

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)***

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)**

1. DOKUMENTUA – AURKIBIDE OROKORRA

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

AURKIBIDE OROKORRA	I
IRUDIEN AURKIBIDEA	V
TAULEN AURKIBIDEA	VII
SIGLEN AURKIBIDEA	VIII

AURKIBIDE OROKORRA

2. DOKUMENTUA: Memoria

2.1 HITZAURREA	3
2.2 TESTUINGURUA	4
2.2.1 Itsasoaren ahalmen energetikoa	4
2.2.2 Aurrekari historikoak	4
2.2.3 Itsas energia moten azterketa	6
2.2.3.1 Gradiente termikoak:	6
2.2.3.2 Gatz kontzentrazio gradienteak:	6
2.2.3.2.1 Atzeratutako presioko osmosia:	7
2.2.3.2.2 Nahasketa kapazitiboa	7
2.2.3.2.3 Alderantzizko elektrodialisia	7
2.2.3.2.4 Alderantzizko elektrodialisi kapazitiboa	7
2.2.3.3 Itsas bio konbertsioa:	7
2.2.3.4 Eguzki energia fotovoltaiko flotatzailea	7
2.2.3.5 Itsas haizeak	8
2.2.3.6 Itsas korronteak:	9
2.2.3.7 Itsasaldien energia	9
2.2.3.7.1 Itsasaldien sorrera	9
2.2.3.7.2 Teknologia	10
2.2.3.8 Olatuen energia:	11
2.2.3.8.1 Olatuen sorrera:	11
2.2.3.8.2 Sailkapena	11
2.2.3.8.2.1 Posizio araberako sailkapena:	11
2.2.3.8.2.2 Tamaina araberako sailkapena	12
2.2.3.8.2.3 Eragiketa printzipioa araberako sailkapena:	12
2.2.3.8.3 Gaurko teknologia: OWC-ak	13
2.2.3.8.4 Proiektuak	13
2.3 PROIEKTUAREN HELBURUAK	14
2.4 OINARRI TEORIKOAK	15
2.4.1 Olatuen sorrera	15
2.4.2 Olatu iragankorren hedapena	16
2.4.3 Itsas olatuen mekanika	17
2.4.4 Olatu motak	18
2.4.5 Olatu Linealen teoria	19
2.4.6 Olatu ez-linealen teoria	20
2.4.6.1 Stokes-en olatu teoria	20
2.4.7 Itsas sakoneraren aldaketen ondorioak olatuaren ezaugarrietan	21
2.4.7.1 Errefrakzioa	21

2.4.7.2 Erreflexioa	21
2.4.7.3 Difrakzioa	21
2.4.8. Oszilazioen deskripzio matematikoa	21
2.4.8.1 Oszilazio askea	21
2.4.8.2 Oszilazio behartuak	23
2.4.8.3 Oszilazio behartuta uretan	24
2.4.8.4 Fenomenoen azalpen ez matematikoa	24
2.4.8.4.1 Erantsitako masaren kontzeptu fisikoa	24
2.4.8.4.2 Erradiazioa moteldura kontzeptu fisikoa	25
2.4.9 WEC-en (Olatuen energia bihurgailuaren) dinamika	25
2.4.9.1 Olatuen energiaren xurgaketaren printzipioa	25
2.4.9.2 Hidroestatika	25
2.4.9.2.1 Uraren zurruntasuna	26
2.4.9.3 Erresonantziaren azalpen praktikoa	27
2.4.9.4 Response Amplitude Operators (RAO)	28
2.4.9.5 OCW finko-aren idealizazioa	28
2.4.9.5.1 OWC geometria	28
2.4.9.5.2 Moteldura gabeko azterketa	29
2.4.9.5.3 Motelduraren eraginaren azterketa	29
2.4.9.5.4 Sistemaren ezaugarrien laburpena	31
2.4.10 Antzekotasun dinamikoa: Froude zenbakia	31
2.4.11 Wavemaker Theory	32
2.5 AURREKONTUA	33
2.6 BIBLIOGRAFIA	34

3. DOKUMENTUA: METODOLOGIA

3.1 KOEFIZIENTE HIDRODINAMIKOEN LORPENA	1
3.1.1 EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA	1
3.1.1.1 OWC ganbara	1
3.1.1.2 Pistoï pneumatikoa	3
3.1.1.3 Ultrasoinu sentsoreak	3
3.1.1.4 Ultrasoinu sentsoreen euskarria	4
3.1.1.5 Huts ponpa	4
3.1.1.6 Olatu kanala	5
3.1.1.7 Kontrol-sistema	5
3.1.1.8 Muntaketaren deskribapena	5
3.1.2 ESPERIMENTUAREN DISEINUA	6
3.1.2.1 Planteamendua	6
3.1.2.2 Entseguaren diseinua	6

3.1.2.3 Entsegu kanpaina.....	6
3.1.2.4 Entseguaren argazki bidezko azalpena	7
3.1.2.4.1 Pistoiaaren mugimendua	7
3.1.2.4.2 Uraren konportamendu hidrodinamikoa	7
3.1.2.4.3 Sentsoreen irakurketak	8
3.1.3 DATUEN ANALISIA	9
3.1.3.1 Datuen aukeraketa	9
3.1.3.2 Datuen prozesaketa.....	9
3.2 ANPLIFIKAZIOA: RAO KURBA.....	13
3.2.1 EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA.....	13
3.2.1.1 OWC ganbera	13
3.2.1.2 Ultrasoinu sentsoreak.....	13
3.1.1.3 Ultrasoinu sentsoreen euskarriak.....	13
3.1.1.3.1 Ganbera barruko euskarria	13
3.1.1.3.2 Olatu kanaleko euskarria.....	13
3.1.1.4 Kontrol-sistema.....	14
3.1.1.5 Olatu sortzailea.....	14
3.1.1.5.1 Hardware atala	14
3.1.1.5.2 Kontrol atala.....	14
3.1.1.6 Olatu kanala.....	15
3.1.1.7 Muntaketaren deskribapena.....	15
3.2.2 ESPERIMENTUAREN DISEINUA	15
3.2.2.1 Planteamendua.....	15
3.2.2.2 Entseguaren diseinua	15
3.2.2.2.1 Entseguaren prestaketa.....	15
3.2.2.2.2 Entseguaren burutzea	15
3.2.2.3 Entsegu kanpaina.....	16
3.2.2.4 Entseguaren argazki bidezko azalpena	17
3.2.3 DATUEN ANALISIA	18
3.2.3.1 Datuen aukeraketa	18
3.2.3.2 Datuen prozesaketa.....	22
4. DOKUMENTUA : EMAITZAK ETA ONDORIOAK.....	1
4.1 LEHENENGO ESPERIMENTUAREN EMAITZAK.....	1
4.1.1 Entseguetatik lortutako kurbak	1
4.1.2 Maiztasunaren kalkulua	2
4.1.3 Moteltze indizearen kalkulua	3
4.1.4 Erantsitako masaren kalkulua.....	4
4.1.5 Moteltze faktorearen kalkulua	5

4.1.6 SENER-en emaitzak:	6
4.2 BIGARREN ESPERIMENTSAREN EMAITZAK	8
4.2.1 RAO kurba	8
4.2.2 Olatu sortzailearen akatsak	11
4.3 ONDORIOAK	13

I. ERANSKINA : PROGRAMAZIOA

II. ERANSKINA: OWC FINKOAREN PLANOA

II.1 OWC MULTZOA

II.2 OWC OSATZEN DUTEN XAFLEN NEURRIAK

IRUDIEN AURKIBIDEA

Irudia 2.1: Energia maila olatu mota bakoitzeko.....	14
Irudia 2.2: Olatuaren ezaugarriak.....	15
Irudia 2.3: Le Mehaute diagrama.....	16
Irudia 2.4: Olatu lineala eta ez-linealaren arteko desberdintasuna.....	19
Irudia 2.5: Sistema oszilatzaile baten diagrama.....	20
Irudia 2.6: Mugimendu oszilakor motelduaren hiru motak.....	21
Irudia 2.7: Anplitude dinamikoaren diagrama.....	22
Irudia 2.8: Uhin interferentzia.....	23
Irudia 2.9: Gorputz bat uretan dauzkan mugimenduak.....	24
Irudia 2.10: Gorputz-malguki sistema.....	25
Irudia 2.11: Gorputz-ura sistema.....	26
Irudia 2.12: Ganberaren eskema.....	26
Irudia 2.13: Olatu sortzailearen funtzio kurbak.....	30
Irudia 3.1: Mutriku ganberako neurriak.....	1
Irudia 3.2: Eskala faktorea aplikatu osteko neurriak.....	1
Irudia 3.3: Aztertuko den ganberaren neurriak.....	2
Irudia 3.4: OWC-aren argazkia.....	2
Irudia 3.5: OWC-aren argazkia.....	2
Irudia 3.6: OWC-aren argazkia.....	2
Irudia 3.7: Pistoiaaren argazkia.....	3
Irudia 3.8: Pistoiaaren argazkia.....	3
Irudia 3.9: Sentsorea.....	3
Irudia 3.10: Sentsorea.....	3
Irudia 3.11: Sentsorearen euskarri eta 3D inprimatzailea.....	4
Irudia 3.12: Sentsoreen euskarriak.....	4
Irudia 3.13: Ponpa.....	4
Irudia 3.14: Olatu kanala.....	5
Irudia 3.15: Ganbera kanalean kokatua.....	5
Irudia 3.16: Mugimendu oszilakor motelduaren grafika.....	9
Irudia 3.17: Anplitudearen kurba.....	10
Irudia 3.18: Olatu baten periodoa.....	10
Irudia 3.19: Programazioa: Abzisa ardatzako ebaketak.....	11
Irudia 3.20: Programazioa: Maximoak bilatu.....	12
Irudia 3.21: Kanaleko euskarria.....	13
Irudia 3.22: Kanaleko euskarria.....	13
Irudia 3.23: Olatu sortzailea.....	14
Irudia 3.23: Olatu sortzailea.....	14
Irudia 3.25: Delta ASDA softwarea.....	14
Irudia 3.26: Uhin sortzailea.....	14
Irudia 3.27: RAO kurba teorikoa.....	16
Irudia 3.29: Excel.....	19
Irudia 3.30: Hartutako datuen grafikoa.....	19
Irudia 3.31: Programazioa: Lehenengo olatua atera.....	20
Irudia 3.32: Programazioa: Batez-bestekoa.....	21
Irudia 3.33: Programazioa baino lehen.....	22
Irudia 3.34: Programazio ostean.....	22
Irudia 3.35: Ebaketak abzisa ardatzean.....	23
Irudia 3.36: Sortutako Excel taula.....	23
Irudia 3.37: Excel taula.....	24
Irudia 3.38: Excel.....	24
Irudia 3.39: Excel.....	25
Irudia 3.40: Gauss kanpaia.....	26
Irudia 3.41: Programazioa: Tipifikazioa eta olatu hautaketa.....	27

Irudia 4.1: Entseguetatik lortutako kurba.....	1
Irudia 4.2: Kurba normalizatua.....	1
Irudia 4.3: Entsegu guztien kurbak normalizatuta.....	2
Irudia 4.4: Moteltze faktoreen desberdintasuna.....	4
Irudia 4.5: Masa erantsiaren grafika.....	5
Irudia 4.6: Moteltze faktorearen grafika.....	6
Irudia 4.7: SENER-en lortutako emaitzak.....	6
Irudia 4.8: Emaitzen grafikak.....	7
Irudia 4.9: Emaitzen grafikak.....	7
Irudia 4.10: Lehenengo kriterioaren RAO kurba.....	8
Irudia 4.11: Bigarren kriterioaren RAO kurba.....	8
Irudia 4.12: Hirugarren kriterioaren RAO kurba.....	9
Irudia 4.13: Hiru kriterioen RAO kurben konparaketa.....	9
Irudia 4.14: Entseguen hodei puntua.....	10
Irudia 4.15: Hodei puntua filtratuta.....	11
Irudia 4.16: Periodo desberdintasunen grafika.....	11
Irudia 4.17: Periodo desberdintasunen grafika.....	12
Irudia 4.18: Altuera desberdintasunen grafika.....	12

