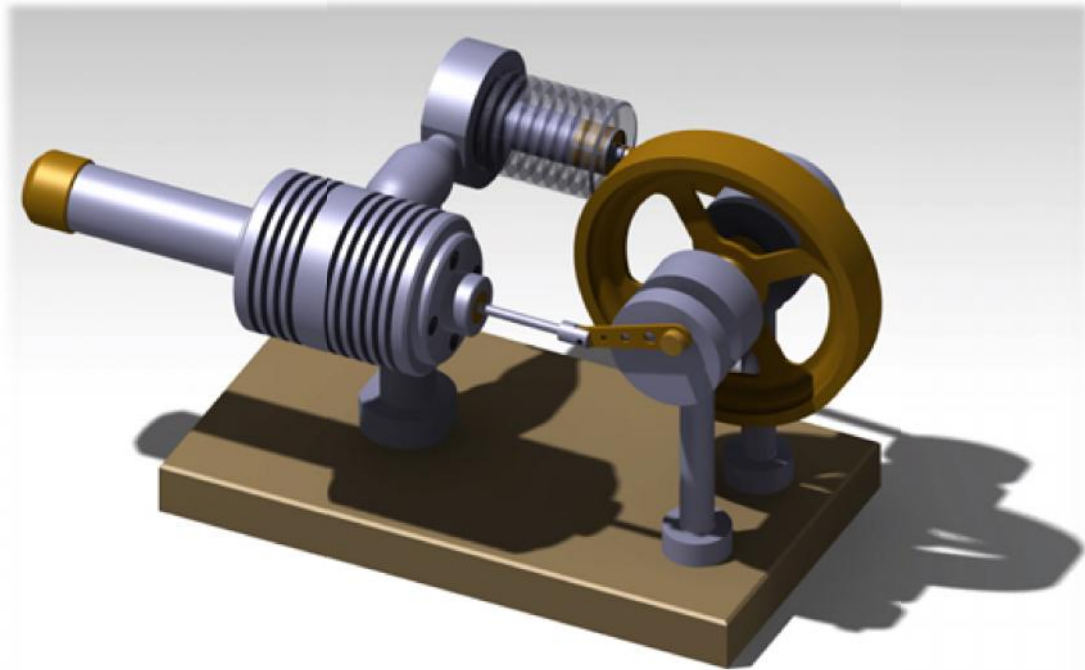


**PRODUKTU MEKANIKOAK**  
**FABRIKATZEKO PROIEKTUA**

**STIRLING MOTOREA**

**Beñat Esnaola Otamendi**

**Alain Álvarez Eguren**



*Bi ikaslek ideia bat izan, garatu eta aurrera eramateko gogoak emandako fruitua da jarraian izango duzuen lan hau. Usurbilgo Lanbide Eskolan burututako urte eta erdiko ikasketa ibilbide honen azken emaitza dela esan genezake.*

*Proiektu hau 2013. Urte hasieran sortu zen eta Stirlingmotore bat egitea zen hasieratik gure asmoa. Baten esperientziak zein baliabideen eskuragarritasunak eta bestearen ingeniarietza ikasketetan ikasitakoak edota proiektuak burutzeko ahalmenak ez zuen denbora asko behar izan uztartzeko. Eskolak eta bertako irakasleek laguntza eta erreztasunak emango zizkigutela baiezkotzat harturik gure kabuz motore hauek aztertzen hasi ginen.*

*Proiektu honen helburua, kurtsoa gainditzeko gogoetatik haratago doa. Hemen aurkituko duzuen StirlingMotore baten azterketa, diseinua, fabrikazioa eta muntaia izango da bere osotasunean. Honenbestez, lanari helduko diogu.*

