

# **LABORATEGIKO TURBINEN TXOSTENA**

## **Egileak:**

- **Eki Apeztegia**
- **Noelia García**
- **Ander Larruskain**
- **Imanol Ugalde**

# AURKIBIDEA

<b>1. SARRERA ETA HELBURUAK</b> .....	3
<b>2. OINARRI TEORIKOAK</b> .....	3
<b>3. TURBINAREN AURKEZPENA</b> .....	3
<b>3.1. TURBINEN DESKRIBAPENA.</b>	
3.1.1. LEHENENGO TURBINA.	
3.1.2. BIGARREN TURBINA.	
3.1.3. HIRUGARREN TURBINA.	
3.1.4. LAUGARREN TURBINA.	
<b>4. PROZEDURA</b> .....	6
<b>5. KALKULUAK</b> .....	7
<b>6. TAULAK</b> .....	8
<b>7. GRAFIKOAK</b> .....	10
<b>8. ONDORIOAK</b> .....	11

## **1. SARRERA ETA HELBURUAK.**

Alde batetik, praktika honetan, klasean ikasitakoa praktikan jarriko da. Horretarako laborategian dauden errodeak aztertuko dira. Laborategian egindako saiakuntzetan lortutako datuak taulatuko dira eta errodeeten portaera analizatuko da.

Beste aldetik, errodeak desberdinak konparatuko dira eta diseinu onena aukeratuko da.

Hala ere, dokumentu honetan aurkeztutako datuak eta iritziak hurbilketetan oinarrituta daudela kontuan hartu behar da, laborategian zegoen tresneriarekin zorrotadaren irteera angeluak ezin ziren neurtu eta.

Aztertu ziren errodeak, koilara erdiesferiko baten forma zute, eta oinarrizko diseinu hau kontuan hartuta, modelo desberdinak aztertuko ziren.

Proiektu honen helburua, errodearen arabera, turbina batean (Pelton), potentzian eta errendimenduan izango zuen eragina aztertzea izango zen. Amaitzeko, errendimendu onena duen errodeak zein den ondorioztatuko da.

## **2. OINARRI TEORIKOAK.**

Lehenik, Pelton turbina batekin lan egiteko kontuan hartu behar diren kontzeptuak aurkeztuko dira.

Pelton turbina akziozko turbomakina mota bat da, non, injektore baten edo batzuen bitartez bideratzen du ura turbinara, pala modu tangenzialean joz. Ur horrek palan arrastre indar bat sortzen du eta honekin, errodeak mugitzen du.

Turbinaren egiturari dagokionez, errodeak batek (ardatz horizontalekoa eta inguruan koilara ugari dituen) uraren presioa energia mekaniko bihurtzen du. Beraz, koilaren diseinua errendimenduari efektu zuzena dauka, diseinu perfektu batean errendimendu maximoa lortzen.

Bukatzeko, gaur egun, garrantzia handia ematen zaio urak turbinan zehar duen sarrera eta irteera angeluei. Hori dela eta, pala batzuk bitan zatituta daude, uraren irteera errazteko.

## **3. TURBINAREN AURKEZPENA.**

Praktika honen hasieran, erabiliko den turbina aukeratu zen. Gure kasuan, laborategian erabili ziren turbinak Pelton motatakoak dira (ardatz horizontala eta akziozko ur-turbina tangenziala).

Errodeak koilaraz osatutako gorpil bat da. Injektoreek ura koilaretarantz bideratzen dute, zorrotada moduan, eta horrela gorpila birarazten du.

### **3.1. TURBINEN DESKRIBAPENA.**

#### **3.1.1. LEHENENGO TURBINA.**

Dagoeneko guztiok ondo dakigun bezala, urak koilaren gainean egiten du indarra, eta indar hau turbina guztiari transmititzen dio hau biraraziz. Lehenengo saiakeran erabilitako turbina beheko argazki horretan ikus daiteke. Pelton turbina honen berezitasunetako bat palek beraien goiko muturrean zulotxo antzeko bat dutela da, horrela zorrotadak palari egokiago joko dio eta atzetik datorren koilarek ez lioke molestaturiko, nola bait esanda. Horrez gain bi koilara dituela ikus daiteke bata besteari itsatsita energia ahalik eta

gehien aprobetxatzeko. Txorrotadak bi koilarak elkartzen diren mozketan jotzen du, ura bitan zatituz. Horrela ura aurkako noranzkoan irteten da pala berriro bultzatuz, baina ez 180ºtan, bestela hurrengo pala joko luke mugimendua motelduz. Koilararen formari dagokionez ikus dezakegu honek motzak ta pixkat borobilduak dituela.



