketa abiadura maximoa diametroak definitzen duelarik. Diametro hori hurrengo formularen bidez kalkulatu daiteke:

$$d(N_{max}) = \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot N_{max}(b/min)} = \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 4000} = 19.5 \text{ mm}$$



30. irudia. Aurpegiketa baten abiadura konstanteen mugak.

Aurpegiketa honek izango duen diametro minimoa 160 mm-koa da beraz biraketa abiadura bere maximoaren azpitik mantenduko denez ebaketa abiadura konstantea (245 m/min) ezarriko da. Horren ondorioz biraketa abiadura eta aitzinapen abiadurak aldakorrek izango dira eragiketan zehar.

Potentziaren kalkulua egin beharrekoa izango da ere, eragiketa makinak jasan dezakeen tartean dagoela ziurtatzeko.

$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.6 \cdot 4 \cdot 245}{60} = 9506 \text{ W}$$

Aukeratutako tornuak ardatz nagusian 22 kW-ko potentzia duenez, ez da arazorik egongo.

Azkenik, mekanizazio denbora kalkulatu da. Segurtasun tarte bezala 3 mm ezarriko dira hurbilpenean eta urrunketan. Aitzinapen abiadura diametroaren menpe dagoenez eta hau aldakorra denez kalkulua integral baten bidez egingo da:

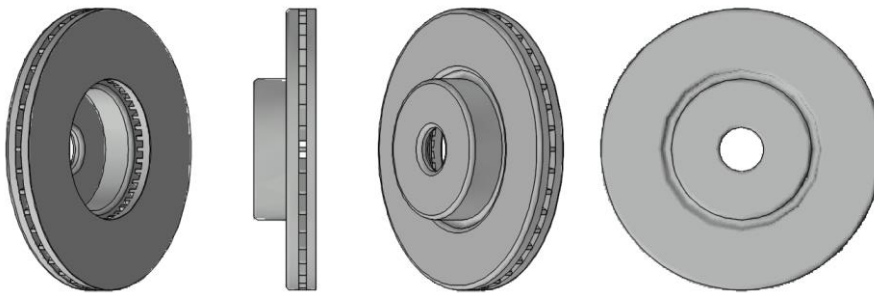
$$t_m = - \int_{\frac{D(mm)}{2} + \Delta_{hurbilketa}(mm)}^{\frac{d(mm)}{2} + \Delta_{urrunketa}} \frac{dx}{f(mm/b) \cdot \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = - \int_{\frac{320}{2} + 3}^{\frac{160}{2} + 3} \frac{dx}{0.6 \cdot \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = 0.42 \text{ min}$$

5. taulan eragiketa honetan erabiliko diren parametroak azaltzen dira, irudi orientagarri baten bidez lagunduta.

5. taula. Lehenengo arbastatze aurpegiketaren parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketa mota:	Aurpegiketa
a_p	4 mm
L	80 mm
V_c	245 m/min
f	0.6 mm/b
N	<Aldakorra>
V_f	<Aldakorra>
P_c	9506 W
t_m	0.42 min
Δ hurbilketa	3 mm
Δ urrunketa	3 mm

31. irudian lehenengo eragiketa honen ondoren lortzen den piezaren geometria ikusi daiteke.



31. irudia. Lehenengo arbastatzearen ondorioz lortzen den pieza.

9.1.2 Lehenengo akabera aurpegiketa

Eragiketa honen bitartez, C aurpegiak izan behar duen zimurtasuna lortuko da, punta txikiagoa duen erreminta bat eta aitzinapen txikiagoa erabiliz. 1 mm-ko iraganaldi batean egingo da. H13A kalitatezko CCMT 12 04 04-KF plakatxa erabiliko da horretarako, ebaketa abiadura 138.75 m/min-ra eta aitzinapena 0.11 mm/b-ra mugatuz. Aurreko eragiketa bezala, hau kanpotik hasita egingo da eta arrazoiketa berdinari jarraituz, makinaren ardatzaren biraketa abiadura maximoa lortzen den diametroa kalkulatu da:

$$d(N_{max}) = \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot N_{max}(b/min)} = \frac{1000 \cdot 138.75}{\pi \cdot 4000} = 11 \text{ mm}$$

Aurpegiketa honek izango duen diametro minimoa, aurrekoaren berdina izango da, 160 mm-koa da. Beraz biraketa abiaduraren maximoaren azpitik mantenduko denez ebaketa abiadura konstantea (138.75 m/min) ezarriko da. Biraketa abiadura eta aitzinapen abiadura, beraz, aldakorrak izango dira oraingoan ere.

Makinak izan beharko duen potentzia:

$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60}$$

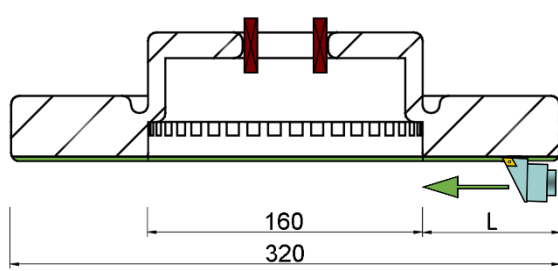
$$= \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.11 \cdot 1 \cdot 138.75}{60} = 246.74 \text{ W}$$

Eta azkenik, mekanizazio denbora kalkulatzeko aurreko eragiketaren egin den moduan, 3 mm-ko segurtasun tartekak ezarriko dira:

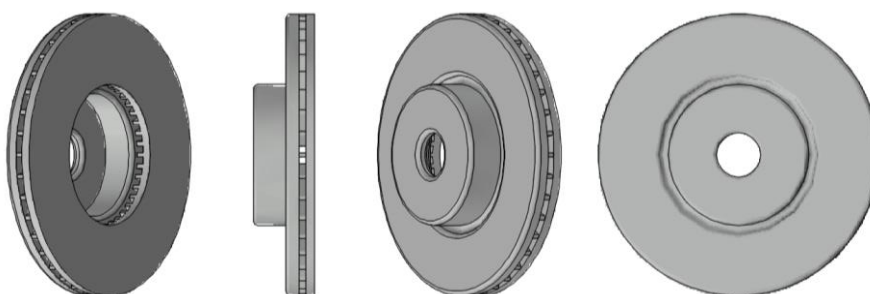
$$t_m = - \int_{\frac{D(mm)}{2} + \Delta_{hurilketa(mm)}}^{\frac{d(mm)}{2} + \Delta_{urrunketa}} \frac{dx}{f(mm/b) \cdot \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = - \int_{\frac{320}{2} + 3}^{\frac{160}{2} + 3} \frac{dx}{0.11 \cdot \frac{1000 \cdot 138.75}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = 4.05 \text{ min}$$

6. taula. Lehenengo akabera aurpegiketaren parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketa mota:	Aurpegiketa
a_p	1 mm
L	80 mm
V_c	138.75 m/min
f	0.11 mm/b
N	<Aldakorra>
V_f	<Aldakorra>
P_c	246.74 W
t_m	4.05 min
$\Delta_{hurilketa}$	3 mm
$\Delta_{urrunketa}$	3 mm



Eragiketa honekin piezak hurrengo forma lortzen du:



32. irudia. Lehenengo akaberaren ondoren piezak duen forma.

9.1.3 Lehenengo artekaketa

C aurpegian, eta beraz, euste honetan egingo den azkeneko eragiketa arteken fresaketa izango da. 1 mm-ko sakonerako, 4 mm-ko zabalerako eta 46 mm-ko luzerako 10 arteka egingo dira, norabide erradialean. Haien artean 36°-ko desfasea izango dute eta zentrotik 102 mm-ra egongo dira. Metodologiako atalean azaldu den bezala, fresa borobila izateak egin

daitekeen iraganaldi sakonera murrizten du eta 4 iraganalditan egin beharko da, haietako lehenengoa barrutik kanpora izango delarik. Erabiliko den erreminta 1B240-0500-XA geometriako eta 1630 kalitatezko fresa izango da eta aitzinapena eta ebaketa abiadura 0.28 mm/b eta 186.55 m/min izango dira, hurrenez hurren. Aipatutakoa kontutan hartuz, biraketa abiadura hurrengoa izango da:

$$N = \frac{V_c(m/min) \cdot 1000}{\pi \cdot D(mm)} = \frac{186.55 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 11876.14 \text{ b/min}$$

Esan den bezala, lortzen den balioa nahiko altua da baina aukeratutako makinarekin egin ahal izango da. Lortzen den aitzinapen abiadura:

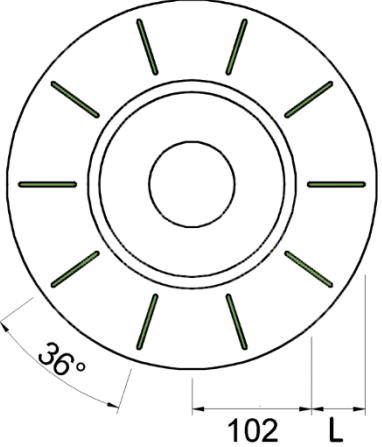
$$V_f = f \left(\frac{mm}{b} \right) \cdot N \left(\frac{b}{min} \right) = 0.28 \cdot 11876.14 = 3325.32 \text{ mm/min}$$

Potentziaren kalkulua ez da beharrezkoa izango kasu honetan, konplexuagoa baita eta beste eragiketetakoa baino askoz txikiagoa izango baita, beraz ez du suposatuko inongo eragozpenik alde horretatik.

