

INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***AIXOLAKO URTEGIAN ZENTRAL  
HIDROELEKTRIKO BATEN BIDERAGARRITASUN  
IKASKETA***

**Ikaslea:** Azkarate Agirre, Miren

**Zuzendaria (1):** Madrazo, Uribeetxebarria, Eneko

**Ikasturtea:** 2019-2020

**Data:** Bilbon, 2020ko uztailearen 20an

## **LABURPENA**

Hurrengo dokumentuan Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Zibileko Gradu Amaierako Lan bat aurkezten da. Lan honetan Aixola urtegian zentral hidroelektriko bat eraikitzearen bideragarritasun ikasketa egin da. Ikasketa hau energiaren ikuspuntutik egin da eta bideragarritasuna teknikoki, ekonomikoki eta ingurumenarekiko aztertu da. Ikasketa honetarako IDAE-ko mini zentralen inguruko dokumentuak erabili dira, horretan eta beste batzuetan oinarrituz.

## **RESUMEN**

En el siguiente documento se presenta un Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería Civil de la Universidad del País Vasco. En este trabajo se analiza la viabilidad de la construcción de una central hidroeléctrica en Aixola. Se estudia desde el punto de vista de la energía y la viabilidad se estudia técnica, económica eta medioambientalmente. Para este estudio se han utilizado los documentos de minicentrales de IDAE, basándose en ellos y en otros.

## **ABSTRACT**

The following document presents a Final Degree Project in Civil Engineering from the University of the Basque Country. This work analyzes the feasibility of the construction of a hydroelectric power station in Aixola. It is studied from the point of view of energy and feasibility is studied technically, economically and environmentally. The IDAE mini-station documents have been used for this study, based on them and others.

INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***AIXOLAKO URTEGIAN ZENTRAL  
HIDROELEKTRIKO BATEN BIDERAGARRITASUN  
IKASKETA***

***1. DOKUMENTUA- MEMORIA ETA ERANSKINAK***

**Ikaslea:** Azkarate Agirre, Miren

**Zuzendaria (1):** Madrazo, Uribeetxebarria, Eneko

**Ikasturtea:** 2019-2020

**Data:** Bilbon, 2020ko uztailearen 20an

## **AURKIBIDEA**

### **MEMORIA**

<b>1. SARRERA .....</b>	<b>9</b>
<b>2. PROIEKTUAREN XEDEA ETA ZERGATIA .....</b>	<b>11</b>
<b>3. AIXOLAKO URTEGIA .....</b>	<b>12</b>
3.1. DESKRIPZIO OROKORRA.....	12
3.2. KOKAPENA .....	12
<b>4. ZENTRAL HIDROELEKTRIKOEN AZALPENA .....</b>	<b>15</b>
4.1. SAILKAPEN ADMINISTRATIBOA .....	15
4.2. SAILKAPEN TEKNIKOA.....	15
4.2.1. <i>Jauzi jariakorrak edo deribazio jauziak .....</i>	<i>16</i>
4.2.2. <i>Urtegiko zentralak edo erregulazio zentralak.....</i>	<i>16</i>
4.2.3. <i>Ponpaketa bidezko metatutako zentralak .....</i>	<i>16</i>
4.2.4. <i>Marea-zentrala .....</i>	<i>16</i>
<b>5. ESKURAGARRI DAGOEN BALIABIDE HIDRAULIKOAREN IKASKETA .....</b>	<b>18</b>
5.1. EMARIAREN AUKERAKETA.....	18
5.2. JAUZI EZBERDINEN IKASKETA .....	19
5.3. IKASKETA ENERGETIKOA .....	23
<b>6. ZENTRAL HIDROELEKTRIKOAREN ELEMENTUEN DESKRIBAPENA ETA AUKERAKETA .....</b>	<b>24</b>
6.1. OBRA ZIBILA: .....	24
6.1.1. <i>Presak eta urtegia:.....</i>	<i>24</i>
6.1.2. <i>Ur hartunea.....</i>	<i>24</i>
6.1.3. <i>Hodi behartua .....</i>	<i>24</i>
6.1.4. <i>Zentralaren eraikina.....</i>	<i>26</i>
6.1.5. <i>Deskarga ubidea .....</i>	<i>27</i>
6.2. EKIPAMENDU ELEKTROMEKANIKOA .....	27
6.2.1. <i>Sareta eta sareta garbitzaileak.....</i>	<i>27</i>
6.2.2. <i>Balbulak .....</i>	<i>27</i>
6.3. EKIPAMENDU HIDRAULIKOA: TURBINAK .....	28
6.3.1. <i>Turbina motaren aukeraketa .....</i>	<i>29</i>
Altuera eta emaria.....	29
Turbinaren biratze abiaduraren zehaztea .....	30
Aspirazio altuera.....	32
Errendimendua.....	33
Enbalamendu abiadura: .....	33
6.3.2. <i>Turbina kantitatea .....</i>	<i>34</i>

6.3.3.	<i>Ossberger turbinak</i> .....	34
6.3.3.1.	Errotorea .....	35
6.3.3.2.	Injektorea .....	35
6.3.3.3.	Beso zuzentzailea .....	36
6.3.3.4.	Ardatz nagusia .....	37
6.3.4.	<i>Abiaduren diagrama</i> .....	37
6.3.5.	<i>Turbina hidraulikoaren errendimendua</i> .....	38
6.4.	POTENTZIAKO EKIPO ELEKTRIKOA .....	39
6.4.1.	<i>Abiadura biderkatzailea</i> .....	39
6.4.2.	<i>Sorgailua</i> .....	39
6.4.3.	<i>Transformadorea</i> .....	39
<b>7.</b>	<b>IKASKETA EKONOMIKOA</b> .....	<b>41</b>
7.1.	BIDERAGARRITASUN EKONOMIKOAREN IKASKETA: .....	41
7.1.1.	<i>Balio Eguneratu Garbia (BEG)</i> .....	42
7.1.2.	<i>Itzuleraren barne-tasa (IBT)</i> .....	43
	• <b>A kasuan bideragarritasunaren azterketa:</b> .....	43
	• <b>B kasuan bideragarritasunaren azterketa:</b> .....	44
<b>8.</b>	<b>INGURUMEN INPAKTUAREN IKASKETA</b> .....	<b>46</b>
8.1.	OBRA EXEKUTATZEN DEN BITARTEKO INPAKTUA .....	46
8.2.	ZENTRALAREN USTIAPENEN FASEKO INPAKTUAK .....	46
8.3.	ONDORIOAK .....	47
<b>9.</b>	<b>ONDORIOAK</b> .....	<b>48</b>
<b>10.</b>	<b>ARAUDIA ETA LEGEDIA</b> .....	<b>49</b>
10.1.	LEGEAK: .....	49
10.2.	ARAUDIAK: .....	49
10.3.	UNE ARAUAK: .....	50
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>51</b>

## **ERANSKINAK**

<b>1. ERANSKINA: ZENTRALAREN KOKAPENA .....</b>	<b>54</b>
1.1. AUKERATUTAKO KOKAPENAREN AZTERKETA GEOLOGIKO ETA GEOTEKNIKOA .....	56
1.1.1. Azterketa geologikoa: .....	56
1.1.2. Azterketa geoteknikoa .....	57
<b>2. ERANSKINA: HODITERIA BEHARTUA .....</b>	<b>60</b>
2.1. DIAMETROA .....	60
2.2. LODIERA .....	60
2.3. ARIETE KOLPEA.....	61
<b>3. ERANSKINA: KARGA GALERAK.....</b>	<b>63</b>
3.1. MARRUSKADURA KARGA GALERA .....	64
3.2. BALBULETAKO KARGA GALERA .....	66
3.3. UKONDOKO KARGA GALERAK .....	67
3.4. HODI BEHARTUAREN SARRERAN KARGA GALERA .....	69
3.5. SARETAKO KARGA GALERAK .....	69
3.6. GALERA TOTALAK.....	70
<b>4. ERANSKINA: JAUZI GARBIA ETA HODI BEHARTUAREN ERRENDIMENDU HIDRAULIKOA .....</b>	<b>72</b>
<b>5. ERANSKINA: TURBINAREN DISEINUA .....</b>	<b>73</b>
5.1. ABIADUREN DIAGRAMA.....	73
5.2. TURBINAREN EFIZIENTZIA HIDRAULIKOA.....	75
5.3. TURBINAREN ARDATZEKO POTENTZIA.....	76
5.4. ZENTRAL HIDROELEKTRIKOAK SORTUKO LUKEEN POTENTZIA OROKORRA: .....	76
<b>6. ERANSKINA: DESKARGA UBIDEA .....</b>	<b>77</b>
<b>7. KONEXIOA SARE ELEKTRIKORA .....</b>	<b>78</b>
<b>8. ZENTRALAREN ZIMENTAZIOA.....</b>	<b>80</b>

## **IRUDIAK**

Irudia 1: Euskal Autonomia Erkidegoan urtegia zein eskualdetan dagoen.....	13
Irudia 2: Urtegia herrien mugekin.....	13
Irudia 3: Zentral hidroelektriko baten funtzionamenduaren eskema .....	15
Irudia 4: Urkulu urtegiko azken hiru urteetako betetze mailak.....	20
Irudia 5: Aixola urtegiaren egoera indizea .....	20
Irudia 6: Turbina mota aukeratzeko diagrama. Altuera et emariaren menpe.....	29
Irudia 7: fluxu gurutzatuko turbinaren eskema .....	35
Irudia 8: Errotorearen irudia .....	35
Irudia 9: Injektorearen irudia .....	36
Irudia 10: Beso zuzentzailearen irudia .....	36
Irudia 11: Ardatz printzipalaren irudia .....	37
Irudia 12: Errodeteko edozein puntutan abiadura diagramak. ....	37
Irudia 13: Sarrerako abiaduren diagrama .....	38
Irudia 14: Irteerako abiaduren diagrama .....	38
Irudia 15: Jario gurutzatuko turbina baten errendimendua lan egiten dagoen %kargaren araberakoa .....	38
Irudia 16: Lurraren okupazioa .....	54
Irudia 17: Zentralaren kokapena aukeratzeko kontuan hartutako elementuak .....	55
Irudia 18: Zentral hidroelektrikoaren kokapena urtegiaren oinean. ....	55
Irudia 19: Ermua hiribildutik zentralera joateko egin beharreko ibilbidea.....	56
Irudia 20: Urtegiaren inguruko lurrazaleko unitate geologikoak.....	57
Irudia 21: Ikasketa guneko mapa geoteknikoa .....	58
Irudia 22: Saillkapen irizpideak .....	58
Irudia 23: Legenda.....	58
Irudia 24: Banaketa irizpideak eta ezaugarri orokorrak.....	59
Irudia 25: Frikzio koefizientea kalkulatzeko Moody abakoa, Reynolds eta zimurtasun erlatiboaren menpe. ....	65
Irudia 26: hodi behartuko sarrera motak Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008 .....	69
Irudia 27: Sarrera eta irteerako abiaduren diagramak A eta B kasuetan. ....	75
Irudia 28: Zentral hidroelektrikoan sortutako elektrizitatearen garraioa lurrazpiko tentsio altuko linea baten bitartez torre elektriko batera .....	78

## **GRAFIKOAK**

Grafikoa 1: Lau urteko ur mailen segida .....	21
Grafikoa 2: Turbina mota ezberdinen errendimendu mailak .....	33

## **TAULAK**

Taula 1: EAE-ko ur kontsumoak .....	19
Taula 2: Urtegiaren ur bolumena zenbat astez.....	22
Taula 3: Ur maila ezberdinen kota eta jauzia.....	22
Taula 4: Hodi behartuko luzerak eta inklinazioa .....	26
Taula 5: Jauzi garbiaren funtzioan abiadura espezifikoaren korrelazioak .....	30
Taula 6: Turbinaren aukeraketa jauziaren eta abiadura espezifikoaren arabera .....	30
Taula 7: Talde hidroelektrikoaren abiadura polo pareen arabera.....	31
Taula 8: Turbina mota ezberdinen enbalamendu abiadura .....	33
Taula 9: Zentralaren balantze ekonomikoa 25 urteko bizitza erabilgarriarekin, turbina baten kasuan. ....	43
Taula 10: Zentralaren balantze ekonomikoa 25 urteko bizitza erabilgarriarekin, bi turbinaren kasuan. ....	44
Taula 11: Urtegiaren oinaldeko lurrazaleko unitate geologikoak.....	56
Taula 12: Material ezberdinen zimurtasun absolutua .....	64
Taula 13: Sarrerako karga galeren kasu ezberdinen K koefizienteen balore ezberdinak .....	69
Taula 14: Galera mota ezberdinen karga galerak, emari ezberdinen eta tarte ezberdinen araberakoa. ....	70
Taula 15: Kasu bakoitzerako abiadura diagramak marrazteko beharrezko datuen emaitzak. ....	75



## 1. SARRERA

Hurrengo ikasketaren helburua Aixola urtegian zentral hidroelektriko baten ezartzearen azterketa egitea da. Bideragarritasun tekniko, ingurumen eta ekonomikoaren ikasketa egitean datza. Horrekin erabakiko da ia bideragarria den zentrala eraikitzea, edo, berriz, bideraezina den proiektua den. Gainera, emaitza ezberdinak aztertuko dira erantzun egokiena aukeratzeko.

Zentralaren helburua gaur egungo urtegian dagoen uraren energia potentziala aprobetxatzea da eta hori energia elektrikoan transformatzea, ondoren saltzeko. Horretarako potentzia txikiko zentral bat diseinatuko da, bideragarritasun baldintzak betetzen dituenak.

Lehenagotik urtegiko ura hornikuntzarako erabiltzen denez, proiektu honetan ur hori erabiliko da. Beraz, eskaeretara bideratutako ura baliatuz energia sortuko da. Modu honetan, energia berriztagarria sortzeaz gain, lehenagotik sortutako presa bat erabiliko da, kostu eta inpaktuak asko murriztuz.

Urtegia Gipuzkoako ur kontsoltzioak kudeatzen du, eta haiekin hitz egin eta harremanetan jarri da. Hitzordu bat jarrita zegoen urtegia bisitatzera joateko eta horretaz gain, urtegiaren inguruko beharrezko informazio dena emateko. Baina Covid-19 dela eta alarma egoeran sartzean kontaktua bertan behera geratu zen, eta ezin izan da lortu beharrezko informazio dena. Horregatik laneko puntu batzuetan erreferentzia moduan inguruko ezaugarriak dituen beste urtegi bat hartu da.

Proiektuan hasteko gaur egungo egoeran adierazten diren datuak finkatu dira, honekin baliabide hidrológicoen aukeraketa ere eginez. Honetaz gain zentrala eraikiko den lekuaren azterketa egingo da, inguruko lurrazala aztertuz eta bere azterketa geologiko eta geoteknikoak eginik. Hau egin eta gero, ezarriko da zein mini zentral motakoa den, horretarako sailkapen administratiboa eta teknikoa kontuan harturik.

Ondoren obra zibilaren eta beste elementuen diseinua eta aukeraketa egingo litzateke eta hauen dimentsionaketa eta kalkuluak ostean. Datu guzti hauek aukeratuta izatean turbina hidraulikoaren aukeraketa egingo da eta ondoren horren diseinua eta dimentsionaketa ere.

Mini zentrala osatzen duten elementu mekanikoen hautaketa egingo da, eta honi jarraituz berdina egingo da elementu elektrikoekin.

Guzti hau egitean zentralak sortuko lukeen potentzia kalkulatu da, ikusiz teknikoki proiektu hau bideragarria den. Teknikoki aztertzeaz gain, ekonomikoki eta ingurumenarekiko bideragarritasuna ere kalkulatu behar denez, bi hauen ikasketa egingo da amaitzeko. Ekonomikoan, lehenengo, inbertsioaren kalkulua egingo da eta datu horrekin kalkulatu da zein urtetik aurrera errentagarria izango den, horrela ikusiz bideragarria izango den.

Ingurumenarekiko azterketan obra exekutatzen den bitarteko inpaktua eta zentralaren ustiapenaren faseko inpaktuak aztertuko dira.

Guzti hau egitean ondorioak aterako dira, laburbilduz, azalduz ia bideragarria den proiektua edo ez.

## 2. PROIEKTUAREN XEDEA ETA ZERGATIA

Proiektu honen helburua aurretik eraikita dagoen eta hornikuntzarako erabiltzen den urtegi batean, energia hidroelektrikoa sortzea bideragarria ote den aztertzea da. Horretarako zentral hidroelektriko baten diseinua egingo da. Lehenagotik eraikita dagoen presaz baliatuko da, horrela kostuak eta ingurumen inpaktua txikituz. Ura ibaiaren ibilgu naturalera itzuliko da, lehenago turbinetatik pasatuz, eta sortutako energia elektrikoa sare elektrikora zabalduz.

Proiektu honen motibazioa energia berriztagarria sustatzea izan da. Ikusita gaur egun ingurumenarekin dauden arazoak eta baliabide energetikoekin dauden gabetasunak aktualitatean oso presente dauden gaiak direla.

Gainera kasu honetan zentral hidroelektrikoa sortzeko beharrezko den obra zibileko zatirik handiena aurretik eraikita dago, oraindik eta motibazio handiago bat sortzen duena, ingurumenarekiko inpaktua asko txikitzen delako.

### 3. AIXOLAKO URTEGIA

#### 3.1. Deskripzio orokorra

Aixolako urtegia Elgeta herrian kokatuta dago eta Gipuzkoako Ur kontsorzioak kudeatzen du. Urtegiak Deba arroko Aixola ibaia zeharkatzen du. Bere helburu nagusia Eibar herriko ur hornikuntzarako ura biltzea da. 1978.urtean hornikuntzarako zegoen ur falta ikusita Gipuzkoako Foru Aldundiak erabaki zuen presa baten eraikuntza egitea eta horrekin hornikuntza aseguratu ahal izatea. Urte horretan urtegia egiteko obra hasi zen eta 1981ko abenduaren 31an amaitu zen. Agroman enpresak eraiki zuen eta Francisco Urquiak proiektatu.

Urtegiko ura Ipurua edateko uren araztegira (ETAP) doa zuzenean. Bertatik Ipurua (3000 m<sup>3</sup>) eta Tutulukua (3200 m<sup>3</sup>) biltegietan biltegitratzen da ura. Azkenik herritarren ur beharrianak asetzeko. (1. Planoa)

Ura Aixola ibaitik jasotzen du eta 600ha-ko isurialde arroa dauka. Guztira, 2.750.000 m<sup>3</sup> ur ahalmena dauka. Hormigoizko pantaila duen harri-lubetaz osatuta dago, eta bere dimentsioak hauek dira: (2. Planoa)

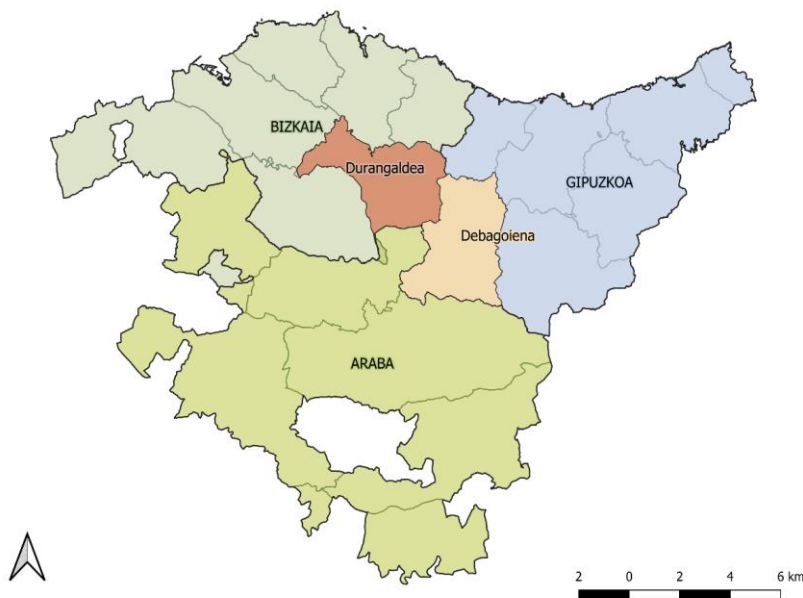
- Koroazio luzera: 195m
- Koroazio zabalera: 8m
- Koroazio kota: 310,50m
- Zimentuekiko altuera: 50 m
- Zimentazio kota: 260m
- Ubideko kota: 262m

Urtegi honen eraikuntza kontuan hartuta, proiektu honetan ikusiko da ia bideragarria den zentral hidroelektriko bat eraikitzea. Zentralerako erabiliko den ura, hornikuntzarako erabiliko den emaria izango da. Urtegiko eta hornikuntzarako beharrezko datuak ezezagunak direnez, lanean zehar suposizio txiki batzuk egingo dira. Zentrala eraikitzerako orduan obra handi bat kentzen da lehenagotik eraikitako urtegiarekin. Horregatik inbertsio txikiago bat ere izango da.

#### 3.2. Kokapena

Aixolako urtegia Aixola errekaaren arroan kokatuta dago. Arro horrek Elgeta eta Zaldibar herriak banatzen ditu. Bi herri hauetatik gain Elorrioko lur zatietara ere iristen da urtegia. Hori dela eta bi probintzien barne dago, hau da, Bizkaia eta Gipuzkoa.

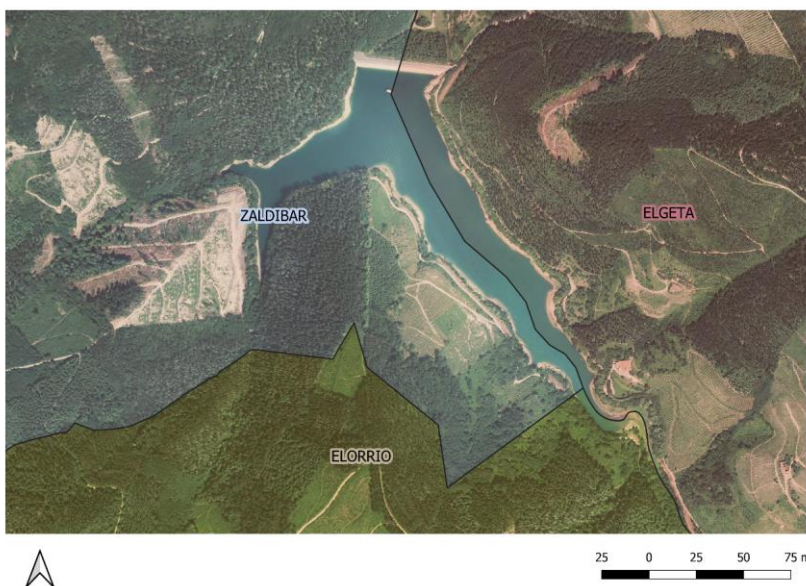
Elgeta Gipuzkoako herri bat da, Debagoiena eskualdean kokatuta dagoena. Zaldibar ordea, Bizkaian kokatuta dago, hain zuzen, Durangaldean. Ondorengo irudian (1.irudia) Euskal Autonomia Erkidegoaren barnean, probintzia bakoitzeko zein eskualdetara iristen den urtegia azalduko da.



*Irudia 1: Euskal Autonomia Erkidegoan urtegia zein eskualdetan dagoen*  
*Iturria: Geo Euskadi orrialdetik eta eraketa propioa*

Lehenago azaldu den moduan urtegia hiru herri ezberdinetara zabaltzen da, nahiz eta ia gehiengo Zaldibar eta Elgeta artean banatzen den (2. irudia). Izatez Elgeta herrian kokatuta dago eta urtegiaren kokapenaren 30 ardatzeko UTM koordinatuak hurrengoak dira:

X: 0539971 / Y: 4779033



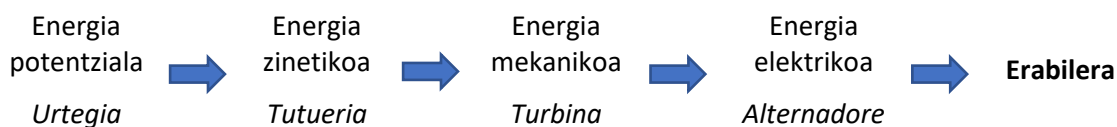
*Irudia 2: Urtegia herrien mugekin*  
*Iturria: Geo Euskadi orrialdetik eta eraketa propioa*

Zentrala urtegiko oinaldean kokatuta joango da. Zentralera heltzeko lehenagotik eraikitako errepide bat dago, eta bestalde leku nahiko lau batean kokatuko da. Kokapen zehatzeko azterketa *1.eranskinean* egin da, eta bertan azalduko dira aukeratutako lekuaren arrazoiak eta azterketa geotekniko eta geologikoak.

## 4. ZENTRAL HIDROELEKTRIKOEN AZALPENA

Zentral hidroelektrikoak hasieran gailuen eta obren koste altua dela eta inbertsio handi bat suposatzen diren, energia sortzaile zentralen artean errentagarrienak bezala kontsideratzen dira, esplotazio kostu baxuak dituztelako beste zentral motekin konparatuz.

Zentral hidroelektriko bat instalakuntza bat da, non bere eginkizuna uraren energia potentziala eta zinetikoa energia elektrikoan bihurtzea den. Horretarako urak bere ibilbide naturalean daukan energiaren baliatzen dira. Urtegiko ura altueran egoteagatik energia potentziala dauka eta hodian sartzerakoan energia zinetikoa bihurtzen da ur jautsian. Eta behin ur hori turbinetan sartzean sorgailu baten bitartez energia mekanikoa bihurtzen da. Amaitzeko alternadore baten bitartez energia mekanikoa elektrikoan bihurtzen da eta hau energia sarean banatu. Ondoko irudian (3.irudian) ikus daitezke eskema baten bitartez.



Irudia 3: Zentral hidroelektriko baten funtzionamenduaren eskema  
 Iturria: Eraketa propioa

Parte hartzen duten elementu guztiak zentralaren parte dira, hau da, ur hartunetik ura ubidera itzultzen den arte eta energiaren transformaziotik energia elektrikoa ematen den arte.

Uraren energia potentziala zuzenki proportzionala da emari eta altuerarekin. Altuera kasu honetan altuera gordina deiturikoa izango zen, eta hau ura hartzen eta ibaiara itzultzen den uraren kotaren arteko desberdintasuna da.

Bi aspektu desberdinen bitartez egingo da sailkapena:

### 4.1. Sailkapen administratiboa

Españan bere potentziaren arabera hiru taldetan banatzen dira:

- 50 MW baino gehiagoko zentralak
- 10 eta 50 MW arteko zentralak
- 10 MW baino txikiagoko zentralak (hidraulika txikia)

Desberdintasun administratiboa hartu ahal duten erregimenaren arabekoak da.

### 4.2. Sailkapen teknikoa

Zentral hidroelektrikoak eraikitzen diren lekuko bereiztasunen eta ezaugarrien arabekoak dira. Zentral bakoitzaren konfigurazioa oso ezberdina izan daiteke, oso anitzak dira. Lau mota ezberdin bereizi daitezke:

#### **4.2.1. Jauzi jariakorrak edo deribazio jauziak**

Lursailak ez du maila handirik. Beharrezkoa da ibaiaren emaria ahalik eta konstanteena izatea urte osoan zehar potentzia zehatz bat baieztatu ahal izateko. Ez daukate urtegirik. Ibaiaren emari zati bat hartzen dute, zentraleraino eramane eta turbinatu ondoren berriro ibaira bueltatzen dute. Hori dela eta, prezipitazio altuko sasoietan, bere potentzia maximoa garatzen dute eta ur soberakinak pasatzen uzten dute. Sasoi sikuetan, ordea, potentzia emariaren arabera murrizten da, udan ibai batzuetan nulua izatera helduz.

#### **4.2.2. Urtegi zentralak edo erregulazio zentralak**

Aprobetxamendu hidroelektriko hauek presa baten edo gehiagoren eraikuntzari esker ibaiko ekarpenak metatzeko aukera daukate, urtegi bat sortuz. Urtegiaren azpian kokatzen dira eta presak sortutako altuera desberdintasun aprobetxatzen dute. Kapazitate nahikoa daukate, emari erregulazioa egun batekoa baino handiagoa izanik. Hauetan irteerako emariak erregulatzen dira nahi den momentuan turbinatuz. Urak maila ezberdinak izaten dituzenez, turbinetara ez da beti jauzi berdina joango, maximo eta minimoaren artean egongo da. Hori dela eta, potentzia ere aldakorra izango da.