### **3.1.2. BIGARREN TURBINA.**

Bigarrego saiakera egiteko aukeratu genuen turbina lehenengoaren oso antzekoa da. Aurrekoa bezala bi koilara ditu elkar itxatxita, uraren zorrotada moztuz eta energia ahalik eta gehien lortuz. Turbina honek ere zuloak ditu goiko puntan zorrotada hobeto aprobetxatzeko. Aurrekoarekin alderatuz desbertasunik handiena koilararen forman ikusi dugu, hone luzexeagoak eta estuagoak ditu, horren gaiz pala kopuru handiago duela ikus dezakegu, 19 hain zuzen



### 3.1.3. HIRUGARREN TURBINA.

Hirugarrengo saiakera honetan aukeratu dugun pelton turbina hau besteekin alderatuz nahiko desberdina da, behako irudian ikus daitekeen bezala. Honek koilara bakarreko palak ditu; beraz, kasu honetan ur txorrotada ez da mozten eta bi aldeertara kanporatzen, baizik eta norabide guztietan irtengo da, bere erdi esfera hori dela eta. Gainera, aurreko bi turbinetan ikusi dugun bezala, palen goiko aldean zuolotxo bati esker injektoretik ateratzen den ur txorrotada modu eraginkor batera irixten da palara. Kasu honetan, ordea, zulo hori ez duenez, ur txorrotada ez da zuzenean palaren erdira joango. Horrez gain, ikusi dezakegu turbina honek pala kopuru gutxiago dituela, 12 hain zuzen.



### 3.1.4. LAUGARREN TURBINA.

Laugarren turbina honek atzekotasun handia du bigarren saiakeran erabili dugun turbinarekin. Hura bezala bi koilara ditu ura mozteko eta zulo bat palaren gaikaldean. Baina zulo hau ezta lengoaren berdina, turbina honek duena ebakidura horizontal bat dela esango genuke, bana funtzio berbera betetzen du. Azkenik, turbina honek lehenengoak baino pala kopuru handiagoa du baina bigarrenak baino baxuagoa, 16 hain zuzen ere.



## 4. PROZEDURA

Turbinen esperimendu hauek egiteko laborategian aurketzen den turbinatze muntai bat erabili dugu, ondorengo atalez osatua:

1. Ponpa: ura zirkularazteko beharrezkoa.
2. Balbula: hau erabiliz ponpatik datorren uraren emaria erregulatzeko gai izan ginen, emaririk gabeko egoeratik pixkanaka gutxi gutxi gorabehera nahi genuen emaria lortzeko.
3. Emaria neurtzeko sistema hau erabiltzen genuen.
4. Zorrotadaren irteera: diametroa ezin izan genuen neurtu, baina zorrotadaren diametroa konstantea zenez, kalkuluak eta grafikoa egiterako garaian ez dugu arazorik izan.
5. Presioa neurtzeko gailua.
6. Turbina: zorrotada turbinaren alabeetan jo eta ardatza birarazten du, zorrotada energia mekanikoa bihurtuz.
7. Erresistentziak: honen bidez erregulatu genuen ardatzean eragiten zitzaion erresistentzia-parea, simulatuz ardatzaren erresistentzia mekanikoa.