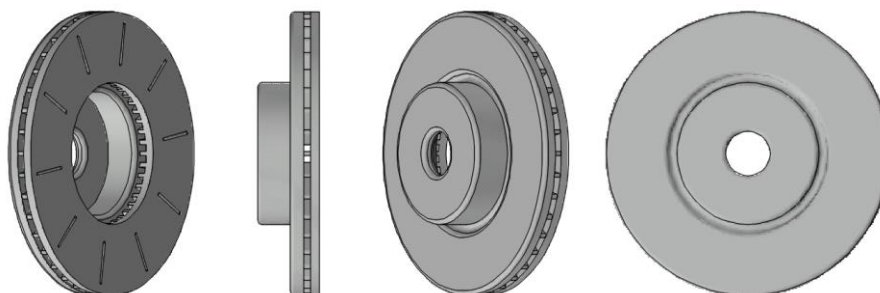
Mekanizazio denbora kalkulatzeko, 10 arteka direla eta bakoitzean 4 pasada egingo direla hartuko da kontutan. Gainera, arteka bakoitzeko pasaden hurbilketan eta irteeran 2 mm-ko segurtasun tarte ezarriko. Beraz:

$$t_m = 10 \cdot \frac{4 \cdot (L(mm) + 2 \cdot \Delta(mm))}{V_f(mm/min)} + 9 \cdot \frac{t_{trantsizio}(s)}{60} = 10 \cdot \frac{4 \cdot (46 + 2 \cdot 2)}{3325.32} = 0.6 \text{ min}$$

7. taula. Lehenengo artekaketaaren parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
	
Eragiketa mota:	Artekaketa
a_p	0.25 mm
Iraganaldi kopurua:	4
L	46 mm
V_c	186.55 m/min
f	0.28 mm/b
N	11876.14 b/min
V_f	3325.32 mm/min
t_m	0.6 min
Δ hurbilketa	2 mm
Δ urrunketa	2 mm

33. irudian lehenengo euste honen ondoren lortzen den piezaren forma ikusi daiteke.



33. irudia. Lehenengo artekaketa egin eta gero lortzen den pieza.

9.2 BIGARREN EUSTEKO ERAGIKETAK

Momentu honetan pieza dagoen posiziotik askatu eta buelta emango zaio, atzapar-plateren bidez C aurpegian dagoen zulotik helduz. Posizio honetan A eta B aurpegietako eragiketak egingo dira.

9.2.1 Bigarren arbastatze aurpegiketa

Bigarren euste honetako lehenengo eragiketa B aurpegiko arbastatzea izango da. Kanpotik barrura egingo den eta 4 mm-ko sakonera izango duen iraganaldi batean egingo da. Metodologiako atalean zehaztuenez, erabiliko den erreminta SNMG 15 06 16-KR geometriako eta GC3210 kalitatezko plakatxo izango da. Ebaketa parametroak beraz hurrengoak izango dira: 245 m/min-eko ebaketa abiadura eta 0.6 mm/b-ko aitzinapena.

Orain arte egin den moduan, makinaren ardatz nagusiaren biraketa abiadura maximoa ematen den diametroa kalkulatu da:

$$d(N_{max}) = \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot N_{max}(b/min)} = \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 4000} = 19.5 \text{ mm}$$

Eragiketa honetan mekanizatu beharko den diametro minimoa 180 mm-koa izango da, beraz ziurtatu daiteke biraketa abiadura maximoa ez dela lortuko. Ondorioz ebaketa abiadura konstantea finkatuko da, aitzinapen eta biraketa abiadura aldakorrak lortuz.

Potentzia konprobatuko da:

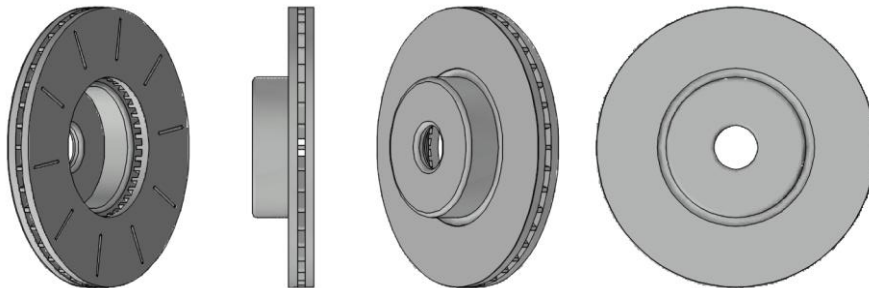
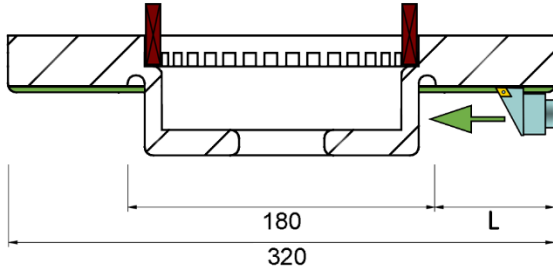
$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} \\ = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.6 \cdot 4 \cdot 245}{60} = 9506 \text{ W}$$

Eta azkenik, mekanizazio denborarako 3 mm-ko segurtasun tartea hartuko dira:

$$t_m = - \int_{\frac{D(mm)}{2} + \Delta_{hurbiaketa}(mm)}^{\frac{d(mm)}{2} + \Delta_{urrunketa}} \frac{dx}{f(mm/b) \cdot \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = - \int_{\frac{320}{2} + 3}^{\frac{180}{2} + 3} \frac{dx}{0.6 \cdot \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = 0.38 \text{ min}$$

8. taula. Bigarren arbastatze aurpegiketaren parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketa mota:	Aurpegiketa
a_p	4 mm
L	70 mm
V_c	245 m/min
f	0.6 mm/b
N	<Aldakorra>
V_f	<Aldakorra>
P_c	9506 W
t_m	0.38 min
Δ hurbilketa	3 mm
Δ urrunketa	3 mm



34. irudia. Bigarren arbastatzearen ondorioz lortutako pieza.

9.2.2 Hirugarren arbastatze aurpegiketa

Azaldu den moduan, A aurpegiko arbastatzea 5 mm-ko iraganaldi bakarren egingo da eta ebaketa parametroak zein erabilitako erremintak B aurpegian erabilitakoak izango dira ($V_c=245$ m/min; $f=0,6$ mm/b). Horren ondorioz:

$$d(N_{max}) = \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot N_{max}(b/min)} = \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 4000} = 19.5 \text{ mm}$$

Eragiketa honetan lortuko den diametro txikiena A aurpegiko zuloarena izango da, momentu honetan 50 mm-koa, beraz biraketa abiadurarekin ez da egongo arazorik eta aitzinapen abiadura bezala, aldakorra izango da.

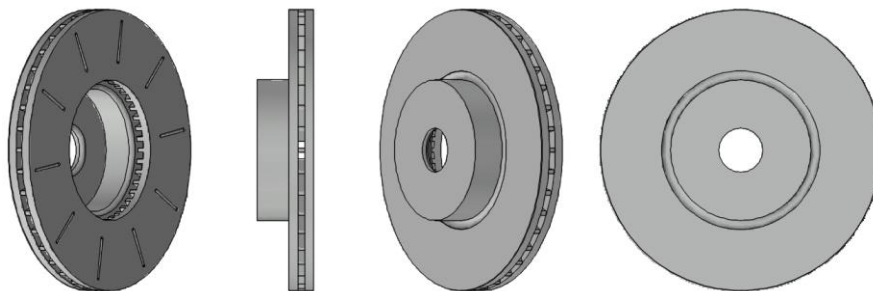
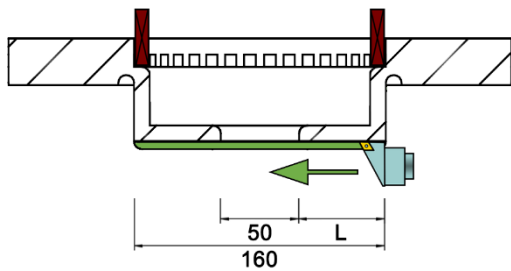
Esan den bezala, iraganaldi sakonera dela eta, potentzia handiena kontsumituko duen eragiketa dela aurreikusi daiteke.