TAULEN AURKIBIDEA

Taula 3.1: Entsegu kanpaina.....	6
Taula 3.2: Pistoiaren mugimendua.....	7
Taula 3.3: Uraren mugimendua.....	7
Taula 3.4: Ordenagailuan hartutako datuak.....	8
Taula 3.5: Entsegu kanpainia.....	17
Taula 3.6: Olatu sortzailea.....	17
Taula 3.7: Olatu hedaketa.....	17
Taula 3.8: Oszilazioa ganbera barruan.....	18
Taula 3.9: Sortutako grafikoak.....	25
Taula 4.1: Periodoak.....	2
Taula 4.2: Maiztasunak.....	2
Taula 4.3: Maiztasun angeluarra.....	2
Taula 4.4: Maiztasunen datuak ur maila desberdinetarako.....	3
Taula 4.5: Moteltze indizeak.....	3
Taula 4.6: Masak.....	4
Taula 4.7: Masa osoa.....	5
Taula 4.8: Erantsitako masa.....	5
Taula 4.9: Masa erantsia ehunekotan.....	5
Taula 4.10: Moteltze faktorea.....	6
Taula 4.11: Periodo desberdintasunak.....	11
Taula 4.12: Periodo desberdintasunak.....	12
Taula 4.13: Altuera desberdintasunak.....	12

SIGLEN AURKIBIDEA

BiMEP: Biscay Marine Energy Platform

OWC: Oscillating Water Column

RAO: Response Amplitude Function

WEC: Wave Energy Converter

Nature: Zientzia aldizkaria

P: Presioa

PV: Lana

λ : Uhin luzera

T : Periodoa

H : Olatu altuera

s : Olatu malda

k : Olatu zenbakia

ω : maiztasuna

g : grabitatea

h : Ur mail altuera

y : posizioa

π : Pi zenbakia

c : Uhinaren abiadura

u : Partikularen abiadura bertikala

v : Partikularen abiadura horizontala

t : Denbora

E : Energia mekanikoa

E_p : Energia potentziala

E_z : Energia zinetikoa

ρ : Dentsitatea

m : Masa

x : Posizioa

\ddot{x} : Azelerazioa

F : Indar konstantea

$F_{Malguki}$: Malgukiaren indarra

$F_{Indargetzaile}$: Moteldura indarra

K : Zurruntasuna

D : Moteldura faktorea

\dot{x} : Abiadura

ω_d : Sistemaren maiztasuna

δ : Moteltze indizea

$F(t)$: Indar aldakorra

A : Anplitudea

$F_{Erradiazio}$: Erradiazio indarra

Δh : Altuera aldaketa

$F_{hidrostatiko}$: Indar hidrostatikoa

m_{∞} : Erantsitako masa

γ : Moteldura indizea

m_0 : Gorputz masa

φ : Desfasea

ω_0 : Maiztasun naturala

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)**

2. DOKUMENTUA - MEMORIA

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

2. DOKUMENTUA: MEMORIA	1
2.1 HITZAURREA	1
2.2 TESTUINGURUA	2
2.2.1 Itsasoaren ahalmen energetikoa	2
2.2.2 Aurrekari historikoak	2
2.2.3 Itsas energia moten azterketa	4
2.2.3.1 Gradiente termikoak :.....	4
2.2.3.2 Gatz kontzentrazio gradientea :.....	4
2.2.3.2.1 Atzeratutako presioko osmosia :	5
2.2.3.2.2 Nahasketa kapazitiboa	5
2.2.3.2.3 Alderantzizko elektrodialisia	5
2.2.3.2.4 Alderantzizko elektrodialisi kapazitiboa	5
2.2.3.3 Itsas bio konbertsioa :.....	5
2.2.3.4 Eguzki energia fotovoltaiko flotatzailea	5
2.2.3.5 Itsas haizeak	6
2.2.3.6 Itsas korranteak :	7
2.2.3.7 Itsasaldien energia	7
2.2.3.7.1 Itsasaldien sorrera	7
2.2.3.7.2 Teknologiak	8
2.2.3.8 Olatuen energia :.....	9
2.2.3.8.1 Olatuen sorrera :.....	9
2.2.3.8.2 Sailkapena	9
2.2.3.8.2.1 Posizio araberako sailkapena :.....	9
2.2.3.8.2.2 Tamaina araberako sailkapena	10
2.2.3.8.2.3 Eragiketa printzipioa araberako sailkapena :	10
2.2.3.8.3 Gaurko teknologia: OWC-ak	11
2.2.3.8.4 Proiektuak	11
2.3 PROIEKTUAREN HELBURUAK	12
2.4 OINARRI TEORIKOAK	13
2.4.1 Olatuen sorrera	13
2.4.2 Olatu iragankorren hedapena	14
2.4.3 Itsas olatuen mekanika	15
2.4.4 Olatu motak	16
2.4.5 Olatu Linealen teoria	17
2.4.6 Olatu ez-linealen teoria	18
2.4.6.1 Stokes-en olatu teoria	18
2.4.7 Itsas sakoneraren aldaketen ondorioak olatuaren ezaugarrietan	19
2.4.7.1 Errefrakzioa	19
2.4.7.2 Erreflexioa	19

2.4.7.3 Difrakzioa	19
2.4.8. Oszilazioen deskripzio matematikoa	19
2.4.8.1 Oszilazio askea.....	19
2.4.8.2 Oszilazio behartuak	21
2.4.8.3 Oszilazio behartuta uretan	22
2.4.8.4 Fenomenoen azalpen ez matematikoa.....	23
2.4.8.4.1 Erantsitako masaren kontzeptu fisikoa	23
2.4.8.4.2 Erradiazioa moteldura kontzeptu fisikoa	23
2.4.9 WEC-en (Olatuen energia bihurgailuaren) dinamika	23
2.4.9.1 Olatuen energiaren xurgaketaren printzipioa	23
2.4.9.2 Hidroestatika.....	24
2.4.9.2.1 Uraren zurruntasuna	24
2.4.9.3 Erresonantziaren azalpen praktikoa.....	25
2.4.9.4 Response Amplitude Operators (RAO).....	26
2.4.9.5 OCW finko-aren idealizazioa	26
2.4.9.5.1 OWC geometria	26
2.4.9.5.2 Moteldura gabeko azterketa	27
2.4.9.5.3 Motelduraren eraginaren azterketa	27
2.4.9.5.4 Sistemaren ezaugarrien laburpena	29
2.4.10 Antzekotasun dinamikoa: Froude zenbakia.....	29
2.4.11 Wavemaker Theory.....	30
2.5 AURREKONTUA.....	31
2.6 BIBLIOGRAFIA.....	32

2. DOKUMENTUA: MEMORIA

2.1 HITZAURREA

Erregai fosilen bukaera heldu da, sortzen duten ingurune ondorio latzak eta bere baliabide naturalen eskasia funtsezkoak izan dira alternatiba energetiko berrien agerpenerako. Etorkizun ez oso urrun batean, aukera berri hauek guztiz ordezkatzeko dituzte energia kutsakor klasikoak. Etorkizun honetara lehenbailehen heltzeak energia berriztagarrien ikerketa eta garapen programen eta lanen menpe egongo da. Mota berri hauen energiaren adibide gisa, Itsas energia daukagu. Itsasoa ahalmen energetiko erraldoia dauka, itsasoa kolektore bezala lan egiten du, Eguzkitik etorritako energia beste mota batzuetan bihurtuz.

Euskal Herriaren kasuan, gure ezaugarri geografikoak direla eta, olatuen energian daukagu elektrizitatea sortzeko baliabide bikaina. Horregatik instituzioek ikerketa eta garapen programa desberdinen bidez, baliabide berri honen azterketak egiten hasi dira, adibidez, BiMEP (Biscay Marine Energy Platform) proiektua, non olatu energia bihurtzaileen prototipo desberdinak entseatzen dira.

Olatu energia bihurtzaileak, olatuek sortzen duten mugimendu oszilakorrak baliatuz, elektrizitatea sortzen dute. Mugimendutik elektrizitatea bihurtzeko metodoak desberdinak dira, ulertzeko zailak, olatuek irregulartasuna eta dauzkaten ezaugarri ez-linealak azterketari konplexutasun maila altua ematen diotelako.

Bihurgailuen konportamendu hidrodinamikoa garrantzia handien duen atala da, olatuaren arabera bihurgailuak zelako jokaera edukiko duen aurreikusteak geometriaren diseinua eta kontrol sistema definitzeko izugarritzko inportantzia dauka. Gainera xurgapen energia kantitate handienak funtzionamendu puntua erresonantziatik gertu egoten denean ematen dira.

Olatuen energia xurgatzeko metodoen artean OWC (Oscillating Water Column) gailuak historian zehar gehien erabili eta aztertu direnak izan dira. Gailu hauek huts dauden egiturak dira aire eta urez beterik daudenak. Beheko aldean duten zulo baten bidez, barnea itsasoarekin konektatzen da, olatuen sartzeak eta ateratzeak egituraren barruan dagoen airea mugitzen du, airea turbina batetik pasaratzen da eta elektrizitatea sortzen du.

Lan honetan OWC baten azterketa esperimental egingo da. Azterketa bi esperimentuen bidez egingo da. Lan honetako lehenengo esperimentuan OWC-aren dinamika ekuazioa kalkulatu da. Dinamika ekuazioa sistemaren lau aldagaien menpe egongo da, posizioa, masa, zurruntasuna eta moteldura faktorea. Lan honetan lau aldagaiak kalkulatu egingo dira, ur masaren erorketa askea era esperimental batean simulatuz.

Lanaren bigarren esperimentuan OWC-aren erresonantzia aztertuko da, horretarako olatu periodo desberdinetarako zelako jokabidea edukiko duen aztertuko dugu, RAO (Response Anplitude Function) kurba kalkulatu. Olatu erasotzailearen anplitudearen eta OWC ganberaren oszilazioen anplitudearen arteko proportzionaltasuna kalkulatu egingo da periodo bakoitzeko.

OWC baten jokabide hidrodinamikoa aztertuz aparte, olatu energiaren aurrekariak eta olatu energiaren teoria errepatatuko dira, ere programazio baten bitartez, entseguetatik lortutako datuak analizatu egingo dira, mugimendu oszilakorra deskribatzen duen mugimenduaren anplitudea eta maiztasuna kalkulatu. Amaitzeko olatu sortzaile batek sortzen duen olatuen azterketa txikia egingo da.

Lan honen hurrengo urratsa, lanetik kanpo geratzen dena, bihurgailuen erantzun funtzioa aztertzea da, hau da, olatu mota zehatz baten aurrean gailuak edukiko duen jokabidea deskribatzen duen funtzioa definitzea.