#### **4.2.3. Ponpaketa bidezko metatutako zentralak**

Maila ezberdinetan kokatutako bi urtegiak sortzen dute. Egunean zehar energia elektrikoaren eskaerak maila maximoa iristen denean, ura, goiko urtegian bilduta dagoena, alternadore bati lotutako turbinaren errodetea birarazten du, zentral konbentzional baten moduan funtzionatuz eta energia sortuz. Ondoren, ura beheko urtegian biltegitratzen da. Energia gutxiago eskatzen den eguneko orduetan, ura ponpatzen da goiko urtegiara, ekoizpen-zikloa berriro egin ahal izan dezan. Horretarako, zentralak motor-ponpen taldeak ditu, edo, bestela, turbinak itzulgarriak dira, ponpa eta alternadore motor gisa funtziona dezaten.

#### **4.2.4. Marea-zentrala**

Zentral horiek marea energia erabiltzen dute, hau da, itsasoko urak itsasgoran eta itsasbeheran hartzen duen energia potentzialaren diferentziak, marea bitartea izenekoak. Bitarte hori urtean zehar aldatu egiten da planetaren kostalde desberdinetan. Itsasgoran ura pilatu egiten da eta itsasbeheran turbinatu.

Lehenago azaldu den moduan, proiektu honetan lehenagotik eraikita dagoen presa bat erabiliko da, eta bertan dagoen bildutako uraren energia aprobetxatuko da. Presa mota hau erregulazio presa bat da. Beraz, zentrala urtegi-oinean kokatuta joango da. Horrelako kasuetako zentraletan urtegiak kamera kargaren funtzioa beteko du.



Horretaz gain, sortutako potentzia 50MW baino txikiagoa denez, hidraulika txikia motako zentrala izango da. Hain zuzen, mikro zentral hidroelektrikoa izango da, 100KW baino baxuagoko energia sortzen duelako.

Urtegi-oinaldeko zentraletan orokorrean erabiltzen diren azpiegiturak eta instalakuntzak hurrengoak izaten dira:

- Presa
- Hodi behartua
- Makina etxea
- Deskarga ubidea

## 5. ESKURAGARRI DAGOEN BALIABIDE HIDRAULIKOAREN IKASKETA

Edozein kalkulu tekniko, ekonomiko edo eraikuntzako egin baino lehen aprobetxamendu hidraulikoaren potentzial energetikoa jakitzea beharrezkoa da. Zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa egin ahal izateko lehengo behar diren parametroak emaria eta jauzi gordina dira.

Jauzi gordinaren ikasketarako presaren altuera eta urtegiko uraren kota ezberdinak jakin behar dira. Horretaz gain, ikasketa topografikoa egin behar da zentralaren eraikini non kokatuko den, ura ibaiara zein kotatan bueltatuko den eta kota ezberdintasunak (jauzi garbia) jakitzeko.

Zentralean erabiliko den uraren emaria aukeratzeko urtegiko ur mailak ezezagunak direnez, Eibarreko ur hornikuntzarako beharrezko uraren kalkuluaren bidez aukeratuko da.

### 5.1. Emariaren aukeraketa

Ikasketa honen xede nagusia ekipamenduko emaria kalkulatzea da, hots, zentralean eskuragarri izango den emaria. Eibar herriko biztanleria hornitzeko Aixola urtegiko ura erabiltzen da. Hori dela eta, zentraletik igaroko den ura, eskari hori bera izango da.

Eskarien datu zehatzak lortzea ezinezko izan denez, datu horren estimazio bat egin da. Horretarako *Euskadi.eus* orrialdetik Euskal Autonomia Erkidegoan kontsumitutako erabilera ezberdinetako ur bolumenen datuak lortu dira. Ondoren *Eustat*-etik EAE-ko biztanleri kopurua. Horrela Euskadin pertsona bakoitzeko egunean kontsumitutako ur kopurua kalkulatu.

Uraren kontsumoa aztertzean, erabilera guztiak kontuan hartu dira, hala nola:

- Etxeko erabilera
- Erabilera industriala
- Erabilera komertziala
- Erabilera publikoa
- Bestelako erabilera
- Nekazaritza eta abeltzaintza erabilerak

2013, 2016, 2017 eta 2018 urteko datuak daude, eta horien batz besteko batekin kalkulatu da urteko kontsumoa, taulan (1. *taula*) ikus daiteke urte bakoitzeko kontsumoa eta batezbestekoa:

Erabilerak	2013		2016		2017		2018		Batezbestekoa	
	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%
<b>Etxekoa</b>	87.929.643	49,5	89.191.118	49,4	88.547.260	49,1	88.318.279	49,1	88.496.575	49,3
<b>Industrialia</b>	65.635.021	37,0	65.939.731	36,5	66.412.090	36,8	66.232.578	36,8	66.054.855	36,8
<b>Komertziala</b>	11.740.415	6,6	12.429.023	6,9	11.970.086	6,6	12.219.522	6,8	12.089.762	6,7
<b>Publikoa</b>	10.687.890	6,0	10.427.598	5,8	10.650.290	5,9	10.356.549	5,8	10.530.582	5,9
<b>Bestelakoak</b>	1.203.524	0,7	1.522.944	0,8	1.631.735	0,9	1.707.480	0,9	1.516.421	0,8
<b>Nekazaritza/ Abeltzaintza</b>	358.850	0,2	1.127.021	0,6	1.122.869	0,6	1.131.076	0,6	934.954	0,5
<b>Guztira</b>	<b>177.555.343</b>	<b>100</b>	<b>180.637.435</b>	<b>100</b>	<b>180.334.331</b>	<b>100</b>	<b>179.965.484</b>	<b>100</b>	<b>179.623.148</b>	<b>100</b>

Taula 1: EAE-ko ur kontsumoak  
Iturria: Euskadi.eus orrialdea

Taula erreparatuz, ikus daiteke urtean kontsumitutako batezbesteko ur bolumena 179.623.148 m<sup>3</sup>-ko dela.

Eustat-etik lortutako datuekin, Euskal Autonomia Erkidegoko azken hamar urteetako biztanleria datuen batezbestekoa kalkulatu da eta biztanle kopurua 2.175.347 biztanle da.

Beraz, bolumen totala biztanle kopuru tolaekin zatituz, pertsona bakoitzak urte batean kontsumitutako ur kopurua kalkulatu litzateke.

$$Q = \frac{\text{ur bolumena}_{\text{totala EAEn urtean}}}{\text{biztanle kopurua}_{\text{totala EAEn}}}$$

Balio hauek biztanle bakoitzak egunean kontsumitutako litro ur bezala erabiltzen dira, horregatik unitate horietan azalduko da.

$$Q = \frac{82,57 \text{ m}^3}{\text{urte} \cdot \text{bizt.}} = 226,23 \frac{l}{\text{egun} \cdot \text{bizt}}$$

Eskaria Eibarreko biztanleen horniketarako denez, aurreko balioa Eibarko biztanle kopuruagatik biderkatuz, herri osoko eskaria lortuko zen. Eibarren 27.246 biztanle daude Eustat-en arabera 2019.urtean.

$$Q_{\text{eskaria}} = 226,23 \frac{l}{\text{egun} \cdot \text{bizt}} \cdot 27.246 \text{ bizt} \cdot \frac{1 \text{ egun}}{24 \cdot 3600 \text{ s}} = 71,4 \frac{l}{\text{s}} \cong 72 \frac{l}{\text{s}}$$

Emari hori izango da, beraz, zentrolean turbinagarria dela joko den emaria; hau da, Eibarko eskaria: eskaria konstante izango balitz bezala hartuko da.

## 5.2. Jauzi ezberdinen ikasketa

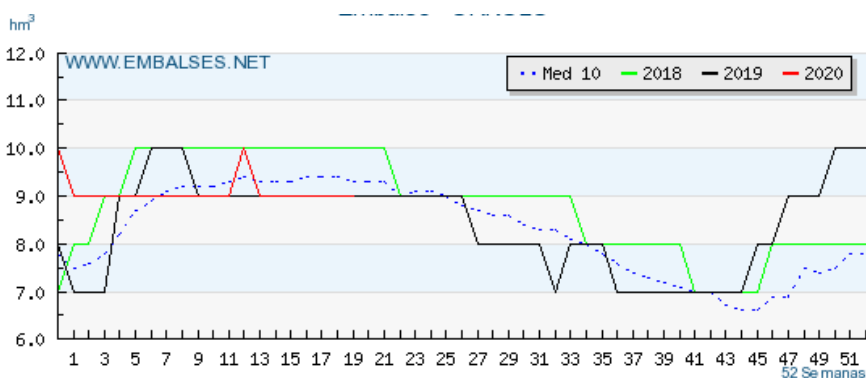
Ikasketa honen helburua, zentral hidroelektrikoa diseinatzeko jauzi ezberdinen eta beharrezko distantzien baloreak ezagutzea da.

Jauzi garbia kalkulatu ahal izateko lehenik eta behin jauzi gordina kalkulatu behar da. Hau urtegiko hartuneko ur mailaren eta ura turbinatu ondorengo deskarga ubidearen arteko kota

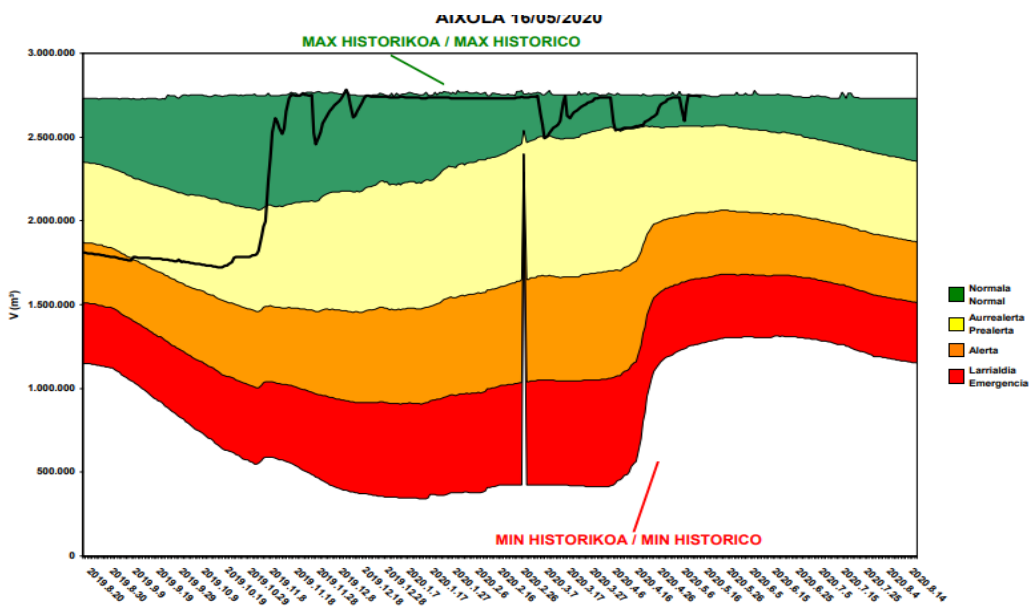
desberdintasuna da. Baina urtegiaren ur mailen datua errealak ezin izan direnez lortu, urtegiaren mailaren lau urteko segida bat egin da.

Segida horrekin aztertu da urteko aste bakoitzean ze bolumen izan duen urtegiak eta horrekin uraren maila ere. Baina esan bezala Aixolako urtegiaren datu falta dela eta, alboan kokatuta eta egoera ezaugarri antzekoak dituen beste urtegi baten datuei erreparatuz egin da segida hori. Urtegi hori Urkulu da, Aretxabaletan kokatuta dagoena eta 10 hm<sup>3</sup>-ko bolumeneko.

Segida egiteko Urkuluko datuak *embalses.net* orrialdetik lortu da irudian (4.irudia) ikus daitekeena. Horietaz aparte, Gipuzkoako ur kontsortzioko orrialdean, Aixolako urtegi egoera indizearen datuak hartu dira, (5.irudia). Indize horretan 2020 urteko eguneko jarraipena egiten da, eta bertan urtegi bolumena aztertzen da, ikusiz; normal, aurre alerta, alerta edo larrialdi egoeran dagoen.

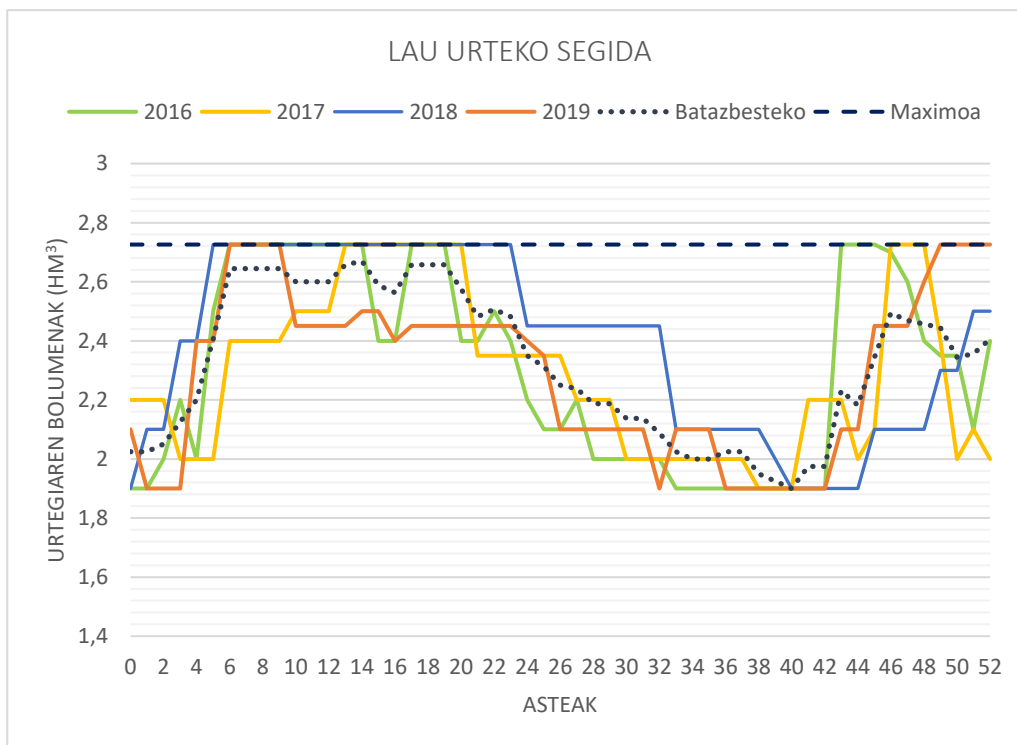


Irudia 4: Urkulu urtegiako azken hiru urteetako betetze mailak  
 Iturria: Embalse.net orrialdea



Irudia 5: Aixola urtegiaren egoera indizea  
 Iturria: Gipuzkoako ur kontsortzioa

Bi grafiko hauek kontuan hartuta suposatuz da zein izango litzatekeen Aixolako lau urteko segida. Datuak hurbilketak dira, ez dira datu zehatzak, grafikoan (1.grafikoa) ikus daiteke segida hori.



Grafikoa 1: Lau urteko ur mailen segida.  
Iturria: Eraketa propioa

Jarraipen honetan sei datu ezberdin hartu dira kontuan. Lehenengo laurak azken lau urteetako datuak dira, hau da, urtegiaren betetze mailak urteko aste ezberdinetan. Hurrengoa batezbestekoa da, aurreko lau jarraipen horiena. Eta azkena, maximoa da, urtegiak jasan dezakeen bolumen maximoa. Hau adierazi da argi ikusteko ze momentutan dagoen urtegia beteta bere maximoan.

Turbinaren aukeraketa egiterako orduan jauziaren balioa garrantzitsua da, hauen errendimendua egiten den diseinuaren araberrako delako. Diseinua jauzi maximoarekin egiten bada, txikiagoekin errendimendua murrizten da eta alderantziz. Hori dela eta, batezbesteko haztatua kalkulatu da, bertan kontuan hartzen baita urtegiaren betetze maila bakoitza zenbat astez egon den.

Hurrengo taulan (2.taula) ikus daiteke urtegiak izandako bolumen bakoitza zenbat astez egon diren.

Bolumenak (hm <sup>3</sup> )	Denbora (asteak)
1,9	32
2	22
2,1	29
2,2	12
2,3	2
2,35	9
2,45	23
2,4	18
2,5	9
2,6	2
2,7	1
2,726	53

Taula 2: Urtegiaren ur bolumena zenbat astez  
Iturria: Eraketa propioa

Datu hauekin lortu da:

$$Bolumena_{bb} = \sum \frac{\text{bolumenak} \cdot \text{denbora}}{212 \text{ aste}} = 2,322 \text{ hm}^3$$

Batezbesteko, maximo eta minimoarekin kalkulatu da zein kotatan kokatzen diren mailak eta hauek izango dituzten jauziak. Urtegiko basoaren topografiarik lortu ez denez, zera suposatu da: bere forma laukia dela, hau da, bere maila maximo normaleko kota eta bolumena kontuan harturik, bolumen berrietarako kota hiruko erregela bidez kalkulatu dira. Jauzirako deskarga ubidearen balioa ezagutu behar da. 3.planoan ikus daiteken moduan presa azpian dagoen lautada horretan jarriko da eraikina eta bere kota 263m tan egongo da. Eta deskarga ubidearen kota 262m tan egongo da.

	Kota (m)	Jauzia (m)
<b>Batezbestekoa</b>	<b>300,76</b>	<b>38,76</b>
<i>Maximoa</i>	307,85	47,85
<i>Minimoa</i>	293,35	31,35

Taula 3: Ur maila ezberdinen kota eta jauzia.  
Iturria: Eraketa propioa

Beraz batezbesteko balioarekin jauzi gordina kalkulatu da eta datu horrekin beste jauziak kalkulatu dira. Orain jauzien azalpenak eta haien balioak azalduko dira:

- *Jauzi gordina (Hg)*: ur hartunearen eta ura ibaia itzultzen den kota bertikalen arteko ezberdintasuna da.  
 $H_b = \text{urtegiko ur hartune kota} - \text{ura bidera itzuli kota} = 300,76 - 262 = 38,76m$
- *Karga galerak (ΔH)*: kanalizazioetan eta bertako elementuetan (sareta, balbula..) sortzen diren galerak.
- *Jauzi garbia (Hn)*: turbinaren ahalmenean erabilgarri dagoen uraren energia potentziala. Jauzi gordinari galerak kenduz kalkulatu da.

$$H_n = H_g - \Delta H$$

- *Jauzi eraginkorra*: benetan aprobetxatuko den uraren energia potentziala, amaieran energia mekanikoan bihurtuko dena izango da. Jauzi garbiari turbinako galerak kenduz lortzen da.

### 5.3. Ikasketa energetikoa

Aukeratutako lekurako eskuragarri dagoen jauzi gordina jakinda eta emariaren balioa ezagututa potentzia teorikoaren balioa kalkulatu daiteke. Balio hau hurbilketa bat da, jauzi gordinarekin kalkulatu delako. Eta horretaz gain, ez delako kontuan hartuko zentralaren errendimendua:

$$P_t = g \cdot H_g \cdot Q$$

Non;

- Q emaria izango da (m<sup>3</sup>/s)
- H<sub>g</sub> jauzi gordina (m)

$$P_t = 9,81 \cdot 38,76 \cdot 0,072 = 27,12 \text{ KW}$$

Balio hauekin konprobatu daiteke zentral hidroelektriko txiki baterako ikasketa egingo dela, hain zuzen mikro zentral bat. Potentzia 100 KW baino txikiagoa delako.

## 6. ZENTRAL HIDROELEKTRIKOAREN ELEMENTUEN DESKRIBAPENA ETA AUKERAKETA

Zentral hidroelektriko batek elementu ezberdinak behar ditu lan egin ahal izateko. Horietako batzuk estatikoak dira eta ura desbideratzeko, turbinaraino garraiatzeko eta handik ubidera berriro ere eramateko erabiltzen dira; horiek, orokorrean, obra zibileko ekipamenduaren barruan sartzen dira. Beste elementu batzuk, orokorrena mugikorrek eta kontrolagarriak direnak, ekipamendu elektromekanikoa dute, hauetatik garrantzitsuenak turbina eta sorgailua dira.

Ondorengo puntuetan proiektu honetan erabilitako elementuak azalduko dira, lau taldetan banaturik elementuak: obra zibila, ekipamendu elektromekanikoa, ekipamendu hidraulikoak, eta potentziako ekipo elektrikoak.

### 6.1. OBRA ZIBILA:

#### 6.1.1. Presa eta urtegia:

Presa ura biltzeko eraikitako horma bat da, bertan bildutako urak urtegia sortzen du.

Kasu honetan lehenagotik eraikitako presa bat erabiltzen da, Aixolako urtegia atalean presa eta urtegia azaltzeko beharrezko datu guztiak daude.

Aixolako urtegiak 2.750.000 m<sup>3</sup> ahalmena dauka, ura ibaitik jasotzen du eta 600ha isurialde arroa dauka.

#### 6.1.2. Ur hartunea

Urtegiko ura batu egiten du eta turbinara eramaten du hodi behartuaren bitartez. Ur hartunean sareta bat kokatuko da, gorputz solidoen sarrera ekiditeko. Horretaz gain sareta garbitzaile bat ere jarriko da, hau automatikoki garbitzeko.

Hiru mota ezberdineko ur hartuneak existitzen dira.

- Ertz biziko ahokadura
- Sargune motako ahokadura
- Txaranbeldu ahokadura

Kasu honetan ur hartunea lehenagotik eraikita dago eta ertz biziko ahokadura dauka.

#### 6.1.3. Hodi behartua

Presioan dagoen hodi bat da, ur hartunetik turbinara ura eramaten du presiopean.



Geometria aztertuz edozein malda izan dezake, praktikan bertikalera helduz. Zentral hidroelektrikoetan erabilitako sekzioa zirkularra da, karga galera gutxien sortzen dituen baita.

Eraikitze ezaugarriei dagokienez, erabili ahal diren materialak: altzairua, hormigoia, polietilenoa, PVC, PVC plastikoko aleazioekin eta PVC beirazko zuntzekin.

Eta azkenik hodiak bi erataria instalatu daitezke. Lur gainetik eta lur azpitik. Lur gainetik doazenak begiz aurreko inpaktu eta ingurumen inpaktu bat sortzeaz gain, meteorologia zakarraren menpe daude, euskarriak dilatazio eta kontrakzioei aurre eginez. Baina baditu alde onak, sinpleagoak dira kontrolatzeko eta konpontzeko. Lur azpitik doazenetan, ordea, inpaktu bisual eta ingurumenekoa minimoa da, baina bere eraikitzea oso garestia eta konplexua da. Kasu batzuetan ezinezkoa bihurtuz. Eraikitzean lur mugimendu handiak egin behar dira. Ezkutuan geratzean bere kontrola eta konpontzea oso konplexuak dira, bere barnealdean sartu behar delako. Diseinuari dagokionez, lurrazalak sortutako korrosioari babestuta joan behar da.

Proiektu honetan ur hartunea presako barrualdean kokatzen da eta hodi behartua sei tarte ezberdinetan banatzen da zentralera heldu baino lehen. Lehenengo bi tarteko datuak berez datu errealak izan beharko ziren, baina datu falta dela eta, suposatuta egin da.

*5.planoan* ikus daiteke zein izango den hodi behartuaren ibilbidea. Bat eta bi tartekak presaren azpitik doazenak dira, aldez aurretik eraikitakoak, berez hodiaren amaieran ura ubidera irtengo zen. Baina puntu horretan T itxurako balbula bat jarri da hodi behartuaren ibilbidearekin jarraitzeko eta ura zentralera bideratzeko. Bat eta bi artean 167 graduko norabide aldaketa baten bitartez batzen dira bi ibilbideak. Eta bigarrenetik hirugarrenena balbula horrekin 90 graduko ukondo batekin ere.

Hiru eta lau tartekak zentralera ura garraiatzeko tartekak dira, bi hodi hauek ukondo bat daukate, 99 gradukoa, eta behin barruan egonda bi turbinetara sartzeko hodia bitan banatzen den punturaino joango dira. Lau eta bost tarteen artean berez T itxurako balbula bat jarriko da, baina kalkuluak egiterako orduan suposatuko da 90 graduko bi jarriko balira bezala izango dela.

Azkenik bost eta sei tartekak, ura turbinetara eramateko erabiltzen direnak izango dira. Hoditeria norabide aldaketa hauek 90 graduko ukondo baten bitartez batu dira. *4.taulan* ikus daiteke zein den tarte bakoitzaren luzera eta inklinazioa eta totalaren luzera eta batz besteko inklinazioa. Horretaz gaiz tarte batetik bestera norabide aldeketako graduak ere adieraziko dira.

Tartea	Luzera (m)	Inklinazioa (%)	Ukondoak
1	131,96	0,35	167°
2	19,13	2,61	90°
3	19,91	2,51	99°
4	10,94	4,57	90°
5	1,4	0	90°
6	1,11	0	
<b>Hodi behartu osoa</b>	<b>184,51 m</b>	<b>% 1,68</b>	

*Taula 4: Hodi behartuko luzerak eta inklinazioa*

*Iturria: Eraketa propioa*

Hodiaren materiala altzairua izango da eta lur azpitik joango da. Horretaz gain, bere diametroa 250mm-koa izango da hodi osoan zehar. Norabide aldaketetarako galgaketa harikorreko ukondoak erabiliko dira.

#### 6.1.4. Zentralaren eraikina

Eraikin honetan ekipamendu elektromekanikako elementu printzipalak instalatzen dira, esate baterako, turbina, generadorea, erregulazio eta kontroleko sistemak, etab. Eraikinetik kanpo transformazio parkea soilik geratzen da. Modu honetan, elementu guztiak eguralditik babestuta geratzen dira.

Eraikin honen diseinua turbina, mota eta orientazioa; jauzia, deskarga ubidearen antolamenduaren, etab. menpe dago.

Bere kokapena aukeratzeko presa azpiko lurrazala aztertu da, eta ikusi da leku nahiko lau bat dagoela. Horretaz gain leku horretaraino bidea eginda dago, beraz obra egiteko edo kontrol eta konpontze lanak egiteko erraztasuna ematen du eta ez da zertan biderik eraiki behar.

Eraikinak gutxienez ate handi bat izango du, ekipamendu elektromekanikoko tamaina handiko elementuak ibilgailu handi batekin bertara hurbiltzen direnean sartu ahal izateko.

Lautada horretan 16x16m ko azalerako zola bat egin da, eta horren gainean eraikina. Zola 0,30mko lodierakoa izango da eta aurreatezatutako hormigoia Bere dimentsioak 129 m<sup>2</sup> azalera eta 4 metroko altuera izango dira, maila bakarreko eraikina izanez. *6.planoan* azaltzen da bere itxura kanpotik eta barrutik. Hormak 0,3 m ko lodiera izango dute, eta hormigoia aurrefabrikatuaz eginikoak izanez.

### 6.1.5. Deskarga ubidea

Ura turbinatu eta gero ibaira bueltatzen duen ubidea da. Hauek uraren erosioari eutsi ahal izateko diseinatutakoak dira.

Lauki itxura izango du, paretak 0,25m-ko lodiera izango dute eta oinarria 0,25 m ko lodierako zolata izango da. Dena bat eginik joango da eta hormigoi armatuz eraikitako pieza bakarra izango da. Luzera 41,231mkoa izango da.

Diseinurako kalkuluak 6. *eranskinean* egin dira. Azkenik bere dimentsioak 7 *planoan* azaltzen direnak izango dira.

## 6.2. EKIPAMENDU ELEKTROMEKANIKOA

Uraren energia zinetikoa eta potentziala energia elektrikoan bihurtzeko beharrezko kontroleko gailu hidrauliko eta elektrikoek parte hartzen duten elementuek osatzen dute. Hauek karga galerak sortuko dituzte, eta haien kalkuluak 2. *eranskinean* kalkulatu adierazten dira.

### 6.2.1. Sareta eta sareta garbitzaileak

Hoditeria behartuan gorputz solidoen sarrera ekiditeko sareta garbitzaile automatikoa daukan sareta bat kokatuko da. Haien artean banaketa berdina daukaten metalezko barrez osatuta dago. Haien arteko banaketa (argia) eta barren tamaina kokagunearen eta jauziaren arabekoak dira.