$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.6 \cdot 5 \cdot 245}{60} = 11882.5 \text{ W}$$

Azkenik, mekanizazio denbora kalkulatzeko 3 mm-ko segurtasun tartea ezarriko dira:

$$t_m = - \int_{\frac{D(mm)}{2} + \Delta_{hurbilketa(mm)}}^{\frac{d(mm)}{2} + \Delta_{urrunketa(mm)}} \frac{dx}{f(mm/b) \cdot \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = - \int_{\frac{160}{2} + 3}^{\frac{50}{2} + 3} \frac{dx}{0.6 \cdot \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = 0.13 \text{ min}$$

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketa mota:	Aurpegiketa
a_p	5 mm
L	55 mm
V_c	245 m/min
f	0.6 mm/b
N	⟨Aldakorra⟩
V_f	⟨Aldakorra⟩
P_c	11882.5 W
t_m	0.13 min
Δ hurbilketa	3 mm
Δ urrunketa	3 mm



35. irudia. Hirugarren arbastatzearekin lortzen den pieza.

9.2.3 Barne zilindraketa

Hurrengo pausoa A aurpegian dagoen zuloaren barne zilindraketa izango da. Sakonera handiegia dela eta, 4 mm-ko hiru iraganalditan egingo da. Iraganaldi bakoitza bere aldetik definituko da, diametroa batetik bestera aldatzen denez, kalkuluen emaitzak desberdinak baitira. Dena den, hiruretan erabiliko den plakatxoa TCMT 22 04 12-KR geometriakoa eta GC3215 kalitatezkoa izango da, ebaketa abiadura eta aitzinapena 185 m/min eta 0.5 mm/b direlarik, hurrenez hurren.

Beste eragiketetan bezala, hauetan ere 3 mm-ko segurtasun tartea erabiliko dira, beraz:

Lehenengo iraganaldia

Lehenengo pasada honetan, parametroak hurrengoak izango dira:

$$N = \frac{V_c(m/min) \cdot 1000}{\pi \cdot D(mm)} = \frac{185 \cdot 1000}{\pi \cdot 50} = 1177.75 \text{ b/min}$$

$$V_f = f \left(\frac{mm}{b} \right) \cdot N \left(\frac{b}{min} \right) = 0.5 \cdot 1177.75 = 588.87 \text{ mm/min}$$

$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} \\ = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.5 \cdot 4 \cdot 185}{60} = 5981.67 \text{ W}$$

$$t_m = \frac{L(mm) + \Delta_{urrunketa}(mm) + \Delta_{hurbilketa}(mm)}{V_f(mm/min)} = \frac{10 + 3 + 3}{588.87} = 0.027 \text{ min}$$

Bigarren Iraganaldia

Bigarreanean, aldiz, ondorengoak izango dira:

$$N = \frac{V_c(m/min) \cdot 1000}{\pi \cdot D(mm)} = \frac{185 \cdot 1000}{\pi \cdot 58} = 1015.3 \text{ b/min}$$

$$V_f = f \left(\frac{mm}{b} \right) \cdot N \left(\frac{b}{min} \right) = 0.5 \cdot 1015.3 = 507.65 \text{ mm/min}$$

$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} \\ = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.5 \cdot 4 \cdot 185}{60} = 5981.67 \text{ W}$$

$$t_m = \frac{L(mm) + \Delta_{urrunketa}(mm) + \Delta_{hurbilketa}(mm)}{V_f(mm/min)} = \frac{10 + 3 + 3}{507.65} = 0.032 \text{ min}$$

Hirugarren iraganaldia

Azkeneko iraganaldian hurrengoak izango dira parametroak:

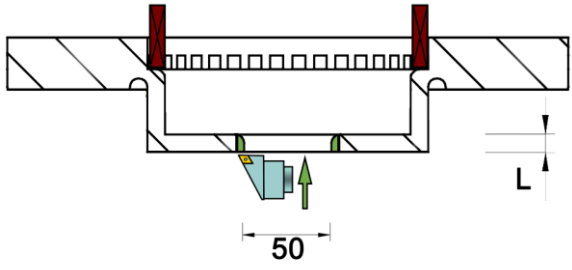
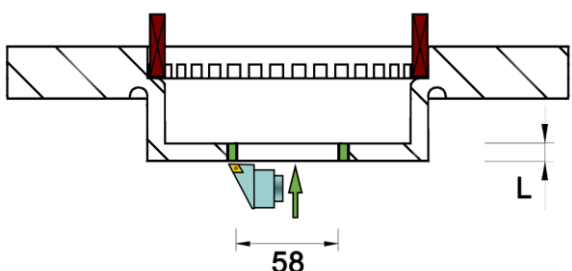
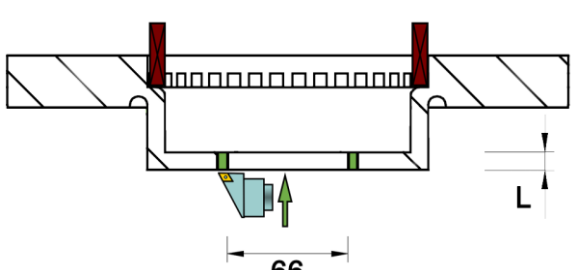
$$N = \frac{V_c(m/min) \cdot 1000}{\pi \cdot D(mm)} = \frac{185 \cdot 1000}{\pi \cdot 66} = 892.23 \text{ b/min}$$

$$V_f = f \left(\frac{mm}{b} \right) \cdot N \left(\frac{b}{min} \right) = 0.5 \cdot 892.23 = 446.12 \text{ mm/min}$$

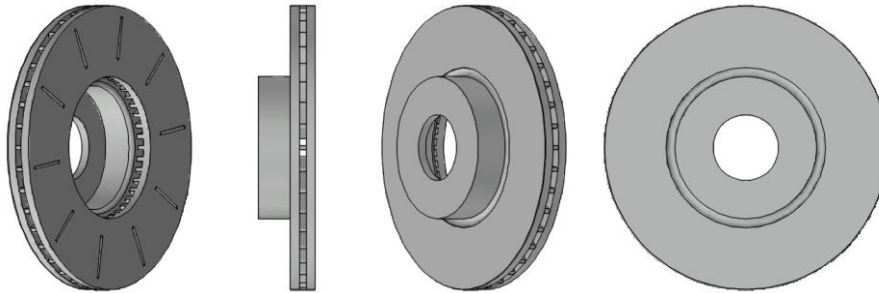
$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} \\ = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.5 \cdot 4 \cdot 185}{60} = 5981.67 \text{ W}$$

$$t_m = \frac{L(mm) + \Delta_{urrunketa}(mm) + \Delta_{hurbilketa}(mm)}{V_f(mm/min)} = \frac{10 + 3 + 3}{446.12} = 0.036 \text{ min}$$

9. taula. Barne zilindraketa hiru iraganaldietako parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK		
	Eragiketa mota: Barne zilindraketa (1. iraganaldia)	
	a_p	4 mm
	L	10 mm
	V_c	185 m/min
	f	0.5 mm/b
	N	1177.75 b/min
	V_f	588.87 mm/min
	P_c	5981.67 W
	t_m	0.027 min
	Δ hurbilketa	3 mm
	Δ urrunketa	3 mm
		Eragiketa mota: Barne zilindraketa (2. iraganaldia)
a_p		4 mm
L		10 mm
V_c		185 m/min
f		0.5 mm/b
N		1015.3 b/min
V_f		507.65 mm/min
P_c		5981.67 W
t_m		0.032 min
Δ hurbilketa		3 mm
Δ urrunketa		3 mm
		Eragiketa mota: Barne zilindraketa (3. iraganaldia)
	a_p	4 mm
	L	10 mm
	V_c	185 m/min
	f	0.5 mm/b
	N	892.23 b/min
	V_f	446.12 mm/min
	P_c	5981.67 W
	t_m	0.036 min
	Δ hurbilketa	3 mm
	Δ urrunketa	3 mm

Barne zilindraketa egin eta gero, piezak 36. irudian agertzen den forma edukiko du.



36. irudia. Barne zilindraketa ginez lortzen den pieza.

9.2.4 Bigarren akabera aurpegiketa

Hurrengo eragiketa B aurpegiko akabera aurpegiketa izango da, azaldu den moduan 1 mm-ko iraganaldi batean egingo dena. Erabiliko den erreminta CCMT 12 04 04-KF geometriako eta H13A kalitatezko plakaxoa izango da. Ebaketa abiadura eta aitzinapena 138.75 m/min eta 0.11 mm/b izango dira. Horren ondorioz:

$$d(N_{max}) = \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot N_{max}(b/min)} = \frac{1000 \cdot 138.75}{\pi \cdot 4000} = 11 \text{ mm}$$

Eragiketa honetan, bigarren arbastatzean bezala, lortuko den diametro txikiena 180 mm-koa da, beraz ez da biraketa abiadura maximoa lortuko. Aitzinapen eta biraketa abiadurak aldatokorrak izango dira.