2.2 TESTUINGURUA

2.2.1 Itsasoaren ahalmen energetikoa

Itsasoa daukan ahalmen energetikoaren ulertzeko, hauen gain eragina izaten duten fenomenoen eta indarren azterketa egitea beharrezkoa da. Analizatuko den lehenengo fenomenoak eguzki energia da. Urtero lurrera heltzen den batez-besteko eguzki potentzia $6 \cdot 10^4 \frac{MW}{h}$ dela kalkulatu da, $946 \cdot 10^6 TW \cdot h$ energia urtero, 2005-eko energia kontsumoen datua erreferentziatuz hartuz, $138.900 TW \cdot h$ izan zena, eguzkitik iritsitako energia munduko kontsumoa baino zazpi aldiz handiagoa da. Nahiz eta eguzki energia intentsitate txikikoa eta aldizkakoa izan itsasoetara ailegatzen den eguzki energia kantitatea izugarrikoa da. $361 \cdot 10^6 km^2$ -ko gainazalarekin eta $1.370 km^3$ -ko bolumenarekin, batez-besteko $194 \frac{W}{km^2}$ energia dentsitate baliorako $65 \cdot 10^6 GW$ potentzia kantitatea balioztatu da, munduko lehen mailako energia eskaera baino 4.000 aldiz handiagoa. Itsasoa energia biltzaile eta biltegitate sistema bezala jokatu du, energia biltzeko motak desberdinak dira eta forma desberdinak daukate: Bio-konbertsio fotosintetikoak eta energia biltzeko biomasa moduan, ur sakonera desberdinetako tenperaturen arteko gradienteak, gatz kontzentrazio ezberdinetako zonak, energia eolikoagatik sortutako olatuak eta azkenez, itsas-korronteak. Aztertutako bigarren efektua, fenomeno dinamikoa da. Eguzkia eta ilargiaren indar grabitatorioa eta luraren translazioa eta errotazioa arteko elkarrekintzek sortzen duten fenomeno dinamikoa. Gertakari hauen ondorioa itsasaldien sorrera da, hauen energia $3 \cdot 10^6 MW$ -tan kalkulatu da. Aurreko guztia kontutan hartuta, hurrengo energia motak defini daitezke:

1. Gradiente termikoak
2. Gatz kontzentrazio gradienteak
3. Itsas haizeak
4. Bio-konbertsioak
5. Itsas-korronteak
6. Itsasaldi energia
7. Olatu-energia

2.2.2 Aurrekari historikoak

Gizakia eta itsasoa harreman oso estua daukate, historian zehar beti ustiatu izan da itsasoetan pilatutako energia, beti ere teknologia eta teknika ustiapen muga bezala edukita. Gaur egun arte gehien aztertu den itsas energia motak olatu-energia, itsasaldi-energia eta itsas-haize energia dira. Adibide argi bat, itsasaldi errotak dira, hauek gatz eta zereala ehotzeko erabiltzen ziren. Ozeano Atlantikoaren kostaldean zehar eraiki egin ziren, Holanda, Britainia Handia, Belgika, Frantzia, Portugal edo Espainian egon ziren honelako makinak. Britainia Handian, XI. mendean eraikitako errotak aurkitu dira. Itsasaldean energia potentziala maximoa zen guneetan jartzen ziren, eta uraren igoera eta jaitsiera periodikoaz baliatuz, mekanismoak eragiten ziren errotaren harriak mugitzeko. Itsasaldia igotzean paduraren goiko guneak uraz betetzen dira, itsasgora ailegatu arte, momentu honetan konporta sistema baten bidez ura atxikitzen da, itsasaldia jaistean eta mailen

arteko desberdintasun nahikoa dagoenean, ura biltzen duen sistema irekitzen da, ur fluxu bat sortuz, fluxu hau gurpil bat biratzen du, harriak mugituz. Txinan XII. Mendean olatu errotak sortzen dira, normalean mekanismo eragiteko edo ontzien propulsió bezala erabiltzeko.

1799. urteko Uztailaren 19ra arte ez dago itsas energiarekin erlazionatutako berrikuntzarik. Girard izeneko asmatzailea eta bere semea, Parisen, olatuen indarragatik mugitzen zen palanka bat sortu zuten, palanka hau plataforma flotagarri batean kokatuta zegoen, eta tresna mekanikoei mugimenduak indultzeko erabili ahal zen. Asmakizun hau ez zen inoiz eraiki, honen ostean olatu-energia aprobetxatzeko hainbat mekanismo berri sortu ziren baina inoiz garrantzi handikoak. Kalifornian, 1909. urtean olatu-energiatik energia elektrikora eman den lehenengo konbertsioa izan zen, olatu energiaren konbertsioaz baliatuz kai bati argindarra eman zen. Makina hau ekaitz baten ostean hondatu zen. 1910. Urtean Bouchaux-Praceique sorte handiagoa eduki zuen, sistema pneumatiko bati esker, 1 KW-ko energia elektrikoa lortu zuen bere etxea hornitzeko. 1921. urtean Monakoko Institutu Ozeanografikoa, olatuen energiaren baliatuz, ponpa baten bitartez ura 60 metrora igo zuen, 400 W-ko potentziarekin. 1959. urtean Walton Bott Maurizio uharteak elektrizitatea hornitzeko sistema bat diseinatu zuen, diseinua 5 MW-ko potentzia teorikoa zeukan, olatuak urtegi bat betetzeko erabiltzen ziren, urak horma batean jotzen zutenean bere gainetik pasatzen zuten urtegiaren amaituz, urtegiaren altuera igoz, altuera hori nahikoa izatean, ura turbina batetik pasatzen zen. Ez zen inoiz eraiki.

Yoshio Masuda Japoniar Marinako ofizial ohia, olatu-energiaren teknologia berriaren aitzak hartzen da. Itsas-buia bat garatu zuen hutsa barrutik zena, olatuen mugimenduagatik buia mugimendu oszilakor bat jarraitzen zuen, barruko airea konprimatuz eta xurgatuz, honen ondorio bezala turbina bat mugitzea lortzea. Buia honi, ur zutabe oszilakorra deituko zion, Oscillating Water Column, ingelesez, edo bere siglaz OWC ezagututa, gaur egungo erabilitako teknologia oso zabaldua. Bai Japonian bai Estatu Batuetan komertzializatu ziren. Masuda ere, 1976. urtean entsegu ontzi bat diseinatu zuen non OWC mota desberdinak frogatzeko balio izan zuen. 1970eko hamarkadako petrolio krisiaren eraginez energia berriztagarrien ikuspegia aldatu zen, eskala handiko itsas-energia produkzioaren interesa piztu zen. Institutuzio askok itsas-energia aukeratu zuten energia iturri giza eta proiektu kantitate handiak sortu ziren honen emaitzaz. Britainiako gobernuak 1975. urtean ikerketa eta garapen prozesu bat hasi zuen, honi esker hainbat prototipo sortu ziren olatu-energiaren konbertsioa egiteko. Norvegiako gobernuak berdin egin zuen, honen ondorioz bi prototipo eraiki ziren bien artean 850 kW potentzia zutena. Urte hauetan Europa mailan ez ziren pausu handiak eman eta beste kontinenteetan ere ez.

1980eko hamarkadan garatu ziren azterlanak hidrodinamika buruz izan ziren, olatuetan ematen diren difrakzio eta erradiazio fenomenoak ikerketak asko nahasten dituztelako, eta olatu energia bihurtzaile (WEC) baten diseinurako oztopo handia izaten zen. Dispositibo hauen garapenerako eta diseinurako, bi azterketa mota daude, lehenengoa, zenbakizko metodoa, teorietan oinarrituta, eta bigarrena metodoa esperimentala. Zenbakizko metodoan, normalean, efektu ez-linealak mespretxatzen dira, sinplifikazio hauek oso kaltegarriak izan daitezke diseinatzeko unean, horregatik garrantzitsua da entsegu esperimentalak egitea, prototipoen egiaztapena egiteko. Stephen Salter honetaz ohartu zen, horregatik Edinburgh-ko unibertsitatean olatu-kanal bat eraiki zuen, bere prototipoa "Duck" izeneko bihurtzaile frogatzeko, geroago European zehar hainbat kanal artifizial sortu ziren.

1991. urtean Europa, energia berriztagarrien egitarauan itsas energia gehitzen du, honi esker hainbat proiektu sortu ziren kontinentean zehar, proiektu hauetatik, WERATLAS sortu zen,

mapa honi esker, Europako olatu mota desberdinak karakterizatuta daude, eta Europako zona desberdinen ahalmen energetikoa jakin daiteke.

2.2.3 Itsas energia moten azterketa

Gaur egun sei itsas energia mota existitzen dira, bakoitzak bere abantail eta desabantailekin. Hurrengo atalean kasu bakoitzaren azterketa egingo da, bere funtzionamendu teorikoa azalduz:

2.2.3.1 Gradiente termikoak:

Eguzkia erradiatutako energia itsasoko goi geruzetan pilatzen da, goi geruza hauek 35 metrotatik 100 metrotara ailegatzen da, eremu honetako urek batez besteko tenperatura bat daukate, 27° - 29° izaten dena. Sakonera handiagotan, 1000 metroko barrentasunetik aurrera, uraren tenperatu 4° - 5° arte jaisten du, eta konstante mantentzen da sakonera areago joan ahala. Hau dela eta bi tenperatura-estruktura sortzen dira itsasoan. OTEC (Ocean thermal energy conversion) teknologia tenperatura desberdintasunaz baliatuz, ziklo termodinamiko bat burutzen du, hau da, tenperatura desberdineko bi iturri termikoetatik lana lortzen du. Hiru ziklo mota desberdin daude, ziklo itxia, efizientzia gutxi duena, amoniakoa erabiltzen da fluido bezala, ziklo irekia, goi geruzetako ur beroa erabiltzen da fluido bezala, elektrizitatea sortzeaz aparte ere gatzgabetutako ura lortzen da, eta azkenik ziklo hibridoa non beste bien nahastea da.

Hiru izan dira teknologia honen proiektu aitzindariak, lehenengoa Hawaiiin izan zen, 1979. urtean, 50 kW instalazioa eraiki zen, gradiente termikoen funtzionalitatea egiaztatzeko, 650 m-tara zegoen $4,4^{\circ}$ C ur eremua erabili zen, zikloaren fluidoa amoniakoa izanez. Proiektu honen emaitzak ikusita Japoniako gobernuak Nauruko Errepublikan 100 kW ko instalazioa eraiki zuen, fokuen arteko tenperatura desberdintasuna 20° C izanik. Zikloaren fluidoa Freon-22 izan zen eta instalazioa 10 egun funtzionamenduan egon zen. Azkenik Indian arrakastarik gabeko instalazioaren proiektua burutu zen, 1 MW-eko potentzia gordina zuen zikloa zen. Hodien instalazioa egiten zen bitartean sortutako arazoak zirela eta proiektua utzi zen.

2.2.3.2 Gatz kontzentrazio gradienteak:

1952. urteko Urriaren 2an "Nature" aldizkarian R. E. Pattle-k gatz kontzentrazio desberdinen bi fluido nahasketatik energia atera daitekela proposatu zuen, bere artikuluan ibaiek garraiatzen duten ur geza eta itsasoan dagoen ur gaziaren arteko nahasketan zentratu zen. Gatz kontzentrazio txikia duen ura, gatz kontzentrazio altua duen ur batekin nahastean, batezbesteko gatz kontzentrazio duen nahasketa bat sortzen da, beti ere bi fluidoen bolumenaren eta kontzentrazioen menpe dagoena. Gibbs energia aske gutxiago dauka egoera berri honek lehen egoerarekin konparatuz. Pattle-ren hitzen arabera: "Disolbatzaile puru baten bolumena, bera baino bolumen askoz handiagoa duen fluido batekin nahastean, non bere presio osmotikoa P da, energia askearen galera PV da." Gatz kontzentrazio gradientearen teknologia oraindik heldutasunera ailegatu ez den teknologia da. Lau dira gaur egun erabiltzen diren teknikak.

2.2.3.2.1 Atzeratutako presioko osmosia:

Gatz kontzentrazio ezberdin duten bi fluido iragazkor mintz batekin bereizten dira, urak fluxu bat jarraitzen du, kontzentrazio gutxiko kontzentrazioetik kontzentrazio handiko fluidora, fluxua jarraitzen duen heinean, kontzentrazio handiko soluzioaren presioa handitzen da, fluido hau presio batera ailegatzean turbina batetik pasarazten da energia lortuz.

2.2.3.2.2 Nahasketa kapazitiboa

Ikatz aktiboko bi superkapazitore ur gazian sartuz kargatzen dira, ur geza kapazidore hauetatik pasaraziz deskargatzen dira, ioiak igortzen eta dira ikatz aktiboaren gainazaletik, energia irabazte bat lortuz. Prozesu honetan dagoen dentsitate energetikoa oso baxua da.