Kasu honetan sareta urtegian kokatuta dagoenez eta hartunetik zuzenean turbinara doan hodian kokatuta dagoenez, saretak karga galera bat sortzen du eta hau kontuan hartzen da.

Kasu honetan lehenagotik eraikitako sareta garbitzailea sekzio errektangeluarreko barra metalikoko sareta da, 1 mmko lodiera eta 10mmko banaketarekin.

### 6.2.2. Balbulak

Hoditerian uraren irekitzea edo itxiera egiteko erabilitako elementuak dira. Orokorrean guztiz zabalik edo itxita erabiltzen dira, erdizka daudenean galera oso handiak sortzen bait dituzte, sortzen den turbulenzia dela eta.

Turbinara doan emariaren konexioa edo deskonexioa egiteko, hodiaren determinatutako tarte batzuk mantentzeko edo konponketarako aislatzeko erabiltzen dira edo turbinak lan egiten duen emaria erregulatu ahal dute.

Ur hartunean, hodietan, kanalizazioetan, turbinaren itxiera edo segurtasunerako edo turbinaren erregulaziorako kokatzen dira.

Uhate, tximeleta, esferiko eta T itxurako motakoak izan ahal dira eta lau kokapenetan erabiliko dira:

– *Urtegiko ur hartunean*: motorizatutako uhate balbula bat. Hodi behartuaren hasieran eta saretaren ondoren kokatuko da. Gomendatzen da bere operazioak guztiz zabalik edo guztiz itxita izatea, karga galera minimoa izaten dadin. By-pass balbula batekin ekipatuta egoten dira maniobrak errazteko.

– *Urtegiko ur hartunetik datorren tutua zentralera edo ubidera banatzen duen puntuan*: hiru zuloko edo T itxurako balbula erabiliko da. Aukeratu ahal izango da ze zuloatik nahi den ura irtetea. Batek zentralera eramango du ura eta besteak ubidera zuzenean.

– *Turbinara uraren sarrerarako itxiera balbula eta segurtasun balbula moduan*: hodi behartua bitan banatzen den puntuan tximeleta balbula bana kokatuko da hodi tarte bakoitzean. Balbula honetan diskoaren sekzioa lentikular itxurakoa da eta uraren pausua ahalbidetzen edo galarazten du. Bere diseinua dela eta esfortzu erlatiboki txikiarekin zabaldu ahal dira. Horniketa elektrikoaren ebakuntza bat egon ezker eragintza hidrauliko eta kontrapisu bat daramate itxierarako. Bere geometria dela eta maniobra eta uraren pausua oztopatuko luketen suspentsioan dauden solidoak pilatzea zaila da. Ez dauka By-pass balbularik.

5. *planoan* ikus daiteke zehazki non kokatuko diren balbulak hodi behartuan zehar.

### **6.3. EKIPAMENDU HIDRAULIKOA: TURBINAK**

Turbina hidraulikoa zentral hidroelektriko bateko elementurik garrantzitsuena da. Bera uraren energia zinetiko eta potentziala errotazioko energia mekanikoan bihurtzean arduratzen da, gero hau sorgailu elektriko mugitzeko erabiltzen dena.

Aprobetxamendu hidroelektrikoak bere emari eta jauziaren altueragatik karakterizatzen dira. Gaur egun turbina mota ezberdinak existitzen dira, non bere funtzionamenduak moldatu egiten dira aprobetxamendu hidroelektrikoen arabera.

Turbina hidraulikoak hainbat era ezberdinetan sailkatu ahal dira:

- Urarekin lan egiteko eraren arabera: akzioko edo erreakzioko turbinak.
- Turbinara uraren sarrerako norabidearen arabera: axiala, erradiala, misto edo tangentialak.
- Ardatzaren posizioaren arabera: ardatz bertikala edo ardatz horizontala.
- Onarpen eraren arabera: onarpen puntualeko edo onarpen totalekoak.
- Kamera espiraleko forma eta eraren arabera.

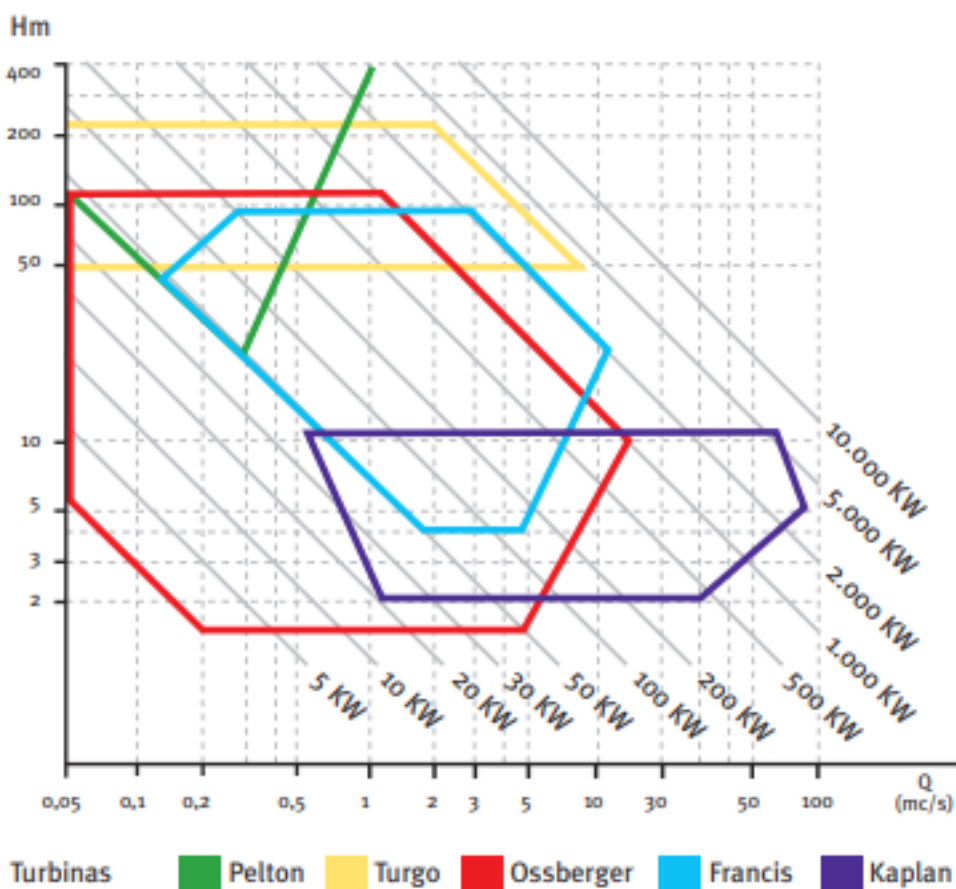
- Biratzen duten erreboluzio zenbakiaren arabera: turbina geldoak, normalak edo arinak.

### 6.3.1. Turbina motaren aukeraketa

Turbina motaren aukeraketa ezaugarri ezberdinek baldintzatzen dute, hain zuzen: altuera eta emaria, biratze abiadura (abiadura espezifikoa), aspirazio altuera, errendimendua eta enbalamendu abiadura. Hurrengo puntuetan ezaugarri ezberdinak aztertuko dira:

#### *Altuera eta emaria*

Turbina baten aukeraketarako lehen pausua honek lan egingo duen jauziari eta emariari erreparatuz egin daiteke. Turbina mota bakoitzak aplikazio eremu ezberdin bat dauka emari eta jauziaren arabera. Kalkuluak eta azterketak bi datu ezberdinetarako kalkulatu dira, emari osorako eta erdirako. Turbina aukeraketa, emari osoa batetik joango balitz moduan egingo da, turbina horretatik erdia joan ezkerko lan egiteko gai izango delako, nahiz eta agian errendimendu baxuago batean. Kasu honetan jauzi garbia 36,32 m-ko da eta emaria 0,072 m<sup>3</sup>/s-koa. Beraz IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)-tik, 53.orria, (IDAE;2006) lortutako diagraman (*6.irudia*) bi datu hauek sartuz turbina motarako lehen aukeraketa lortuko da.



*Irudia 6: Turbina mota aukeratzeko diagrama. Altuera et emariaren menpe.*

*Iturria: IDAE, 53.or,*

Diagrama erreparatuz ikus daiteke erabiliko beharreko turbina Ossberger motakoa dela, hau da, jario gurutzatuko motakako turbina. Emari erdi hartuta ere turbina berdina ematen du.

#### *Turbinaren biratze abiaduraren zehaztea*

Behin emaria eta jauzia jakinda, beharrezkoa da errotazio abiaduraren balio jakitzea. Horretarako lehenengo ikusi beharko da zein tarteen artean dagoen aurreko diagramatik emandako turbinaren abiadura espezifikoa. 6. *taulan* Ikus daiteke altuera garbia 1-200m artean eta jario gurutzatuko turbina baten abiadura espezifikoa 10-200 r.p.m. artean egongo dela. Tarte hauek orientagarriak dira. Abiadura espezifikoaren hurbilketa egiteko 5. *taulako* formulak erabil daitezke (Manual de pequeña hidráulica, ESHA, 1998):

<i>Turbina</i>	<i>Correlación de <math>n_s</math></i>	<i>Referencia</i>
Pelton (1 chorro)	85,49 / $H^{0,243}$	de Siervo y Lugaresi, 1978
Francis	3.763 / $H^{0,654}$	Schweiger y Gregori, 1989
Kaplan	2.283 / $H^{0,486}$	Schweiger y Gregori, 1989
Flujo cruzado	513,25 / $H^{0,505}$	Kpordze y Warnick, 1983
Hélice	2702 / $H^{0,5}$	USBR, 1976
Bulbo	1.520 / $H^{0,2837}$	Kpordze y Warnick, 1983

*Taula 5: Jauzi garbiaren funtzioan abiadura espezifikoaren korrelazioak  
Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008*

Jario gurutzatuaren kasuan abiadura espezifikoko korrelazioaren emaitza hurrengo izango da:

$$n_s = \frac{513,25}{H^{0,505}} = \frac{513,25}{36,33^{0,505}} = 83,64 \text{ r. p. m.}$$

<i>Salto neto <math>H_n</math> [m]</i>	<i>Tipo de turbina</i>	<i>Velocidad específica <math>n_s</math> [r.p.m]</i>
1 - 200	Flujo cruzado (Ossberger, Michell-Banki)	10 - 200
más de 400	Pelton con un inyector	hasta 25
400 - 100	Pelton con un inyector	26 - 35
400 - 100	Pelton con dos inyectores	36 - 50
800 - 400	Pelton con dos inyectores	26 - 35
400 - 100	Pelton con cuatro inyectores	51 - 72
400 - 200	Francis muy lenta	58 - 70
200 - 100	Francis lenta	70 - 120
100 - 50	Francis media	120 - 200
50 - 25	Francis rápida	200 - 300
25 - 15	Francis muy rápida	300 - 450
hasta 15	Hélice muy rápida	400 - 500
50 - 15	Kaplan lenta	270 - 500
15 - 5	Kaplan rápida	500 - 800
menos de 5	Kaplan muy rápida	800 - 1.100

*Taula 6: Turbinaren aukeraketa jauziaren eta abiadura espezifikoaren arabera  
Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008*

Hurrengo pausua turbinaren biraketa abiadura lortzea da, eta hau lortutako abiadura espezifikoaren menpe dago. Hori lortzeko hurrengo formula erabiliko da:

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{P_{turb}}}{H_n^{1,25}}$$

Non:

- $n_s$ : abiadura espezifiko (r.p.m.)
- $n$ : turbinaren biraketa abiadura (r.p.m.)
- $P_{turb}$ : turbinaren potentzia mekaniko nominala (KW)
- $H_n$ : Altuera garbia (m)

Fabrikatzaile batzuek abiadura espezifiko moduan  $n_q$  erabiltzen dute. Kasu honetan  $P_{turb}$  aren menpe egon beharrean  $Q_e$ -ren menpe egongo litzateke. Hurrengo bi formuletan ikus daiteke nola kalkulatu zen:

$$n_q = \frac{n \cdot \sqrt{Q_e}}{H_n^{0,75}}$$

$$n_s = n_q \cdot \sqrt{9,81 \cdot \eta_{turb}}$$

Turbinaren biraketako abiadura tartekak kalkulatu ondoren, kontuan hartu behar da honek generadore bateri lotuta lan egin behar duela korrante elektrikoa hornitzeko 50 Hz-ko frekuentzia batean. Hau da, biraketa abiadura  $n$ , tartearen barruan egoteaz aparte, ekuazioari ajustatu beharko da:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Non:

$f$ : frekuentzia (Hz), Europan 50 Hz.

$p$ : Alternadorearen polo pare zenbakia

7. taulan alternadorearen polo pareen kopuruaren arabera talde hidroelektrikoen abiadurak adierazten dira.

$p$ (pares de polos)	$n$ [r.p.m.]
1	3.000
3	1.000
5	600
6	500
8	375
10	300

Taula 7: Talde hidroelektrikoaren abiadura polo pareen arabera.

Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008

Behin  $n$  definitiboki kalkulatuta,  $n_s$  abiadura berriro kalkulatzen da lehenengo formularekin.

Abiadura espezifikokoaren kalkuluak horrela egin dira:

$$n_q = \frac{n_s}{\sqrt{9,81 \cdot \eta_{turb}}} = \frac{83,64}{\sqrt{9,81 \cdot 0,85}} = 29 \text{ r. p. m.}$$

$$n = \frac{n_q \cdot H_n^{0,75}}{\sqrt{Q_e}} = \frac{29 \cdot 36,33^{0,75}}{\sqrt{0,072}} = 1600 \text{ r. p. m.}$$

$$p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{1600} = 1,88 = 1 \text{ polo pare}$$

Beraz orain polo pareak jakinda abiadura espezifikoa kalkulatuko da. Orain egindako kalkuluak atzetik aurrera eginez.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ r. p. m.}$$

$$n_q = \frac{n \cdot \sqrt{Q_e}}{H_n^{0,75}} = \frac{3000 \cdot \sqrt{0,072}}{36,33^{0,75}} = 54,40 \text{ r. p. m.}$$

$$n_s = n_q \cdot \sqrt{9,81 \cdot \eta_{turb}} = 54,40 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,85} = \mathbf{157 \text{ r. p. m.}}$$

Behin abiadura espezifikoa kalkulatuta, konprobatu daiteke 6. *Taulan* ikusita mantentzen dela jario gurutzatuko tarte horretan. Beraz altuera, emari eta abiadura espezifikoa datuekin konprobatzen da ezaugarri hauek dituen zentral batean jarri beharreko turbinak jario gurutzatukoak direla.

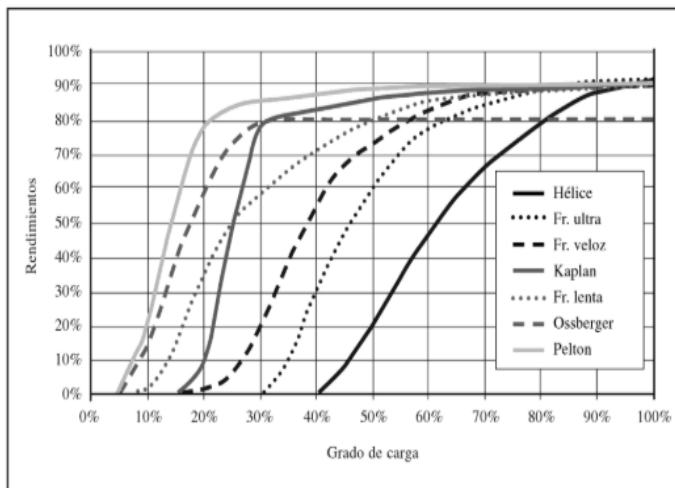
#### Aspirazio altuera

Aspirazio-altuera turbinak irteerako uraren mailarekiko izan behar duen kota-aldea da. Parametro hori erreakzio-turbinei bakarrik aplikatu dakieke, ekintza-turbina guztiak, bistan denez, irteerako uraren mailaren gainetik geratu behar baitira.



## Errendimendua

2. *grafikoa* erreparatuz ikus daiteke jario gurutzatuko turbinaren errendimendua karga gradua %30tik pasatzen denean %80an mantentzen dela. Beste aukera denek errendimendu hobegoak dituzte, baina aurrerago egin den ikerketarekin, argi geratu da hau dela aukerarik egokiena.



Grafikoa 2: Turbina mota ezberdinen errendimendu mailak  
Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008

## Enbalamendu abiadura:

Turbina karga osoko baldintzetan funtzionatzen ari denean, zentraleko etengailuko ezorduko irekiera gertatzen bada, uraren hornidura eten aurretik irits daitekeen abiadura abiadura nominala baino hainbat aldiz handiagoa izan daiteke.

Turbina batek banagailua ahalik eta gehien irekita eta sorgailua sarera deskonektatuta lortzen duen gehieneko abiadurari enbalatzeko abiadura deritzo. Abiadura horren balioa turbina motaren arabera da. 8 *taulan* ikus daiteke, jario gurutzatuan  $n_{emb}$  1,8 dela.

Tipo de turbina	Velocidad de embalamiento $n_{emb}$
Pelton	1,9
Francis, Ossberger	1,8
Kaplan	3

Taula 8: Turbina mota ezberdinen enbalamendu abiadura  
Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008

Enbalatzeko abiadura garrantzitsua da, turbinaren ardatzari konektatutako elementu guztiek, hala nola biderkatzaileak eta sorgailuak, hartuko duten gehieneko abiadura baita. Beraz, kojinetek eta koipeztatzeak prest egon beharko dute funtzionamenduaren muturreko baldintza horiek jasateko. Enbalatzeko abiadura zenbat eta handiagoa izan, orduan eta handiagoa izango da sistemen kostua.

### 6.3.2. Turbina kantitatea

Azkenik turbina kantitatea aukeratzea geratzen da. Obra egiterako orduan bi turbina jarriko dira zentrolean, ahalik eta gehien aprobetxatzeko. Batek matxurarik edo arazorik izan ezker bestea egongo zen lanean, horrela denbora osoan lanean egonez zentrala.

Baina bi turbina jartzean instalakuntza kostea asko handituko zen, zentralaren eraikina handiagoa izan beharko zelako eta bi turbina jarri beharko zirelako eta haietzako beharrezko konplementuak ere. Horregatik oso garrantzitsua da aztertzea ia ekonomikoki baliagarrian den aukera hori, hau da, turbina bat edo bi jartzeko aukerak aztertuko ziren azterketa ekonomiko batean.

Kalkuluak turbina bakarra edo bi turbina jarriko balira bezala egin dira eta kalkulu denekin amaitzean konparaketa bat eginik. Ikus daiteke kalkulu aldetik ez dagoela alde handirik bat edo bi jartzen badira. Ekonomikoki ordea bai, bi jartzea garestiagoa delako.

Baina bi jarriz gero, bat apurtu edo bere kontroleko ariketak egiterako orduan bestea martxan egongo da, beraz momentu horretan ere energia sortuko zen eta beraz ia bere %100nean egongo zen lanean.

Turbinaren diseinua emari osorako egingo da, nahiz eta bi jarri eta bakoitzetik erdia joan, prest egon ahal izateko emari totala joaten zaion egunerako.

### 6.3.3. Ossberger turbinak

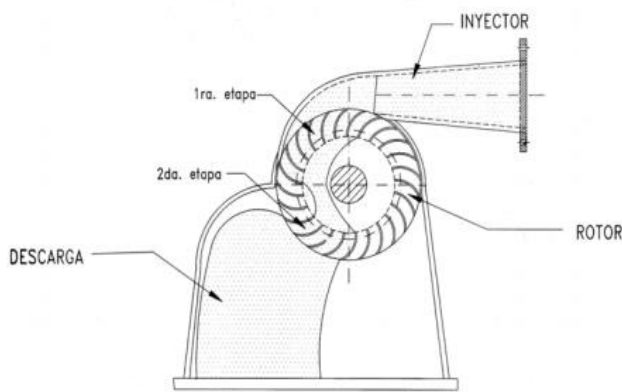
Zeharkako fluxu-turbina edo Michell-Banki (Ossberger) batez ere aprobetxamendu hidroelektriko txikietarako erabiltzen den makina bat da. Bere abantaila nagusiak diseinu sinplean eta eraikuntza errazean daude, eskala txikiko aprobetxamendu baten balantze ekonomikoan erakargarri egiten duena. Hala ere, turbina instalazio handietan erabil daiteke. Nahiz eta zeharkako fluxuko turbina eskala txikiko makina gisa ezagutzen den, gaur egun 6 MW-rainoko mota horretako makinak daude.

Makina honen ezaugarri nagusiak honako hauek dira:

- Biratze-abiadura tarte zabal batean hauta daiteke.
- Turbinaren diametroa ez da nahitaez emariaren araberakoa.
- Turbina txikiekin errendimendu-maila onargarria lortzen da.
- Emaria eta potentzia erregulatu daitezke, beso doigarri baten bidez.

Turbinak bi elementu nagusi ditu: injektore bat eta errotorea. Ura presio atmosferikoan deskargatuz itzultzen da. Errotorea bi disko paraleloz osatuta dago, eta horiei sektore zirkular formako beso kurbatuak lotzen zaizkie.

Injektoreak zeharkako sekzio angeluzuzena du, eta trantsizio angeluzuzen eta zirkular baten bidez lotzen zaio hodiari. Injektore horrek ura errotorerantz bideratzen du, haren beso kopuru jakin bat hartzen duen sekzio baten bidez, eta ura gidatzen du errotorea angelu jakin batekin sar dadin, energiaren aprobetxamendu handiena lortuz.



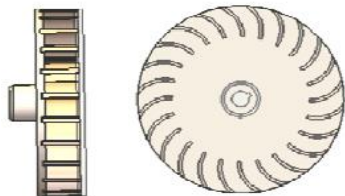
Irudia 7: fluxu gurutzatuko turbinaren eskema  
 Iturria: Ordoñez Ortiz, R, Doktoretza tesia

Uraren energia errotoreari transferitzen zaio bi etapatan, eta horrek efektu bikoitzeko turbina izena ere ematen dio makinari. Lehen etapak, batez beste, errotoreari transferitutako energia osoaren % 70 ematen dio, eta bigarrenak, berriz, % 30 inguru.

Makina honen ezaugarri erakargarri bat bere errendimendu-kurbaren forma lautua da. Turbinaren diseinu partzialarekin lortzen da hori.

#### 6.3.3.1. Errotorea

Turbinaren zatirik garrantzitsuenak errotorea da, zilindro forma du eta disko pare batez osatuta dago, hauen artean, periferikoki, beso kopuru jakin bat finkatzen delarik. Bertatik ura modu jarraien igarotzen da eta ardatzean bere energia hidraulikoa biraketako energia mekanikoan bihurtzen du. Errotorearen ezaugarri zilindrikoak turbinak emariaren aldakuntza-tartearen barruan jardutea ahalbidetzen du, bere luzera bakarrik aldatuz. Errodetea turbinaren elementua da, ur-zurrustaren eraginez biratzean ardatzari energia sortzen diona.



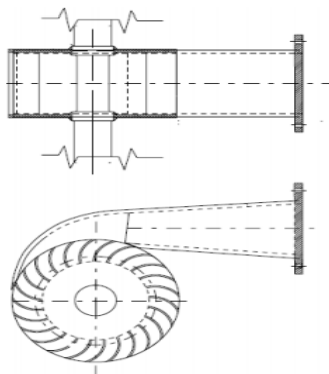
Irudia 8: Errotorearen irudia  
 Iturria: Ordoñez Ortiz, R, Doktoretza tesia

#### 6.3.3.2. Injektorea

Injektoreak, tobera ere deituta, turbinara sartzen den uraren fluxua erregulatu eta bizkortzea du funtzio, errodetearen besoetara bideratuz, batez besteko angelu jakin batekin.

Injektore horrek gidalerro beso bat du, sarrerako irekiduratik aske gidatzen duena, zurrusta gurpil aldera, non talka efekturik eragin gabe iristen den. Geometrikoki, zeharkako sekzio laukizuzen aldakorra du, fluxua azkarrago joan dadin.

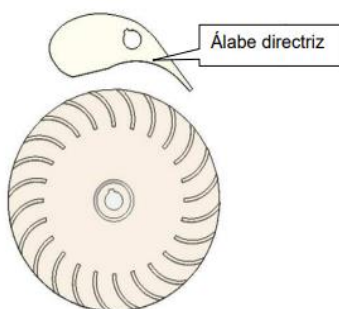
Zeharkako fluxuko turbina baten injektorea makina honen bigarren osagaia da, errotorearekin batera turbinaren eraginkortasuna zehazten duena. Hau arduratzen da errotorerantz doan fluxua gidatzeaz. Eroanbide horrek azelerazio ona eta abiadura-banaketa uniformeak izan beharko du irteera-sekzioan, bai eta karga-galeren maila txikia ere, energia potentzialaren ahalik eta eraldaketarik handiena lortzeko energia zinetiko gisa.



*Irudia 9: Injektorearen irudia  
Iturria: Ordoñez Ortiz, R, Doktoretza tesia*

### 6.3.3.3. Beso zuzentzailea

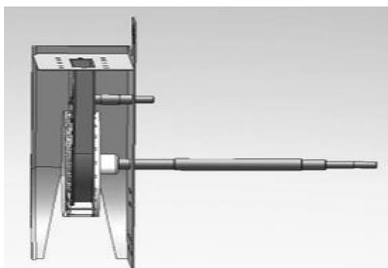
Honek fluxua turbinaren eragiketa-karga ezberdinetara bideratzea erregulatu eta bermatzeko balio du; mekanismo solidario batek turbinaren posizioa erregulatzen du.



*Irudia 10: Beso zuzentzailearen irudia  
Iturria: Ordoñez Ortiz, R, Doktoretza tesia*

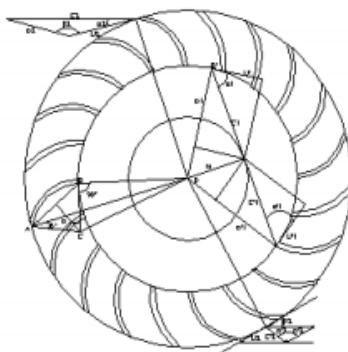
#### 6.3.3.4. Ardatz nagusia

Ardatz nagusiaren helburua energia hidraulikoa transmititzea da. Hau besoen bitartez generadorearen sistemara egokitzen da eta horrela energia hidraulikoa energia elektrikoan bihurtzeko fasea burutu ahal da.



*Irudia 11: Ardatz printzipalaren irudia*  
*Iturria: Ordoñez Ortiz, R, Doktoretza tesia*

#### 6.3.4. Abiaduren diagrama



*Irudia 12: Errodeteko edozein puntutan abiadura diagramak.*  
*Iturria: "Diseño y fabricación de micro turbinas hidráulicas" liburua*

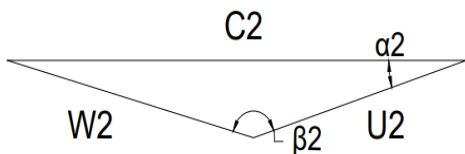
Abiaduren diagramak errodeteko edozein puntutan (12. irudia) bere abiadurak kalkulatzeko erabiltzen dira. Hau da, errodeteko sarrera (13. irudia) eta irteerako (14. irudia) abiadura absolutu, erlatibo eta tangentialak adierazteko.

Uraren abiadura absolutua ( $c$ ) bere abiadura tangenzialean ( $u$ ) eta erlatiboan ( $w$ ) deskonposatu daiteke:

$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w}$$

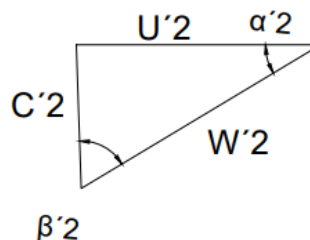
Abiadura hauek jauziaren menpe daude eta angeluak jauzi eta emariarekiko independenteak dira.