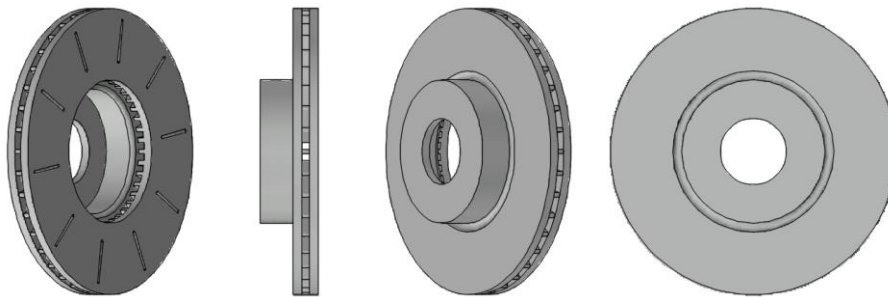
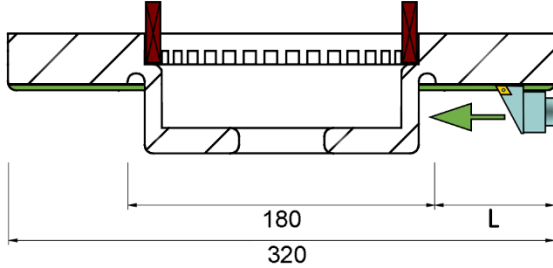
$$P_c = \frac{F_c(N) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot S_c(mm^2) \cdot V_c(m/min)}{60} \\ = \frac{p_s(N/mm^2) \cdot f(mm/b) \cdot a_p(mm) \cdot V_c(m/min)}{60} = \frac{970 \cdot 0.11 \cdot 1 \cdot 138.75}{60} = 246.74 \text{ W}$$

3 mm-ko segurtasun tarteak hartuz:

$$t_m = - \int_{\frac{D(mm)}{2} + \Delta_{hurbilketa(mm)}}^{\frac{d(mm)}{2} + \Delta_{urrunketa}} \frac{dx}{f(mm/b) \cdot \frac{1000 \cdot V_c(m/min)}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = - \int_{\frac{320}{2} + 3}^{\frac{180}{2} + 3} \frac{dx}{0.11 \cdot \frac{1000 \cdot 138.75}{\pi \cdot 2 \cdot x}} = 3.689 \text{ min}$$

10. taula. Bigarren akabera eragiketako parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketeta mota:	Aurpegiketa
a_p	1 mm
L	70 mm
V_c	138.75 m/min
f	0.11 mm/b
N	⟨Aldakorra⟩
V_f	⟨Aldakorra⟩
P_c	246.74 W
t_m	3.689 min
Δ hurbilketa	3 mm
Δ urrunketa	3 mm



37. irudia. Bigarren akabera aurpegiketa egin eta gero lortzen den pieza.

9.2.5 Bigarren artekaketa

Pauso honetan B aurpegiko artekaketa egingo da. Egingo diren artekaketa eta, beraz, erabiliko diren erremintak eta parametroak aurreko artekaketarako erabili direnak direnez, kalkuluek emaitza berak emango dituzte, ondoren azalduko den moduan:

$$N = \frac{V_c(m/min) \cdot 1000}{\pi \cdot D(mm)} = \frac{186.55 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 11876.14 \text{ b/min}$$

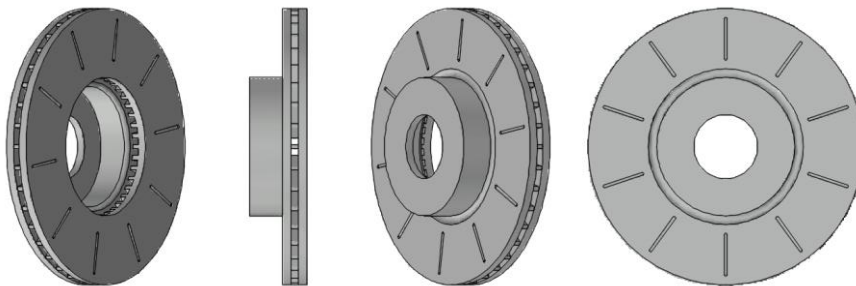
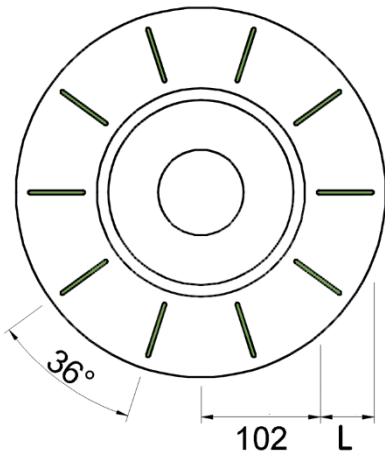
$$V_f = f \left(\frac{mm}{b} \right) \cdot N \left(\frac{b}{min} \right) = 0.28 \cdot 11876.14 = 3325.32 \text{ mm/min}$$

Esan bezala, potentziaren kalkulua ez da beharrezkoa beste eragiketetakoa baino askoz txikiagoa izango baita eta haren kalkulua konplexuagoa baita.

$$t_m = 10 \cdot \frac{4 \cdot (L(mm) + 2 \cdot \Delta(mm))}{V_f(mm/min)} + 9 \cdot \frac{t_{trantsizio}(s)}{60} = 10 \cdot \frac{4 \cdot (46 + 2 \cdot 2)}{3325.32} = 0.6 \text{ min}$$

11. taula. Bigarren artekaketaren parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketa mota:	Artekaketa
a_p	0.25 mm
Iraganaldi kopurua:	4
L	46 mm
V_c	186.55 m/min
f	0.28 mm/b
N	11876.14 b/min
V_f	3325.32 mm/min
t_m	0.6 min
Δ hurbilketa	2 mm
Δ urrunketa	2 mm



38. irudia. Bigarren artekaketaren ostean lortzen den pieza.

9.2.6 Zulaketa

Azkeneko eragiketa, A aurpegian egingo diren zulaketena izango da. 16 mm-ko diametroko 6 zulo pasante egingo dira zentrotik 55 mm-ra. Lehenengoa arteka batekin lerrokatuko da erradialki eta besteak 60°-ko desfasearekin egingo dira. Erabiliko den barautsak 460.1-600-048A0-XM geometria izango du eta GC3210 kalitatezkoa izango da. Ebaketa abiadura eta aitzinapena 110 m/min eta 0.516 mm/b izango dira, hurrenez hurren. Barautsak 3 sorbatz dituzenez, hortzeko aitzinapena 0.172 mm/b×hortz izango da. Ondorioz:

$$N \left(\frac{b}{\text{min}} \right) = \frac{V_c (\text{m/min}) \cdot 1000}{\pi \cdot D (\text{mm})} = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 16} = 2188.38$$

$$V_f \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right) = f \left(\frac{\text{mm}}{b} \right) \cdot N \left(\frac{b}{\text{min}} \right) = 0.516 \cdot 2188.38 = 1129.2$$

$$P_c = \frac{z \cdot F_c(N) \cdot V_c (\text{m/min})}{2 \cdot 60} = \frac{z \cdot p_s (N/\text{mm}^2) \cdot S_c (\text{mm}^2) \cdot V_c (\text{m/min})}{2 \cdot 60} \\ = \frac{z \cdot p_s (N/\text{mm}^2) \cdot f_z (\text{mm/b} \cdot \text{hortz}) \cdot D (\text{mm}) \cdot V_c (\text{m/min})}{2 \cdot 60 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 970 \cdot 0.172 \cdot 16 \cdot 110}{2 \cdot 60 \cdot 2} \\ = 3670.48 \text{ W}$$

Kasu honetan makinaren potentzia dorretxoaren ardatzean konprobatu beharko da. Esan bezala, 12 kW-rainoko potentziak jasan ditzake beraz eragiketa honek ez du arazorik suposatuko.