*Alain Álvarez*

*Beñat Esnaola*

## AURKIBIDEA

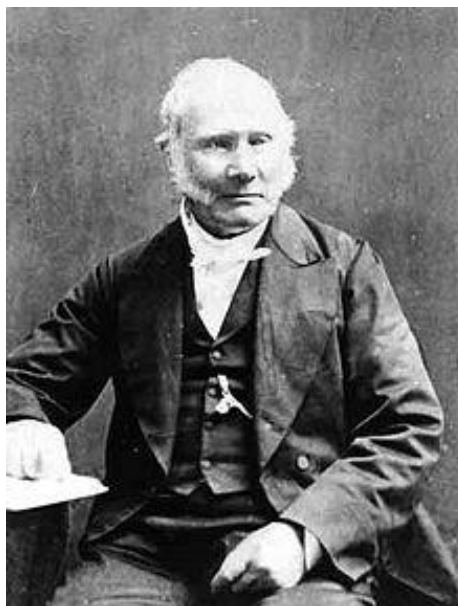
1. SARRERA.....	5
2. STIRLING MOTORE MOTAK .....	7
3. FUNTZIONAMENDU PRINTZIOAK.....	8
4. GURE STIRLING MOTOREA.....	10
5. LAN ARRISKUAK PREBENTZIO ETA SEGURTASUNA.....	12
6. GARAPEN IRAUNKORRA ETA INGURUMENA.....	15
7. ESTIMAZIO EKONOMIKOA.....	17
8. ONDORIOAK.....	18
9. ESKERRAK.....	19

*\*\*\*Fabrikazio planoak eta muntaia atxikita daude karpeta bereizi batetan\*\*\**

## 1. SARRERA

Industria Iraultza XVIII. mendearen bukaeraneta XIX. mendearen hasieran Britainia Handian sortu eta mundu osora zabaldu zen aldaketa teknologiko, sozioekonomiko eta kulturala izan zen. Horri esker industrian eta makinerian oinarritutako ekonomiak eskulan tradizionalaren lekua hartu zuen. Lehen lurrin makinetatik abiatuz, motore termikoen agerpenak eta garapenak ez du etenik izan gaur arte.

Stirling motorra 1816. urtean Robert Stirling apaiz eskoziarrak asmatu zuen. Bere helburua lurrin makina baino zihurragoa eta seguruagoa zen motor bat asmatzea zen.



Robert Stirling apaiz eskoziarra.

Ziklo itxiko eta kanpo errekuntzako motoreak dira Stirling motorrak. Funtzionamendu printzipioa gas bat berotu eta hozten dugun einean sortzen diren espantsioa eta kontrakzioa efektuek egiten duten lanean oinarritua dago (normalean helioa, hidrogenoa, nitrogenoa edo airea erabiltzen dira). Hau da, bi fokuen artean tenperatura diferentzia bat egotea ezinbesteko baldintza denez, motore termiko bat dela esan dezakegu.

Motore mota hauek oraindik ikertzen ari dira mugiarazteko erabili daitezkeen energia iturri ezberdinen zabalkuntza eta hobekuntzak direla medio. Honenbestez energi iturri ezberdinekin lan egiteko aukera ematen du: eguzki energia termikoa, erregai mota guztiak, biomasa, energia geotermikoa, etab.

Stirling motoreek duten errendimendu handia kontutan izanik, bero moduan dagoen energia, energiamekanikoan eta jarraian, sorgailu baten bidez, energia elektrikoan bihurtzeko oso gailu interesgarria bihurtzen dute. Horren adibide dira munduko zenbait lekutan instalaturik dauden Stirling bidezko energia plantak.



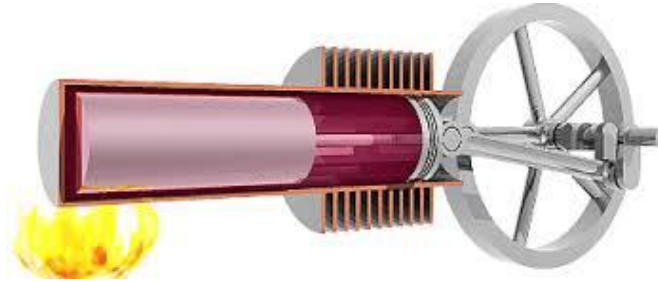
Almeriako planta solarrean kokatutako *EURODISH* disko parabolikoak. Stirling erako motoreak erabiltzen dira bero energia, energia elektrikoan bihurtzeko.