2.2.3.2.3 Alderantzizko elektrodialisia

Azken urteetan hedapen gehien eduki duen teknologia da. Mintz arteko konpartimentuetatik kontzentrazio ezberdinen fluidoak isurtzen dira. Gatz kontzentrazioen gradienteak dela eta potentzial diferentzia bat sortzen da mintzen artean, non mintz guztien potentzial diferentziaren batuketa, zelula osoaren potentzial elektrikoa izango da. Mintzen egiten duten zirkuitoa, zirkuito ionikoa deitzen da, korrante ioniko bat sortuz, korrante ioniko honek oxidazio-erredukzio erreakzioaz baliatuz, energia elektrikoa sortzen da.

2.2.3.2.4 Alderantzizko elektrodialisi kapazitiboa

Zirkuito ioniko bat erabiltzen du, zirkuito honetan anioi-truke eta katioi-truke mintzak tartekatzen ditu, korrante ioniko bat sortuz- Korrante ionikotik korrante elektrikora pasatzeko ikatz aktiboko kapazitoreak erabiltzen dira, karga eta deskarga prozesu batera menderatzen direnak.

2.2.3.3 Itsas bio konbertsioa:

1950eko hamarkadan algetatik gas metanoa ekoiztea proposatu zen, orain arte ez zaio garrantzia handirik eman, baina, energia alternatiboen bilakaera dela modan jarri den teknika da. Azterketen arabera, makro-algak lurereko landareak baino produktibitate handiagoa dute, gainera ez dute lur eremua okupatzen. Bere konposaketan ez dago ligninarik, zelulosaren degradaziorako oztopo handi bat da eta. Bio konbertsioari eta biomasaren transformazio metodoei esker, energia mekanikoa, energia elektrikoa eta energia termikoa sortu ahal dira, metanizazio metodoari esker ere biogasa lortu daiteke, erregai bezala erabili ahal dena.

2.2.3.4 Eguzki energia fotovoltaiko flotatzailea

Bere energia ez da uretatik xurgatzen, baina bere kokapena ur gainazala da. Panel fotovoltaikoak flotatzen duen plataforma baten gainean jartzen dira, ura hozgarri bezala erabiliz gainberotze-efektuak konpontzen dira. Bere koste txikia, bere erresistentzia altua eta bere errendimendua handia dira bere ezaugarri garrantzitsuenak.

2.2.3.5 Itsas haizeak

Haizearen mugimendua haize-errotaren hegala mugitzen ditu, eta hauek errotorea mugitzen dute energia elektrikoa sortuz. Haizearen energia zinetikotik energia elektrikora bilakatzeko prozesua optimoa izateko, kontrol elektroniko zorrotz bat izan behar du. Kontrolaren jokabidea sentsore batzuk hartzen duten informazioaren arabera da, sentsoreek lehendabizi, haizearen norabide optimoa zein den kalkulatu dute, hauek informazioa kontrol sistemara pasatuz, errotaren posizioa eta hegalean angelua definitzen dute. Errotorea sorgailu bati lotuta dago, eta energia elektrikoa sortzen du, energia elektrikoa hau urpeko kable batzuen bidez lurra eramatea da. Itsas haize errota baten batez besteko bizitza 20 urtekoa da. Lortu daitekeen energia kantitatea haizearen abiadura, hegalean tamainaren eta kontrol sistemaren menpe dago. Itsas haize errotek, lurra haize errotek baino energia handiago sortzen dute, bereziki itsasoko haizeek lurra haizeek baino abiadura handiagoa dutelako, oztopo gabeko eremu batean daudelako, eta hegalean tamaina, askoz handiagoak direlako.

Itsas haizeen energiaren abantailak hurrengoak dira:

1. Haizeen abiadurak handiagoak dira, gainera turbulentsia gutxiago daukate, itsas gainazalaren zimurtasun txikiagoagatik.
2. Itsas haize turbina baten tamaina, lurra haize turbina baten tamaina baino handiagoa da.
3. Itsas haize errotek duten inpaktu bisuala eta sortzen duen zarata gizaratean ez da nabaritzen.
4. Lur eremuak ez dira okupatzen.

Desabantailak:

1. Inbertsio handien beharra.
2. Instalazioen eskuragarritasun txikia, mantentze-lan zailak.
3. Diseinuaren konplexutasun handia.

Itsas haize errota, ur sakoneraren arabera, sostengu egitura mota desberdinak behar ditu. Bi kasu nagusi daude, egitura finkoak edo egitura flotatzaileak. Finkoen kasuan, sakonera txikietan erabiltzen dira, 30 metro baino gutxiagoko kasuetan zutabe bakarra erabiltzen da, 80 metroraino tripode sistemak erabiltzen dira. 80 metro baino gehiagoko sakontasunentzako, hiru kasu orokor daude:

1. Plataforma erdi-urperagarria: Plataforma bat da, flotagailu batzuei esker tente mantentzen dena, itsas lurzoruari ainguratuta kate batzuei esker. Egitura oso handiak erabiltzen ditu, baina diseinu sinpleak dituenak.
2. Buia-haga plataforma: Egitura zilindrikoa du, lasta bidez egonkortzen dena. Beheko zatia, goiko zatia baino pisu gehiago du, grabitate zentroa jaitsiz eta flotagarritasun zentroa goian mantenduz, hau egonkortasun handiagoa ematen dio egiturari.
3. Tentsioko amarratze plataforma: Erdi-urperatutako plataforma, itsas zoruari amarratze lerro batzuen bidez lotuta, egonkortasuna ematen diote, eta egituren

tamaina txikitzeko balio dute. Amarratze sistemaren diseinuan dago desabantail nagusia.

Kasu batzuetan ere sistema bereziak erabiltzen dira:

1. Turbina anitzeko egitura flotatzailea: Haize errota bat baino gehiago izan dezakeen plataforma.
2. Haize- errota eta olatu-bihurtzaile plataforma hibridoa: Kasu honetan, plataforma, olatuen energia xurgatzeko sistemak instalatuta daukate.

2.2.3.6 Itsas korronteak:

Itsas korronteak, itsasaldien mugimenduagatik eta zirkulazio ozeanikoagatik sortuak dira. Beste fenomenoak, gatz kontzentrazio desberdintasunak, ibai bokaleak edo tenperatura desberdintasunak bezala ere eragina daukate eremu lokaletan. Itsas korronte hauek daukaten energia zinetikoa xurgatu daiteke, teknologia era desberdinen laguntzarekin. Energia eolikoan erabiltzen den teknologiaren antzekoa da, energia honek fluxuaren dentsitatearen eta abiaduraren kuboaren proportzionala da. Ura haizea baino 832 aldiz dentsuagoa denez, energia handiak atera daitezke itsas korronteetatik. Itsas korronteen energiaren abantaila nagusia bere aurre ikusketaren posibilitatea da. Dispositibo bihurgailuak bi taldeetan desberdin daitezke, dispositibo oszilakorrak eta dispositibo birakorrak.

Gailu oszilakorrak: Beso batzuen bitartez mugimendu oszilakorra sortzen da, beso hauek zilindro hidrauliko batzuei konektatuta daude, eta hauek generadore bati.

Gailu birakorrak: Energia eoliko duen funtzionamendu berdina erabiltzen du, turbina batek uraren mugimenduarekin biratzen hasten da, turbina sorgailu bati lotuta dagoenez, energia elektrikoa sortzen da. Bi mota desberdin ditzakegu, korronte fluxuaren norabidea eta turbinaren ardatzaren arteko posizio erlatiboa dela eta. Ardatz horizontaleko turbinak alde batetik, non ardatza eta fluxuaren norabidea paraleloak diren. Eta bestetik ardatz bertikaleko turbinak daude, non bata bestearekiko perpendikularrak dira. Ardatz horizontaleko turbinak potentzia gehiago sor dezakete, baina kulunka arazoak eduki ditzake. Ardatz bertikaleko turbinak hasiera autonomoaren arazoak eduki ditzake.

2.2.3.7 Itsasaldien energia

2.2.3.7.1 Itsasaldien sorrera

Itsasaldiak, itsasoko mailaren aldaketa periodikoak dira, itsas gainazalaren perturbazioagatik sortuak. Perturbazio hauek Lurreko ez diren indarreetatik sortuak dira, fenomeno honen sorreran zeruko bi gorputz daukate garrantzia gehien, Eguzkia eta Ilargia. Bi gorputz huen indar grabitatorioa dela eta Lurreko ur masa erakartzen dute. Newtonen grabitazio legeari esker, badakigu indar honek, masen kantitateari zuzen proportzionala dela eta masen arteko distantziaren kuboarekiko alderantzizko proportzionala, honen ondorioz, eguzkia ilargia baino masa askoz gehiago edukitzea arren distantzia dela eta, itsasaldien sorreran efektu askoz txikiagoa du. Kalkulatu da, Ilargiaren efektua Eguzkiaren efektua baino 2,2 aldiz handiagoa dela. Esan dugun bezala, Itsasaldiak ur gainazalaren mailaren desberdintasuna da, Lurreko gune batzuetan Itsasgora egoten den bitartean

besteetan Itsasbehera egoten. Desberdintasun hauek, normalean, Lurreko zentroa erreferentziatzat hartuz 90° tara daude. Desberdintasun hauen sorrera, indar grabitatorioaren irregulartasuna Lurrean zehar sortzen du.

Irregulartasun honek distantzia desberdintasunen efektua da, zeruko gorputzen hurbilago dauden ur masa eremuak, indarra maximoa izango da, eta urrunago dauden guneak, indarra minimoak izango dira. Zeru gorputz bakoitza bere itsasaldiak sortuko ditu, horregatik Ilargi itsasaldiak eta Eguzki itsasaldiak desberdinu behar ditugu, lehenengoak Ilargiak sortuko ditu eta bigarrenak Eguzkiak. Bi indar hauen artean, desfase bat dago, Lur-Ilargi sistema eta Lur-Eguzki sistemaren mugimenduen desfaseagatik sortuta. Bi indarrak aldi berean eta puntu berdinean aplikatzean marea biziak sortuko dira. Lur-Ilargi sistema eta Lur-Eguzki sistema, edozein sistema birakor bat bezala, ardatz baten inguruan biratzen dute, Eguzkiaren masa handia dela eta, Lur-Eguzki sistema, Eguzkiaren zentroan du ardatza, Lur-Ilargi sistema, kontraz ez du zehazki Lurraren erdialdean biratzen, zentroarekiko 4000 km dagoen ardatz baten inguruan biratzen du. Bi mugimendu birakor hauen ondorioz, Lurrak azelerazio zentrifugo bat jasaten du, azelerazio honek Lurraren kontrako aurpegian itsasgora egotea egiten du, indar grabitatorioaren efektua inon baino txikiago bada ere.

Aurreko bi indarrei, Lurrak bere ardatzaren inguruan duen errotazioa batu behar zaio, honen ondorioz, aurreko indar grabitatorioak, indar oszilatzaileak bihurtzen dira. Honen eraginez ur gainazalaren fluktuazioa denborarekiko aldakorra da. Ilargia Lurraren inguruan biratzen du eta Lurrak bere ardatzaren inguruan biratzen du, honen ondorioz itsasaldien periodoa 12 ordu eta 25 minutukoa da. Eguzki mareen periodoa 12 ordukoa da, bi itsasaldien artean 50 minutuko desfasea sortuz. Indarren artean 90° ko aldea dagoenean, marea hilak sortzen dira. Itsasaldien mugimendua higaduragatik eta ur masa eta lur gainazalaren arteko marruskaduragatik gelditzen doa. Hau dela eta, Lurraren biraketa abiadura gutxituz doa, balioztatu da, 100 urtetako denbora tartean 3,5 milisegundo txikitzen dela. Dezelerazio honek, Ilargia eta Lurraren arteko distantzia handitzen doala akzio-erreakzio legea dela eta. Lurrak gelditzen den bitartean, Ilargia azeleratzen da, azelerazio honek abiadura handipen bat dakar, Lurraren orbitan dagoenez, eta energiaren kontserbazio legearen ondorioz, urruntzen joaten da.