Sarrerako abiaduren diagrama



Irudia 13: Sarrerako abiaduren diagrama  
Iturria: Eraketa propioa

Irteerako abiaduren diagrama

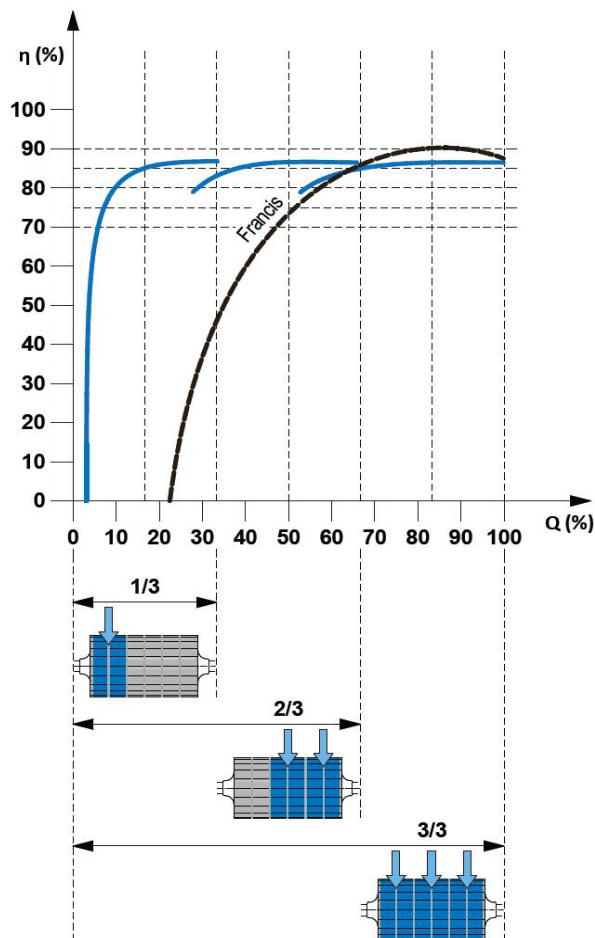


Irudia 14: Irteerako abiaduren diagrama  
Iturria: Eraketa propioa

Balio hauek 5. *eranskinean* kalkulaturuta adierazten dira.

### 6.3.5. Turbina hidraulikoaren errendimendua

Turbina hidraulikoaren errendimendua lan egiten dagoen ehunekoaren arabera da. Kasu honetan turbinatik 36 l/s-ko emaria joan ezker, berez %50an lan egiten egongo da, eta 72 l/s-ko emaria joan ezker %100-an. 15 *irudian* ikus daiteke bi kasuetan errendimendua 0,85 ingurukoa izango dela, beraz bi kasuetarako errendimendu bera hartuko da.



Irudia 15: Jario gurutzatuko turbina baten errendimendua lan egiten dagoen %kargaren arabera.  
Iturria: Cynk hidro energy enpresako markako turbina mota.

## 6.4. POTENTZIAKO EKIPO ELEKTRIKOA

Sorgailuaren borneetan energia elektrikoa lortu ondoren, energia hori ezaugarri egokiekin eskatutako lekuan entregatu ahal izateko behar diren elementuek osatzen dute ekipo hau. Energia Zaldibarreko torre elektriko batera garraiatuko da tentsio altuko lurrazpiko linearen bitartez. guzti hau *7.eranskienean* azalduko da, bere ibilbide eta ezaugarriekin.

### 6.4.1. Abiadura biderkatzailea

Sorgailuek biratze abiadura zehatz batzuk aurkezten dituzte polo zenbakien arabera, horregatik turbinek abiadura horretan biratu behar dute ere. Baina orokorrean potentzia baxuko turbinetan, kasu honetan horrelako dena, errodetek 400 r.p.m. baino gutxiagoan biratzen dute. Honek abiadura biderkatzaile bat ipintzera derrigortzen du, alternadore orokorren 1000-1500 r.p.m.-ra iritsi ahal izateko.

Errodamenduetan bermatzen diren ardatzen gainean kokatutako engranaje batzuen bidez, turbinaren ardatzean lortutako abiadura handitzen da, sorgailuarentzako balio egokiraino.

Azkenik abiadura biderkatzaileak galera mekanikoak sortzen ditu, %98 inguruko errendimendu bat lortuz.

### 6.4.2. Sorgailua

Turbinak hornitutako energia mekanikoa energia elektrikoan eraldatzea da sorgailuaren misioa. Elikatu behar duen sarearen arabera, sorgailu sinkrono eta asinkronoen artean aukeratu ahal da.

Makina mota biak atal estatiko batez, estatore izenekoa, eta mugikor batez, errotore izenekoa, osatuta daude. Horietako bakoitzean harilkatu izeneko zirkuitu elektriko bat existitzen da: harilkatu estatorea eta harilkatu errotorea.

Sorgailuak bere ardatz bertikalean edo horizontalean kokatu ahal dira. Orokorrean turbinaren forma berean kolokatzen dira, ardatz berean akoplatuta.

Zentral honetan horizontalki egongo da kokatuta, turbinaren ardatzari lotuta. Bere potentzia 500 kVA baino txikiagoa denez, asinkronoa izango da. Bere errendimendua %95 ingurukoa izanik.

### 6.4.3. Transformadorea

Transformadorea makina elektriko estatikoak da. Xurgatutako energia elektrikoa beste energia elektriko baten transformatzen du eremu magnetiko baten bidez.

Potentzia txikiko (< 500 kW) zentral bat denez, sorgailua transformadoreari zuzenki akoplatuta joango da. Eta tentsio altuko aldean interruptore bakarra existituko litzateke.

Bere errendimenduak ia ez du kalterik egiten instalakuntzako errendimendu orokorrean.



## 7. IKASKETA EKONOMIKOA

Ikasketa ekonomiko honetan zentral hidroelektrikoa eraikitzea bideragarria den aztertuko da, alderdi ekonomikoak kontuan hartuz. Ikasketa ekonomikoan bi emaitza ezberdin lortuko dira, alde batetik, turbina bakarra jarriko bazen zentrolean eta bestetik, bi turbina jarriko balira.

Hau aurrera atera ahal izateko lehenengo sortutako energia zein den eta hasierako inbertsioak ezagutu behar dira.

### Sortutako energia:

Emaria konstantea denez, esan daiteke urtean sortutako energia ere konstantea izango dela. Zentrala denbora osoan ere egongo da lanean, hau da, urteko 8760h-ak. Azterketa honetan bi kasu ezberdin aztertzen direnez, urtean sortutako energia kantitate ezberdinak lortuko dira.

$$E_A = 184,143 \text{ MWh}$$

$$E_B = 184,66 \text{ MWh}$$

Ikus daiteke ez dagoela alde handirik sortutako energiarekin, horregatik ikasketa ekonomikoa ezinbestekoa da, kasu honetan bien artean alde bat egongo delako.

### Hasierako inbertsioa:

Ikasketa ekonomiko bat egin ahal izateko, ezinbestekoa da aurrekontu bat kalkulatzeko. Bertan beharrezko eta erabilitako elementuen eta materialen prezioak eta egin beharreko obren kostuak sartu hartu dira. Aurrekontuan sartutako prezioetarako eraikuntzako prezio sorgailu bat erabili da. Aurrekontu hau *Aurrekontua* dokumentuan adieraziko da.

$$Inbertsio_A = 104.105,15 \text{ €}$$

$$Inbertsio_B = 121.1240,31 \text{ €}$$

### **7.1. Bideragarritasun ekonomikoaren ikasketa:**

Bi datu hauek ezagunak direnean bideragarritasun ikasketarekin hasi daiteke. Honetarako hurrengo ezaugarriak kontuan hartu behar dira:

- Hasierako inbertsioa
- Mantenu eta lan gastuak
- Zentralaren bizitza erabilgarria, 25 urte.
- Sortutako energiaren diru-sartzea
- Kontsumitutako indizeen prezioak (IPC) %1,5ean finkatuta

### Diru sartzeak:

Zentralak sortzen duen energia elektrikoaren salmentarekin lortutako irabaziak izango dira ingresu bakarrak.

Kalkuluak egin ahal izateko suposatu da lehenengo 25 urteetan zentrala 6,5 c€/kWh-ko tarifa batera lotuta joango dela.

Urtean sortutako energia edukita, urte horretan zentralak sortuko dituen diru-sartzeak kalkulatu ahal dira:

$$\text{Diru sartzea} = \text{Energia} \cdot \text{Tarifa} \left( \frac{\text{c€}}{\text{kmh}} \right)$$

$$\text{Diru sartzea}_A = 11.949,29 \text{ €}$$

$$\text{Diru sartzea}_B = 11.984,98 \text{ €}$$

### Gastuak:

Gastuak kalkulatzeko IDAE orrialdeak emandako hurbilketa erabili da. Bertan esaten da zentral jariakorretan mantenuko eta lan gastuak 0,014516 €/kW izango direla.

$$\text{Gastuak} = 0,014516 \cdot P$$

Gastu eta diru sartzeen balioak urtero eguneratuko dira %1,5 eko IPCarekin.

Ikasketa egiteko bi parametro kontuan hartuko dira, BEG (VAN) eta IBT (TIR) dira.

#### **7.1.1. Balio Eguneratu Garbia (BEG)**

BEG inbertsioak baloratzeko metodo bat da, eta honela definitzen da: inbertsio batek sortutako diru-sartzeen eta gastuen balio eguneratuaren arteko aldea. Aztertutako proiektuaren errentagarritasunaren neurketa bat ematen du, balio absolutuan.

Hasierako inbertsioaren( gaur egun sortzen delako eguneratzen ez dena) eta etorkizuneko kobrantza eta ordainketen, kutxa fluxua deitzen zaiena, balio eguneratuaren arteko aldea adierazten du.

Hurrengo formularen bitartez kalkulatu daiteke BEG:

$$BEG = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$F_t$ :kutxako fluxuak  $t$  denboraldi bakoitzean

$K$ : espero den interesa, kasu honetan %5, 7,5 eta 12,5-ekin kalkulatu da.

$I_0$ : Hasierako inbertsioa

n : denboraldi kopurua, kasu honetan 25 urte.

### 7.1.2. Itzuleraren barne-tasa (IBT)

Balio eguneratu garbia baliogabea izatea eragiten duen interes-tasa da.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Itzuleraren barne-tasa proiektuak eman dezakeen tasatzat har daiteke. Zenbat eta altuagoa izan, orduan eta errentagarriagoa da proiektua.

Proiektuaren azken urteko inbertsioa berreskuratzeko balio gisa adierazten du, eta onura nuluak lortzen ditu. Balio horretatik behera, etekina positiboa izango da, eta gainetik, galerak egongo dira.

Balio eguneratu garbia zero izan dadin izan beharreko interesa adierazten du IBTk.

- **A kasuan bideragarritasunaren azterketa:**

Urtea	Diru-sartzea	Gastuak	Kutxako fluxua	BEG k %5	BEG k %7,5	BEG k %10	IBT %
0			-161.331,20	-161.331,20	-161.331,20	-161.331,20	
1	11.949,29	2.061,46	9.887,83	-151.914,22	-152.133,22	-152.342,26	-94%
2	12.128,53	2.092,38	10.036,15	-142.811,13	-143.448,61	-144.047,92	-72%
3	12.310,46	2.123,77	10.186,69	-134.011,48	-135.248,72	-136.394,51	-53%
4	12.495,12	2.155,62	10.339,49	-125.505,16	-127.506,50	-129.332,50	-39%
5	12.682,55	2.187,96	10.494,59	-117.282,37	-120.196,41	-122.816,18	-29%
6	12.872,78	2.220,78	10.652,01	-109.333,68	-113.294,32	-116.803,40	-22%
7	13.065,88	2.254,09	10.811,79	-101.649,95	-106.777,46	-111.255,25	-17%
8	13.261,86	2.287,90	10.973,96	-94.222,34	-100.624,33	-106.135,81	-13%
9	13.460,79	2.322,22	11.138,57	-87.042,31	-94.814,64	-101.411,97	-9%
10	13.662,70	2.357,05	11.305,65	-80.101,62	-89.329,21	-97.053,15	-7%
11	13.867,64	2.392,41	11.475,24	-73.392,29	-84.149,94	-93.031,15	-5%
12	14.075,66	2.428,29	11.647,36	-66.906,60	-79.259,74	-89.319,94	-3%
13	14.286,79	2.464,72	11.822,07	-60.637,11	-74.642,49	-85.895,51	-2%
14	14.501,10	2.501,69	11.999,41	-54.576,59	-70.282,94	-82.735,69	-1%
15	14.718,61	2.539,22	12.179,40	-48.718,09	-66.166,72	-79.820,04	0%
16	14.939,39	2.577,30	12.362,09	-43.054,88	-62.280,24	-77.129,69	1%
17	15.163,48	2.615,96	12.547,52	-37.580,44	-58.610,68	-74.647,23	2%
18	15.390,93	2.655,20	12.735,73	-32.288,48	-55.145,94	-72.356,60	2%
19	15.621,80	2.695,03	12.926,77	-27.172,92	-51.874,57	-70.242,97	3%
20	15.856,13	2.735,46	13.120,67	-22.227,87	-48.785,79	-68.292,66	3%
21	16.093,97	2.776,49	13.317,48	-17.447,67	-45.869,41	-66.493,06	4%
22	16.335,38	2.818,14	13.517,24	-12.826,80	-43.115,80	-64.832,53	4%
23	16.580,41	2.860,41	13.720,00	-8.359,96	-40.515,89	-63.300,30	4%
24	16.829,11	2.903,31	13.925,80	-4.042,02	-38.061,08	-61.886,48	5%
25	17.081,55	2.946,86	14.134,69	132,00	-35.743,29	-60.581,90	5%

Taula 9: Zentralaren balantze ekonomikoa 25 urteko bizitza erabilgarriarekin, turbina baten kasuan.  
Iturria: Eraketa propioa

Balantze ekonomikoan ikus daitekeen moduan %5ko interesekin bakarrik lortuko zen errentagarritasuna, baina 25 urteetara izango zen. Beste interesekin ez litzateke inbertitutako kapitalaren errekupeazioa lortuko 25 urteetan. Baina %0ko interesa erabiliko balitz, 15 urtetik aurrera zentralaren eraikuntza errentagarria izango litzateke.

Itzuleraren barne tasari erreparatuz %-3 baino baxuagoko interesa eduki beharko zen balio eguneratu garbia nulua izateko 12 urteak pasatu baino lehen.

• ***B kasuan bideragarritasunaren azterketa:***

Urtea	Diru-sartzea	Gastuak	Kutxako fluxua	BEG k %5	BEG k %7,5	BEG k %10	ITB %
0			-187.971,37	-186.949,04	-186.949,04	-186.949,04	
1	11.984,98	2.064,54	9.920,44	-177.501,00	-177.720,73	-177.930,46	-95%
2	12.164,75	2.095,50	10.069,25	-168.367,90	-169.007,48	-169.608,77	-74%
3	12.347,22	2.126,94	10.220,29	-159.539,23	-160.780,55	-161.930,11	-55%
4	12.532,43	2.158,84	10.373,59	-151.004,85	-153.012,80	-154.844,81	-42%
5	12.720,42	2.191,22	10.529,20	-142.754,95	-145.678,60	-148.307,01	-32%
6	12.911,22	2.224,09	10.687,13	-134.780,05	-138.753,74	-142.274,40	-25%
7	13.104,89	2.257,45	10.847,44	-127.070,97	-132.215,40	-136.707,95	-19%
8	13.301,47	2.291,31	11.010,15	-119.618,87	-126.041,98	-131.571,63	-15%
9	13.500,99	2.325,68	11.175,30	-112.415,17	-120.213,13	-126.832,21	-12%
10	13.703,50	2.360,57	11.342,93	-105.451,59	-114.709,60	-122.459,02	-9%
11	13.909,06	2.395,98	11.513,08	-98.720,13	-109.513,25	-118.423,76	-7%
12	14.117,69	2.431,92	11.685,77	-92.213,06	-104.606,93	-114.700,31	-0,05
13	14.329,46	2.468,40	11.861,06	-85.922,88	-99.974,45	-111.264,58	-4%
14	14.544,40	2.505,42	12.038,98	-79.842,38	-95.600,53	-108.094,34	-3%
15	14.762,56	2.543,00	12.219,56	-73.964,56	-91.470,73	-105.169,08	-2%
16	14.984,00	2.581,15	12.402,85	-68.282,67	-87.571,44	-102.469,85	-1%
17	15.208,76	2.619,87	12.588,90	-62.790,18	-83.889,78	-99.979,21	0%
18	15.436,89	2.659,16	12.777,73	-57.480,77	-80.413,60	-97.681,02	1%
19	15.668,45	2.699,05	12.969,40	-52.348,34	-77.131,45	-95.560,42	1%
20	15.903,48	2.739,54	13.163,94	-47.386,99	-74.032,49	-93.603,69	2%
21	16.142,03	2.780,63	13.361,40	-42.591,02	-71.106,49	-91.798,15	2%
22	16.384,16	2.822,34	13.561,82	-37.954,91	-68.343,80	-90.132,14	3%
23	16.629,92	2.864,67	13.765,25	-33.473,34	-65.735,31	-88.594,86	3%
24	16.879,37	2.907,64	13.971,72	-29.141,16	-63.272,41	-87.176,37	3%
25	17.132,56	2.951,26	14.181,30	-24.953,38	-60.946,97	-85.867,50	4%

Taula 10: Zentralaren balantze ekonomikoa 25 urteko bidez erabilgarriekin, bi turbinaren kasuan.  
Iturria: Eraketa Propioa.

Bigarren kasu honetan ikus daiteke erabilitako interes hauekin ez litzatekela inbertsioaren errekupeazioa jasoko lehen 25 urteetan, hau da, estimatutako bere bidez erabilgarria.

Itzuleraren Barne Tasari erreparatuz zentrala 17 urtetik aurrera errentagarria izango zen interesa %0koa izango balitz.

IDAEEK gomendatzen du 8 eta 12 urteen artean egotea inbertsioaren errekupeazio urtea. Bi kasuetan ez da betetzen hori, beraz zentralaren obra ez litzateke bideragarria izango

ekonomikoki. Aurrekontu oso handi bat sortzen baita zentralak sortzen duen energiarekin konparatuz.

## 8. INGURUMEN INPAKTUAREN IKASKETA

Ingurumenaren inpaktuaren ikasketan zentrala eraikitzearen ondorioz inguruan sortutako aldaketen inguruko azterlana egingo da.

Orokorrean sortutako ingurumen inpaktuak hiru izaten dira: soinuko inpaktua, inpaktu paisajistikoa eta inpaktu biologikoa. Hauke obra burutzen den bitartean eta zentrala martxan dagoen momentuan ere kontuan hartu behar dira.

Proiektu honen kasuan aurretik eraikitako presa bat erabiliko da, honek ingurumen inpaktu handiena sortu ahalko zuen. Beraz, orain ez da honen inpaktu azterketarik egin behar, hura eraiki zuten momentuan aztertuko baitzuten.

Sartu ahalko ziren inpaktuak bi taldetan banatuko dira. Alde batetik, obra burutzen den tartean eta bestetik, zentrala erabiltzen den tartean.

### 8.1. Obra exekutatzen den bitarteko inpaktua

Obra exekutatzen den tartean sortuko diren inpaktu handienak hurrengo hiru kasuetan emango dira: hodi behartuaren eraikuntzan, zentralaren eraikinean eta sareko konexioko lineen euskarrietarako zimentazioen eraikuntzan. Eta hauek ingurumenean izan ahal dituzten efektuak hurrengoak dira:

- *Begetazio edo ekosistemaren aldakuntza obren efektuengatik.* Honek sortutako kalteak denbora laburrekoak izango dira eta ez dira kalte oso handiak. Zentralaren ingurua oso berdetsua eta landaretsua da, beraz, ez da beharrezkoa izango ingurua berriro birlandatzea.
- *Terrenoaren aldakuntza zentralaren eraikuntzagatik.* Kasu honetan inpaktua oso txikia izango litzateke, zentrala eraiki den gunea nahiko laua delako eta bertara iristeko bideak lehenagotik eraikita daudelako.
- *Obran erabiliko diren makinaren zarata eta emisioak.* Alde baterakoa eta saihestezina dena. Egin ahal den bakarra hau minimoa izatea da, ibilgailuen mugimenduen planifikazio zuzen bat eginez.

### 8.2. Zentralaren ustiapenen faseko inpaktuak

- *Soinu Inpaktua:* zentralaren eraikina zarata sortu ahal den leku bakarra izango da, zarata hori ekipo elektromekanikoek sortu luketen, ala nola, turbinak, sorgailuak eta transformadoreak.

Zentralaren eraikinaren aireztatze diseinu egoki batekin eta beharrezkoa izan ezkerera eraikinaren intsonorizazioarekin efektu hau gaitzetsiko litzateke.

- *Paisajismoko puntutik*: zentralaren eraikina eta sare konexioko aire linea izango dira kaltetzen duten elementu bakarrak. Hodi behartua lurrazpitik joango delako uneoro.

Zentralaren eraikina ahaleginduko da posible den inpaktu txikiena sortzen, horretarako bere inguruan arbola batzuk jarriko dira, inguruko paisaiarekin bat egoteko ere.

Tentsio altuko lineak ahalik eta euskarri gutxien izango ditu, inpaktu minimoa edukitzeko eta sarera puntu hurbilenean batuko da.

- *Biologia puntutik ikusia*: kasu honetan emarian dagoen uretako fauna eta aireko linean hegaztiak kontuan hartu beharrezko aspektuak dira.

Aireko linearen zatian hegazti-fauna protekzioa instalatu beharko da autoritateak behartuz gero, hau zentralaren kokapenaren arabera da.

### 8.3. Ondorioak

Orokorrean zentral hidroelektriko baten ingurumen inpaktua positiboa izaten da, bere eraikuntzarekin energia berriztagarria sortzen delako eta bere produkzioak ez du atmosferan kalterik egiten, guztiz kontrakoa, onurak ekartzen ditu.

Eraikuntzan eta ustiapenen sortutako inpaktuak ahalik eta txikienak izatea ahalegindu behar da. Eraikuntzako fasean inguruko kontratatzaileak harturik eta inguruko esku lanarekin lan eginez. Baita ere erabilitako materiala ahalik eta puntu gertuenetik lorturik.

Beraz, kasu honetan ingurumenarekiko proiektu hau bideragarria izango da, posible izango delako lehenago azaldutako ezaugarriak betetzea. Eta presa lehenagotik eraikita dagoenez, sortutako ingurumeneko inpaktua oso baxua izango delako.

## 9. ONDORIOAK

Proiektu honetan zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa egin da. Hiru ikasketa ezberdin egin dira, beraz, ondorioak ere hiru ataletan banandurik joango dira.

Ikasketa teknikoari dagokionez, bi kasu ezberdinetan balio ia berdinak lortu dira, beraz bien artean kasu bat aukeratzekotan hobe izango da bi turbina jartzea. Batek arazorik eduki ezkerro edo mantenu lanak egin behar ezkerro, besteak %100ean lan egin ahalko duelako, uraren energia totala aprobetxatuz.

Nahiz eta biek balio nahiko antzekoak lortu, bi kasuetan sortutako energia nahiko baxua da. Hau emaria oso baxua delako gertatzen da. Baina emaria ezin daiteke erregulatu, hornikuntzaren araberako delako, beraz ezin daiteke aldaketarik egin hemen.

Ikasketa ekonomikoan, ordea, arazo batzuk azaltzen dira. Inbertsioa nahiko altua da irabaziekin konparatuz. Aurrekontuko gastuen ia %20 inguru sare elektrikoari dagokio, beraz agian bestelako emaitza batzuk aztertu beharko litzatekeen sortutako energiaren garraiorako.

Turbina bat erabiliko den kasurako interesen arabera emaitza ezberdinak lortuko dira errentagarritasunaren inguruan. Ezinezkoa da jakitzea nolako interesa edukiko duen inbertsioak, horregatik kasu ezberdinak aztertu dira. %0ko interesarekin 15 urtetan berreskuratuko da inbertsio dena eta %5, 7,5 eta 10ko interesarekin ez da berreskuratuko 25 urteetan. Berez, 8 eta 12 urteen artean egon behar da, kasu honetan interes nuluarekin ere ez da betetzen gomendioa, beraz ekonomikoki ez da bideragarria izango.

Bi turbina erabiliko diren kasuan, errentagarritasuna 17 urtetara lortuko da %0ko interesarekin. Eta aurreko kasuan moduan, beste interesekin ez da lortuko errentagarritasunik. Kasu hau ere gomendiotik kanpo geratzen da eta beraz, ez da baliagarria izango ekonomikoki.

Ingurumen ikasketari dagokionez, gauza oso positiboak ateratzen dira ikasketa honetatik, bideragarria bihurtuz.

Hiru azterketak kontuan harturik kasu hobeena A kasua izango da, hau da, turbina bakarreko proiektua. Ingurumen eta teknikoki ez dago alde haundirik bata eta bestearen artean, baina ekonomikoki dagokionez bai. Baina kasu bietako bat ere ez da betetzen gomendioarekin. Beraz aztertu beharko zen ia nola egin ahalko zen sortutako energia handitzeko edo exekuzio kostuak baxatzea, errentagarritasuna urte batzuk lehenago lortu ahal izateko.

Azken batean, ikasketa honen emaitza positiboa da. Nahiz eta ez izan guztiz bideragarria ekonomikoki zentrala eraikitzea, honek gizartearentzako onurak ekarriko lituzke. Energia berriztagarriaren abantailak asko direlako, eta guar egun ezinbestekoak ere.



## 10. ARAUDIA ETA LEGEDIA

Atal honetan proiektu hau aurrera eraman ahal izateko erabilitako arauak eta legeak ageri dira.

### 10.1. Legeak:

- **Uren legeak, Errege Dekretua, 2001-ko uztailak 1. [Ley de aguas]. (BOE 176)**

Uraren inguruko lege denak.

- **Lan Arriskuak Saihesteko Legea, 31/1995, azaroak 8. [Ley de Prevención de Riesgos Laborales]. (BOE 269)**

Langileen segurtasuna, higiena, makineriarekiko jokabideak, etab. zehazteko erabiliko da.

- **Proiektuen Ingurumen-inpaktua Ebaluatzeko Legea, 21/2013, abenduak 9. [Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos]. (BOE 296)**

Ingurumenaren defentsa eta baliabide naturalak (flora, fauna) bermatzeko erabiliko da.

- **Eraikuntzako Hondakinak Kudeatzeko Legea, Errege Dekretua 105/2008, otsailak 1. [Ley Sobre Gestión de Residuos de la Construcción]. (BOE 38)**

Eraikuntzaren hondakinak kudeatzeko eta bere birziklapenerako erabiliko da.

### 10.2. Araudiak:

- **Jabari Publiko Hidraulikoaren araudia, Errege Dekretua 849/1986, maiatzak 25 eta Errege Dekretua 606/2003 maiatzak 23. [Reglamento de Dominio Publico Hidraulico] (BOE 103 eta 135)**

Uraren abuztuaren 2ko 29/1985 Legearen atariko I, IV, V, VI y VII tituluak garatzen dituen Jabari Publiko Hidraulikoaren Erregelamendua onartzen duena.

- **Aprobetxamendu hidroelektrikoetarako emakidak eta baimenak izapidetzeko prozedura, Errege Dekretua 916/1985, maiatzak 25. (BOE 149)**

5.000 KVA-tik beherako potentzia nominala duten aprobetxamendu hidroelektrikoak instalatu, handitu edo egokitzeko administrazio-baimenak eta emakidak izapidetzeko prozedura laburtua ezartzen duena.

- **6/2001 Legea, maiatzaren 8koa, ingurumen-inpaktuaren ebaluazioari buruzko ekainaren 28ko 1302/1986 Legegintzako Errege Dekretua aldatzen duena. (BOE 111)**

Zentralaren itxura ingurumenarekiko bideragarria izatea ziurtatzeko erabiliko da.

- **Energia berriztagarrien plana [PER] 2011/2020.**

- **Etzegintzako Kode Teknikoa, CTE. 2006. [CTE. Código Técnico de la Edificación].**

Zentralaren hormigoia zehazteko.

- **EHE, Egitura Hormigoiaren Instrukzioa, 2008. [EHE. Instrucción de Hormigón Estructural].**

Hormigoiaren parametroak finkatzeko erabiliko den araudia.

- **Eraikuntza-obretako segurtasun eta osasuneko gutxieneko xedapenak, Errege Dekretua 1627/1997, urriak 24. [Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción]. (BOE 256)**

Eraikuntza egiten den bitartean langileentzako segurtasun eta osasun arau guztiak betetzen dituela ziurtatzeko erabiliko da.

- **Goi tentsioko instalazio elektrikoaren baldintza teknikoak eta segurtasun-bermeak, eta horien jarraibide tekniko osagarriak ITC-RAT 01tik 23ra, Errege dekretua 337/2014, maiatzak 9. [Se aprueban el Reglamento sobre condiciones eléctricas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Intrusiones Técnicas Complementarias] . (BOE 139)**

Eraikuntzan goi tentsioko linearen diseinurako erabilitakoa.