## 2. STIRLING MOTORE MOTAK

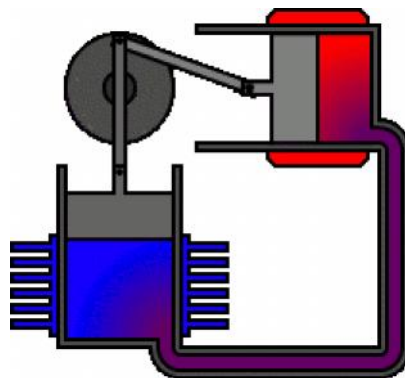
Stirlingmotore guztiek antzeko funtzionamendua eta zatiak dituzte, baina beren enboloa eta pistoiaren kokapena kontutan hartuz gero esaterako, mota ezberdinetako motoreak bereizi ditzakegu.

Hona hemen erabilienak:

- Beta erako motoreak



- Alfa erako motoreak



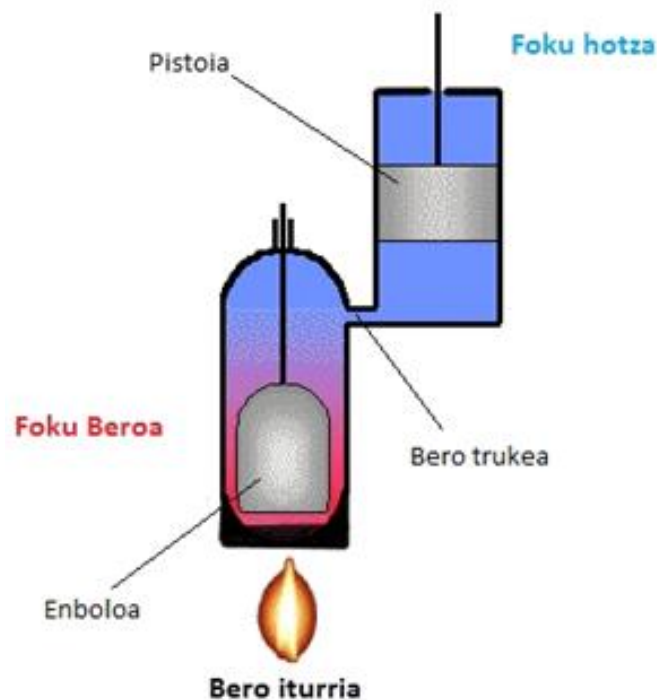
- Gamma erako motoreak



### 3. FUNTZIONAMENDU PRINTZIOIAK

Stirling motorraren funtzionamenduaren printzipio basikoa, tenperatura ezberdineko bi fokuren arteko bero trukeaz baliatuz energia termikoa energia mekanikoan bilakatzea da.

Foku beroa kanpo bero iturri batez berotzean bere barnean, gas egoeran aurkitzen den sustantziaren bolumena handituko du (espantsioa) gasen lege oinarrizko legerari jarraituz eta honenbestez motorraren zati bat mugituko du. Jarraian sustantziaren lan eremua hoztuko da bero trukearen eraginez, hau da, foku hotzera igaroko da bere bolumena txikituz eta motorea hasierako posizioa eramanez.



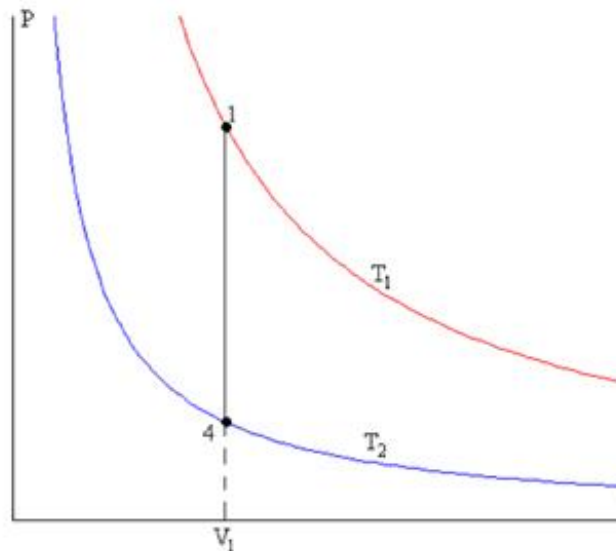
Alpha Stirling motorearen funtsezko atalak eta bero trukea.

Stirling motorraren ziklo termodinamikoa bi prozesu ezberdinetan banatzen da:

- Bi prozesu isoterma ( $T=\text{konstantea}$ ).
- Bi prozesu isokoro ( $V=\text{konstantea}$ ).