Esan den bezala, Indar grabitatorioak, Lurraren biraketa dela eta, 12 orduko periodoak daukate, indar oszilakor honek, ur masa sistema batzuk erresonantzian sartzea eragiten du. Beti ere ur masa dagoen hutsunearen geometria aproposa denean. Bere maiztasun naturala 12 ordukoa izatean, bere anplifikazioa asko handitzen da. Honen adibide bi daukagu, alde batetik Mont St Michel-en 15 metroko itsas maila diferentzia dago eta bestetik Fundy-ko badian 20 metroko desberdintasuna. Zona hauek aproposenak dira, itsasaldien energia handiak ateratzeko.

2.2.3.7.2 Teknologiak

Gaur egun hiru sistema mota desberdinak daude itsasaldien energia xurgatzeko:

1. Itsasaldi presak:

Horma baten bitartez ur pilatzen da itsasaldi gora egiten duenean, itsasaldia behera egiten duenean, eta altuera optimoa dagoenean, ur turbina batetik pasarazten da, uraren energia

potentziala energia elektrikoan bihurtuz. Erabilitako turbina motak, normalean bulbo turbinak dira. Teknologia mota hau erabiltzeko, ezaugarri geologiko eta ekologiko zehatz batzuk egon behar dira. Mota honetako teknologia motaren abantaila nagusia bere aurre ikusketa da. Teknologia hau, 1966. urtean lehenaldiz aplikatu zen Rance ibaiko kostaldean, itsasaldia 13,5 metroko aldea eduki dezake, 240 MW-ko potentzia erabilgarria sor dezake.

2. Itsasaldi korronteak:

Itsas korronteen teknologia berdina erabiltzen da.

3. Hibridoak:

Aurreko bien batuketa da, oraindik kontzeptu teorikoa da, hedatu gabea. Bere diseinua, 30-60 kilometroko horma bertikala da, non bere bukaeran "T" erako amaiera dauka. Honen eraginez, goi-presioko eta behe-presioko guneak sortzen dira, non bere itsas maila desberdina izango da. Korronteen desberdintasunagatik sortuko dira itsas maila desberdinak eta ez itsasaldi naturalen efektuagatik. Horman zehar, turbinak jarriko dira, non alde bateko ura, beste aldera pasatzean, energia sortuko du. Gainera, horman zehar haize errotak jarri daitezke, bere errendimendua handituz. Txinako eta Herbehereko estatuko gobernuek 8 GW-eko potentzia teorikoa duen instalazioa diseinatu dute. Teknologia honen errendimenduaren gain zalantza asko daude.

2.2.3.8 Olatuen energia:

2.2.3.8.1 Olatuen sorrera:

Atmosferaren beroketa irregularra dela eta presio diferentziak sortzen dira atmosferako eremu desberdinetan, energiaren kontserbazioa dela eta, airea mugitzen da, haizea sortuz. Haizea eta ur gainazalaren arteko talkak direla eta olatuak sortzen ditu. Olatuak ur gainazalean sortutako oszilazioak dira, ur gainazaletik higitzen den energia kantitate bat, energiaren hedaketa hau uhin forma du. Gailu ezberdinen bidez WEC (Wave Energy Converters), Olatu energia bihurtzaileak, izenekoak olatuen energia energia elektrikoan bihurtu daitezke. Bihurtzaile hauek kriterio desberdinen bidez desberdinu daitezke:

2.2.3.8.2 Sailkapena

2.2.3.8.2.1 Posizio araberako sailkapena:

Bihurgailuak kostaldearekiko posizio erlatiboa kontutan hartuta sailkatu daitezke:

Onshore:

Kostaldean finko dauden gailuak dira, edo kostaldetik oso hurbil daude instalatuta. Abantaila nagusiak bere instalazioaren eta mantenu lanen erraztasuna dira. Sortutako energia elektrikoaren garraioa ere kontutan hartu behar den abantaila da. Bere desabantaila nagusiak, bere ingurune-inpaktua eta inpaktu bisuala dira, alde batetik hiritar nukleoetatik gertu daudelako eta bestetik kostalde ekosistema aldatzen dutelako. Olatua

kostaldera ailegatzean energia kantitate handia galtzen duenez, beste gailuekin konparatuz energia xurgatzeko ahalmen txikiagoa dute.

Nearshore:

Kostaldetik oso gertu kokatzen diren gailuak dira, sakonera ertainetan instalatzen dira, 10-25 metroko sakonetara, egitura flotatzaileak dira itsas zorura finkatutakoak.

Offshore:

Kostaldetik urruneko eremuetan kokatzen diren ekipoak dira, sakonera handiko eremuetan, 40 metro sakoneratik aurrera duten gunetan kokatzen dira. Sakonera hain handietan amarratze sistemaren diseinua asko konplikatu da. Honetaz aparte, egoera meteorologiko gogorak direla eta instalazioa eta funtzionamendu optimoa zaildu egiten du.

2.2.3.8.2.2 Tamaina araberako sailkapena

Kaptadore moteltzailea:

Gailu hauek olatuaren anplitudea moteltzen dute, energia xurgatuz eta elektrizitatea sortuz. Egitura luzeak dira, olatuaren norabidearekiko paralelo jartzen direnak. Gorputz zilindrikoz konposatua, beraien artean giltzarrien bidez lotuak.

Kaptadore amaitzaileak:

Egitura luzeak dira, olatuen norabideari perpendikular jartzen direnak. Gailu hauek olatuarekin amaitzen dute, bere potentzial osoa bereganatuz.

Xurgatzaile puntualak:

Diametro txikiko bihurgailuak, olatuaren norabide guztietan energia xurgatu dezakete. Olatuen eraginez mugimendu oszilakor bat jarraitzen dute, mugimendu oszilakor honen bitartez energia elektrikoa sortzen dute.

2.2.3.8.2.3 Eragiketa printzipioa araberako sailkapena:

Presio diferentzia:

Bi kategoria desberdinetan bananduta, alde batetik Arkimedes efektuan oinarritzen direnak eta bestetik OWC-ak, olatuek sortzen duten presio diferentziaz aprobetxatuz energia elektrikoa sortzen dute.

Egitura flotatzailea:

Olatuengatik mugitzen diren gailuak, mugimendu oszilakorra, bertikala, horizontala edo errotaziokoa izan daiteke, gorputz bakarreko egitura, edo anitzetako gorputzkoa.

Metatzaileak:

Olatuen energia zinetikoa aprobetxatuz, aldapa batetik ura igotzen da, ura pilatzen den eremu batera, ur hau gero turbina batetik pasatuz energia elektrikoa sortzen da.

Inpaktua:

Olatuek egituren kontra duten inpaktuek sortzen duten mugimendua energia elektrikoa bihurtzen dute.

2.2.3.8.3 Gaurko teknologia: OWC-ak

Gaur egun, olatuen energia xurgatzeko gehien erabiltzen den teknologia ur zutabe oszilakorra (OWC, Oscillating Water Column) da. Bi motakoak izan daitezke, alde batetik lurrari finkatuta daudenak, eta bestetik egitura flotatzaileak. Kostaldean kokatuta daude edo kostaldetik gertu, non abantaila handiena bere mantenu-lanen erraztasuna eta instalazio erraztasuna dira. Egitura hauek, uretan flotatzen, itsas zoruari ainguratuta edo itsaslabarretan kokatuta aurkitu daitezke, kostaldean kokatzearen desabantaila nagusia bere energia maila txikiak dira, energia gutxitzen delako itsas zoruaren marruskaduragatik. OWC-ak, egitura prisma errektangularrak edo zilindrikoak dira bere barnean hutsik daude, ganbera edo bobeda deiturikoa. Barnean, ura eta airea dago, ura, beheko aldean daukaten zulo batetik sartzen da, olatua sartzean, ur maila igotzen du, aire konprimatuz, konpresio honen eraginez airea abiadura gehikuntza bat dauka, eta aire hau turbina batetik pasaratuz, energia elektrikoa sortzen da. Olatua sartzean ur maila igotzen da, eta indar grabitatorioaren eraginez, olatua sartzen ez denean, ura irteten da, mugimendu hau periodikoa denez, mugimendu oszilakor bat deskribatzen du. Bai ura sartzean, bai ura ateratzean energia elektrikoa sortzen da, bere turbinen geometria dela eta. Turbina hauek beti errotazio norabide berdina daukate, turbina auto-arteztuak bezala ezagutzen dira, bi mota desberdin daude, turbina bi-radialak edo Wells turbina.

2.2.3.8.4 Proiektuak

OWC teknologia buruzko hainbat proiektu burutu egin dira:

NEL's OWC-a:

Britainiar olatu energia programan hedatutako teknologia, NEL-gatik (National Engineering Laboratory) diseinatuta, kostaldean kokatu zen egitura da, non egoera meteorologiko gogorren efektua txikiak diren. Egitura 38,8 km-ko luzera zuen, 606 moduluz osatuta, modulu bakoitza 3 OWC edukita. 2 GW-ko potentzia sortuko zuen.

LIMPET planta:

Eskoziako Islay irlan, 75 kW-ko potentzia zuen OWC-a instalatu zen, bere tamaina 17 x 3 metrokoa da. Bere artezketa balbulen bidez zen. 1987. urtean bere eraikuntza hasi zen eta 1989. urtean amaitu zen. 440 V-ko potentzial diferentzia sortzen zuen. 2000. urtean turbina

berri bat instalatu zen 250 kW-ko potentzia sortzen zuena. 2012. urtean itxi egin zen eta 2018 instalazioa suntsitu zen.

Belfast bihurgailua:

Belfast-ko unibertsitatea diseinatuta 1985. urtean. Itsas zoruko geometriak aprobetxatuz olatuak bihurgailura kontzentratzen saiatu zen. Erabilitako turbina Wells turbina izan zen, 75 kW-ko potentzia sortzen zuen 1500 bira minutuko abiadura angeluarra zuena.

Pico-ko OWCa.:

Azores uharteetan instalatutako OWCa, ubide baten laguntzaz olatuak kontzentratzen ditu, bihurgailuan amaitzeko, turbina helize bat dauka, 0,5 MW-ko potentzia sortzen du eta 1500 bira minutuko abiadura angeluarra dauka.

Lau proiektu honetaz aparte, hainbat proiektu gehiago hedatu dira azken urteetan zehar.

Euskal Herriaren kasua: BiMEP

BiMEP Biscay Marine Energy Platform prototipoen entseguak egiteko diseinatu den egitura da, 2015-tik eragingarri dagoena. Bi eremu dauzka, lehenengoa Armintza kostaldean dago, eremu honetan alde batetik itsas egoeraren datuak pilatzen dira, eta bestetik prototipoen entseguak egiten dira. Bigarren eremua, Mutrikuko dikean instalatuta dauden 16 OWC finkoak dira, instalatutako potentzia 18,5 kW-koa da, eta sortutako potentzial diferentzia 460 V. Lan honetan aztertuko den OWC-a Mutrikuko dikean instalatuta dagoena izango da.

2.3 PROIEKTUAREN HELBURUAK

Proiektu honek bi helburu ditu, alde batetik OWC ganbera baten koefiziente hidrodinamikoaren azterketa izango da, eta beste aldetik OWC ganbera baten RAO kurba ateratzea.

Lehenengo atalean koefiziente hidrodinamikoaren lorpena, era esperimental batean egingo da. Koefiziente hidrodinamikoak, masa erantsia eta moteldura faktorea izango dira, parametro hauek mugimenduaren ekuazioa zuzentzen duten parametroak dira. Horretarako Mutrikuko "Wave Energy Plant" instalazioan dagoen olatu energiaren bihurtzailea eskalan diseinatu eta eraikiko da, fluidoaren mekanikako laborategian dagoen olatu kanal batean kokatuko da eta ganbera barruko ur kantitatearen jokabidea aztertu egingo da. Azterketa honetan erorketa aske bat era esperimentalean simulatuko da, ur kantitatea, mugimendu oszilakor bat jarraituko du, mugimendu oszilakor hau sentsore batzuen bidez hartuko da geroago, datuen prozesaketa egiteko. Prozesaketa honen helburua, masa erantsiaren eta moteldura faktoreak lortzea izango da.