### **10.3. UNE arauak:**

- **UNE 1027** – Marrazki teknikoak. Planoen tolestaketa. [Dibujos técnicos. Plegado de planos].
- **UNE 1032** – Marrazki teknikoak. Errepresentazioaren printzipio orokorrak. [Dibujos técnicos. Principios generales de representación].
- **UNE 1039** – Marrazki teknikoak. Akotazioak. Printzipio orokorrak, esanahiak, exekuzio metodoak eta indikazio bereziak. [Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales].
- **UNE-EN 1537** – Lan geotekniko berezien exekuzioa. [Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes].
- **UNE-EN ISO 3098-0** – Idazketa produktuen dokumentazio teknikoak. Idazketa. Baldintza orokorrak [Documentación técnica de productos. Escritura. Requisitos generales. (ISO 3098-0:1997)].
- **UNE-EN ISO 3098-2** – Produktuaren dokumentazio teknikoak. Idazketa. [Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 2: Alfabeto latino, números y signos. (ISO 3098-2:2000)].
- **UNE-EN ISO 5455** – Marrazki teknikoak. Eskalak. [Dibujos técnicos. Escalas. (ISO 5455:1979)]

## 11. BIBLIOGRAFIA

### Liburuak:

Jose Francisco Sanz Osorio (2008). *Energía hidroeléctrica*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Ingeniería, Estudios y Proyectos NIP, S.A. (1995). *Minihidráulica en el País Vasco*. Bilbo: Comunicación Gráfica.

Organización Latinoamérica de Energía, OLADE (1982). *Manual de diseño, estandarización de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas. Diseño, estandarización y fabricación de turbinas michell-banki*

Edgar A., Catacora Acevedo, Cesar Valero (2012). *Diseño y fabricación de microturbinas hidráulicas*. (Liburu digitala)

### Informazioa:

Fernando Gimenez, S. (2015). *Prueba de una microturbina tipo Michel-Banki de baja potencia* (Doktoretza-tesia). Hemendik eskuratua:

[https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8833/Santiago\\_GiraldoJimenez\\_2015\\_tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8833/Santiago_GiraldoJimenez_2015_tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Ordoñez Ortiz, R. (2010). *Elaboración e implantación de un software para el diseño de turbinas Michell Banki de hasta 1 MW*. (Doktoretza tesia). Hemendik eskuratua:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1343/1/15T00434.pdf>

Universidad de Cádiz, UCA. *Centrales Hidroeléctricas*. Hemendik eskuratua:

<http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m200018/doc1.pdf>

Castro, A. (2006). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. *Minicentrales hidroeléctricas*. Hemendik eskuratua:

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_2.1.7\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_125f6cd9.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf)

Brusa, A. eta Guarnone, E.. Energía minihidráulica. Proiektua: RES y REU dissemination. Hemendik eskuratua:

<https://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/4%20minihidraulica.htm>

Euskal Estatistika Erakundea, EUSTAT (2020). Estadistika datuak: *Biztanleria Euskadin*. Hemendik eskuratua:

[https://www.eustat.eus/estadisticas/tema\\_159/opt\\_0/tipo\\_1/ti\\_Poblacion/temas.html#el](https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_159/opt_0/tipo_1/ti_Poblacion/temas.html#el)

Eusko Jaurlaritzako Gobernu Vasco, Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Etxebizitza Saila. Euskadi.eus (2020). *Estatistika-etaulak. Euskal Autonomia Erkidegoko ur-kontsumoaren estatistika 2013-2019*. Hemendik eskuratua:

[https://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/estadistica/090215\\_coura/es\\_def/index.shtml](https://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/estadistica/090215_coura/es_def/index.shtml)

CINK Hidro-Energy, turbinas hidráulicas y Minicentrales hidroeléctricas. *Turbinas Crossflow*. Hemendik eskuratua:

<https://www.cink-hydro-energy.com/es/turbinas-crossflow/>

Giraldo Jiménez, Santiago (2015). Universidad EAFIT Escuela de ingeniería departamento de ingeniería mecánica Medellín. *Prueba de una microturbina tipo michell-banki de baja potencia*. Hemendik eskuratua:

[https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8833/Santiago\\_GiraldoJimenez\\_2015\\_Anejos.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8833/Santiago_GiraldoJimenez_2015_Anejos.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Operador del Mercado Ibérico de la Energía – Polo Español, OMIE. *Precio anual de la demanda nacional*. Hemendik eskuratua:

<https://www.omie.es/es/market-results/interannual/average-final-prices/spanish-demand?scope=interannual>

Gipuzkoako Foru Aldundia, Gipuzkoa.eus (2020). *Bilatzaile geografikoa*. Hemendik eskuratua:

[https://b5m.gipuzkoa.eus/url5000/eu/Z\\_A116829/PUBLI](https://b5m.gipuzkoa.eus/url5000/eu/Z_A116829/PUBLI)

Eusko Jaurlaritzako Gobernu Vasco, Geo Euskadi, Euskadiko Datu Espazialen Egitura (2020). *Kartografia*. Hemendik eskuratua:

<ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia>

Instituto Geografico Nacional (2020). Centro nacional de información geografica. *Cartografia y datos geológicos*. Hemendik eskuratua:

<https://www.ign.es/iberpix2/visor/>

European Small Hydropower Association, ESHA (1998). *Manual de pequeña hidraulica*, [Bertsio elektronikoa]. Hemendik eskuratua:

<https://issuu.com/reypepe1000/docs/2. manual de peque a central hidro>

Wikipedia entziklopedia askea (2020). *Moody abakoa*. Hemendik eskuratua:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Moody](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Moody)

Embalses.net. (2020). Urkulu urtegiaren egoera. Hemendik eskuratua:

<https://www.embalses.net/pantano-1233-urkulu.html>

Gipuzkoako Ur Kontsortzioak, Gipuzkoako Urak. (2020). *Urtegien egoera*. Hemendik eskuratua:

<https://www.gipuzkoakour.eus/informacion/estado-de-embalses.aspx>

Gipuzkoako Ur Kontsortzioak, Gipuzkoako Urak. (2020). *Aiolako urtegiaren egoera indizea*.

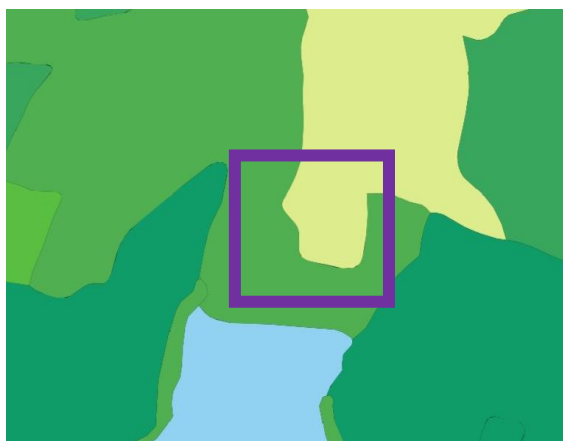
Hemendik eskuratua:

<https://www.gipuzkoakour.eus/informacion/indice-estado-de-embalses.aspx>

## 1. ERANSKINA: ZENTRALAREN KOKAPENA

Atal honetan zentralaren kokapen egokiena aukeratuko da. Horretarako presaren oinaren ingurua aztertuko da. Horretaz gain zentrala eraikiko den gunearen azterketa geologiko eta geoteknikoa egingo da, jakitzeko ia lurrazal hori egokia den edo ez.

IGN (Instituto Geografico Nacional)-en orrialdetik urtegiaren oineko lurrazalaren ikasketarako beharrezko informazio geografikoak hartu dira. *16. irudian* lurrazalaren okupazioa ikus daiteke. Oinean bi kolore ezberdin azaltzen dira, berdea eta beixa. Bi gunek HILUCS zerrendako izendapenean 6\_3\_1 zenbakia daukate, eta honek erabilera ekonomiko gabeko lehorreko eremuak direla esan nahi du.



*Irudia 16: Lurrazalaren okupazioa  
Iturria: Instituto Geografico Nacional (IGN)*

Gune berdeak basoko zuhaitzak dira eta beixa laborantzen konbinazioa landarediarekin. Bi gunetan eraiki ahalko litzateke zentrala, baina beixa aukeratuko da. Landereri baxua delako, eta gune berdeak zentrala izkutatuko du eta horrela inpaktu bisuala txikituz.

Orain azalduko den irudian (*17. irudia*) aukeratutako gunearen zoom bat irudi errealean ikus daiteke. Gune horretan lau ezaugarri hartuko dira kontuan zentralaren eremua aukeratzeko. Lehenengo hodi behartuaren irteera ubidea izango da, hau hori kolorez adierazitakoa. Beste aldean gainezkabideko ubidea ikus daiteke, arrosa kolorekoa. Hurrengo bertara iristen den errepidea, laranja koloreko lerroa. Eta azkena gune horretan dagoen lautada, urdinez eginiko borobileko gunea izango dena. Leku egokiena gune urdina da, batetik lautada delako eta bestetik beste elementuen artean dagoelako. Hau da, hodi behartuaren zati berria ahalik eta laburrena izatea edo ta deskarga ubidearen biderapena ere gainezkabidearen ubidetik edota hodi behartuaren ubidetik egin ahal izatea, eta azkenik bertara heltzeko bidea eginda edukitzea.



*Irudia 17: Zentralaren kokapena aukeratzeko kontuan hartutako elementuak  
Iturria: Instituto Geografico Nacional (IGN)*

Lautadako gunea 264 eta 262 metro arteko kotetan dago. Beraz erabaki da zentrala hor egitea eta 263ko kotan 256 m<sup>2</sup>-ko lur berdinketa bat egitea. Lur berdinketan soberan geratuko litzatekeen lur bolumena 2,1 m<sup>3</sup>-koa da.

Urtegiarekin gertatzen den moduan zentrala bi herrien artean, Zaldibar eta Elgeta, egongo da, baina kontsideratuko da Elgetan kokatuta dagoela. 18. irudian ikus daiteke non kokatuko den zehatzago zentrala. Zentraleko UTM 30 koordenatuak hauek izango dira:

X: 0539 937, 39 / Y: 4778 989, 81



*Irudia 18: Zentral hidroelektrikoaren kokapena urtegiaren oinean.  
Iturria: Geo euskadi*

Bertara iristen den errepide bat izanda, obrako inpaktua eta kostea asko murriztuko da. Horregatik lekua aukeratzeko orduan errepidearen alboan kokatuta egotea oso garrantzitsua

da. Iristeko errepidea Ermua hiribildutik dator. Sarreran, San Lorenzo auzunean, Eitzaga auzunera daraman errepide bat dago. Errepide hori jarraituz eta ondorengo irudian ( 19. irudia) morez markatuta dagoen errepidea jarraituz zentralera iritsiko zen.






Irudia 19: Ermua hiribildutik zentralera joateko egin beharreko ibilbidea.  
 Iturria: Instituto Geografico Nacional (IGN)

### 1.1. Aukeratutako kokapenaren azterketa geologiko eta geoteknikoa

Zentrala non eraikiko den aukeratzean, aztertu behar da eraikiko den lurrazalaren geologia geoteknikoa zein den. Horretarako IGME (*Instituto Geológico y Minero de España*) orrialdetik lortu da beharrezko informazio dena.

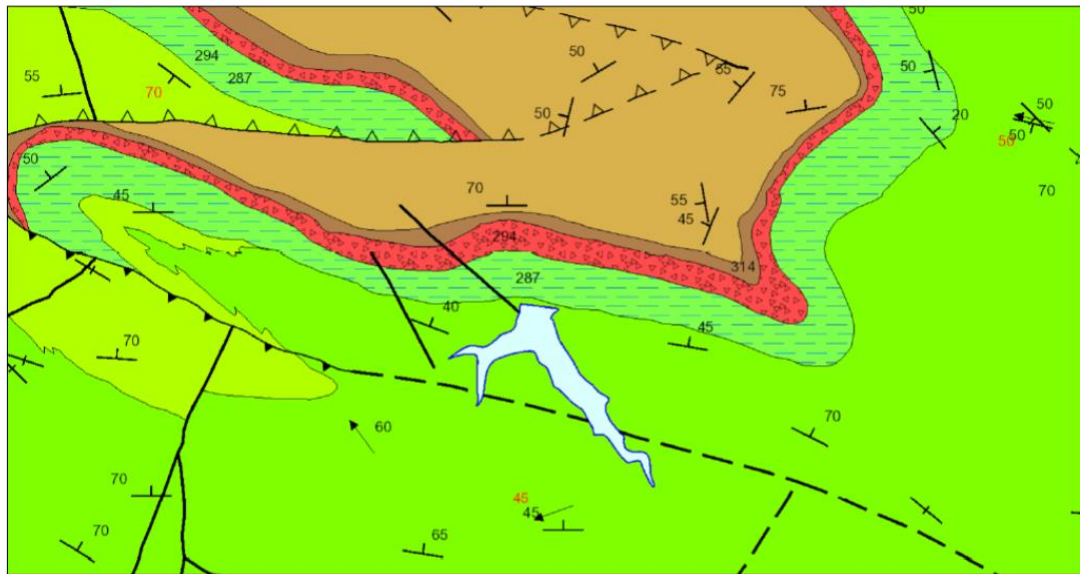
#### 1.1.1. Azterketa geologikoa:

Azterketa geologikotik ondorengo planoak lortu da (20. irudia). Bertan urtegiaren oinaldean hiru zona ezberdin aurkitzen dira, 11. taulan azaldutakoak:

	Unitate geologikoko kodea	250
	Unitate geologikoko azalpena	Marga alternantzia, kareharri hare antzekoak eta hareharri kalkaneokoak
	Unitate geologikoko kodea	287
	Unitate geologikoko azalpena	Marga gris eta gorriak eta kaliza hemipelagikoak
	Unitate geologikoko kodea	294
	Unitate geologikoko azalpena	Arrail kalkareoak eta debrita lohitsu eta marga tartekatua

Taula 11: Urtegiaren oinaldeko lurrazaleko unitate geologikoak.  
 Iturria: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)





Julio 6, 2020

1:18.058  
 0 0.225 0.45 0.9 mi  
 0 0.35 0.7 1.4 km

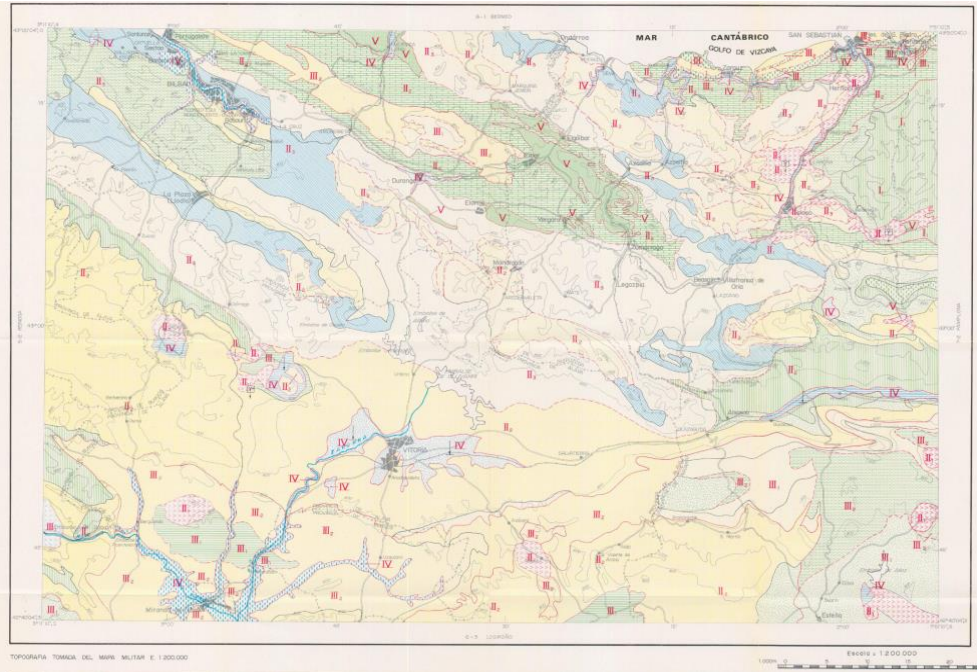
Copyright (c) 2014 Esri

*Irudia 20: Urtegiaren inguruko lurrazaleko unitate geologikoak*  
*Iturria: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)*

Beraz hiru unitate horiek egongo dira zentralaren inguruan, baina zentralaren kokapen zehatza 287 kodeko lurrazalean kokatuko da, marga gris eta gorriak eta hemipelagikoak izanez. Beraz, arroka sedimentariokoa; eta kaliza, dolomia, marga, hareharri, lutita eta batzuetan konglomeratzaileez osatuta.

### 1.1.2. Azterketa geoteknikoa

Zentrala eraikiko den gunean (21. *Irudia*) mapa geoteknikotik lortutako emaitzetatik eraikitzeko kondizioak onargarriak dira eta bi arazoetako konkurrentzia motak geomorfologikoak eta hidrológicoak dira 22 eta 23 irudian ikus daitekeen moduan. Horretaz gain, ingea arrokoz osatuta dago, V.gunea. Gainaldea formazio bolkaniko eta subbolkanikoek osatzen dute. Harri horiek egonkortzat jotzen dira, eta gutxi aktibatutako jariatzearen ondorioz drainatuta daude. Baldintza mekanikoak aldekoak dira. (24. *Irudia*)



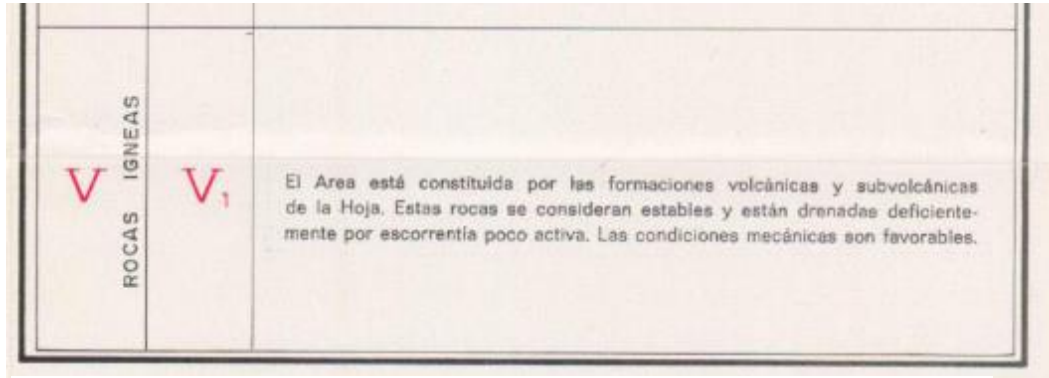
Irudia 21: Ikasketa guneko mapa geoteknikoa  
 Iturria: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)

CRITERIOS DE CLASIFICACION							
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS	PROBLEMAS TIPO EXISTENTES	CONCURRENCIA DE 2 PROBLEMAS TIPO*		CONCURRENCIA DE 3 PROBLEMAS TIPO*	CONCURRENCIA DE 4 PROBLEMAS TIPO	PROBLEMAS GEOTECNICOS	NOTACION
Muy favorables	Litológicos	Litológicos y Geomorfológicos	Geomorfológicos e Hidrológicos	Litológicos, Geomorfológico e Hidrológicos		De capacidad de Cargas	Yesos Y
Favorables	Geomorfológicos	Litológicos e Hidrológicos	Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.)	Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.)	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)	De Asientos	
Aceptables	Hidrológicos	Litológicos y Geotécnicos (p.d.)	Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)	Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)		Presencia de sulfatos	
Desfavorables	Geotécnicos (p.d.)						
Muy desfavorables							

Irudia 22: Sailkapen irizpideak  
 Iturria: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)

LEYENDA							
C. CONSTRUCTIVAS FAVORABLES		C. CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES		C. CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES		C. CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES	
Problemas de tipo Geomorfológico	Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Geomorfológico e Hidrológico	Problemas de tipo Litológico	Problemas de tipo Hidrológico y Geotécnico (p.d.)		
Problemas de tipo Hidrológico	Problemas de tipo Hidrológico y Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Litológico y Geomorfológico	Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Litológico e Hidrológico			
Problemas de tipo Geomorfológico e Hidrológico	Problemas de tipo Geomorfológico, Hidrológico y Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Litológico e Hidrológico	Problemas de tipo Hidrológico y Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Litológico y Geotécnico (p.d.)	Problemas de tipo Hidrológico y Geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo Litológico, Hidrológico y Geotécnico (p.d.)

Irudia 23: Legenda  
 Iturria: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)



*Irudia 24: Banaketa irizpideak eta ezaugarri orokorrak  
Iturria: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)*

## 2. ERANSKINA: HODITERIA BEHARTUA

### 2.1. Diametroa

Lehenik eta behin hodi behartuaren diametroa kalkulatu behar da. Diametro hau emari eta jauzi gordinaren arabera diseinatuko da. Hodiaren diametroa determinatzeko marruskadura bidez sortutako galerekin maximo bat jarriko da. Galera hauek ezin dira jauzi gordinaren %4a baino handiagoa izan. Ta hau Hazen Willimas-en formularen bitartez egingo da.

$$h_f = \frac{10,7}{c^{1,85} \cdot D^{4,78}} \cdot Q^{1,85} \cdot L$$

Non,

- c: Hazen Williams-en zimurtasun erlatiboaren koefizientea, 130.

$$h_f \leq \%4 H_g$$

$$0,04 \cdot 38,76 = \frac{10,7}{130^{1,85} \cdot D^{4,78}} \cdot 0,072^{1,85} \cdot 184,51$$

$$D > 0,245 \text{ m}$$

$$D = 250 \text{ mm}$$

Kasu honetan lortutako diametro minimoa 0,245 m da, hau da, 0,25 m edo 250 mm-ko hodi behartua.

### 2.2. Lodiera

Behin diametroa kalkulaturik, hodiaren lodiera kalkulatu behar da. Lodiera honek barneko presioa, apurketa karga, materialaren limite elastikoa eta beharrezko zurruntasuna eutsi behar du hodiaren diametroaren funtzioan ez deformatzeko.

Paretaren lodiera barneko presio hidrauliko maximoa eusteko diseinatzen da, ariete kolpea barne.

Altzairuzko hodietan lodiera minimoa "Bureau Of Reclamation" formularen bitartez kalkulatu daiteke:

$$e_{min} = \frac{D}{400} + 1,27$$

$$e_{min} = \frac{250}{400} + 1,27 = 1,895 \text{ mm}$$

Baina ASME-k gomendatzen du hurrengo ekuazioan emandako lodiera minimoa erabiltzea. Gomendio hau tutuak zurruntasun nahikoa izan dezan eta obran lan egitean deformaziorik jasan ez dezan aplikatzen da.

$$e_{min} = 2,5 \cdot D + 1,2 = 2,5 \cdot 0,25 + 1,2 = 1,825 \text{ mm} = \mathbf{2 \text{ mm}}$$

Kanpoko diametroa 254 mm izango da.

### 2.3. Ariete kolpea

Hoditerian erregimenaren aldaketa zakar batek, ur masa handi bateri kaltetzen dio eta honek presio garrantzitsuko uhin bat sortzen du. Nahiz eta iragankorra izan, gainpresio oso handiak sortu ahal ditu eta hodia apurtu eta zapaldu. Horretarako, oso garrantzitsua da kontuan hartzea ikusteko kalkulaturako lodiera nahikoa den edo, aitzitik, handitu beharko den.

Allievi-ren formularekin erregimen aldakuntza zakarraren bidez presio atzekariko uhinaren zabalkuntza abiadura kalkulatu da, hau da, bizkortasuna:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \cdot \frac{D}{e}}}$$

Non:

- k uraren elastikotasun moduluaren menpe dago, altzairuaren kasuan  $\varepsilon=21 \cdot 10^9$  kg/m<sup>2</sup> izanik.

$$k = \frac{10^{10}}{\varepsilon} = 4,76 \text{ m}^2/\text{kg}$$

- D hodiaren barneko diametroa mm-tan
- e hodiaren paretaren lodiera mm-tan

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 4,76 \cdot \frac{250}{2}}} = 390,25 \text{ m/s}$$

Orain Mendiluze-ren formula aplikatuz beharrezko gelditze denbora kalkulatu da.

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot Hm}$$

Non,

- C eta K: koefiziente ezberdinak, tauletatik lortuko direnak
  - $\frac{Hm}{L} < 0,20$  bada  $C = 1$
  - $\frac{Hm}{L} \geq 0,40$  bada  $C = 0$
  - $\frac{Hm}{L} \approx 0,30$  bada  $C = 0,60$
  - $L < 500 \text{ m}$  denez,  $K = 2$
- v: uraren abiadura (m/s)

- Hm: ponpaketa taldeak emandako altuera manometrikoa, 36,6 m

$$T = 1 + \frac{2 \cdot 184,51 \cdot 1,47}{9,81 \cdot 36,6} = 2,51$$

Azkenik denbora kritikoa kalkulatu da, hau presioko uhinak joan etorriko ibilbidea egiteko beharrezko denbora da. Ibilbide hori hodiaren beheko muturreko uhatetik presio kamerara dagoena da.

$$\frac{2 \cdot L}{a} = \frac{2 \cdot 184,51}{390,25} = 0,95$$

Denbora kritikoa gelditze denbora baino txikiagoa denez, itxiera motela dauka, hau da, ariete kolpearen efektua mespretxatuko da.

$$T > \frac{2 \cdot L}{a}$$

$$2,51 > 0,95$$

### 3. ERANSKINA: KARGA GALERAK

Elementuak dimentsionatzen hasi baino lehen jauzi garbia kalkulatu behar da. Horretarako kausa ezberdinagatik sortutako karga galerak kalkulatu behar dira. Galera hauek lehen mailakoak edo bigarren mailakoak izan ahal dira.

Lehen mailakoa marruskadura karga galera da. Bigarren mailakoak ordea: balbuletako, ukondoko, sareta, sareta garbitzailetako eta hodi behartuko sarrerako karga galerak.

Bigarren karga galera hauen kalkulurako erabiliko den espresioa berbera izango da kasu guztietan:

$$h = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Termino berri bat agertzen da kasu honetan,  $k$ , koefiziente galera izenekoa. Hau erabiliko den osagarriaren dimentsioaren eta formaren, Reynolds zenbakiaren, zimurtasunaren eta osagarriaren aurreko korrontearen arabera izango da. Kasu gehienetan koefiziente hau esperimentalki determinatzen da.

Jauzi gordinari galera denak kenduz lortzen da jauzi garbia, formula honetan ikus daitekeen bezala:

$$H_{garbia} = H_{gordina} - \Delta H$$

Lehenago azaldu den bezala, **jauzi gordina = 38,76 m.**

Baina memorian azaldu den moduan bi turbina edo bakarra erabiltzea hobea den aztertuko, hori dela eta, bi kalkulu ezberdin egingo dira. Berez 182 metrotan hoditik abiadura berdina joango da, eta gero azken 2,1 metrotan bi aukera ezberdinak aztertuko dira. Lehen azterketan, hodi horretatik emari dena joango da eta turbina bakarrak lan egingo du. Bigarrenean, puntu horretatik aurrera bi hodi ezberdinetan banatuko da eta bakoitzak emari erdia hartuko du turbinan.

Berez galerak kalkulatzekoan; marruskadura galera, balbula eta ukondoko karga galerek bi emaitza ezberdin aurkeztuko dituzte, eta saretan eta sarrerako formaren arabera galderek bakarra.

Kalkulu denak atalka azalduko dira eta amaieran taula batean kasu biak aztertuta laburpen bezala azalduko da.

### 3.1. Marruskadura karga galera

Zimurtasuna eta fluxuaren erregimenaren araberakoa da. Kalkulurako hurrengo formula erabiliko da:

$$hf = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g}$$

non:

- $v$  hodian fluxuaren batezbesteko abiadura ( $m^2/s$ )
- $L$  hodiaren luzera (m)
- $D$  diametroa (m)
- $f$  frikzio koefizientea; Reynolds zenbaki, diametro eta zimurtasunaren araberakoa da.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \nu \cdot D}$$

$$\varepsilon = \frac{K}{D}$$

- $\nu$  uraren biskositate zinematikoa ( $1,011 \cdot 10^{-6} m^2/s$ ).
- $Q$  emaria ( $m^3/s$ ).
- $\varepsilon$  zimurtasun erlatiboa.
- $k$  zimurtasun absolutua (mm).