Hau azaltzeko presio-bolumen diagrama erabili ohi da, prozesua grafikoki ikusi eta aztertzeko.





P-V (presio-bolumen) diagrama. Espantsio-konpresioisotermikoak eta beroketa-hozketaisokorikoakerrazikusi eta bereztudaitezke.

Kontutan izanik enboloa hasierako posizioan dagoela hau da, sustantzia (gure kasuan airea) foku hotzean egongo litzateke,  $T_1$ ,  $V_1$  eta  $P_1$  kondizioak definitzen dira. Barneko airea berotu ahala isokorikoki  $T_2$  temperaturara eta  $P_2$  presiora helduko da. Orain aireak temperatura eta presio handiagoak izanik ( $T_2 > T_1$ ,  $P_2 > P_1$ ), isotermikoki zabaltzen hasiko da  $V_2$  bolumenera heldu arte ( $V_2 > V_1$ ) eta presioak  $P_3$  balioa hartuko du temperatura konstante mantenduaz. Jarraian, gorantz desplazatu den enboloa hasierako posiziora itzultzen hasiko da bolumena konstante mantenduz eta temperatura  $T_1$  izanik  $P_4$  presioaz. Azkenik hasierako puntura itzuliko da isotermikoki konprimituaz  $V_1$ ,  $P_1$  abiapuntuko balioetara iritsi arte.

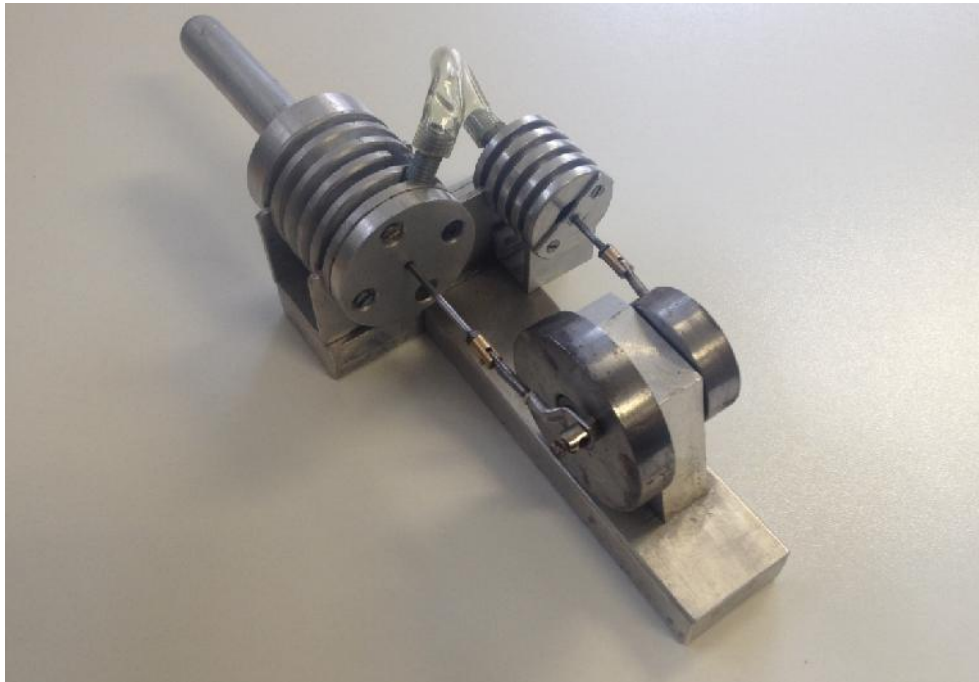
Bestalde stirling motoreak egindako lana ikus eta kalkulatu daiteke P-V diagramaren barneko azalera aztertu ez gero. Aipatutako azalera hau geroz eta handiago izan, motorearen potentzia handiagoa izango da eta beraz, zikloa betetzeko beharko duen temperatura diferentzia handiagoa izango da.

### Errendimendua.

Lan honen hasieran aipatu dugun moduan, stirling motoreak motore termikoen artean errendimendu handiena lor dezaketenak dira. Bestalde, termodinamikoki onartua dago stirling zikloa Carnoten errendimendua berdintzen duen ziklo termodinamiko bakarria dela, hau da errendimendu maximoa (teorikoki).