Bigarren atalean, OWC berdinen RAO kurba kalkulatu da. RAO kurbak, olatu erasotzailearen eta ganbera barruko oszilazioaren anplitudeen proportzionaltasuna ematen digu, periodo bakoitzerako. Tresna honen bitartez bihurgailu baten erresonantzia puntuak identifikatu daitezke. Kurba kalkulatzeko, OWC prototipoa olatu kanalean kokatuko da, eta olatu sortzaile batekin, olatuak sortuko dira, olatuak kanaletik hedatuko dira, ganberarekin topatu arte, non ganbera barruan oszilazioak sortuko ditu. Olatu erasotzailearen anplitudea eta ganbera barruko oszilazioen anplitudea sentsoreekin neurtuko da, geroko datuen prozesaketarako. Prozesua errepikatuko da periodo

desberdinetarako. Prozesaketan olatu bakoitzaren identifikazioa egingo da, olatu bakoitzaren identifikazioa egin ostean, anplifikazioaren kalkulua egingo da, RAO kurba sortuz.

2.4 OINARRI TEORIKOAK

2.4.1 Olatuen sorrera

Eguzkia atmosfera berotzen du, berotze honek ez da konstantea, aldaketak dauzka, aldaketa hauek bi zergati ditu: lur azalaren irregulartasuna eta, nagusiena, lurraren translazio planoaren erreferentziatza hartuz lurraren ardatzak duen inklinazioa, honen eraginez ekuatorean askoz tenperatura handiagoak egoten dira poloetan baino. Hau dela eta, atmosferaren puntu desberdinetan tenperatura gradienteak sortzen dira, gradiente hauek latitudearekin aldatzen dira bereziki. Gradiente termikoa, azkenean, foku bero bat eta foku hotz baten arteko diferentzia da, hau da, lurra ziklo-termiko natural bat dauka eta ziklo guztietan bezala sistemak orekara jotzen du.

Orekara heltzeko urrats zehatz batzuk jarraitzen ditu, ziklo termiko honen osagai nagusia airea da, airea gasen idealen ekuazioa jarraitzen duenez, ekuatorearen aldean berotzen denean bere dentsitatea txikiagotzen da, airea arinagoa bihurtzen eta gorantz joko du, atmosferako goi eremuetan amaituz, non, berriz hoztuko dena eta jaitsi egingo da. Aire beroaren igoera dela eta huts bat sortzen da ekuatorearen gainazalean, eta polo eremuetako aire hotzak betetzen du. Aire hotz hau presio altua dauka, Bernoulliren printzipioa jarraituz abiadura handiak hartuko ditu, haizea sortuz. Urtaroaren arabera tenperatura diferentziak eta honekin gradiente termikoa handiagoa izango da bereziki neguan haize gogorragoak sortuz.

Ziklo termiko honi, lurraren errotazioa eragiten dion efektu dinamikoa gehitu behar diogu, hau da Coriolis efektua. Coriolis efektuaren arabera, gorputz bat erreferentzia sistema errotazional bategatik aldentzen denean, erreferentzia sistema errotazional baten ikuslearen arabera, gorputzaren higidura desbideratuko dela nabarmenduko du, higidura aldaketa honek indar gabeko aldaketa izango da, indar irudikaria, indar irudikari hau Coriolis indarra izango da. Coriolis efektu honek lurlean ematen da, kasu honetan erreferentzia sistema errotazionala, lur azaleko puntu bat izango da, eta mugitzen den gorputza aire masa bat. Aire masa poloetatik ekuatorera mugitzean, desbideraketa bat jasango du ikuslearen ikuspuntuaren arabera, "A" altitudetan hasiko du bere ibilbidea eta "B" altitudete batean amaituko du. Lurraren errotazioa mendebaldetik ekialdera denez, ipar hemisferioan poloetatik ekuatorera abiatzen den masa erloju zentzuen aldeko noranzko joera izango du eta ekuatoretik poloetara joaten den aire masa aldiz erloju zentzuen noranzko ibilbidea deskribatuko du, hego poloan efektua alderantzizkoa izango da.

Aire masa mugimendu hauek, itsas azalerarekin talka egitean perturbazio txikiak sortuko dituzte, talka hauek luzera handietan zehar irauten direnean olatuetan bihurtuko dira.

Olatuen sailkapena

Olatuak hiru mota desberdinetan sailkatzen dira:

1. Egonkorrak:

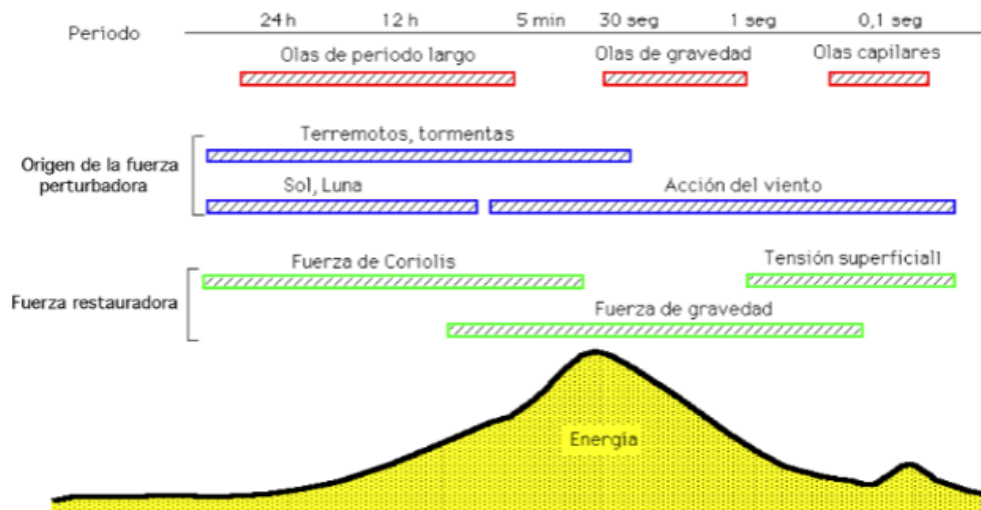
Olatu egonkorrak, puntu maximoak eta minimoak duten olatuak dira, nodoak eta anti-nodoak hurrenez-hurren. Adibidez edalontzi bati kolpe bat emanez gero gainazalean agertzen diren perturbazioak dira olatu egonkorrak.

2. Iragankorrek:

Olatu iragankorrek, denboran eta espazioan zehar aldatzen diren olatuak dira. Luzera handiak ibil dezakete. Mota honetako olatuak haizearen eraginagatik sortuak dira.

3. Askeak:

Olatu askeak, bat-bateko indar bategatik sortuak dira, non indarra eteten den eta olatua modu aske batean hedatzen da.



Irudia 2.1: Energia maila olatu mota bakoitzeko

2.4.2 Olatu iragankorren hedapena

Energia gehien metatzen dituzten olatu motak iragankorrek dira, esan den bezala haizeagatik sortuak dira, sorkuntza hau ez da berehalakoa, luzera handietan ematen den hedaketa prozesua da.

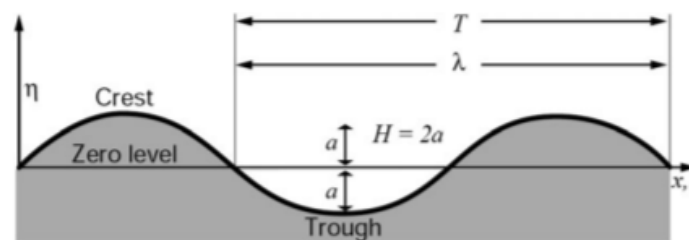
Haizea itsas gainazalaren kontra jotzen duenean itsas gainazalean ondulazio txikiak sortzen dira, ondulazio hauek handiagoak egiten dira haizearen eragina jarraitzen duen bitartean, limite batera ailegatzen diren arte, non ondulazioen altuera ez da handituko. Limite honek olatuaren altuera eta zabaleraren arteko proportzionaltasuna ezartzen du. Olatuak limitera heltzean lehertzen dira, haizeak igortzen duen energia orekatzeko erabiltzen duten mekanismoa da. Momentu honetan olatuak guztiz garatuta daude. Ondulazio txikietatik olatu hedatuetara dagoen prozesua bi parametroen arabera prozesua da, haize abiadura eta haizearen eragin distantzia, ingeles "fetch" deiturikoa. Haizearen erregimen turbulentuaren ondorioz honen efektua jarraitzen den bitartean olatu nahasiak sortzen dira, zehaztu gabeko norabidea duten olatuak, nahiz eta norabide nagusi bat egon. Haizearen efektua txikiagotzen den heinean, eta behin desagertzen denean olatuak bere abiaduraren arabera hedatzen dira, karga galerarik gabe, luzera handiak bidai dezakete. Olatuen abiadura uhin luzeraren arabera denez, olatuak bere uhin luzeraren arabera pilatzen dira, perfil ia erregularrak sortuz. Sortutako olatu multzoei "swell waves" deitzen zaie, itsas handian ematen diren olatu motak, euskaraz tirain itzulpena dauka. Olatuak kostaldera ailegatzean haize lokalen efektua jasaten dute, hauek eskualdearen arabera aldaketa desberdinak eduki dezakete.

Olatuen eta ur partikulen mugimendua desberdindu behar da, olatuak uhin mekanikoak dira, inguru material baten perturbazioak direlako. Bi inguru materialen arteko mugan hedatzen dira, atmosfera eta itsasoa. Olatuak hedatzen diren heinean, ur partikulek ere

mugitzen dira, bi mugimendu mota jasaten dituzte, lehenengo mugimendua balantza horizontala da, luzera- mugimendua, bigarren mugimendua gorabehera bertikala da, zeharkako mugimendua, bi mugimendu hauen emaitza higidura zirkularra da. Esan beharra dago desplazamendu txiki bat bai ematen dela ur partikuletan oszilazio bakoitzeko. Itsas partikulen mugimendu zirkularra olatuaren oszilazioa eragiten du eta partikularen desplazamendu txikia uhinek inguru materialean duten hedaketa sortzen du. Bi mugimendu hauek trokoide izeneko mugimendua sortzen dute.

2.4.3 Itsas olatuen mekanika

Oinarrizko olatua ur gainazalak duen altueraren aldaketa sinusoidala bezala ulertzen da, perfil zehatza du, eta bere geometria hurrengoak da:



Irudia 2.2: Olatuaren ezaugarriak

Geometria hau definitzen duten parametroak hurrengoak dira:

λ : Uhin-luzera, bi puntu berdinen arteko distantzia.

T : Periodoa, olatu talde batean olatu bat errepikatu dadin behar den denbora.

H : Olatuaren puntu minimotik puntu maximora dagoen distantzia bertikala.