Frikzioa Moody abakoaren bitartez kalkulatu da. Horretarako Reynolds zenbakia eta zimurtasun erlatiboa kalkulatu behar dira. Hodirako aukeratutako materiala soldatutako altzairua izango da, hodi behartuetan oso erabilia delako. Bere zimurtasun absolutua *12. taulan* erreparatuz 0,08mm dela hartuko da. Balio baxuago bat hartu ezker, errealitatean kalkulaturakoak baino galera handiagoak izan ahalko ziren.

#### Materialen zimurtasun absolutua

Materiala	K (mm)	Materiala	K (mm)
Plastikoa (PE, PVC)	0,0015	Fundizio asfaltatua	0,06-0,18
Poliester indartua beirazko zuntzekin	0,01	Fundizioa	0,12-0,60
Altzairuzko luzatutako hodia	0,0024	<b>Altzairu komertziala eta soldatua</b>	<b>0,03-0,09</b>
Latoi edo kobrezkoak	0,0015	Burdin forjatua	0,03-0,09
Zementuz estalitako fundizioa	0,0024	Burdin galbanizatua	0,06-0,24
Fundizioa bituminosoko estaldurarekin	0,0024	Egurra	0,18-0,90
Fundizio zentrifugatuta	0,003	Hormigoia	0,3-3,0

Taula 12: Material ezberdinen zimurtasun absolutua



Iturria: Esparza, H.

Reynolds zenbakiaren balioa aurreko formulatik lortutakoa da:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot D} = \frac{4 \cdot 0,072}{\pi \cdot 10^{-6} \cdot 0,25} = 362703$$

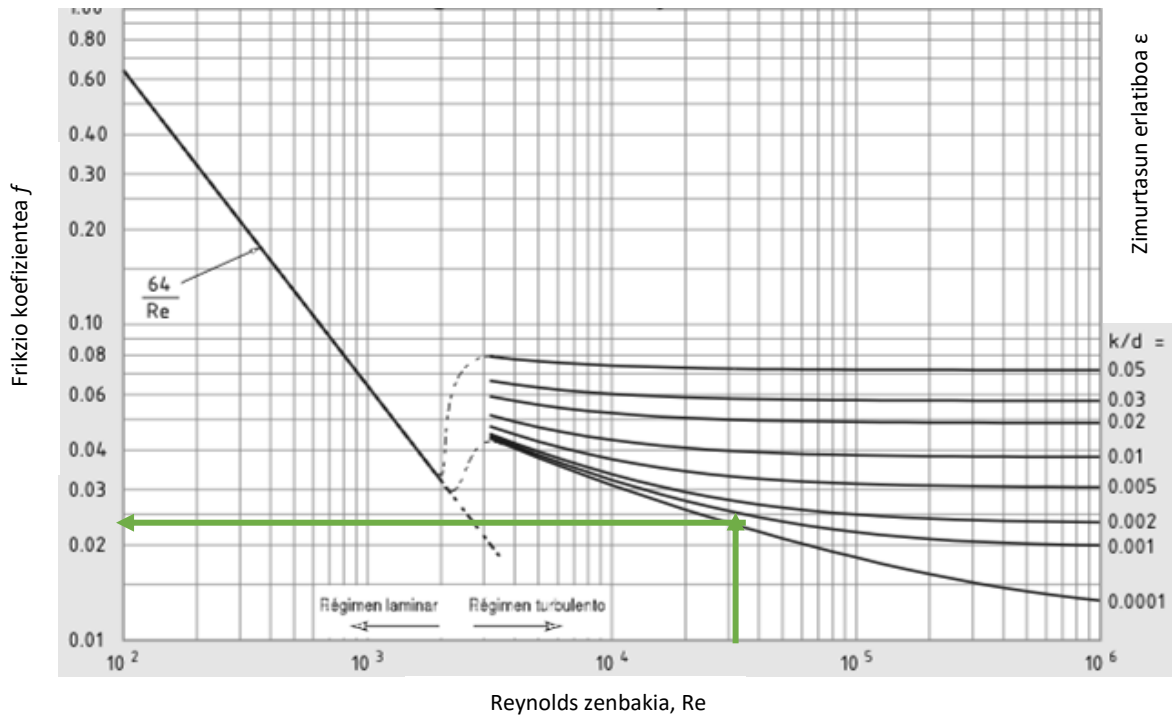
$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot D} = \frac{4 \cdot 0,036}{\pi \cdot 10^{-6} \cdot 0,25} = 181352$$

Re > 2300 denez bi kasuetan, hodian fluxu zurrunbilotsua egongo da. Fluxu honetan marruskadurako karga galerak alderantzizko proportzionalak dira diametroarekiko eta zuzenki proportzionalak abiadura, luzera eta frikzio koefizientearekiko.

Zimurtasun erlatiboa, absolutuari diametroa zatituz kalkulatzen da:

$$\varepsilon = \frac{K}{D} = \frac{0,08}{250} = 0,00032$$

Bi datu hauek Moody abakoan sartuz (25.irudia) frikzioren balioa kalkulatzen da.



Irudia 25: Frikzio koefizientea kalkulatzeko Moody abakoa, Reynolds eta zimurtasun erlatiboaren menpe.  
Iturria: Wikipedia, entziklopedia askea.

A.  $f = 0,024$  izango da. Q 72

B.  $f=0,028$  , Q36

Datu guztiak lortuta, lehenengo formularen hauek ordezkaturik marruskadura bidez sortutako karga galera lortuko da. Hiru galera ezberdin lortuko dira. Alde batetik bi horiak banatzen diren punturaino, bi kasuetarako berdina izango dena, bi kasuetan eskari osoa joango delako. Eta bestalde banatzen direneko bi kasu ezberdinak.

$$h_f = 0,024 \cdot \frac{182 \cdot 1,47^2}{0,25 \cdot 2 \cdot 9,81} = 1,92 \text{ m}$$

$$h_{fA} = 0,024 \cdot \frac{2,51 \cdot 1,47^2}{0,25 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,026 \text{ m}$$

$$h_{fB} = 0,028 \cdot \frac{2,51 \cdot 0,73^2}{0,25 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,008 \text{ m}$$

$$h_{fTA} = h_f + h_{fA} = 1,92 + 0,026 = \mathbf{1,946 \text{ m}}$$

$$h_{fTB} = h_f + h_{fB} = 1,92 + 0,008 = \mathbf{1,928 \text{ m}}$$

### 3.2. Balbuletako karga galera

Kokatutako balbula motaren arabera galerak ezberdinak izango dira. Lau motatako balbula hauek hurrengo koefiziente galera dituzte:

- Uhatea:  $k_b = 0,2$
- Tximeleta:  $k_b = 0,6$
- Esferikoa:  $k_b = 10$
- T itxurako konexio normala:  $k_b = 1,8$

Kasu honetan uhate itxurako bat, T itxurakoa eta bi tximeleta erabili dira, baina tximeletak turbina bakoitzerako bat erabili denez, bat bakarrik hartuko da kontuan kalkuluetan. Karga galera hurrengoa izango da:

$$h_b = k_b \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_{b1} = 0,2 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,022 \text{ m}$$

$$h_{b2} = 1,8 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,197 \text{ m}$$

$$h_{b3A} = 0,6 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,066 \text{ m}$$

$$h_{b3B} = 0,6 \cdot \frac{0,73^2}{2 \cdot 9,81} = 0,016 \text{ m}$$

$$h_{bTA} = h_{b1} + h_{b2} + h_{b3A} = 0,022 + 0,197 + 0,066 = \mathbf{0,285 \text{ m}}$$

$$h_{bTB} = h_{b1} + h_{b2} + h_{b3B} = 0,022 + 0,197 + 0,016 = \mathbf{0,236 \text{ m}}$$

### 3.3. Ukondoko karga galerak

Sei ukondo ezberdin daude totalen, baina turbina bakoitzari bideratutako hoditerian bost. Lehenengoa 167 gradukoa, bigarrena urtegitik irteten den hodia eta zentralera desbideratzeko sortutako 90 gradukoa, hirugarrena makina etxera sartzekoa 99 gradukoa, laugarrena T itxurakoa da, bi turbinetara banatzeko erabiliko dena eta 90 gradukoa balitz bezala hartuko dena eta azkena turbinara zuzendutako berriz 90 gradukoa.

Lehenengo hiru ukondoetatik beti 72l/s-ko emaria pasatuko da, baina lau eta bostetik martxan dauden turbinen arabera aldatuko da. Azken bi ukondoetan kalkuluak bi emari ezberdinekin egingo dira, eta bi ukondoek gradu berbera dutenez, azken kalkuluan galera bi aldiz biderkatuz kalkulatu da.

Ukondo guztien erradio erlatiboak berdinak izango dira, kasu honetan unitatea.

K-ren balioa ukondoko formaren arabera da, alde batetik bere angelua kontuan hartuko da eta bestetik, erradio erlatiboa.

$$k = AB + K_f$$

Non,

A: ukondoaren angeluaren balioa

- 70° baino txikiagoko angelurentzat:  $A = 0,9 \sin \alpha$
- 70° eta 100° arteko angelurentzat:  $A = 1$
- 100° baino handiagoko angelurentzat:  $A = 0,7 + 0,35 \left( \frac{\alpha}{90} \right)$

B erradio erlatiboaren arabera da, aurrerago azaldu den moduan erradio erlatiboa kasu guztietan 1 izango balitz bezala hartuko denez, B=1 izango da.

- 0,5 eta 1 arteko erradio erlatiboentzat:  $B = \frac{0,21}{\left( \frac{r}{D} \right)^{5/2}}$
- 1 baino handiagoko erradio erlatiboentzat:  $B = \frac{0,21}{\left( \frac{r}{D} \right)^2}$

Kf: erradio erlatibo eta erradioaren arabera da

$$K_f = 0,0175 \cdot f \cdot \frac{r}{D} \cdot \alpha$$

- $f$ : frikzio faktorea

1. Ukondoa 167 gradu

$$A = 0,7 + 0,35 \left( \frac{167}{90} \right) = 1,35$$

$$B = \frac{0,21}{(1)^{5/2}} = 0,21$$

$$K_{f1} = 0,0175 \cdot 0,024 \cdot 1 \cdot 167 = 0,082$$

$$k_{u1} = 1,35 \cdot 0,21 + 0,082 = 0,365$$

$$h_{u1} = 0,365 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,04m$$

2. ukondoa 90 gradu

$$A = 1$$

$$B = \frac{0,21}{(1)^{5/2}} = 0,21$$

$$K_{f2} = 0,0175 \cdot 0,024 \cdot 1 \cdot 90 = 0,038$$

$$k_{u2} = 1 \cdot 0,21 + 0,038 = 0,248$$

$$h_{u2} = 0,248 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,027m$$

3. ukondoa 99 gradu

$$A = 1$$

$$B = \frac{0,21}{(1)^{5/2}} = 0,21$$

$$K_{f3} = 0,0175 \cdot 0,024 \cdot 1 \cdot 99 = 0,042$$

$$k_{u3} = 1 \cdot 0,21 + 0,042 = 0,25$$

$$h_{u3} = 0,25 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,028m$$

4 eta 5 ukondoak, 90 gradu

*Q 72 l/s denean:*

$$A = 1$$

$$B = \frac{0,21}{(1)^{5/2}} = 0,21$$

$$K_{f4A} = 0,0175 \cdot 0,024 \cdot 1 \cdot 90 = 0,038$$

$$k_{u4A} = 1 \cdot 0,21 + 0,038 = 0,248$$

$$h_{u4A} = 2 \cdot 0,248 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,054m$$

*Q 36l/s denean:*

$$A = 1$$

$$B = \frac{0,21}{(1)^{5/2}} = 0,21$$

$$K_{f4B} = 0,0175 \cdot 0,028 \cdot 1 \cdot 90 = 0,044$$

$$k_{u4B} = 1 \cdot 0,21 + 0,038 = 0,254$$

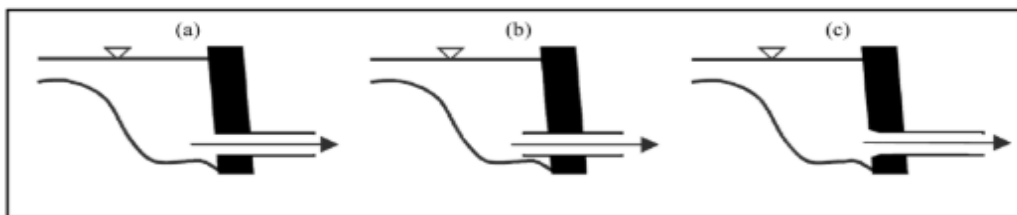
$$h_{u4B} = 2 \cdot 0,254 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,014m$$

$$h_{uTA} = h_{u1} + h_{u2} + h_{u3} + h_{u4A} = 0,04 + 0,027 + 0,028 + 0,054 = \mathbf{0,149 m}$$

$$h_{uTB} = h_{u1} + h_{u2} + h_{u3} + h_{u4B} = 0,04 + 0,027 + 0,028 + 0,014 = \mathbf{0,109 m}$$

### 3.4. Hodi behartuaren sarreran karga galera

Hiru mota ezberdinetakoa izan daiteke sarrera hori 26. irudian ikus daitekeen moduan. Sarrera bakoitzak  $K_p$  ezberdina dauka, 13. taulan adieraziko direnak:



Irudia 26: hodi behartuko sarrera motak  
Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008

Kasua	(a)	(b)	(c)
$K_s$	0,42	0,8-1	0,01-0,05

Taula 13: Sarrerako karga galeren kasu ezberdinen  $K$  koefizienteen balore ezberdinak  
Iturria: Jose Francisco Sanz Osorio, 2008

Lehenagotik eraikitako kasua A kasua da, hau da, ertz biziko itxurako sarrera daukana. Kasu honetan  $K_s=0,42$  da.

$$h_s = k_s \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_s = 0,42 \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} = \mathbf{0,046 m}$$

### 3.5. Saretako karga galerak

Ura sareta garbitzaileetatik pasatzean turbulentsia bat sortzen du eta honek karga galera txiki bat sortzen du, baina beharrezkoa da kontuan hartzea. Galera hau Kirchner-en ekuazioaren bitartez kalkulatu da:

$$h_t = k_t \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \sin\theta$$

Non:

- $k_t$  saretaren formaren araberako parametroa
- $t$  barraren lodiera
- $b$  barren arteko banaketa
- $\theta$  saretaren angelua

Sareta hartunearen bezala, 90 graduko angelu bat sortzen jarriko da. Hori dela eta ez dira galerak gehigarriak egongo sareten posizioaren arabera.

Barren lodiera 1 mm-koa hartuko da eta haien arteko banaketa 10 mm.  $K_t$  parametroaren balorea 2,42 izango da, barra hauen ertzak zuzenak izango direlako.

$$h_t = 2,42 \cdot \left(\frac{0,001}{0,01}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{1,47^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \sin 90 = \mathbf{0,0123\ m}$$

### 3.6. Galera totalak

Karga galera totalaren balioa lehen mailakoen eta bigarren mailakoen arteko batura eginez lortuko da. 14. taulan adierazten da laburbilduz orain azaldu diren formuletak emaitzak. Bi tarteetan banatu dira emaitzak. Lehen zatia, emari osoa joango dena denbora oro eta bigarrena, turbina bakarra edo biak lan egotearen araberakoa izango da. Taula honen bidez ikus daitezke emaria handitzen den heinean marruskadura galera handiagoa izango dela baina beste galerak txikiagoak. Eta orokorrean emari bikoitzarekin galerak ia erdiak direla ere.

Galera motak	Lehen zatia 182 m		Bigarren zatia 2,51 m	
	Q= 72l/s	Q= 36 l/s	Q=72l/s	
Marruskadura	1,92 m	0,008 m	0,026 m	
Balbulak	0,219	0,066	0,016	
Ukondoak	0,095	0,054	0,014	
Sarrera	0,046	-	-	
Sareta garbitzaile	0,0123	-	-	
Zatika guztira	2,29	0,128	0,056	
	<b>Guztira</b>	<b>2,43 m</b>	<b>2,33 m</b>	

Taula 14: Galera mota ezberdinen karga galerak, emari ezberdinen eta tarte ezberdinen araberakoa.  
Iturria: Eraketa propioa

Hurrengo formulatan bi kasu ezberdinen arabera galera mota bakoitzaren totalak batu dira galera totalak kalkulatzeko. A kasua, turbina bat lanean egongo balitz bezala izango da, bertatik

emari dena joanda, hau da 72 l/s. Bigarrena ordea, B kasua, bi turbina lanean egongo balira moduan izango da eta turbina bakoitzetik 36 l/s-ko emaria joango da.

$$\Delta h_{TA} = h_{fTA} + h_{bTA} + h_{uTA} + h_s + h_t = 1,946 + 0,285 + 0,149 + 0,046 + 0,012 = \mathbf{2,43\ m}$$

$$\Delta h_{TB} = h_{fTB} + h_{bTB} + h_{uTB} + h_s + h_t = 1,928 + 0,236 + 0,109 + 0,046 + 0,012 = \mathbf{2,33\ m}$$

Datu hauekin deduzitu daiteke zein den hodien galeren ehuneko

$$galeren\ \% = H_T/H_b$$

$$galeren\ \% = \frac{2,43}{38,76} = 0,062 \rightarrow \%6,2$$

Mota honetako instalakuntzetan galerak %10-aren inguruan egoten dira, kasu honetan balioak baxuagoa eman du, beraz diseinu egokia egina dagoela ikus daiteke.

## 4. ERANSKINA: JAUZI GARBIA ETA HODI BEHARTUAREN ERRENDIMENDU HIDRAULIKOA

Instalakuntzako jauzi garbia jauzi gordinari karga galerak kenduz lortuko da. Karga galerak bi kasu ezberdinetarako kalkulatu direnez, jauzi garbia ere bi kasuetarako kalkulatu da.

$$H_n = H_g - \Delta h$$

A kasuan:  $H_{nA} = 38,76 - 2,43 = \mathbf{36,33\ m}$

B kasuan:  $H_{nB} = 38,76 - 2,33 = \mathbf{36,43\ m}$

Errendimendu hidraulikoak, jauzi garbia eta gordina erlazionatzen ditu, hau da, jauzi hidraulikoaren efizientzia neurtzen du eta honela kalkulaten da:

$$\eta_{h,t.f.A} = \frac{H_g}{H_n} = \frac{36,33}{38,76} = 0,937$$

$$\eta_{h,t.f.B} = \frac{H_g}{H_n} = \frac{36,43}{38,76} = 0,939$$



## 5. ERANSKINA: TURBINAREN DISEINUA

Atal honetan turbinaren elementuen diseinua egiteko aplikatutako kalkuluak azaltzen dira. Diseinua honetan oinarritzen da: injektoreak turbinara sartzen den fluxua bizkortu eta erregulatzen du, eta sekzio angeluzuzeneko zurrutada gurpilaren sabelerantz bideratzen du, lehen bultzada bat emanez, gurpilaren barnealdea zeharkatu eta bigarren bultzada bat eman diezaien besoei, turbinaren deskargarantz irten aurretik.

### 5.1. Abiaduren diagrama

Turbina baten errodetearen besoen profilak errodetearen puntu bakoitzeko abiadura-diagramen arabera zehazten dira. Diagrama hauek zehazteko, beharrezkoa da injektoreko irteerako uraren abiadura definitzea. Injektoreko irteerako emaria errodeteko sarrera emariaren berbera izango da. Orain erabili beharreko formula denak azalduko dira, eta koefiziente bakoitzaren balio ere azalduz. Eta amaieran taula batean azalduko dira bi kasu ezberdinentzat lortutako emaitzak eta bakoitzaren sarrerako eta irteerako abiaduren diagramak.

Kalkuluetarako jauzi garbia izango da erabilitako balio bakarra eta bi kasuetan ikusi ahal izan da nahiko antzerakoa edo ia berdina ematen duela. Horregatik abiadura diagramak ia berdinak izango dira. kasuetako balio desberdintasun handiena emaria dagoelako.

Injektoreko irteerako uraren abiadura hurrengoa da:

$$C_2 = K_c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_n}$$

Non,

$K_c$ : Injektoreko abiadura koefizientea, 0,98 hartuko da.

$H_n$ : Zentraleko jauzi garbia

Abiadura tangenziala:

$$U_2 = K_u \cdot C_2 \cdot \cos(\alpha_2)$$

$K_u$ : abiadura tangenzialaren koefizientea, akzioko turbinetan 0,5 inguruko balioa hartzen du.

$\alpha_2$ : ura errodetarantz orientatzen den angelua, praktikan 16° ingurukoa da.

Aurreko abiadurekin abiadura erlatiboa kalkulatzeko da:

$$W_2 = C_2 \sqrt{1 - K_u \cdot (2 - K_u) \cdot \cos^2(\alpha_2)}$$

Hiru abiadurak eta angelua behin sortzean  $\beta_2$  angelua determinatzen da.

Errodetearen barnean, abiadura triangeluak berdinak direla betetzen da, hurrengo berdintzengatik:

$$U_1 = U'_1$$

$$C_1 = C'_1$$

$$\alpha_1 = \alpha'_1$$

$$\beta'_1 = 180^\circ - \beta_1$$

Beraz hurrengo konklusiora heltzen da:

$$\beta'_1 = \beta_1 = 90^\circ$$

Errodetetik uraren irteeran, abiadura diagrama bat sortzen da non:

$$U'_2 = U_2 = K_u \cdot C_2 \cdot \cos(\alpha_2)$$

$$\beta_2 = 180^\circ - \beta'_2$$

$$\beta'_2 = \arcsin \left[ \frac{\sin(\alpha_2)}{\sqrt{1 - K_u \cdot (2 - K_u) \cdot \cos^2(\alpha_2)}} \right]$$

Abiadura erlatiboa modu honetan adierazita egongo zen:

$$W'_2 = K_f \cdot W_2$$

Non  $K_f$  abiadura erlatiboaren koefizientea den eta errodeteen besoetan uraren marruskadurarekiko galera adierazten du, bere balioa 0,98 inguru azaltzen da.

Abiadura hauekin errodetearen irteerako uraren abiadura absolutua lortzen da, formula honekin lortzen dena:

$$C'_2 = C_2 \cdot \sqrt{K_f^2(1 - K_u(2 - K_u)\cos^2(\alpha_2)) + K_u^2 \cdot \cos^2(\alpha_2) - 2K_f \cos^2(\alpha_2) \cdot (1 - K_u)K_u}$$

Irteerako angelua errodetearen tangentearekiko hurrengo formularekin lortzen da:

$$\alpha'_2 = \arcsin \left[ \frac{K_f \cdot \sin(\beta'_2) \sqrt{1 - K_u \cdot (2 - K_u) \cdot \cos^2(\alpha_2)}}{\sqrt{K_f^2 + K_u \cdot \cos^2(\alpha_2) \cdot (K_u - K_f^2 \cdot (2 - K_u) - K_f)}} \right]$$

Ikusi daitekenez abiadura diagramak jauzien arabekoak dira solik eta angeluak jauziarekiko eta emariaren baldintzekiko askeak dira.

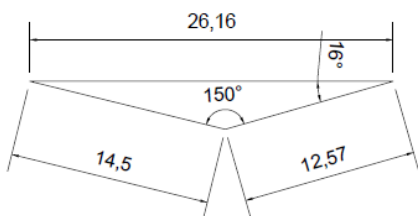
Hurrengo taulan 15. *taula* emari bakoitzerako lortutako abiadura ezberdinak eta angeluak azalduko dira eta irudietan (27. *irudia*) diagramak.

A				B			
Q=72 l/s eta Hn=36,33 m				Q=36 l/s eta Hn=36,43 m			
Sarrera		Irteera		Sarrera		Irteera	
C <sub>2</sub>	26,16	C' <sub>2</sub>	7,07	C <sub>2</sub>	26,20	C' <sub>2</sub>	7,08
U <sub>2</sub>	12,57	U' <sub>2</sub>	12,57	U <sub>2</sub>	12,59	U' <sub>2</sub>	12,59
W <sub>2</sub>	14,50	W' <sub>2</sub>	14,21	W <sub>2</sub>	14,52	W' <sub>2</sub>	14,23
β <sub>2</sub>	150,17	β' <sub>2</sub>	29,83	β <sub>2</sub>	150,17	β' <sub>2</sub>	29,83
α <sub>2</sub>	16	α' <sub>2</sub>	87,78	α <sub>2</sub>	16	α' <sub>2</sub>	87,78

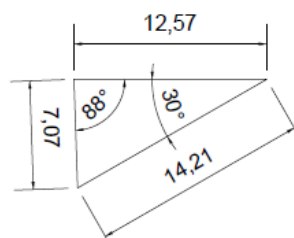
Taula 15: Kasu bakoitzerako abiadura diagramak marrazteko beharrezko datuen emaitzak.  
Iturria: Eraketa propioa

### A kasua

Sarrerako abiadura diagrama

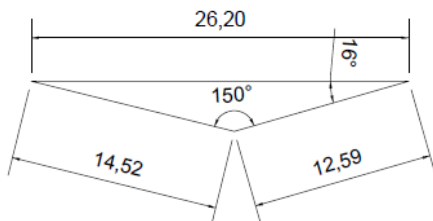


Irteerako abiadura diagrama

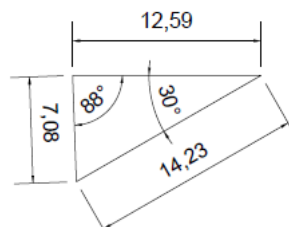


### B kasua

Sarrerako abiadura diagrama



Irteerako abiadura diagrama



Irudia 27: Sarrera eta irteerako abiaduren diagramak A eta B kasuetan.  
Iturria: Eraketa propioa

## 5.2. Turbinaren efizientzia hidraulikoa

Turbinaren efizientzia hidraulikoa kalkulatzeko turbinen ekuazio orokorra aplikatzen da:

$$\eta_h \cdot g \cdot H = U_2 \cdot C_2 \cdot \cos \alpha_2 - U'_2 \cdot C'_2 \cdot \cos \alpha'_2$$

Eta hemendik efizientzia hidraulikoa, kasu bietarako berdina hartuko da, ez delako kontuan hartzen abiadura ezta altuera gabia.

$$\eta_h = 2 \cdot k_c^2 \cdot \cos^2 \alpha_2 \cdot K_u (1 - K_u) (1 + K_f)$$

$$\eta_h = \% 88$$

### 5.3. Turbinaren ardatzeko potentzia

Turbinaren ardatzeko potentzia kalkulatzeko turbinaren errendimendua hartuko da kontuan soilik. Bi kasu ezberdinak kalkulatuko dira.

$$P_{ardatz} = g \cdot H_n \cdot Q \cdot \eta_h$$

*A kasuan:*

$$P_{ardatzA} = 9,81 \cdot 36,33 \cdot 0,072 \cdot 0,88 = 22,54 \text{ KW}$$

*B kasuan:*

$$P_{ardatzB} = 9,81 \cdot 36,43 \cdot 0,036 \cdot 0,88 = 11,32 \text{ KW}$$

Baina potentzia hau turbina bakoitzean izango, eta bi kokatuta daudenez, potentzia totala bikoitza izango da:

### 5.4. Zentral hidroelektrikoak sortuko lukeen potentzia orokorra:

Zentraleko potentzia kalkulatzeko errendimendu denak hartuko dira kontuan, hau da, turbinarenaz aparte, sorgailu, biderkatzaile eta transformadorearena ere.

- a. *Sorgailua:*  $\eta_g = \%95$
- b. *Biderkatzailea:*  $\eta_b = \%98$
- c. *Transformatzailea:*  $\eta_{tr} = \%100$

Errendimendu denak jakinda, emaria eta altuera garbiarekin batera, zentralak sortuko lukeen potentzia kalkulatu da, horretarako hurrengo formula aplikatuz. Oraingoan ere bi kasuetarako emaitzak kalkulatu dira:

$$P_e = \eta_h \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \eta_{tr} \cdot Q \cdot H_n \cdot g$$

A kasua:

$$P_{eA} = 0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 0,072 \cdot 36,33 \cdot 9,81 = \mathbf{21,02 \text{ KW}}$$

B kasua:

$$P_{eB} = 0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 0,036 \cdot 36,43 \cdot 9,81 = \mathbf{10,54 \text{ KW}}$$

$$P_{eBT} = P_{eB} \cdot 2 = \mathbf{21,08 \text{ KW}}$$

Bi kasuetan emaitza ia berdinak lortu dira.