8. Neurgailu honen bidez jakin izan genuen momentu bakoitzean ardatzak zeukan abiadura angeluarra.

Muntaiaren eskema hau izanda, neurketekin hasi ginen. Datuak hartzeko ondorengo prozedura jarraitu genuen:

- Balbula itxita dagoela konprobatu ondoren, ponpa piztu eta balbula pixkanaka irekitzen joan ginen emari nahiko altu bat izan arte.
- Hartutako lehen datua presioa izan zen. Geroagoko kalkuluak egiteko behar izan genuen-eta.
- Neurtutako hurrengo datua emaria izan zen. Biltegiak zulo bat dauka ura berriro ponpara bueltatu dadin, baina zulo hori estaliz gero biltegia betetzen joaten zen pitot-arekin batera. Geuk, adibidez, 8 segundotan zenbat betetzen zen neurtuz emaria kalkulatu genuen.
- Emaria jakinda, eta konstante mantendu genuenez, soilik erresistentziak aldatzea geratzen zitzaigun. Indarra neurtzen duen gailuaren goiko aldean gurpiltxo bat dago. Ezkerrekoaren gurpilari buletak emanez indarra handitzen genuen, eta ondorioz, erresistentzia.
- Erresistentzia handiagotzearekin batera, ardatzaren abiadura angeluarra jaisten zijoan. Beraz, indarrak aldatzeak abiadura angeluarraren datua hartzea besterik ez genuen egin behar.

## 5. KALKULUAK

Jasotako datuak interpretatu ahal izateko hainbat formula edo ekuazio erabili ditugu. Gure helburua turbina bakoitzaren errendimendua kalkulatzeko izan da. Esan beharra dago, datuen ondorio ahalik eta zehatzena lortzearren, turbina guztiei antzeko baldintzak aplikatu dizkiegula.

Laborategian bildu ditugun ur-zorrotadaren presioaren (m.u.z), errodetearen biraketa abiaduraren (rpm), errodetearen erradioaren (m), emariaren (l/s) eta turbina balaztatzen zuten indarren (g) balioetatik abiatuta, honako ekuazio hauek erabili ditugu:

- Turbinaren abiadura lineala

$$U(m/s) = \omega * r = \omega \left( \frac{\text{bira}}{\text{min}} \right) * r (m) * \frac{2 * \pi \text{ rad}}{1 \text{ bira}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

- Balaztatze indarren batura

$$\Sigma \text{Indarrak } (N) = \text{Indar eskuin} - \text{indar ezker } (g) * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} * 9,8 \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

- Balaztek sortutako momentua

$$\text{Momentua } (N * m) = \Sigma \text{Indarrak } (N) * \text{erradioa } (m)$$

- Potentzia mekanikoa

$$\text{Potentzia mekanikoa } (W) = \Sigma \text{Indarrak } (N) * U (m/s)$$

- Potentzia hidraulikoa

$$Potentzia\ hidraulikoa(W) = \rho \left( \frac{Kg}{m^3} \right) * g \left( \frac{m}{s^2} \right) * P(m) * Q(l/s) * \frac{1\ m^3}{1000\ l}$$

- Turbinaren errendimendua

$$\eta = \frac{Potentzia\ mekanikoa\ (W)}{Potentzia\ hidraulikoa(W)}$$

## 6. TAULAK.

Egin ditugun neurketa guztietan uraren emaria eta presioa berdinak izan dira; 0,4297 l/s eta 10 bar, hurrenez hurren.

### 6.1. LEHENENGO TURBINA

Emaria	rpm	Presioa	Indarra eskubi	Indarra ezker	Erradioa
0,42973786	1500	10	250	125	0,03
0,42973786	1205	10	875	375	0,03
0,42973786	935	10	1500	500	0,03
0,42973786	754	10	1875	750	0,03
0,42973786	556	10	2375	875	0,03
0,42973786	390	10	2625	1125	0,03

Indarra	U	Momentua	Potentzia mekanikoa	Potentzia hidraulikoa	Errendimendua
1,225	4,71225	0,03675	5,77250625	42,11431027	13,70675719
4,9	3,7855075	0,147	18,54898675	42,11431027	44,04437976
9,8	2,9373025	0,294	28,7855645	42,11431027	68,35102918
11,025	2,368691	0,33075	26,11481828	42,11431027	62,00936952
14,7	1,746674	0,441	25,6761078	42,11431027	60,96765597
14,7	1,225185	0,441	18,0102195	42,11431027	42,76508243