## 4. GURE STIRLING MOTOREA

Stirlingmotorea eraikitzerako garaian, informazio eta eredu desberdinak sakonki azteratzeaz gain prototipo bat eraiki genuen. Honen helburua motore hauek eraikitzeke fabrikazio teknikak, zailtasunak eta zenbait printzipio gehiago hobeto ulertu eta hobetzea zen.



Fabrikatutako prototipoa. Aldaketa nagusiak ikus daitezke.

Jarrian, labur-labur prototipetik azken modelorainoko aldaketa nagusiak zerrendatuko ditugu:

- Extrusiozko aluminioa erabili ordez, L-2030 erabili dugu, mekanizaketa portaera hobea du.
- Prototipoak bi pistoi ditu (diseinu akatsa). Gure stirling motoreak enbolo eta pistoia ditu.
- Beroa disipatzeko artekak asko txikitu dira.
- Bero trukagailu bat jarri dugu plastikozko tutu baten ordez.
- Gurpil bakarra du azken emaitzak, prototipoak bi gurpil ditu eta gainera masa ezberdinekoak.
- Artikulazio eta dohikutzak akaberan hobetu dira.
- Dimentsio eta geometriak aldatu ditugu oro har.
- Etab.

Behin betiko motorea diseinatu, fabrikatu eta muntatu ostean hainbat aldaketa gehiago egin behar izan genituen. Hona hemen nagusienak:

- Pistoiaaren material aldaketa, akabera eta dohikuntza.
- Tapadun boladun errodamenduak, taparik gabekoengatik ordezkatu (marruskadura gutxitu).
- Aire ihesak ezeztatu, dohikuntzak, tefloia...
- Junta torika bat gehitu diogu kulatan.
- Holgurak kendu (eszentrika, gurpila...)



Eginiko proba batzuk.

## **5. LAN ARRISKUEN PREBENTZIOA ETA SEGURTASUNA**

Fabrikazio mekanikoan, beste esparruetan bezalaxe, segurtasun neurri egokiak izatea eta lan arriskuen balorazioa zein kontrola eramatea ezinbestekoa da. Makinek zein langileek erabili behar dituzten segurtasun estrategiak zein norberaren babesek lasaitasuna eta kalitatea bermatzen laguntzen dute, hauen ongizatea eta osasuna bermatuz guztiaren gainetik.

Guk langile autonomoen ezaugarriekin bat egiten dugu esparru gehienetan. Hauek arazo bereziak izan ohi dituzte laneko segurtasuna eta osasuna zaintzeko neurriak aurrera eramateko orduan. Enpresaburu eta langile izateak, zenbaitetan, esparru horren prebentzioa ez zaintzera bultzatzen du, erosteko ahalmena egiten duten lanaren arabera baita. Baldintza horietan, lanerako denbora edo egiten den ahalegina bigarren mailan geratzen da eta horrek, sarritan, benetako arrisku egoeretan lan egitea eragiten du.

Hala eta guztiz ere, ahal izan dugun neurrian, segurtasun gailuak eta EPI-ak erabili ditugu. Azpimarratu behar da, ez dugula inongo istripu edo ezbeharririk izan fabrikatu eta muntatzerako garaian.

### **GUK ERABILITAKO SEGURTASUN BEHAR ETA AKATSEN ANALISIA.**

#### **Tornu paraleloa**

- Emergentziako freno eza.
- Platera inguruko babesfalta.



Erabiliduguntornuparaleloa.

### Taladro bertikala

- Kabezaleanbabes eza.



Zuloak eta fresaketatxikiak egiteko erabiltakotaladroa.

### Erabilitako EPI-ak

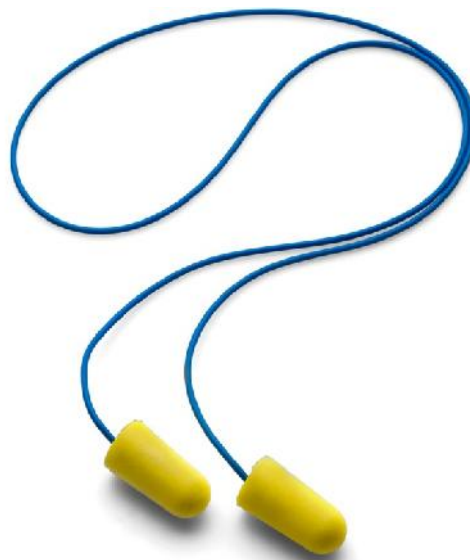
- Eskularruak (Ez dira momentu oro erabili piezen tamaina txikiagatik).