## 6. ERANSKINA: DESKARGA UBIDEA

Uraren erregimena turbinen irteeran zurrunbilotsua izango da, beraz, Manning-en formula aplikatu daiteke. Lauki itxura daukan ubidea diseinatuko da, eta bukaera ona daukan hormigoi armatu batez estalita joango da. Horretarako erabilitako formula:

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n \cdot p^{2/3}}$$

A: Bustitako azalera  $A = b \cdot y$

R: Erradio hidraulikoa  $R = \frac{A}{p}$

S: Inklinazioa, kasu honetan %1,15

n: Manning-en koefizientea, 0,012

p: Bustitako perimetroa,  $p = b + 2y$

Q: Emaria, 0,072 m<sup>3</sup>/s

Datu eta formula hauek kontuan hartuta formula orokorrean ordezkatuta uraren tirante normala lortuko da. Horretarako oinarriaren zabalera 0,5 m bezala hartuko da eta ezponda 1,5:1.

y= 0,315 = 31,5 zm izango da.

A= 0,1575 m<sup>2</sup>

p=1,13 m

R= 0,139 m

Bere ibilbidea eta profilak 7 *planoan* adieraziko dira.

## 7. KONEXIOA SARE ELEKTRIKORA

Zentral hidroelektrikoan sortutako energia, sare elektrikorara zabalduko da. Energiaren garraio hori lur azpitik egingo da. Horretarako lur azpiko zanga bat eginez. Zanga honen dimentsioa 0,65x0,4 m-koa izango da. Bere barnean kapa bikoitzeko polietilenoko bi hodi izango ditu bakoitza 160mm-koa. Zanga bere luzera osoan hormigoituta joango da. Erabilitako eroalea 45 KV XLPE 1x400 mm<sup>2</sup> Al 500 mm<sup>2</sup> Cu pantailarekin izango da. Zangak HM-20 eta 5zm-ko lodierako hormigoizko zolata bat edukiko du hodien asenturako. Betetze lurrak minimo %95ko Proctor modifikatutako trinkotasun gradua eduki beharko du.

Lurrazpiko tentsio altuko linea zentral hidroelektrikotik Zaldibarren kokatutako goi tentsioko torre elektriko bateraino joango da. Ondorengo irudian (28. irudian) lerro gorriarekin ikus daiteke zein ibilbide egingo duen, eta distantzia 1080 metrokoa da. Torre horretatik elektrizitatea sarera bananduko da. Torrearen UTM30 koordenatuak hauek dira: (8. Planoa)

X: 540406.56 / Y: 4779969.02



*Irudia 28: Zentral hidroelektrikoan sortutako elektrizitatearen garraioa lurrazpiko tentsio altuko linea baten bitartez torre elektriko batera*

*Iturria: Eraketa propioa, QGIS programarekin*

Lurpeko linearen trazadura aukeratu aurretik, ahal den informazio guztia bilduko da (udaletan, zerbitzu publikoetako enpresetan, etab.) eremuan lehendik dauden lurpeko beste zerbitzu batzuei buruz, hala nola telefonia edo beste komunikazio-sare batzuk, ura, estolderia, gasa, argiteria publikoa eta tentsio ertaineko edo behe-tentsioko beste sare elektriko batzuk.

Gainera, eragindako erakundeei eskatuko zaizkie goi-tentsioko linearekiko gurutzaketetan edo paralelismoetan egon daitezkeen baldintzak edo arau bereziak.

Goi-tentsioko lurpeko linea lurperatzeko egin beharreko zangaren sakonera 1,25 metrotik gorakoa izango da, linearen sakonera aldatzera behartzen duten beste kanalizazio batzuekiko gurutzaketak izan ezik.

## 8. ZENTRALAREN ZIMENTAZIOA

Azterketa geologiko eta geoteknikoan ikusi ahal izan da zentrala eraikiko den lurrazalean eraikitze baldintzak onargarriak direla. Horretaz gain, bi arazoetako konkurrentzia motak dituela; geomorfologikoak eta hidrlogikoak.

- Itxurako pisu espezifikoa:  $17 \text{ KN/m}^3$
- Iragazkortasuna:  $K= 10^5 \text{ m/s}$
- Dentsitatea:  $d= 2,2-2,6 \text{ g/zm}^3$  artean.
- Porositatea (%)= 5-15

Informazio falta dela eta arazo hidrlogikoak direla eta erabaki da zentralaren zimendura laukizuzen itxurako zola bidez egite. Hau aurreatezatuko hormigoiaz egingo da. Lodiera 0,3 m-koa izango da, eta azalera  $16 \times 16 \text{ m}$ .



INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***AIXOLAKO URTEGIAN ZENTRAL  
HIDROELEKTRIKO BATEN BIDERAGARRITASUN  
IKASKETA***

***2. DOKUMENTUA- PLANOAK***

**Ikaslea:** Azkarate Agirre, Miren

**Zuzendaria (1):** Madrazo, Uribeetxebarria, Eneko

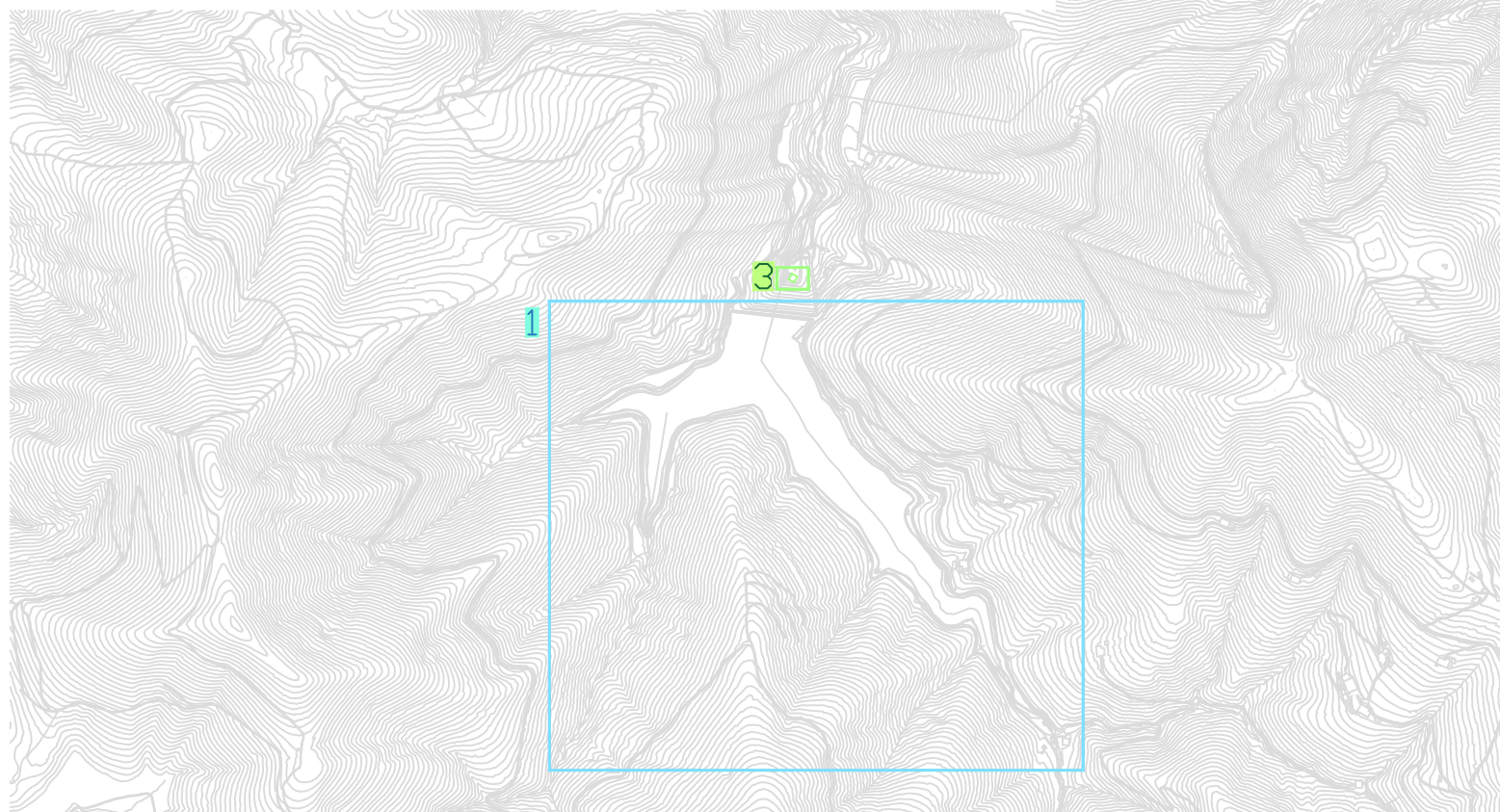
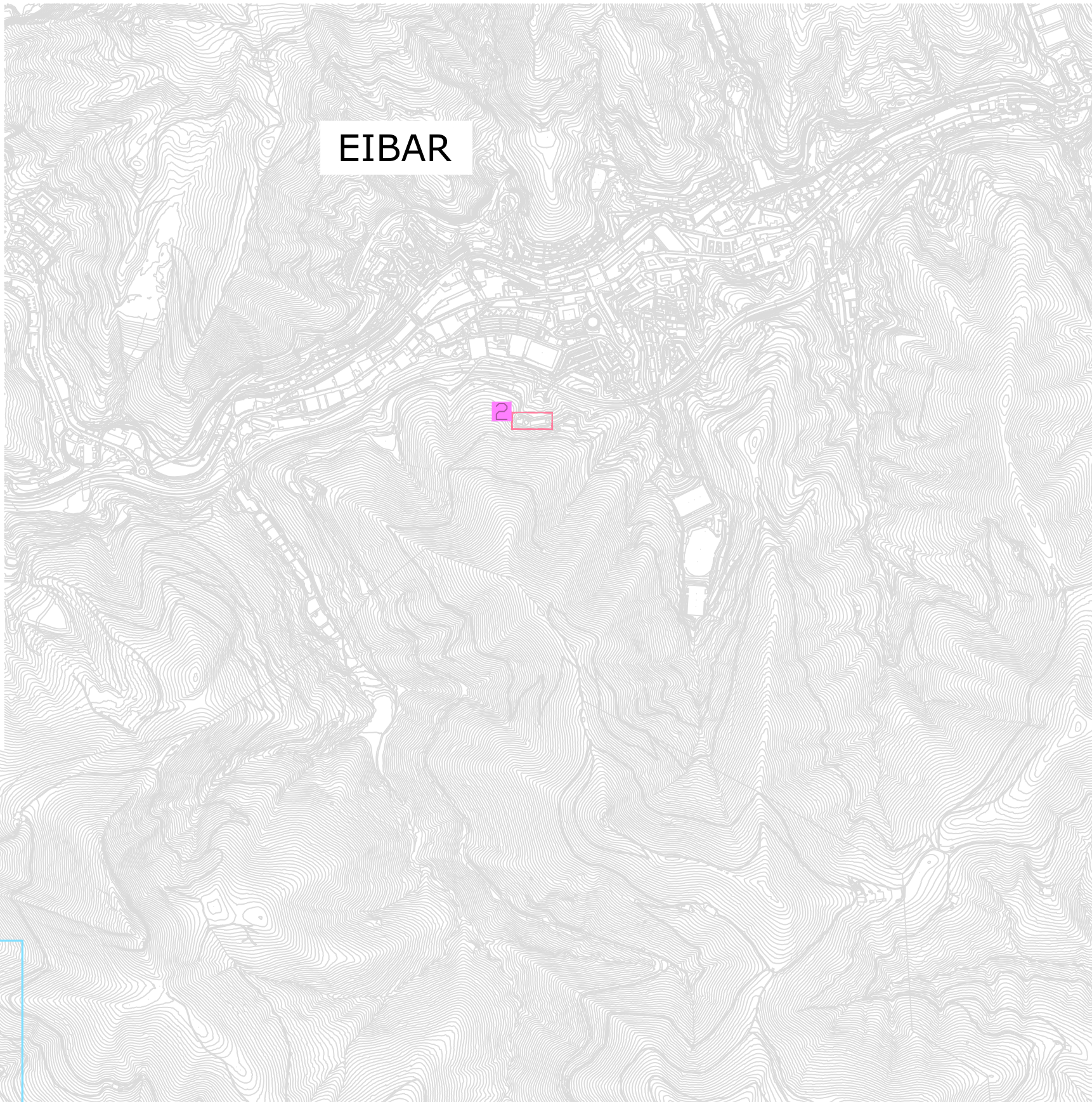
**Ikasturtea:** 2019-2020

**Data:** Bilbon, 2020ko uztailaren 20an

## **AURKIBIDEA**

Kokapena	1
Urtegiaren albo bateko bista	2
Gaur egungo egoera	3
Proposaturiko aukeraren oin planta	4
Hoditeria behartua	5
Zentraleko eraikinaren sekzioak	6
Deskarga ubidea	7
Lur azpiko konexio elektriko	8

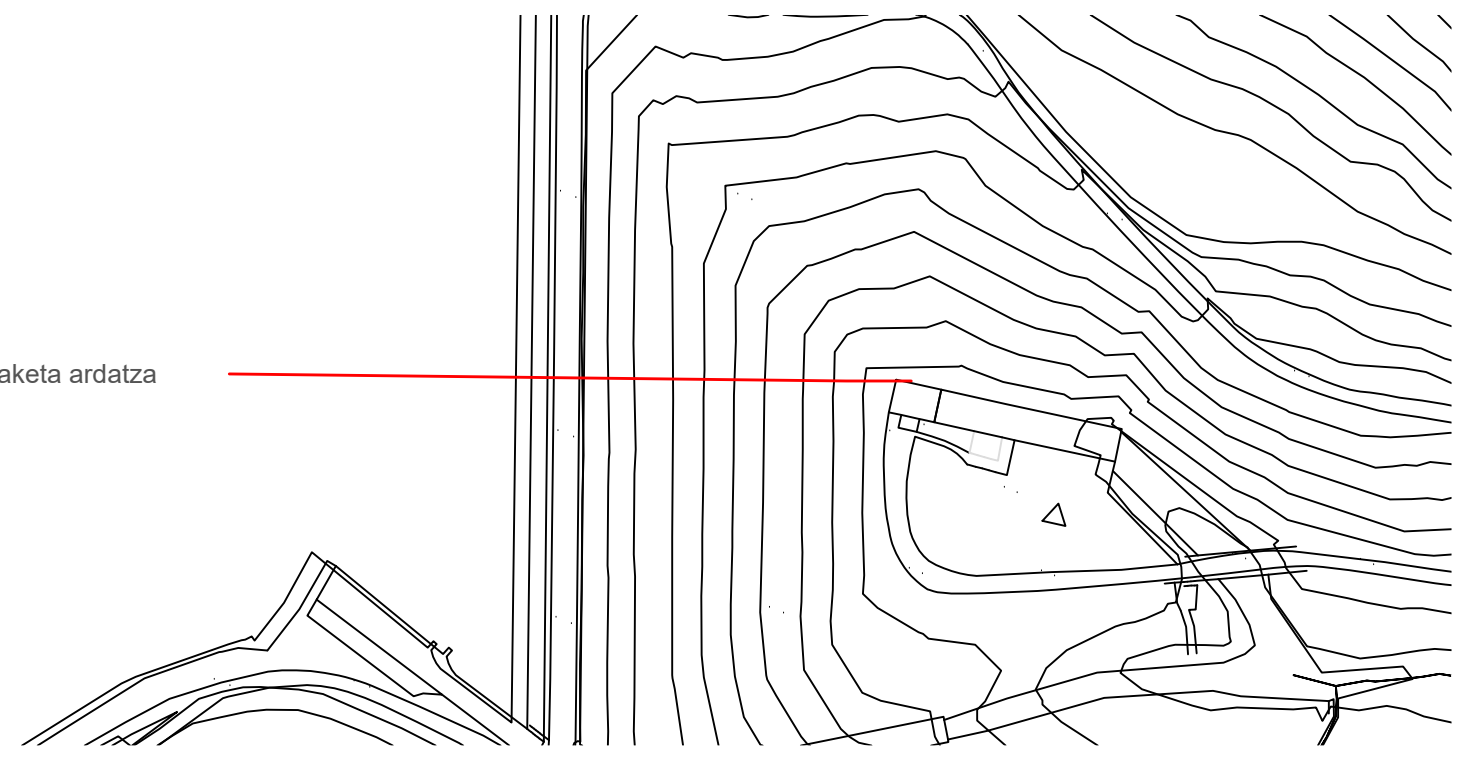
- Aixola Urtegia
- ETAP Ipurua
- Zentrala



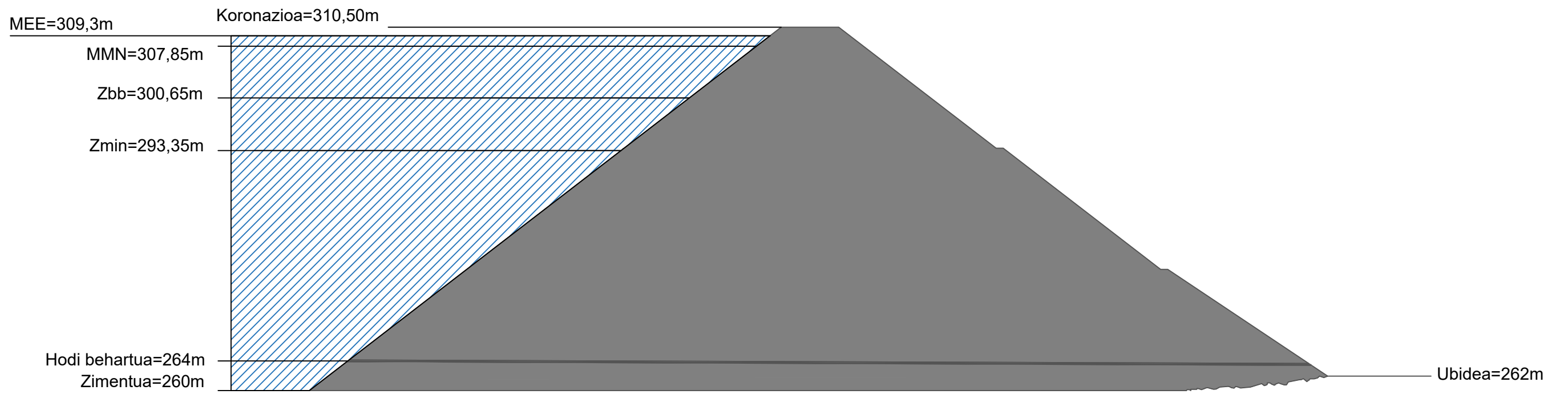
	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				
ESKALA	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa			Plano zk. 1
1:18000	KOKAPENA			

MEE: Urtegiaren kota Maximoa  
 MMN: Maila Maximo Normala  
 Zbb: Batezbesteko urtegiko uraren maila  
 Zmin: Urtegiko uraren maila minimoa

Ebaketa ardatza



GOITIKO BISTA  
 E: 1:1750

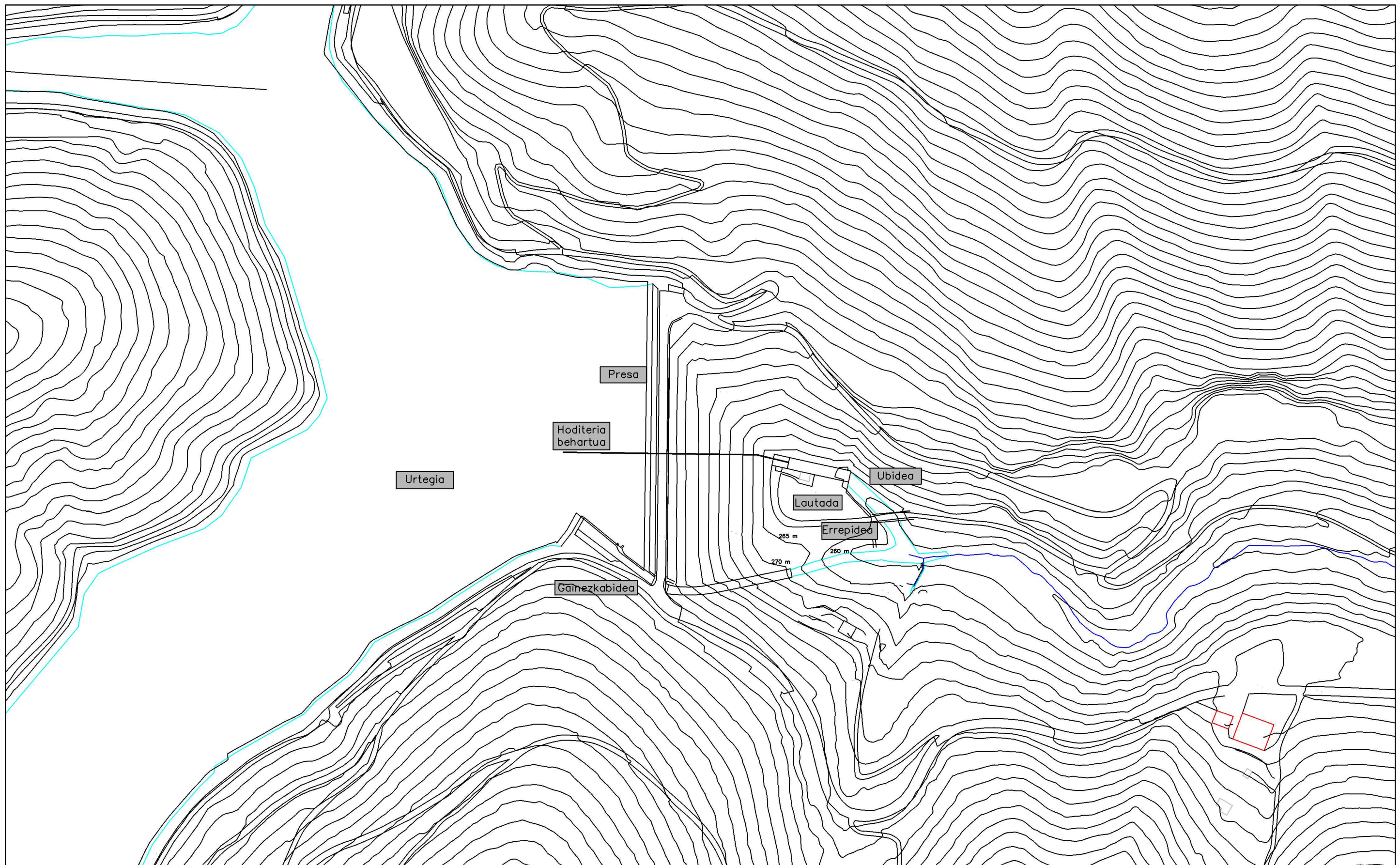


ALBO BATEKO BISTA

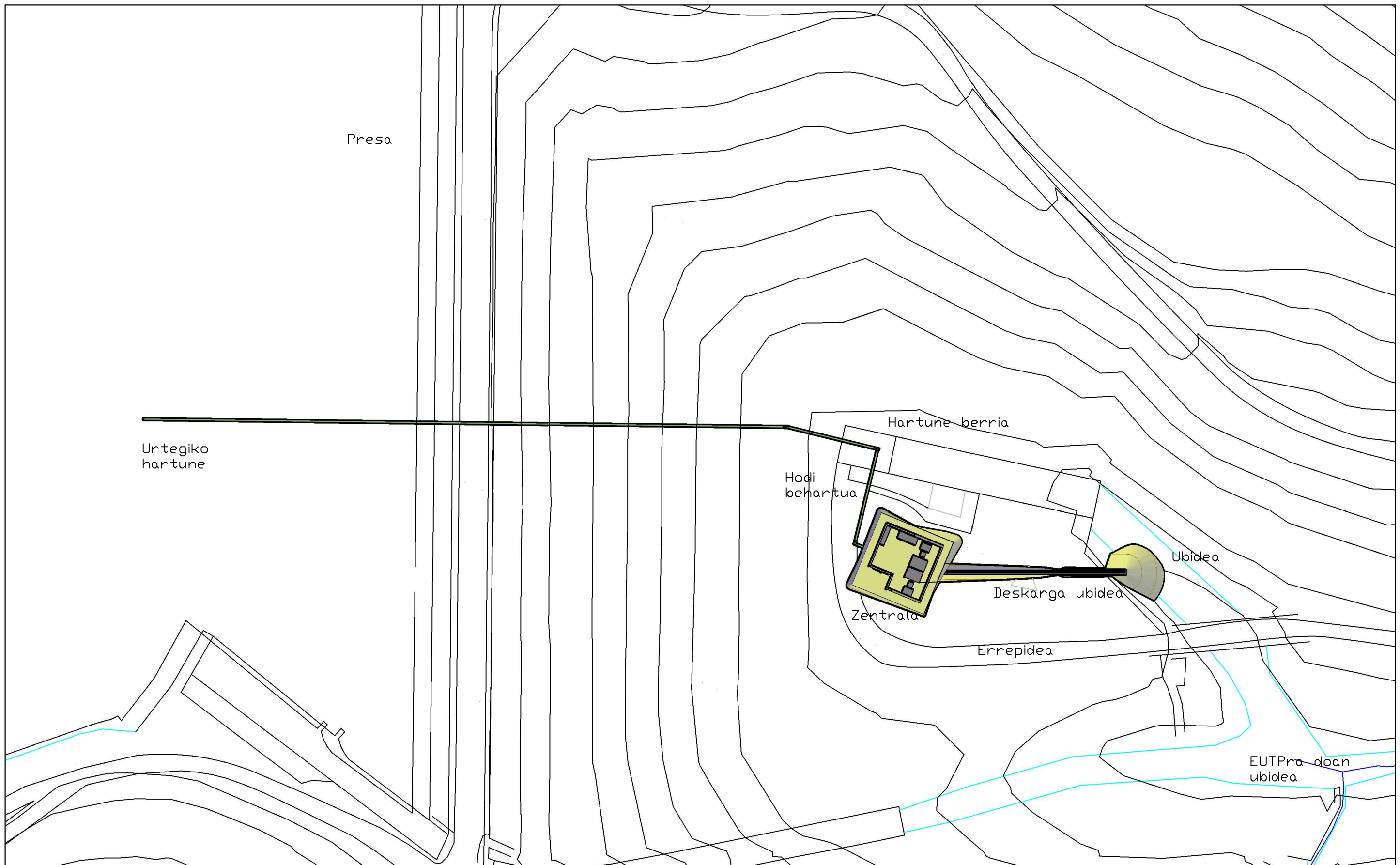
	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				
ESKALA	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa			Plano zk. 2
1:750	<b>URTEGIAREN ALBO BATEKO BISTA</b>			

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				Plano zk. 3
ESKALA	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa			
1:2500	EGUNGO EGOERA			