Aldagai hauek aparte, ere badaude definitu behar diren beste hiru parametro:

$$\text{Olatu aldapa: } s = \frac{H}{\lambda} \quad 2.1$$

$$\text{Olatu zenbakia: } k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad 2.2$$

$$\text{Olatu maiztasuna: } \omega = \frac{2\pi}{T} \quad 2.3$$

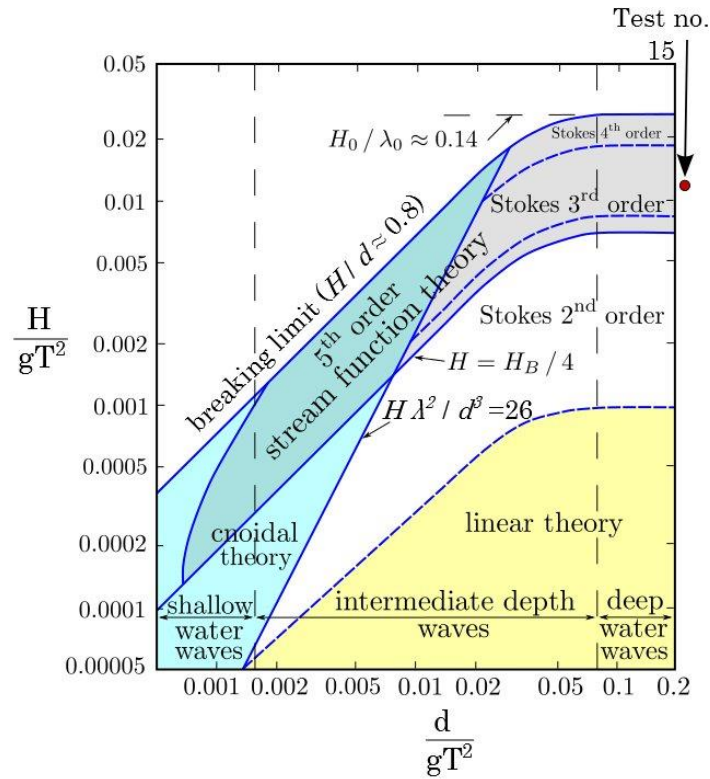
Olatu aldapa oso baliagarri den parametroa da, honi esker bereizi dezakegu olatu linealen eta olatu ez-linealen artean, bere balioa 0,01 baino txikiagora izaten denean, olatu lineal bezala adierazi dezakegu, bestela olatu ez-linealen teoria aplikatu beharko dugu. Olatu aldapa, egia esanik, hurbilketa murriztu bat egiten du, non h itsas sakonera ez da kontuan hartzen. Olatu analisirako erabilitako tresna Le Méhauté diagrama da. Diagrama honek olatu mota, bi koefiziente arabera definitzen du:

$$\text{Olatu aldapa, periodoaren menpe: } s = \frac{H}{g \cdot T^2} \quad 2.4$$

$$\text{Ur sakonera erlatiboa : } \frac{h}{g \cdot T^2}$$

2.5

Bi balore hauen arabera hurrengo grafikoa sortzen da:



Irudia 2.3: Le Mehaute diagrama

Ikusten den bezala, olatu mota bakoitzerako eskualde bat egongo da diagraman, Yuan Y., Li J. eta Cheng Y. 2007. Urtean eskualde bakoitza mugatzen duten ekuazioak zehaztu zituzten:

$$\text{Olatu lineala: } k \cdot H \leq 0,04 \cdot \tanh(k \cdot h)$$

$$\text{Stokes 2. maila: } k \cdot H \leq 0,366 \cdot \tanh(k \cdot h)$$

$$\text{Stokes 3. maila: } k \cdot H \leq 0,6215 \cdot \tanh(k \cdot h)$$

$$\text{Stokes 4. maila: } k \cdot H \leq 0,837 \cdot \tanh(k \cdot h)$$

2.4.4 Olatu motak

Olatuaren uhin luzera eta itsasoaren sakoneraren arabera, olatuak hiru multzo desberdinetan desberdindu dezakegu:

Ur sakoneko olatuak, ur bitarteko olatuak eta ur ez oso sakoneko olatuak.

Ur sakoneko olatuak:

$$\frac{\lambda}{2} < h \quad 2.6$$

Ur bitarteko olatuak:

$$\frac{\lambda}{2} > h > \frac{\lambda}{20} \quad 2.7$$

Ur ez oso sakoneko olatuak:

$$\frac{\lambda}{20} < h \quad 2.8$$

Uhin luzera eta itsas sakoneraren proportzioa zein multzotako olatuak ikertuko diren adieraziko du.

2.4.5 Olatu Linealen teoria

Olatuen ezaugarriak itsas sakoneraren eraginagatik ez direnean aldatzen olatuak, olatu laburrak dira, uhin hauen abiadura bere uhin luzeraren funtzioan kalkulatu da. Normalean olatu hauen aldapa hain txikia da non efektu ez linealak mesprezagarriak dira. Mota honetako olatuak haizeagatik sortuak izaten dira. Olatu mota hauen karakteristika garrantzitsuenak hurrengoak dira:

Olatuaren desplazamendu bertikala:

Ur gainazalaren oszilazioa x-y koordenada sistema batean hurrengo ekuazioa jarraitzen du:

$$y = \frac{H}{2} \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{T}\right) \quad 2.9$$

Periodoa:

Periodoa bi gailur edo bi haran puntu berdinetik pasatzeko beharko den denbora da.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad 2.10$$

Uhin luzera:

Bi gailur edo bi haranen arteko distantzia da.

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right) \quad 2.11$$

Translazio abiadura:

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad 2.12$$

Ur partikulen higidura zirkularraren osagaiak :

Osagai horizontala:

$$u = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh\left(\frac{2\pi}{\lambda}(y+h)\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi}{\lambda}h\right)} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \omega t\right) \quad 2.13$$

Osagai bertikala:

$$v = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\sinh\left(\frac{2\pi}{\lambda}(y+h)\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi}{\lambda}h\right)} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \omega t\right) \quad 2.14$$

Olatuaren leherketa:

Olatuaren leherketa osagai horizontala translazio abiadurarekin berdintzean ematen da. Hau da $u = c$ denean.

Olatuaren energia:

Ur partikula bakoitza energia zinetikoa eta energia potentziala dauka, uhin baten energia hurrengo formularekin kalkulatu daiteke:

$$E = E_p + E_z = \frac{\rho g \lambda b H^2}{8} \quad 2.15$$

2.4.6 Olatu ez-linealen teoria

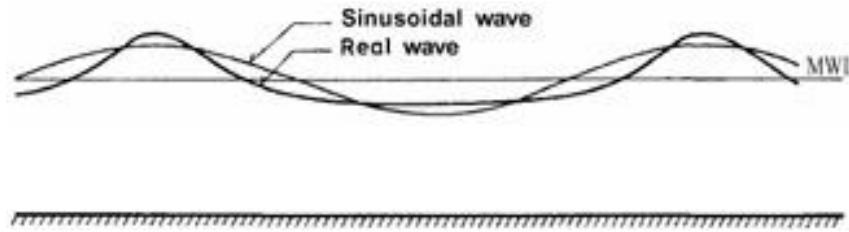
Fenomeno fisiko batek deskribatzen duen ekuazioa ez lineala denean, gertakizun ez lineala dela esaten da. Gertakizun hauen emaitza lortzea zailtasun handia du, batzuetan ezinezkoa da emaitza lortzea, gainera fenomeno hauei ezin zaie gainezarpen printzipioa erantsi, hau da, fenomeno bat ez da beste bi fenomeno sinpleen batuketara, gertakari linealetan gertatzen den bezala. Fenomeno ez linealak bere hasierako egoeraren menpe daude, eta edozein perturbazio txiki izugarritzko aldaketak sor dezake sistema fisikoaren portaeran. Olatu linealen teoriarik, olatuaren ibilbidea sinusoidal perfektua deskribatzen du, teoria lineala itsasoa daukan kasuistikaren barruan, hainbat egoeratan, ez da ondo egokitzen errealitatezko gertakariei, horregatik beste teoria motak erabili behar dira, olatu ez linealen teoria.

2.4.6.1 Stokes-en olatu teoria

Dauden teoria ez linealen barruan, Stokes-ena gehien aztertutako teoria da. Bere ezaugarri nagusiak bi dira, alde batetik sinpleena da eta beste aldetik nahiko ondo moldatzen da gertakizun fisikoei. Stokes (1947) garatu zuen, non proposatutako ekuazioa hurrengoa da:

$$y = \frac{H}{2} \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{T}\right) + \frac{3}{64} \cdot \frac{\lambda^2 H^2}{\pi^2 h^3} \cdot \cos\left(2 \cdot \left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{T}\right)\right) \quad 2.16$$

Hurrengo argazkian ikusi daiteke olatu sinusoidal baten eta errealitatezko olatu baten desberdintasunak:



Irudia 2.4: Olatu lineala eta ez-linealaren arteko desberdintasuna

2.4.7 Itsas sakoneraren aldaketen ondorioak olatuaren ezaugarrietan

Olatuak kostaldera ailegatzeko diren heinean bere ezaugarriak aldatzen dira itsas sakoneraren aldaketagatik, hiru dira olatuak pairatzen duten ondorio nagusiak:

2.4.7.1 Errefrakzioa

Itsas sakonera txikitzen denean olatua norabide aldaketa bat burutzen du, itsas zoruaren irregulartasuna du jatorritzat norabide aldaketa honek. $h = \frac{\lambda}{2}$ betetzen denean olatuaren abiadura gutxitzen da eta uhin luzera ere, orduan itsas hondoa duen kurbei moldatzen dira olatuak, bere norabidea aldatuz. Fenomeno honen errepresentazio matematikoa Snell-en legea da, non:

$$\frac{\sin \beta}{\sin \beta_0} = \frac{c}{c_0} = \frac{\lambda}{\lambda_0} \quad 2.17$$

Fenomeno honi esker, olatuak norabide zehatz batean kontzentratu ahal dira, geroago energia ateratzeko.

2.4.7.2 Erreflexioa

Olatuak oztopo bertikal batekin aurkitzean, honen kontra jo eta itzuli egiten da, hau da, olatua islatzen da, oso energia galera gutxirekin. Olatu trena erregularra denean, olatu erasotzailea eta islatu den olatua bata besteari kontra jotzen dira, olatu profil egonkor bat sortzen, honen ondorioz olatuen mugimendu horizontala desagertzen da, eta mugimendu bertikala bikoiztu egiten da, mugimendu bertikalaren bikoizpenarekin ere, energiaren bikoizpena gertatzen da. Olatu trena irregularra izanez gero ez dira olatu egonkorak sortuko.

2.4.7.3 Difrakzioa

Olatua oztopo baten beste aldera igarotzean, olatu frontea itxura zirkular bat hartzen du, bere altuera aldatzen da bere abiadura eta bere uhin luzera kontraz ez.