- Segurtasun betaurrekoak



- Belarrietako tapoiak



## 6. GARAPEN IRAUKORRA ETA INGURUMENA

Dudarik gabe, gure inguruko industria-jarduerarik adierazgarriena mekanizazio-sektorea da. Agortutako ebaketa-fluidoak, lohi- edo txirbil-itxurako hondakin metalikoak, ur oliotsuak, etab. daude. Horiek guztiak ingurumen-inpaktua eragiten dute, hamarkada batzuetan ustiaketa industrialaren ondorioak jasaten dituen eremuan. Euskal Autonomia Erkidegoan Hondakin Berezien Kudeaketa Plana egin zenean 1994-2000, ebaketa-olioen hondakinen 31.500 tona/urte zenbatu ziren. Datu horiek erreferentzia gisa hartzen dira hobekuntzarako helburuak ezartzeko.

Mekanizazio-prozesuetan dauden ingurumen-arazo ezberdinek ingurumen-inpaktua eragiten dute. Ingurumen-inpaktu hori sakabanatuta agertzen da eta, beraz, arintzen zaila izaten da.

Ondorengo taula honetan, ingurumen-arazoak laburbilduta ematen dira eta hobetzeko gomendatzen diren neurriak ere agertzen dira, ekintza-lerrotan sailkatuta:

<b>Ingurumen- -arazoak</b>	<b>Ekintza-lerroak</b>	<b>Produktzio garbiraiko neurriak</b>
1. Agortutako Ebaketa-fluidoak hondakinak	Aldaketa teknologikoak / berringeriaritza	✓ Lehorreko mekanizazioa
		✓ 'Labaingarri-kantitate minimoa' erabiliz egindako mekanizazioa. MQL teknologia
		✓ Horniketa andel zentralak
		✓ Mantentze-unitateak
	Antolaketa-neurriak	✓ Erantzukizunak zehaztea
		✓ Produktuak bateragarri egitea
		✓ Langileentzako Trebakuntza Plana
		✓ Ebaketa-fluidoak Kontrolatzeko Plana ezartzea
		✓ Ebaketa-fluidoaren prestaketa kontrolatzea
		✓ Aldaketetan, ebaketa-olioa hornitzen duen sistema desinfektatzea
2. Ihesak eta zipriztinak	Aldaketa teknologikoak / Berringeriaritza	✓ Hobekuntza prozesuan hornitzailea txertatzea
		✓ Makinen karenejak
2. Ihesak eta zipriztinak	Antolaketa-neurriak Berringeriaritza	✓ Eragiketan ebaketa-fluidoak aplikatzeko baldintzak optimizatzea
		✓ Ebaketa-fluidoaren horniketa-zirkuitua mantentzeko plana egitea eta diseinatzea

3. Pieza eta txirbiletan arrasteak	Aldaketa teknologikoak /	✓ Banantzeko ekipo osagarriekin homitzea
		✓ Mekanizazio garaian piezaren posizionatzea optimizatzea
	Produktuetan aldaketak	✓ Piezak eta txirbilak xukatzeko denbora egokitzea
4. Ingurumenera laino eta bestelako isurketak	Aldaketa teknologikoak / Berringeniaritza	✓ Erauzketarako ekipo osagarriak homitzea
		✓ Ebaketa-fluido ezin hobea aukeratzea
	Antolaketa-neurriak	✓ Ebaketa-fluidoa emateko baldintzak egokitzea
5. Txirbil eta lohi metalikoak	Lehengaietan aldaketak	✓ Materialen soberakinak minimizatu
		✓ Mekanizazio-prozedurak murriztu, horien ordez, piezak sintetizazio bidez edo doitasun-galdaketaren bidez lortuz 'Near net shape'
6. Industria-lurzorua poluzioa	Aldaketa teknologikoak / Berringeniaritza	✓ Egokitzapena / Biltegitratze-parkeak berriz kokatzea
		✓ Piezen eta/edo txirbil mugimenduak hobetzea
		✓ Ebaketa-fluidoen prestaketa eta erabilera egokitzea
7. Substantzia arriskutsuen erabilpena	Antolaketa-neurriak	✓ Homitzailea tartean sartzea
		✓ Ingurumenarentzat eta Lan-higienerako arriskutsuak diren substantziei buruz informazio eguneratua edukitzea
		✓ Substantzia arriskutsuak elkarrekin edo beste batzuekin nahas ez ditzaten langileak trebatzea
8. Prozesuetako Zenbait hondakin	Aldaketa teknologikoak / Berringeniaritza	✓ Berrito erabil daitezkeen material iragazkorak erabili
		✓ Garbiketa-prozesuetan material osagarrien eta uraren erabilpena murriztu