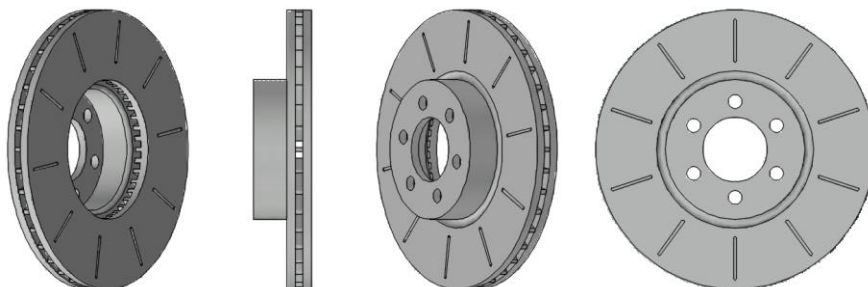
Mekanizazio denborarako 2 mm hartuko dira bai hurbilpenean eta bai urrunketan. Guztira 6 zulo direla kontutan hartuz:

$$t_m = \frac{6 \cdot (L(\text{mm}) + \Delta_{\text{urrunketa}}(\text{mm}) + \Delta_{\text{hurbilketa}}(\text{mm}))}{V_f(\text{mm/min})} + 5 \cdot \frac{t_{\text{trantsizio}}(\text{s})}{60} = \frac{6 \cdot (10 + 2 + 2)}{1129.2} = 0.074 \text{ min}$$

12. taula. Zulaketaren parametroak.

EBAKETA PARAMETROAK	
Eragiketa mota:	Zulaketa
Zulo kopurua:	6
D	16 mm
V_c	110 m/min
f	0.516 mm/b
N	2188.38 b/min
V_f	1129.2 mm/min
t_m	0.074 min
Δ hurbilketa	2 mm
Δ urrunketa	2 mm

Azkeneko honekin piezak bukaerako forma lortuko luke, 39. irudian ikusten dena.



39. irudia. Piezaren bukaerako forma.

10. PROIEKTUAREN ATAZAK

Atal honen helburua proiektuan zehar burutu diren atazen adierazpena izango da. Horretarako ataza bakoitzaren deskribapena eta iraupena azalduko dira. Proiektua 2019ko otsailak 20an hasi zen eta 2019ko uztailak 20an izan du amaiera.

Lau atal nagusitan banatu daitezke gauzatu diren ataza guztiak. Kronologikoki ordenatuz hurrengoak dira: -Merkatuko aukera desberdinen analisia. -Piezaren zehaztapena. -Mekanizazio prozesuaren ebazpena. -Proiektuaren idazketa.

Gainera, proiektuan zehar lortu diren mugarren erdiespenak ere adieraziko dira.

10.1 MERKATUKO AUKERA DESBERDINEN ANALISIA

Proiektuan gauzatu den lehenengo eginbeharra merkatuan dauden balazta disko desberdinen azterketa izan da. Hau burutzeko, lau irizpide nagusietan jarri da abiapuntua:

10.1.1 Geometria desberdinen azterketa

Eskuragarri dauden geometriak asko direnez eta hauen arteko desberdintasunak ondo aztertu nahi izan direnez, azpialat honek besteek baino iraupen luzeagoa izan du. Guztira 19 egun izan dira, 2019ko otsailak 20an hasiz eta 2019ko martxoak 11an bukatuz.

10.1.2 Material desberdinen azterketa

Hurrengo pausoa piezak izan ditzakeen material desberdinen azterketa izan da. Honek 13 egun iraun ditu.

10.1.3 Fabrikazio prozesu desberdinen azterketa

Merkatuko azterketarekin bukatzeko fabrikazio aukera desberdinak aztertu dira. Alternatibak mugatuago daudenez, honen iraupena laburragoa izan da eta 6 egunetan burutu da.

Beraz, merkaturen aukera desberdinen azterketa 38 egun iraun ditu, 2019ko otsailak 20an hasiz eta 2019ko martxoak 30ean bukatuz.

10.2 PIEZAREN ZEHAZPENEA

Egindako analisiaren bidez, proiektuaren helburu haren mekanizazioa izango den piezaren zehazpena izan da hurrengo pausoa. Alternatiba

desberdinen balorazio eta hautaketa hau 22 egunetan burutu da eta hurrengo ataletan banatu da:

10.2.1 Bukaerako geometriaren aukeraketa

Atal honen bidez piezaren diseinu geometrikoa erabaki da, irizpide desberdinei jarraituz. Prozesu honen iraupena 11 egunetako da.

10.2.2 Piezaren materialaren aukeraketa

Behin diseinua ezarri dela, piezak edukiko duen materiala zehaztu da, aurreko atalean bezala, irizpide desberdinak erabiliz. Aukeraketa hau 8 egunetaraino luzatu da.

10.2.3 Fabrikazio prozesuaren aukeraketa

Azkenik piezaren fabrikazio prozesua zehaztu da. Alternatiba kopurua murriztuagoa denez, atal honen iraupena laburragoa izan da, 3 egunetan burutua izan delarik.

Ondorioz piezaren zehazpen prozesuak 22 eguneko iraupena izan du, 2019ko martxok 30ean hasiz eta 2019ko apirilak 21ean bukatuz.

1. mugarria: Pieza bukatuak edukiko duen diseinua zehaztuz, lanaren lehenengo mugarria bete da.

10.3 MEKANIZAZIO PROZESUAREN EBAZPENEA

Proiektuaren helburua den eta diskoaren fabrikazio prozesuaren barne dagoen mekanizazioko zatiaren zehaztapena eta kalkuluen ebazpena izan da atal honen funtsa. Azpiatal ugariaren emaitza denez, horien guztien iraupenak 40. irudian agertzen den Gantt-en diagraman aurkeztuko dira. Jarraian aipagarrienak diren azpiatalen deskribapena emango da:

10.3.1 Prozesuko pausoak definitzea

Mekanizazio prozesuaren ebazpenaren pausu garrantzitsuena izan da, datozen guztiak honen menpe baitaude. Prozesuak jarraituko dituen pausoak eta hauen orden optimoa bilatzea izan da helburua. Guztira 8 eguneko iraupena izan du.

10.3.2 Prozesuko kalkuluak burutzea

Egin beharreko kalkulu guztien ebazpena izan da beste atal nagusi bat. Honetan ebaketa eta aitzinapen abiadurak, mekanizazio denbora eta potentziaren konprobaketa zehaztu dira. Honek guztiak 8 eguneko iraupena izan du.

2. mugarria: Prozesua guztiz definituta geratu den momentuan, lanaren bigarren mugarria bete da.

10.3.3 Prozesu orriaren idazketa

Aipagarria da ere prozesu-orriaren idazketa, honetan biltzen baitira jarraituko diren pausuen definizioak eta parametroak. Proiektuak eskaintzen dituen onuren artean hau izango da garrantzitsuenetarikoa, onen bidez mekanizazio prozesua asko sinplifikatzen baita. Orria idazteak proiektuaren 8 egun suposatzen ditu.

3. mugarrria: Prozesu-orriaren idazketaren ondorioz, proiektuaren hirugarren mugarrria lortu da.

Guztira prozesuaren ebazpenak 38 eguneko iraupena izan du, 2019ko apirilak 21ean hasi eta 2019ko maiatzak 39an bukatu zelarik.