### 6.2. BIGARREN TURBINA

Emaria	rpm	Presioa	Indarra eskubi	Indarra ezker	Erradioa
0,42973786	1425	10	250	125	0,03
0,42973786	1120	10	525	250	0,03
0,42973786	945	10	750	375	0,03
0,42973786	710	10	1000	375	0,03
0,42973786	552	10	1125	425	0,03
0,42973786	345	10	1375	500	0,03



Indarra	U	Momentua	Potentzia mekanikoa	Potentzia hidraulikoa	Errendimendua
1,225	4,4766375	0,03675	5,483880938	42,11431027	13,02141933
2,695	3,51848	0,08085	9,4823036	42,11431027	22,51563314
3,675	2,9687175	0,11025	10,91003681	42,11431027	25,90577108
6,125	2,230465	0,18375	13,66159813	42,11431027	32,43932534
6,86	1,734108	0,2058	11,89598088	42,11431027	28,24688521
8,575	1,0838175	0,25725	9,293735063	42,11431027	22,06787907

### 6.3. HIRUGARREN TURBINA

Emaria	rpm	Presioa	Indarra eskubi	Indarra ezker	Erradioa
0,42973786	1145	10	650	300	0,03
0,42973786	950	10	1000	375	0,03
0,42973786	710	10	1500	550	0,03
0,42973786	572	10	1730	625	0,03
0,42973786	330	10	2150	800	0,03
0,42973786	1430	10	0	0	0,03

Indarra	U	Momentua	Potentzia mekanikoa	Potentzia hidraulikoa	Errendimendua
3,43	3,5970175	0,1029	12,33777003	42,11431027	29,29590903
6,125	2,984425	0,18375	18,27960313	42,11431027	43,40473109
9,31	2,230465	0,2793	20,76562915	42,11431027	49,30777452
10,829	1,796938	0,32487	19,4590416	42,11431027	46,20529572
13,23	1,036695	0,3969	13,71547485	42,11431027	32,56725508
0	4,492345	0	0	42,11431027	0

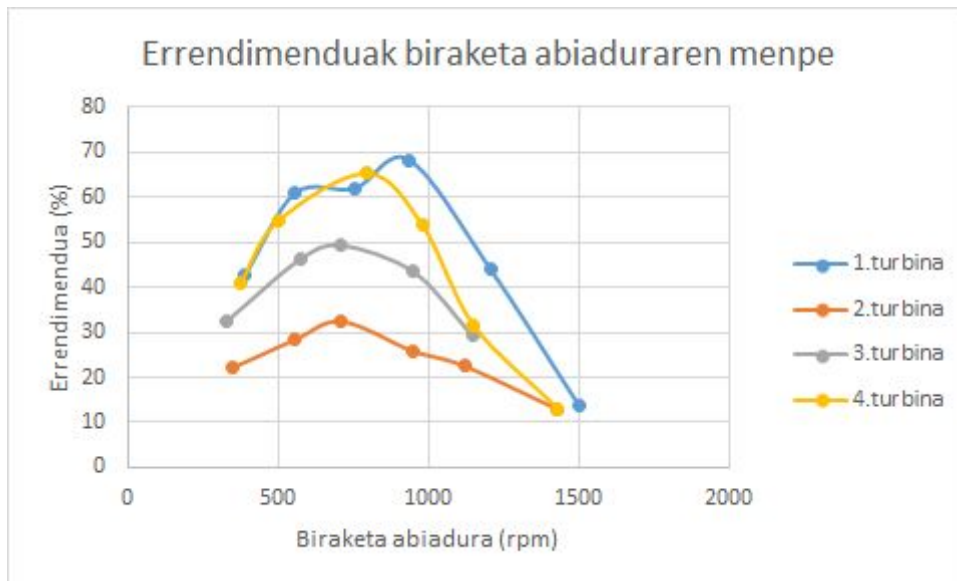
### 6.4. LAUGARREN TURBINA

Emaria	rpm	Presioa	Indarra eskubi	Indarra ezker	Erradioa
0,42973786	1430	10	250	125	0,03
0,42973786	1150	10	750	375	0,03
0,42973786	980	10	1375	625	0,03
0,42973786	795	10	1875	750	0,03
0,42973786	500	10	2500	1000	0,03
0,42973786	375	10	2750	1250	0,03