Presa

Urtegiko hartune

Hartune berria

Hodi behartua

Zentrala

Deskarga ubidea

Ubidea

Errepidea

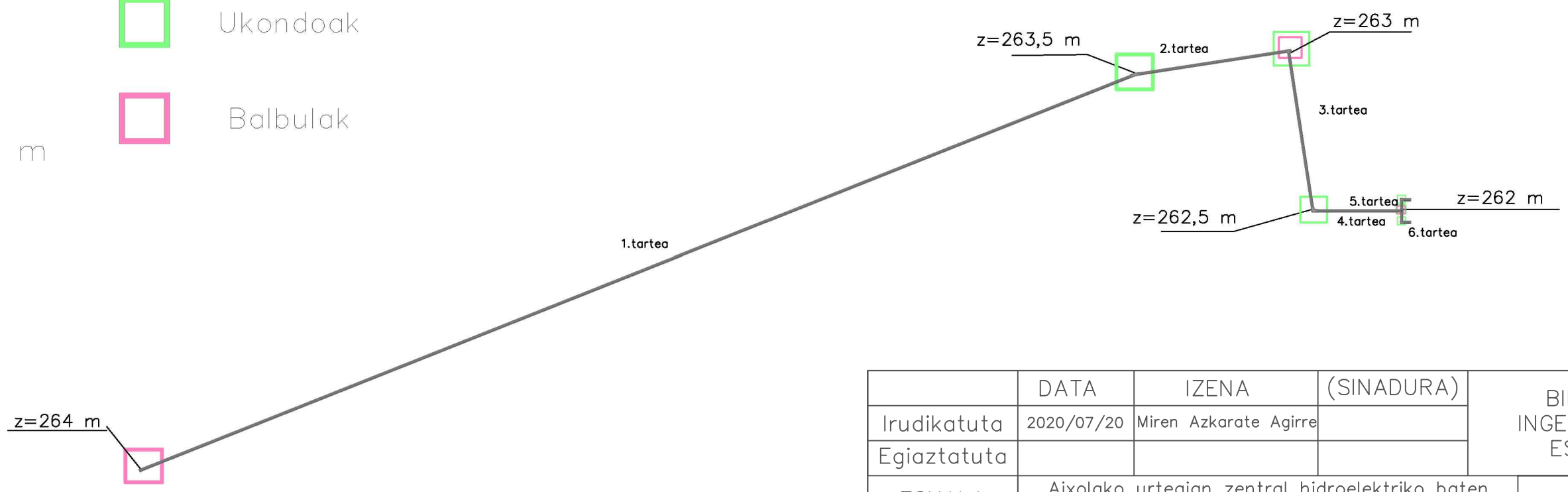
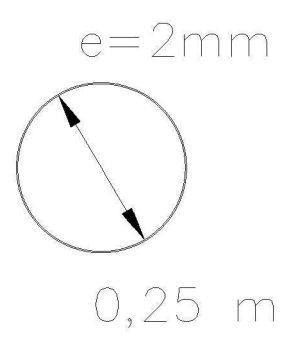
EUTPradaan ubidea

	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				
ESKALA	Aixolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa			Plano zk. 4
1:750	PROPOSATURIKO AUKERAREN OIN PLANTA			

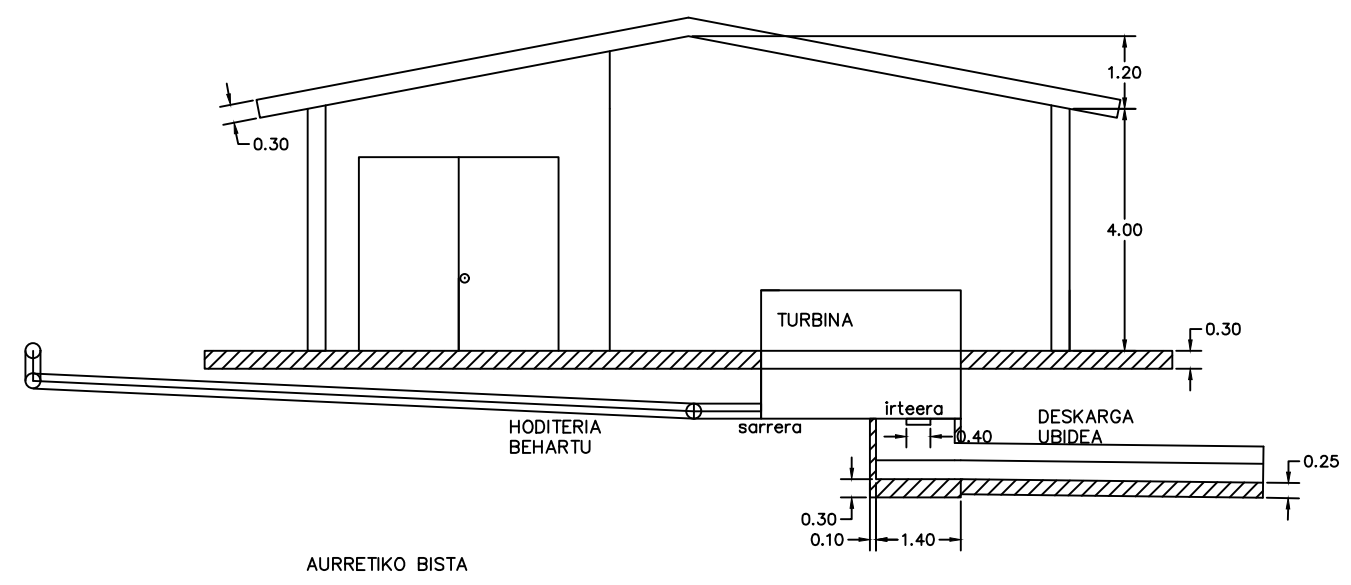
GOITIKO BISTA

Urtegia

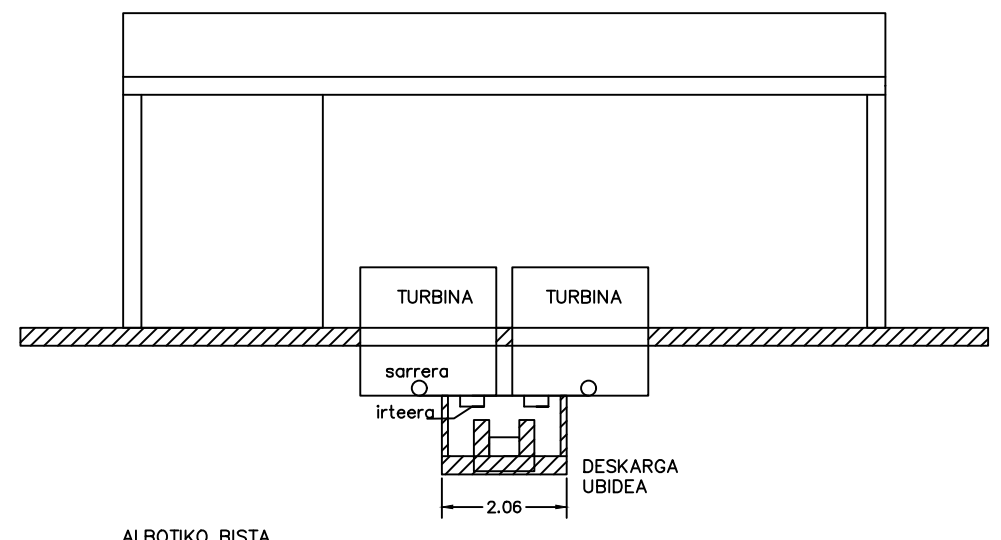
ALBO BATEKO BISTA



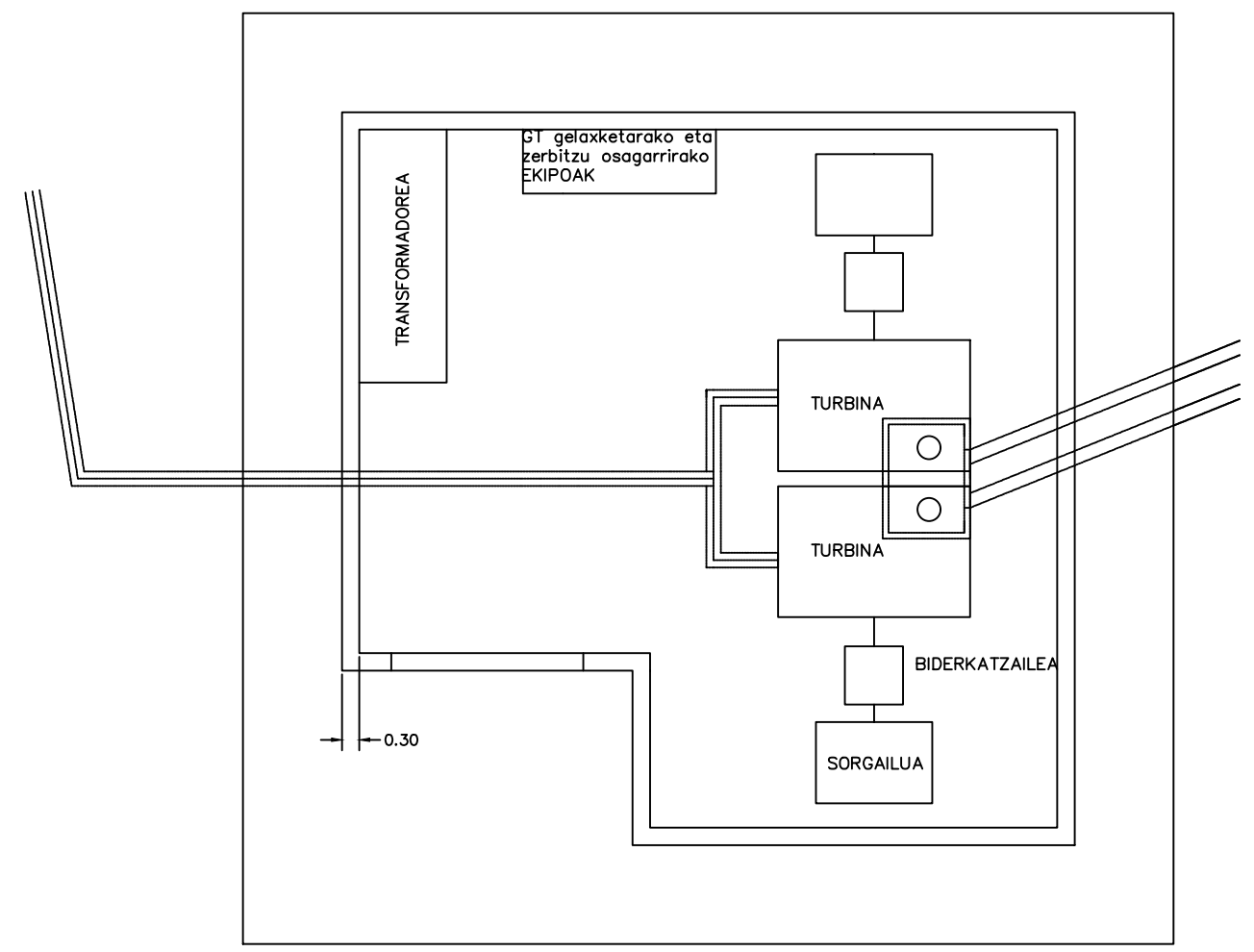
	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				Plano zk. 5
ESKALA 1:500	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa		HODITERIA BEHARTUA	



AURRETIKO BISTA



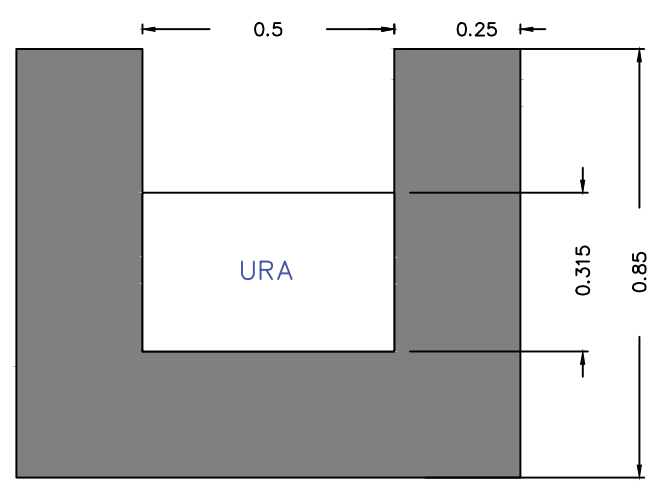
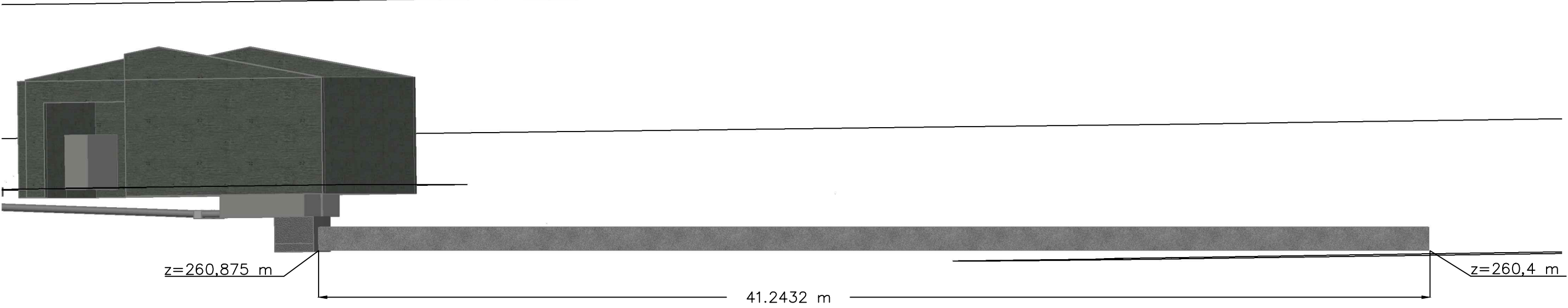
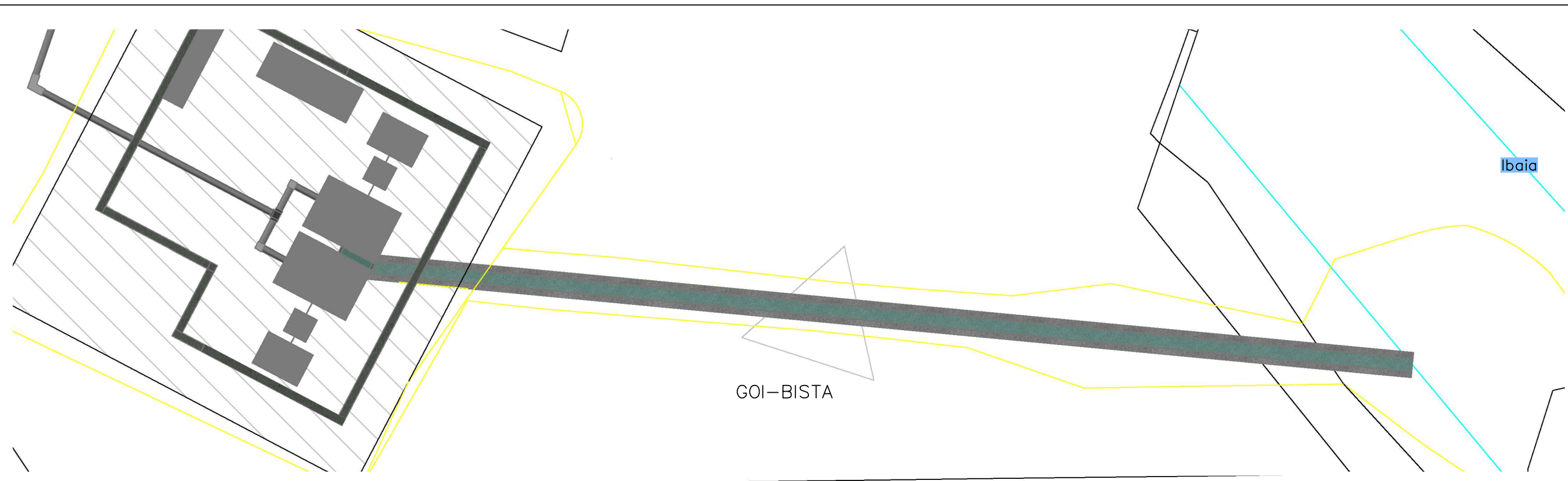
ALBOTIKO BISTA



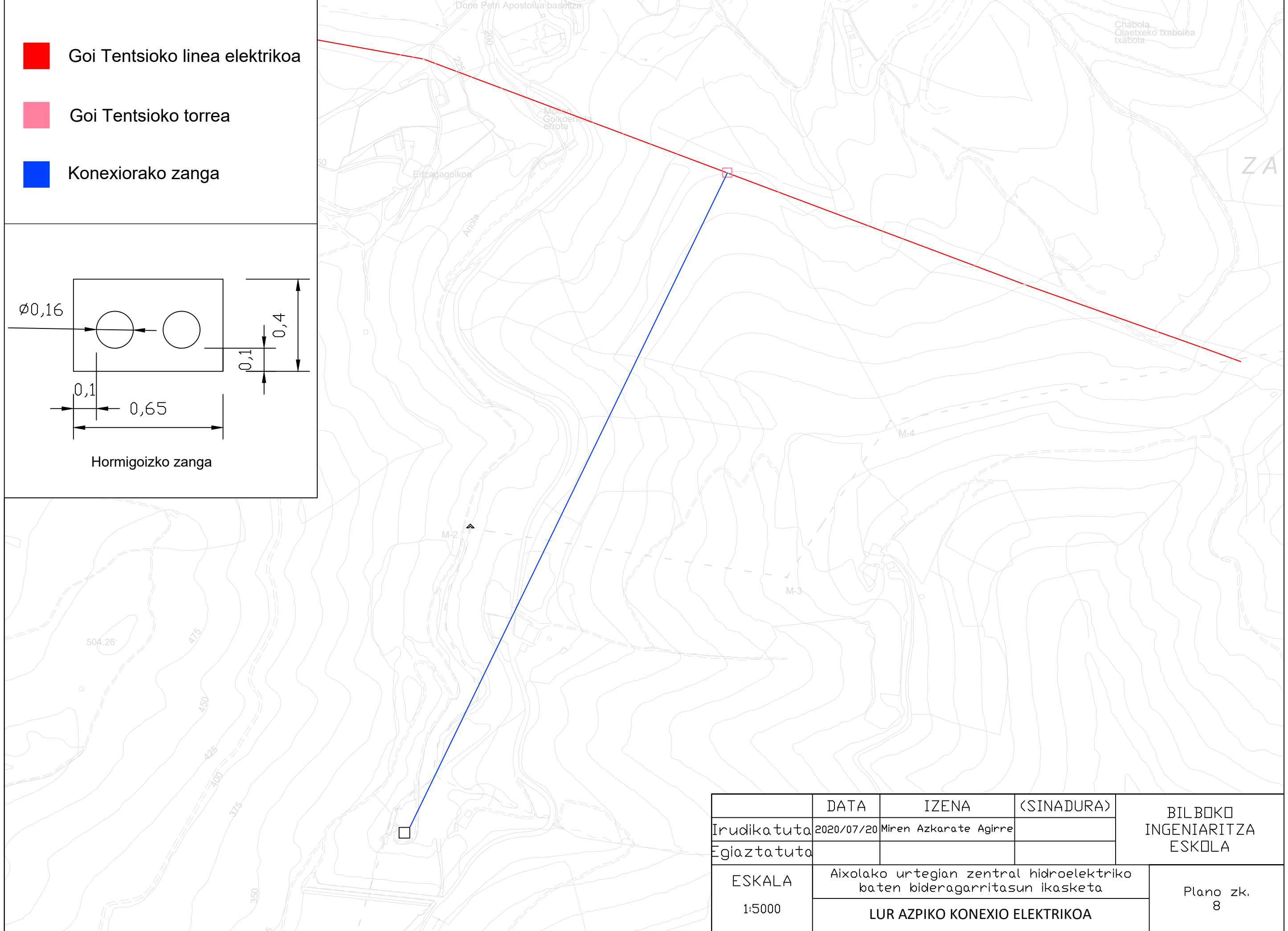
GOITIKO BISTA

	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				
ESKALA	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa			Plano zk. 6
1:125	ZENTRALEKO ERAIKINAREN SEKZIOAK			

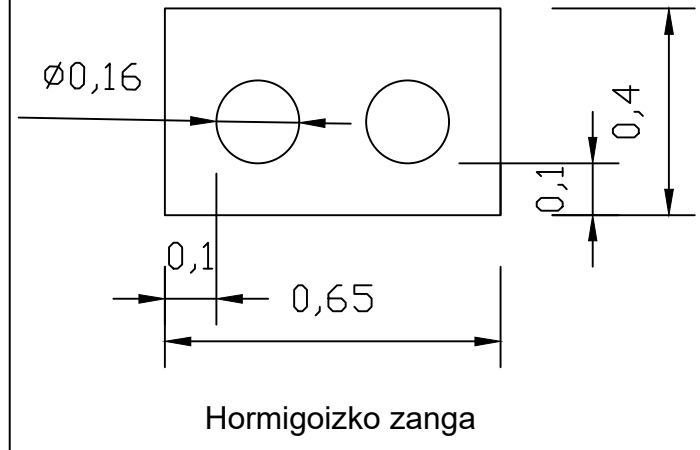




	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				Plano zk. 7
ESKALA 1:100	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa DESKARGA UBIDEAREN BISTAK			



- Goi Tentsioko linea elektrikoa
- Goi Tentsioko torrea
- Konexiorako zanga



	DATA	IZENA	(SINADURA)	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Irudikatuta	2020/07/20	Miren Azkarate Agirre		
Egiaztatuta				
ESKALA 1:5000	Aiolako urtegian zentral hidroelektriko baten bideragarritasun ikasketa			Plano zk. 8
	LUR AZPIKO KONEXIO ELEKTRIKOA			

INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA

# GRADU AMAIERAKO LANA

***AIXOLAKO URTEGIAN ZENTRAL  
HIDROELEKTRIKO BATEN BIDERAGARRITASUN  
IKASKETA***

***3. DOKUMENTUA- AURREKONTUA***

**Ikaslea:** Azkarate Agirre, Miren

**Zuzendaria (1):** Madrazo, Uribeetxebarria, Eneko

**Ikasturtea:** 2019-2020

**Data:** Bilbon, 2020ko uztailearen 20an

Dokumentu honetan obra hau aurrera eraman ahal izateko beharrezko aurrekontua kalkulatu da. Bi emaitza ezberdin lortuko dira, A kasua, turbina bakarra erabiltzen den kasurako eta B kasua, bi turbina erabiltzen diren kasurako. Aurrekontu hau energian oinarrituta egingo da, eta ez da eraikuntza aurrekontua.

### A kasua, turbina bakarra erabiliko den kasua:

Izenburua	Deskribapena	Unitatea	Neurketa	Unitate prezioa	Partidako prezioa
<b>Hartunea</b>					
<i>T itxurako balbula</i>	3 irteerako T itxurako balbula		1	38	38,00
					38,00 €
<b>Zentralaren eraikina</b>					
Garbiketa	Inguruko belarrak kentzeko	m3	25,6	1,13	28,93
Lur mugimenduak	Lur erauzketa	m3	396,97	1,83	726,46
	Ezponda	m3	148,98	9,2	1.370,62
	Soberako lurra gertuen dagoen biltegi batera eramatea	m3	247,99	1,09	270,31
Zimentazioa	0,3mko lodiera zola hormigoi armatuta	m3	76,8	176,06	13.521,41
Hormak	0,3mko lodiera hormigoi armatuta	m3	58,32	250,9	14.632,49
					30.550,20 €
<b>Deskarga ubidea</b>					
<i>Lur mugimenduak</i>	Lur erauzketa	m3	102,03	1,83	186,71
	Ezponda	m3	150,66	9,2	1.386,07
	Falta den lurra mailegutik	m3	48,62	1,03	50,08
<i>Zimentazioa</i>	Hormigoi armatuko 0,25mko zolata	m3	5,16	176,06	908,47
<i>Paretak</i>	0,25 meko lodierakoak zementukoak	m3	12,39	45	557,55
					3.088,89 €
<b>Zentraleko tresneria</b>					
<i>Hodi behartua</i>	Soldatutako altzairua 0,25m-koa	ml	33,41	61	2.038,01
<i>Ukondoak</i>	Galgaketa harikorra 0,25m-koa		4	9,89	39,56
<i>Tximeleta balbula</i>	0,25m-ko diametroko balbula		1	35	35,00
<i>Jaria gurutzatuko turbina</i>	<i>Ossberger markako turbina</i>		1	15.000,00	15.000,00
<i>Biderkatzailea</i>			1	1.000,00	1.000,00
<i>Sorgailua</i>			1	1.000,00	1.000,00
<i>Transformadorea</i>			1	2.816,71	2.816,71
<i>Armairua</i>	GT gelaxka eta zerbitzu osagarriko ekipoak		1	2.000,00	2.000,00
					23.929,28€
<b>Konexio elektrikoa</b>					
Sare elektrikoko kableak	45 KV XLPE 1x400 mm <sup>2</sup> Al 500 mm <sup>2</sup> Cu pantailarekin	ml	1080	16,16	17.452,80
					17.452,80 €
<b>Konexio sarerako zanga</b>					
Lur mugimendua	Lur erauzketa	m3	280,8	1,83	513,86
Zolata	0,05 m ko hormigoiarekin	m3	35,1	150,2	5.272,02

Kableak sartzeko hodiak	Kapa bikoitzeko polietilenoko bi hodi 0,16mko diametrokoak	m	1080	9,59	10.357,20
Zanga betetzea	Hormigoia masarekin betetzea	m3	237,37	87,8	20.841,09
					<b>36.984,17 €</b>
<b>Gauzatze Materialaren Aurrekontua</b>					<b>112.043,34</b>
Gastu orokorra (% 13)					14.565,63 €
Industria mozkina (% 6)					6.722,60 €
<b>Partziala guztira</b>					<b>133.331,57 €</b>
Balio Erantsiaren gaineko Zerga (%21)					27.999,63 €
<b>KONTRATUAREN BIDEZKO GAUZATZE- AURREKONTUA</b>					<b>161.331,20 €</b>

**B kasua, bi turbina erabiliko diren kasua:**

Izenburua	Deskribapena	Unitateak	Neurketak	Unitate prezioa	Partidako prezioa
<b>Hartunea</b>					
<i>T itxurako balbula</i>	3 irteerako T itxurako balbula		1	38	38,00
					38,00 €
<b>Zentralaren eraikina</b>					
Garbiketa	Inguruko belarrak kentzeko	m3	25,6	1,13	28,93
Lur mugimenduak	Lur erauzketa	m3	396,97	1,83	726,46
	Ezponda	m3	148,98	9,2	1.370,62
	Soberako lurra gertuen dagoen biltegi batera eramatea	m3	247,99	1,09	270,31
Zimentazioa	0,3mko lodiera zola hormigoi armatuta	m3	76,8	176,06	13.521,41
Hormak	0,3mko lodiera hormigoi armatuta	m3	58,32	250,9	14.632,49
					30.550,20 €
<b>Deskarga ubidea</b>					
<i>Lur mugimenduak</i>	Lur erauzketa	m3	102,03	1,83	186,71
	Ezponda	m3	150,66	9,2	1.386,07
	Falta den lurra mailegutik	m3	48,62	1,03	50,08
<i>Zimentazioa</i>	Hormigoi armatuko 0,25mko zolata	m3	5,16	176,06	908,47
<i>Paretak</i>	0,25 meko lodierakoak zementukoak	m3	12,39	45	557,55
					3.088,89 €
<b>Zentraleko tresneria</b>					
<i>Hodi behartua</i>	Soldatutako altzairua 0,25m-koa	ml	45,96	61	2.803,56
<i>Ukondoak</i>	Galgaketa harikorra 0,25m-koa		6	9,89	59,34
<i>Tximeleta balbula</i>	0,25m-ko diametroko balbula		2	35	70,00
<i>Jaria gurutzatuko turbina</i>	<i>Ossberger markako turbina</i>		2	15.000,00	30.000,00
<i>Biderkatzailea</i>			2	1.000,00	2.000,00
<i>Sorgailua</i>			2	1.000,00	2.000,00
<i>Transformadorea</i>			1	2.816,71	2.816,71
<i>Armairua</i>	GT gelaxka eta zerbitzu osagarriko ekipiak		1	2.000,00	2.000,00
					41.749,61 €
<b>Konexio elektrikoa</b>					
Sare elektrikoko kableak	45 KV XLPE 1x400 mm <sup>2</sup> Al 500 mm <sup>2</sup> Cu pantailarekin	ml	1080	16,16	17.452,80
					17.452,80 €
<b>Konexio sarerako zanga</b>					
Lur mugimendua	Lur erauzketa	m3	280,8	1,83	513,86
Zolata	0,05 m ko hormigoiarekin	m3	35,1	150,2	5.272,02
Kableak sartzeko hodiak	Kapa bikoitzeko polietilenoko bi hodi 0,16mko diametrokoak	m	1080	9,59	10.357,20
Zanga betetzea	Hormigoia masarekin betetzea	m3	237,37	87,8	20.841,09

	36.984,17
<b>Gauzatze Materialaren Aurrekontua</b>	<b>129.834,74€</b>
Gastu orokorra (% 13)	16.878,52 €
Industria mozkina (% 6)	7.790,08 €
<b>Partziala guztira</b>	<b>154.503,34 €</b>
Balio Erantsiaren gaineko Zerga (%21)	32.445,70 €
<b>KONTRATUAREN BIDEZKO GAUZATZE- AURREKONTUA</b>	<b>186.949,04 €</b>