10.4 PROIEKTUAREN IDAZKETA

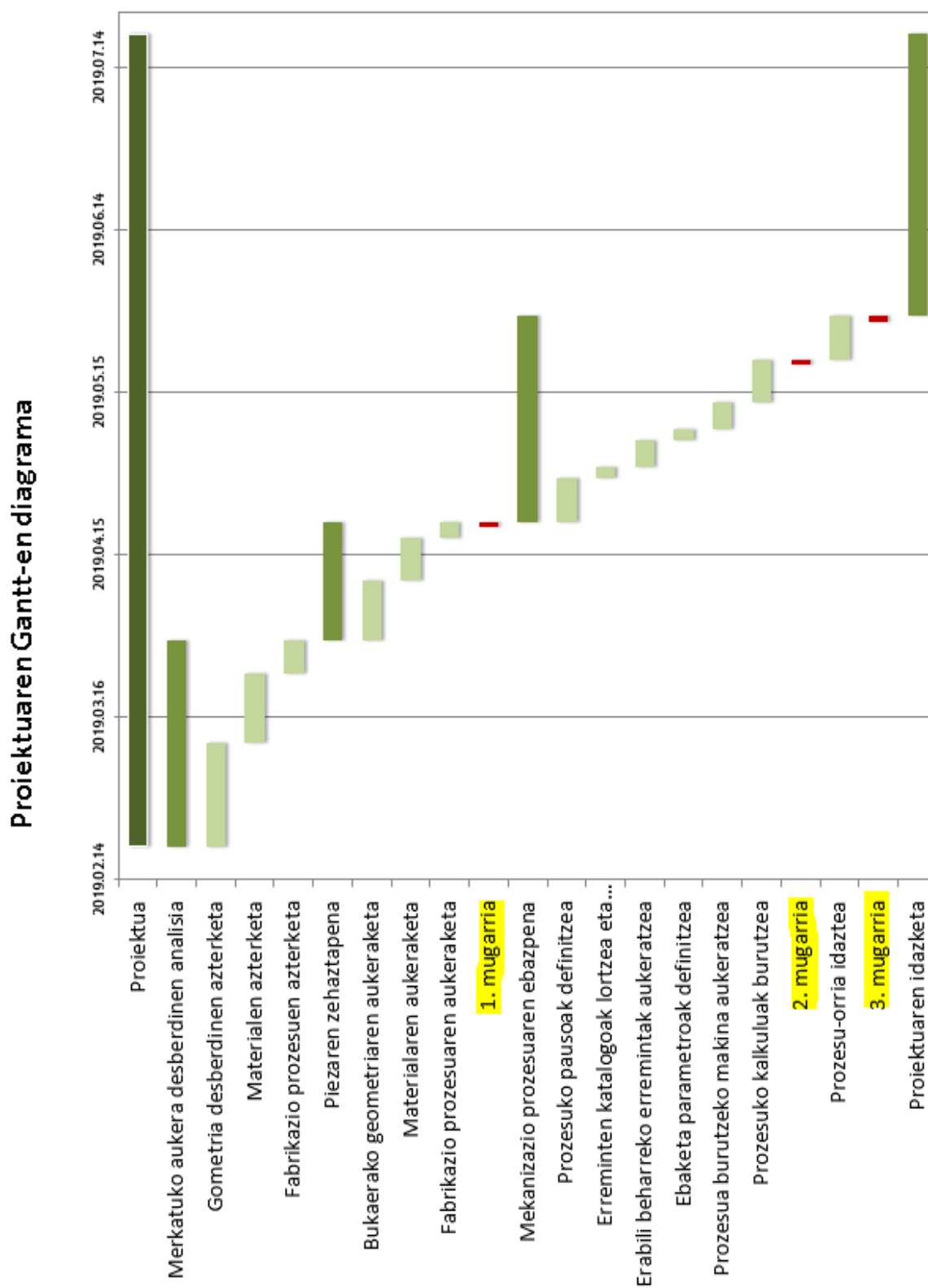
Azkenik, aurretik egindako atal guztiak batu eta idatzi egin dira. Premiazkoa izan da era argi eta ordenatu batean adieraztea, bestela egindako guztia baliorik gabekoa izango bailitzatekeelako. Horren ondorioz atal luzeena suertatu da, bere iraupena 52 egunetakoa izanik. Atal honen bukaerarekin proiektua bukatutzat eman da, 2019ko uztailak 20an.

13. taulan azaldutako ataza guztiak biltzen dira, bakoitzaren hasiera, bukaera eta iraupena adieraziz.

13. taula. Proiektuaren atalen iraupenak.

ATAZA	HASIERA	BUKAERA	IRAUPENA (egunak)
Proiektua	2019.02.20	2019.07.20	150
Merkatuko aukera desberdinen analisia	2019.02.20	2019.03.30	38
Geometria desberdinen azterketa	2019.02.20	2019.03.11	19
Materialen azterketa	2019.03.11	2019.03.24	13
Fabrikazio prozesuen azterketa	2019.03.24	2019.03.30	6
Piezaren zehaztapena	2019.03.30	2019.04.21	22
Bukaerako geometriaren aukeraketa	2019.03.30	2019.04.10	11
Materialaren aukeraketa	2019.04.10	2019.04.18	8
Fabrikazio prozesuaren aukeraketa	2019.04.18	2019.04.21	3
Mekanizazio prozesuaren ebazpena	2019.04.21	2019.05.29	38
Prozesuko pausoak definitzea	2019.04.21	2019.04.29	8
Erreminten katalogoak lortzea eta aztertzea	2019.04.29	2019.05.01	2
Erabili beharreko erremintak aukeratzea	2019.05.01	2019.05.06	5
Ebaketa parametroak definitzea	2019.05.06	2019.05.08	2
Prozesua burutzeko makina aukeratzea	2019.05.08	2019.05.13	5
Prozesuko kalkuluak burutzea	2019.05.13	2019.05.21	8
Prozesu-orria idaztea	2019.05.21	2019.05.29	8
Proiektuaren idazketa	2019.05.29	2019.07.20	52

Atal eta azpiatal guztiak modu argi batean adieraztearren 40. irudian agertzen den Gantt-en diagrama osatu da.



40. irudia. Proiektuaren Gantt-en diagrama.

11. GASTUEN AITORPENA

Atal honen bidez, proiektuan egin diren gastuen aitorpena egingo da. Hurrengo puntu hauek kontutan hartu beharrekoak izango dira:

- Proiektuaren diseinuaren iraupena 165 ordu izan da, 5 hilabetetan banatuta.
- Langile baten urteko lan-ordu kopurua 1652-tan zehaztu da.
- Hiru atal nagusitan banatuko da sailkapena, atal garestienetik abiatuz.

11.1 PERTSONA-GASTUAK

Proiektuan parte hartu duten pertsonen kostua kalkulatzeko proiektuaren iraupena hartu da kontutan eta bakoitzaren soldatarekin biderkatuz lortu da. Bi langilek hartu dute parte, eta haien soldatak 20 €/ordu eta 50 €/ordu dira, bien arteko aldea bakoitzak duen esperientziak justifikatuta. Modu horretan:

Pertsona – gastuak

$$= \sum \text{Proiektuaren iraupena(ordu)} \cdot \text{Soldatak} \left(\frac{\text{€}}{\text{ordu}} \right) = 165 \cdot (20 + 50) = 11550 \text{ €}$$

14. taula. Pertsona gastuen aitorpena.

	Proiektuaren iraupena (ordu)	Soldatak (€/ordu)	Guztira (€)
1. pertsona	165	20	3.300,00 €
2. pertsona	165	50	8.250,00 €
		GUZTIRA	11.550,00 €

11.2 AMORTIZAZIOAK

Proiektua burutzeko ezinbestekoa izan da programa informatikoen erabilera eta hauen lizentziak ordaindu behar direnez kostu bat suposatzen dute. Modu berean, programa hauek erabiltzeko erabili den ordenagailuak ere kostu bat du.

Softwarearen kostua kalkulatzeko, programa bakoitzaren urteko prezioa, langile baten urteko lan-orduak eta proiektuaren iraupena hartu dira kontutan. Erabilitako programen artean Microsoft Office, Autodesk eta Adobe Photoshop aurkitu daitezke.

Lehenengoaren prezioa 194 €/urte da, bigarrenarena 484 €/urte da eta hirugarrenarena 435.8 €/urte, beraz:

$$\begin{aligned} \text{Softwarearen kostua} &= \sum \frac{\text{Proiektuaren iraupena(ordu)}}{\text{Urteko lanorduak(ordu/urte)}} \cdot \text{programen urteko prezioa} \left(\frac{\text{€}}{\text{urte}} \right) \\ &= \frac{165}{1652} \cdot (194 + 484 + 435.8) = 111.25 \text{ €} \end{aligned}$$

Ordenagailuaren amortizazioaren kalkulua modu berean egingo da, ordenagailuaren biziraupena 7 urte direla eta haren kostua 800 €-koa dela kontutan hartuz.

$$\begin{aligned} \text{Ordenagailuaren kostua} &= \frac{\text{Proiektuaren iraupena(ordu)}}{\text{Urteko lanorduak(ordu/urte)}} \cdot \text{ordenagailuaren urteko prezioa} \left(\frac{\text{€}}{\text{urte}} \right) \\ &= \frac{165}{1652} \cdot \frac{800}{7} = 11.42 \text{ €} \end{aligned}$$

15. taula. Amortizazioko gastuen aitorpena.

	Proiektuaren iraupena (ordu)	Urteko lan-orduak (ordu/urte)	Urteko kostua (€/urte)	Guztira
Microsoft Office	165	1652	194	19,38 €
AutoCAD	165	1652	484	48,34 €
Adobe Photoshop	165	1652	435,8	43,53 €
Ordenagailua	165	1652	114,29	11,42 €
			GUZTIRA	122,66 €

11.3 BULEGOKO MATERIALA ETA MATERIAL BIBLIOGRAFIKOA

Lana egin ahal izateko beharrezkoa izan da bulegoko materiala erabiltzea. Erabilitako paperaren, inprimagailuaren materialaren eta abarren prezio totala 35 €-tan zenbatetsi da. Modu berean, material bibliografikoa erabili behar izan da. Erabili diren liburuak hurrengoak izan dira (bakoitzaren prezioarekin):

- Bilboko ingeniarietza eskolako teknologia mekanikako ikasgaiko liburua: 15 €

Behin atal desberdinen kostuak kalkulatu direla, kostu totalen kalkulua egingo da. Horretarako proiektuaren diseinuak suposatu dituen kostu zuzenei %10-a gehituko zaio zeharkako kostuak balioztatzeko.

Beraz kostuen balio totala 16. taulan agertzen dena izango da:

16. taula. Kostu totalen aitortpena.