Indarra	U	Momentua	Potentzia mekanikoa	Potentzia hidraulikoa	Errendimendua
1,225	4,492345	0,03675	5,503122625	42,11431027	13,06710852
3,675	3,612725	0,11025	13,27676438	42,11431027	31,52554153
7,35	3,07867	0,2205	22,6282245	42,11431027	53,73048818
11,025	2,4974925	0,33075	27,53485481	42,11431027	65,38123178
14,7	1,57075	0,441	23,090025	42,11431027	54,82702875
14,7	1,1780625	0,441	17,31751875	42,11431027	41,12027156

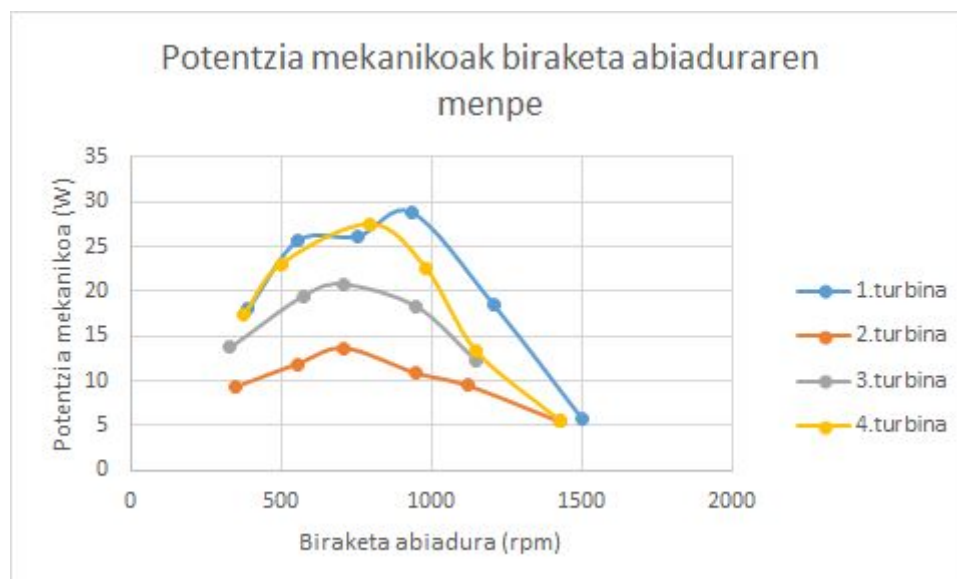
## 7. GRAFIKOAK.

### 7.1. ERRENDIMENDUAK BIRAKETA ABIADURAREN MENPE



Grafikoan ikusten den bezala, errendimendu altuena 1. turbinak du, ia %70ekoa delarik. Baxuena, aldiz, 2. turbinak du, %32ko errendimendua du eta.

### 7.2. POTENTZIA MEKANIKOAK BIRAKETA ABIADURAREN MENPE



Aurreko grafikoan ikusitakoa, normala den bezala, grafiko honetan ere betetzen da. 1. turbinak du potentzia handiena: ia 30W sortzeko gai da. 2. turbina, aldiz, ez da 15W sortzera iristen.

## **8. ONDORIOAK.**

Azkenik, praktika honekin turbina ezberdinen errendimentuak kalkulatu ditugu. Turbina guztiak ezberdinak dira, alabeen formak ezberdinak ziren eta honek errendimenduan eragina du. Lehen ikusi dugun bezala, lehenengo turbinak zorrotada bi zatitan banatu eta kanporatu egiten du. Horrela, uraren indarra gehiago aprobetxatzen da errendimendua hobetuz. Hau uraren momentuaren aprobetxamenduagatik gertatzen da (urak hartzen duen irteera angeluagatik). Gainera, alabeek muturrean surko edo mozteka bat dute zorrotadak hurrengo alabean zuzenki jotzeko, eta honek ere errendimenduan eragina du.

Bestalde, zorrotada erdibitzen eta desbideratzen ez duen turbinak errendimendu oso baxua du. Hau uraren momentua angeluarra ez aprobetxatzeagatik eta muturrean mozketa ez edukitzeagatik gertatzen da.