Produktzio garbiko neurriak ingurumen-arazo ezberdinetan eragin dezake. Arazo bat konpontzeko horrelako neurriren bat ezartzea balioztatzeko, neurri horiek bestelako ingurumen-arazorik ez dutela eragiten ziurtatu behar da.



## **7. ESTIMAZIO EKONOMIKOA**

Gure stirlingmotorearen estimazio ekonomiko bat egitea ez da lan erreza. Izan ere, proiektu honek ez du inongo helburu ekonomikorik, hots, ikasitakoak aplikatzea, praktikatzea eta hobetzea du helburu. Hala ere, ekonomiaz hitz egiten dugunean kotutan hartu beharreko zenbait kontzeptu eta datu aipatuko ditugu estimazio txiki bat egin ahal izateko.

Kostu zuzenak:

- Materiala
- Mekanizaketa lan orduan (tornua, taladroa, fresagailua)
- Elementu komertzialak (Torlojuak, errodamenduak...)
- Muntaiako esku lana.
- Erremintak.

Kostu ez-zuzenak:

- Argi-indarra, lokala, mantenua, etab.
- Diseinua (3D, planoak, despiezea)
- Memoria eta dokumentazioa.

Guzti honen gainera aipatu beharra dago, egindako makina ez dela seriean produzitzeko pentsatua izan. Honenbestez, ez dugu inongo zifrarik ipini nahi gure emaitzan. Gainera, erabilitako lan orduak, estrategiak, material kopuruak, erremintak etab. justifikatzea ia ezinezkoa zaigu.

## **8. ONDORIOAK**

Proiektu honek izandako ibilbide guztian zehar ondorio asko ateratzera bultzatu gaitu. Hala ere bada bat guztien gaineratik aipatu beharrekoa: proiektu bat bere osotasunean burutzearen ahalegin eta denbora . Hasieratik garbi genuen proiektu polit bat egin nahi genuela, azken finean beste erronka bat zen. Hala ere, kasurik zailenean ere, ez genuen espero horrenbeste lan emango zigunik proiektu honek. Erabilitako orduak asko izan dira, proiektuko plangintzatik oso urrun joan gara.

Bestalde, motorea martxan ipini ahal ez izateak piskatristetzen gaitu. Azken finean diseinu eta fabrikazioaren emaitza, eginikoak funtzio bat izatea edo funtzionatzea da. Hala ere uste dugu noizbait jarriko dugula martxan.

Azkenik garbi utzi nahiko genuke, gauza asko ikasi ditugula proiektu honen gauzatzean. Bai diseinuan, bai fabrikazioan eta baita proiektu bat aurrera eramateko tekniketa ere. Lkasitakoa ez du motorea martxan jartzeak zalantzan jarriko eta eginikoaz oso gustura gaude. Merezki izan du.

## 9. ESKERRAK

*Proiektu honekin bi kurtso hauetan zehar klasekide izan ditugun guztiak eskertu nahiko genituzke. Pasatako urte eta erdi hau horren desberdina, langilea eta jatorra izateagatik bereziki.*

*Bestalde ezin ditugu alde batera utzi eskolako irakasleak. Haiek gabe ziur gaude proiektu honen gauzatzea ia ezineko izango zitzagula. Hala ere badira bi besteen gaintik zoriondu nahiko genituzkeenak: David Oyarzabal eta Juan Mari Yurramendi. Mila esker benetan momentu oro erakutsi duzuen prestutasunagatik eta irakatsitako guztiagatik.*

*Mila esker,*

*Beñat*

*Alain*