ATALA	PREZIOA
Pertsona-gastuak	11.550,00 €
Amortizazioa	122,66 €
Materiala	15 €
Kostu zuzenak	11.687,66 €
Zeharkako kostuak (%10)	1.168,77 €
TOTALA	12.856,43 €

12. ONDORIOAK

Atal honetan lanaren egikaritzetik atera daitezkeen ondorioak azalduko dira.

Hasieran, balazta diskoetan oso zehaztuak dauden eta estuak diren eskakizunen ondoriozko funtzionamendu baldintza hertsia direla eta, hauen diseinuan inplementatu daitezkeen berrikuntza aukerak mugatuak daudela iruditu daiteke, jadanik baldintza horietako asko betetzen dituzten modeloak baitaude merkatuan. Hala ere, aipatu den moduan, automozioaren sektorea berrikuntza asko jasaten dituen sektore bat da, teknologiaren aurrerapenak sortuta. Proiektuan zehar egiaztatu ahal izan da, bai diskoaren diseinuaren aukeraketa prozesuan eta bai honen mekanizazio prozesuan, hauen konbinazioen bidez lortzen den aukera sorta oso zabala dela.

Behin mekanizazio prozesuan murgilduta, ikusi da erreminta, makina eta diseinatzeko programa asko daudela eskuragarri. Premiazkoa izan da hauek ondo aztertu eta egokiena aukeratzea. Horretarako informazio asko erabili behar izan da, aukeraketa ahalik eta aproposena egiteko, beraz esan daiteke mota honetako proiektuetan formakuntza eta esperientzia oso onuragarri suertatu daitezkeela.

Era berean, egindako hautaketa horiek guztiak eta lortutako emaitzak argi azaltzea ezinbestekoa izan da, proiektuaren funtsa hori baita. Bestela, irakurlearentzako zaila izango da ondorioztatutakoa ulertzea, eta lanak bere balioa galduko du.

Lanaren helburuetako bat izanik, argi geratu da prozesu-orriak duen garrantzia. Bertan egin diren ikerketa eta erabakien ondorio diren mekanizazio prozesuko parametro garrantzitsuenak biltzen dira era oso argian, mekanizazioa burutuko duen operarioarentzat dokumentu oso lagungarria suertatuz.

Bukatzeko, aipatzekoa da ere, lanean zehar argi geratu dela mota honetako proiektuetan ezinbestekoa dela ordena hertsiki jarraitzea. Horrela ez baldin bada, emaitza okerrak lortzea oso erraza izango delako eta gainera prozesua asko motelduko delako.

13. BIBLIOGRAFIA

Liburuak

- **BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA.** (2019) *Teknologia mekanikoa. 2018-2019 ikasturtea*,
- **SANDVIK COROMANT.** (2012). *Manual de torneado.* <http://www.sandvik.coromant.com>

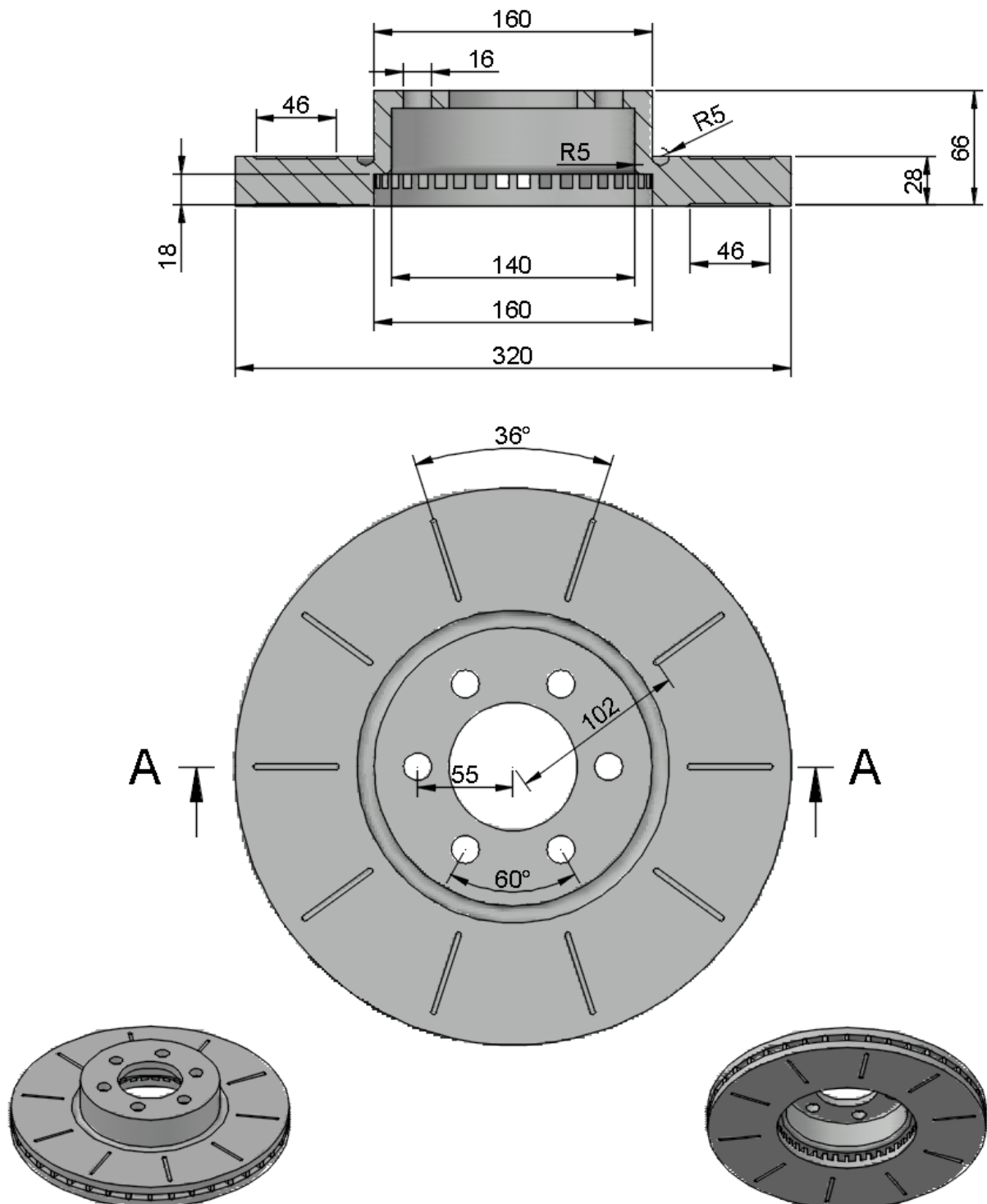
Katalogoak

- **CMZ MACHINE TOOL MANUFACTURER.** (2019). *Catálogo Serie TA.* <http://www.cmz.com>
- **SANDVIK COROMANT.** (2012). *Herramientas de torneado.* <http://www.sandvik.coromant.com>
- **SANDVIK COROMANT.** (2018). *Herramientas rotativas de metal duro integral.* <http://www.sandvik.coromant.com>

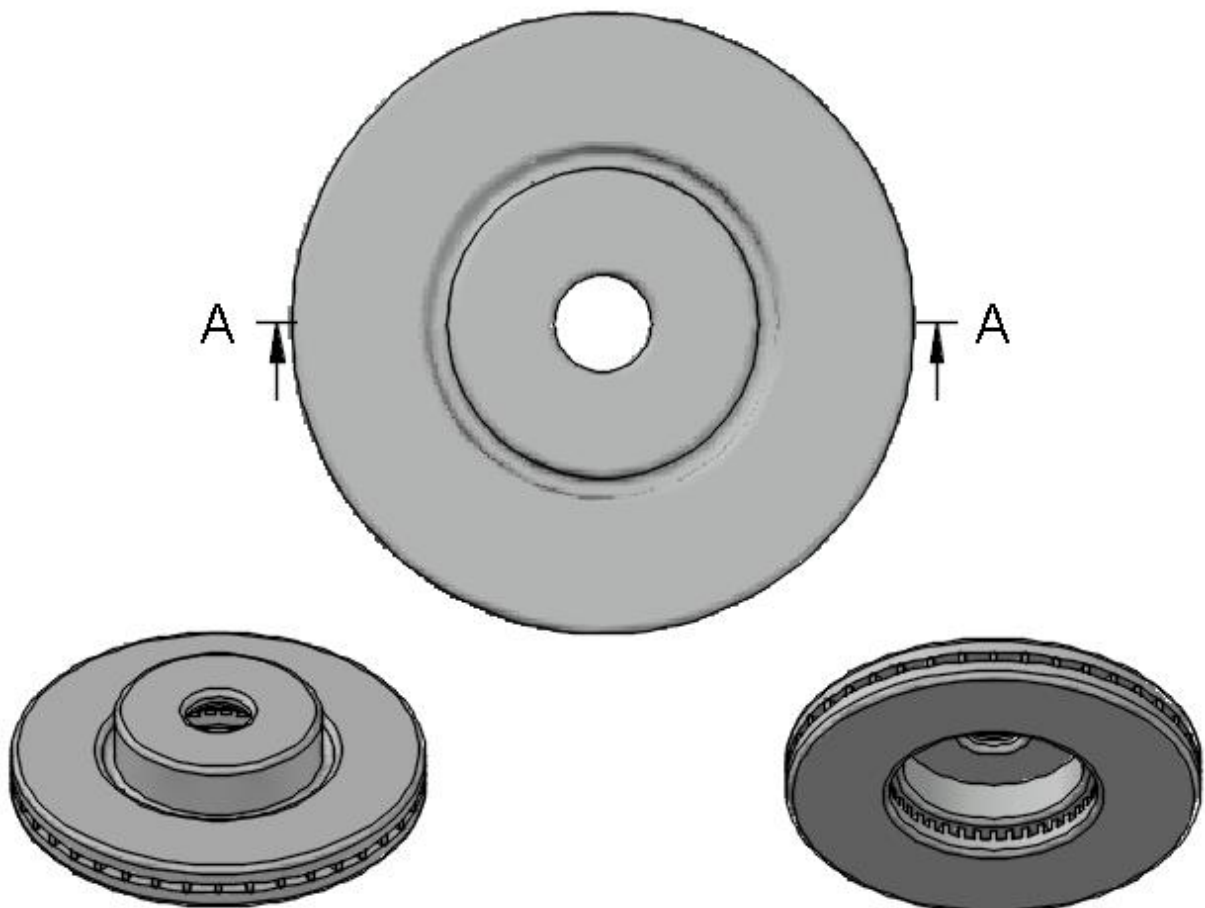
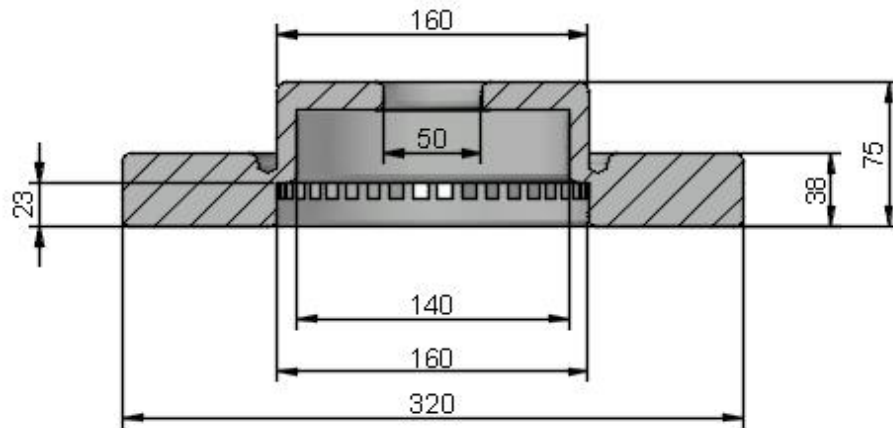
Artikuluak

- Automobilitate. *Wikipedia.* <https://eu.wikipedia.org/wiki/Automobilitate>
- Producción de vehículos. (2018). *Datosmacro.* <https://datosmacro.expansion.com/negocios/produccion-vehiculos>
- España - Producción de vehículos. (2018). *Datosmacro.* <https://datosmacro.expansion.com/negocios/produccion-vehiculos/espana>
- El sector vasco de automoción. ACICAE. <https://www.acicae.es/sector>
- Presentación del balance de accidentes en 2017. (2018/01/03). *DGT.* <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2018/01ENERO/0103-Presentacion-balance-accidentes-2017.shtml#.XTLXcegzaCh>
- Albor, L. (2018/06/08). Radiografía de la automoción en España 2018. *ABC.* https://www.abc.es/motor/abci-radiografia-automocion-espana-2018-201804270112_noticia.html

A ERANSKINA. PIEZA BUKATUAREN NEURRIAK



B ERANSKINA. HASIERAKO PIEZAREN NEURRIAK

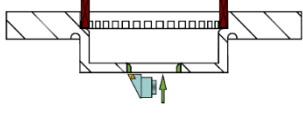
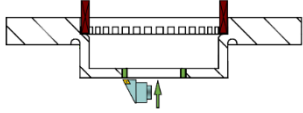
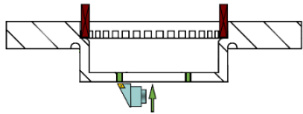
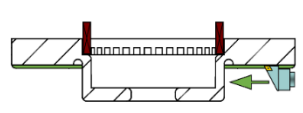
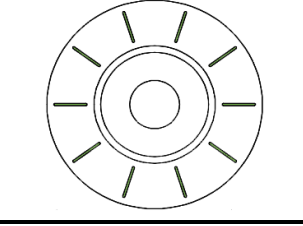


*Ertz borobilduen erradio guztiak 5 mm-koak dira.

C ERANSKINA. PROZESU-ORRIA

PROZESU-ORRIA		Orri zenbakia:	1	
Multzoa: Balaztatze sistema	Pieza: Balazta diskoa	Materiala: Burdinurtu grisa	Egilea: Aitor Gómez López	
Azpimultzoa: Balazta diskoa	Pieza zenbakia: 1	Landu gabe: ∅ 320 * 75	Taldea: 31	

Fasea Azpifasea Eragiketa	Azalpena	Erreminta Modeloa Kalitatea	Ebaketa baldintzak				Denbora (min)	KROKISA Berdez: Mekanizatutako zatia Gorri: Euste-atzaparrak Geziak ebaketaren norabidea adierazten du Erremintaren irudia orientagarria da soilik
			Vc m/min	N b/min	f mm/b	ap mm		
1000	C ardatza duen zenbakizko kontroldun tornua.							
1100	1. eustea atzapar- plateraren bidez. Pieza A aurpegiko zulotik helduko da.							
1101	Aurpegiketa (arbastatzea)	Plakatxoa: SNMG 15 06 16- KR GC3210	245	-	0.6	4	0.42	
1102	Aurpegiketa (akabera)	Plakatxoa: CCMT 12 04 04- KF H13A	138.75	-	0.11	1	4.05	
1103	Artekaketa 10 arteka norabide erradialean eta 36 °- ko desfasearekin, zentrotik 102 mm-ra. Luzera: 46 mm. C ardatzaren bidez. Arteka bakoitzean 0.25 mm-ko 4 iraganaldi.	Fresa: 1B240-0500-XA 1630	186.55	11876.14	0.28	0.25	0.6	
1200	2. eustea atzapar- plateraren bidez. Pieza C aurpegiko zulotik helduko da.							
1201	Aurpegiketa (arbastatzea)	Plakatxoa: SNMG 15 06 16- KR GC3210	245	-	0.6	4	0.38	
1202	Aurpegiketa (arbastatzea)	Plakatxoa: SNMG 15 06 16- KR GC3210	245	-	0.6	5	0.13	

Fasea Azpifasea Eragiketa	Azalpena	Erreminta Modeloa Kalitatea	Ebaketa baldintzak				Denbora (min)	KROKISA Berdez: Mekanizatutako zatia Gorri: Euste-atzaparrak Geziak ebaketaren norabidea adierazten du Erremintaren irudia orientagarria da soilik
			Vc m/min	N b/min	f mm/b	ap mm		
1203	Barne zilindraketa	Plakatxoa: TCMT 22 04 12- KR GC3210	185	1177.75	0.5	4	0.027	
1204	Barne zilindraketa	Plakatxoa: TCMT 22 04 12- KR GC3210	185	1015.3	0.5	4	0.032	
1205	Barne zilindraketa	Plakatxoa: TCMT 22 04 12- KR GC3210	185	892.23	0.5	4	0.036	
1205	Aurpegiketa (akabera)	Plakatxoa: CCMT 12 04 04- KF H13A	138.75	-	0.11	1	3.689	
1206	Artekaketa 10 arteka norabide erradialean eta 36 ° ko desfasearekin, zentrotik 102 mm-ra. Luzera: 46 mm. C ardatzaren bidez. Arteka bakoitzean 0.25 mm-ko 4 iraganaldi.	Fresa: 1B240-0500-XA 1630	186.55	11876.14	0.28	0.25	0.6	
1207	Zulaketa Ø16 mm-ko 6 zulo pasante zentrotik 55 mm-ra. Lehenengoa arteka batekin lerrokatuta eta besteak 60 °-ko desfasearekin.	Barautsa: 460.1-600- 048A0-XM GC3210	110	2188.38	0.516	10	0.074	