2.4.8. Oszilazioen deskripzio matematikoa

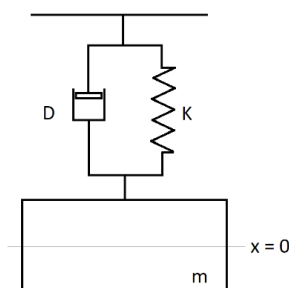
2.4.8.1 Oszilazio askea

Osziladore mekaniko baten mugimendu ekuazioa aztertuko da. Osziladorea mekanikoa, masadun gorputz bat, malguki bat eta indargetzaile bat osatuko dute. Newton-en legea jarraituz, sistemak duen azelerazioak sisteman dauden indar guztien batukariari proportzionala da:

$$m\ddot{x} = F + F_{\text{Malguki}} + F_{\text{Indargetzaile}} \quad 2.18$$

Non:

$$F_{\text{Malguki}} = -Kx \quad 2.19$$



Irudia 2.5: Sistema oszilatzaile baten diagrama

$$F_{\text{Indargetzaile}} = -D\dot{x} \quad 2.20$$

K : Malgukiaren zurruntasuna da

D : Moteldura faktorea

Malgukiaren zurruntasuna eta moteldura faktorea ezaugarri linealak dituztela onartzen dugu, hau dela eta, desplazamenduaren eta abiaduraren independenteak dira. Aurreko ekuazioa honela geratzen da:

$$m\ddot{x} + D\dot{x} + Kx = F \quad 2.21$$

Sistema bere oreka posiziotik mugitzean $x \neq 0$ eta bat-batean askatu egiten bada, kanpoko indarren eragina gabe, $F = 0$, sistemak duen energia potentziala eta energia zinetikoagatik, sistema oszilatu egingo du oreka posizioa heldu arte. Sistemak duen energia galera moteldura faktorearen ondorioa da. Sistemak duen energia potentziala eta zinetikoa masadun gorputzaren posizioaren eta abiaduraren menpe egongo dira. Kasu honi oszilazio aske moteldua deritzogu. Ekuazio diferentzial honek soluzio orokor bat dauka:

$$x = (C_1 \cos \omega_d + C_2 \sin \omega_d) \cdot e^{-\delta t} \quad 2.22$$

Non:

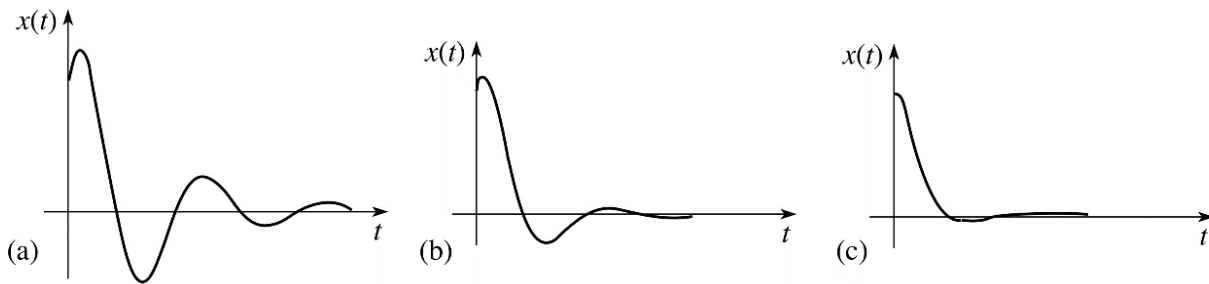
$$C_1 = x_0 ; C_2 = \frac{u_0 + x_0 \delta}{\omega_d} ; \delta = \frac{D}{2m} ; \omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} ; \omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad 2.23$$

x_0 : Hasierako posizioa; u_0 : Hasierako abiadura; ω_0 : Maiztasun naturala ; ω_d : Moteldutako maiztasun naturala; δ : Moteldura indizea

Ekuazioak esponentzialki txikiagotzen den mugimendu oszilatzailea deskribatzen du. Hau da, zehazki aztertzen ari den kasuaren desplazamendu ekuazioa. Sistema ω_0 eta D arteko erlazioaren arabera hiru erantzun desberdin emango ditu:

- Azpimoteldutako oszilazioa: $D \ll \omega_0$
- Oszilazio kritikoa: $D = \omega_0$
- Gainmoteldutako oszilazioa: $D > \omega_0$

Kasu bakoitzaren arabera sistema higidura desberdinak deskribatuko ditu, hurrengo argazkian hiru erantzunen grafikak agertzen dira:



Irudia 2.6: Mugimendu oszilakor motelduaren hiru motak

2.4.8.2 Oszilazio behartuak

Orain arte sistemaren mugimendu askea ikusi dugu, kanpoko indarren gabezia zegoen, sistema indar batekin kitzikatzen denean, ebazpen matematikoa aldatzen da. Aztertuko den egoeran, sistemaren osagaiak berdinak izango dira, m masako gorputz bat, malguki bat eta indargetzaile bat osatuko dute. Kasu berri honetan $F \neq 0$ izango da. Indar bat dagoenean, ekuazio diferentzialaren soluzioa, soluzio orokor baten eta soluzio partikular baten batuketara izango da.

Indarra oszilakorra denez sistemaren soluzio orokorra hurrengoa izango da:

$$F(t) = F_0 \cos(\omega_F t) \quad 2.24$$

F_0 : Indarraren anplitudea

ω_F : Indarraren maiztasuna

Eta soluzio partikularra:

$$x(t) = A \sin(\omega_F t + \varphi) \quad 2.25$$

Sistemaren portaera bi egoeren batuketara izango da, egoera iragankorraren (Soluzio orokorra) eta egoera geldikorraren (Soluzio iragankorra) arteko batuketara, horregatik bi soluzio. Bi soluzio hauek, ekuazio diferentzian sartuz gero, ekuaziotik hurrengoa lortzen dugu:

$$A = \frac{\frac{F_0}{m}}{\sqrt{(\omega_F^2 - \omega_0^2)^2 + 4\omega_F^2 \delta^2}} \quad 2.26$$

$$\tan \varphi = \frac{\omega_F^2 - \omega_0^2}{2\delta\omega_F} \quad 2.27$$

Ateratako emaitzak grafiko batean irudikatuz, anplifikazio dinamikoaren grafika lortuko dugu:

2.4.8.4 Fenomenoen azalpen ez matematikoa

2.4.8.4.1 Erantsitako masaren kontzeptu fisikoa

Fluido batean dagoen gorputza mugitzean, ere gorputzaren inguruan dagoen fluido mugitu behar da, inguruko ur kopuru zehatz bat gorputzarekin batera mugitzen delako. Errealitatean fisikoki ez da bakarrik inguruko fluido baizik eta eragina fluido osoan ematen da. Hau nahiko konplexua denez, kantitate zehatz bat esleitzen zaio. Esleitutako kantitate horri erantsitako masa deritzogu. Erantsitako masaren ondorioz, gorputza (sistema) azeleratzeko indar gehiago aplikatu beharko da.

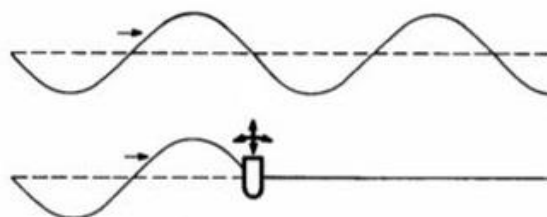
2.4.8.4.2 Erradiazioa moteldura kontzeptu fisikoa

Azelerazio gabeko gorputz batek fluido batean zehar mugitzen denean, gutxika bere mugimendua moteltzen doa, prozesu hau gertatzen den bitartean, gorputza eta fluidoaren kontaktuko guneetatik olatuak sortzen dira, hau esan nahi du gorputzaren mugimendua olatutan bihurtzen dela, hau da, gorputzaren energia erradiatzen da fluidora olatu forman. Azkenean, olatua, fluidoan zehar hedatzen den energia kopurua da, energia uhin eran aurkeztuta. Gorputza sortuko duen olatuaren informazioa oso garrantzitsua da, olatu erasotzailea eta sortutako olatuaren arteko interferentzia eraginkortasuna eman dezakeelako eta xurgatutako energia definitu.

2.4.9 WEC-en (Olatuen energia bihurgailuaren) dinamika

2.4.9.1 Olatuen energiaren xurgaketaren printzipioa

Ikusi den bezala, gorputz bat uretan murgilduta dagoenean eta oszilatzen hasten bada, gorputz honek olatuak sortuko ditu, olatu sortze honek olatuen energia xurgatzeko erabiliko da. Itsasotik hedatzen den olatu batek energia bihurgailu batetik igarotzean, olatua gutxitu edo desagertu beharko da, hau gertatzean, uhin-energia gailuak xurgatuko du. Xurgaketaren printzipioa uhinen interferentzia da, gailuak sortzen dituen olatuak olatu erasotzaileak desagertarazi behar ditu. Olatuen energia xurgatzeko ura era oszilakor batean desplazatu beharko da, maiztasun zuzen batekin. Hau gertatzean sortutako olatua eta olatu erasotzailea deuseztatuko dira. Egoera optimoa erresonantzia da, olatu erasotzailearen maiztasuna gailuaren maiztasun naturalaren berdina izan behar da, hau gertatzen denean, sistema osziladorearen abiadura fasean dago olatuaren indar kitzikatzailearekin.

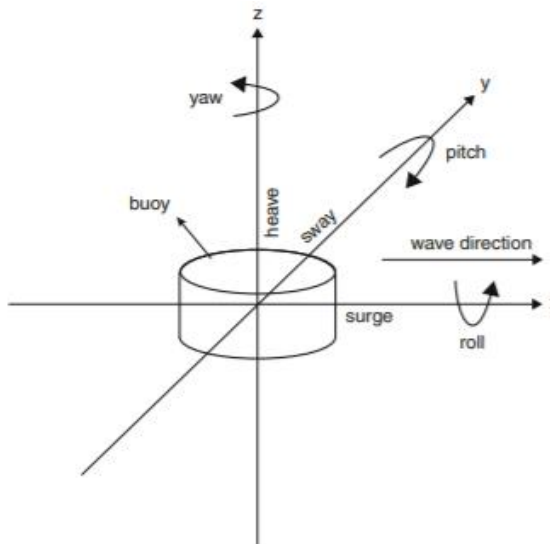


Irudia 2.8: Uhin interferentzia

2.4.9.2 Hidroestatika

Flotatzen ari den solido baten mugimendua 6 askatasun maila ditu, 3 translazio eta 3 errotazio:

Mugimendua	Izena
Translazioa x	Surge
Translazioa y	Roll
Translazioa z	Sway
Errotazioa x	Pitch
Errotazioa y	Heave
Errotazioa z	Yaw

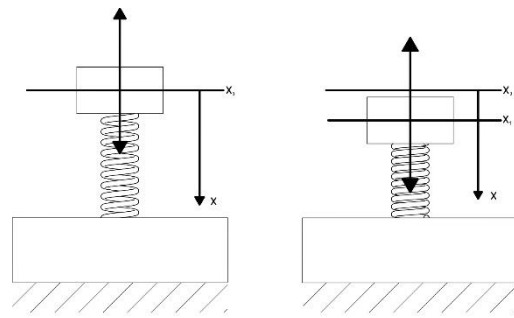


Irudia 2.9: Gorrputz bat uretan dauzkan mugimenduak

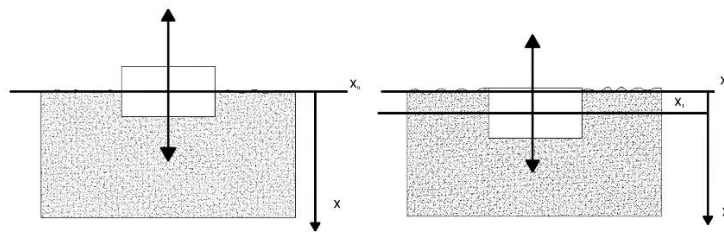
2.4.9.2.1 Uraren zurruntasuna

Zurruntasuna, gorrputz batek deformazio baten aurrean egiten duen erresistentzia bezala definitzen da. Gorrputz bat, uretara botatzean, ura gorrputz bezala deformatzen da, deformazio honen kontrako erresistentzia bat eragiten du, erresistentzia hau indar hidrostatikoa da. Fenomeno hau hobeto ulertzeko bi egoera deskribatuko dira, lehenengoan, gorrputz bat malguki bati lotuko zaio, eta indar konstante bat aplikatuko zaio, malgukiaren indarraren menpe egongo dena, malgukiaren indarra berriz, zurruntasun konstantea eta posizioaren menpe egongo da. Bigarren egoera, gorrputz bat uretara botako da, indar konstante bat aplikatuko zaio, aurreko kasuko posizio berdinean mantenduz, gorrputzak edukiko duen indarra fluidoaren dentsitatea eta posizioaren menpe egongo dira.

Egoera honetan, gorrputza x ardatzaren norabideko indarra, lehenengo unean, gorrputzaren pisua izango da, kontrako norabideko indarra malgukiaren indarra izango da. Bigarren unean, gorrputzari P indar bat aplikatzen diogu, indarraren ondorioz malgukia laburtu egingo da. Lehenengo unetik bigarren unera malgukiaren indarra handitu da, gorrputzaren posizio aldaketagatik. Malgukiaren indarra, malgukiaren zurruntasuna eta malgukiaren altueraren menpe egongo da, indarra handituz malgukiaren altuera gutxitzen denean. Indar honen gehikuntzaren balioa $\Delta x = x_0 - x_1$ neurriaren menpe egongo da. Malgukiaren indarra $\Delta F_{malguki} = k \cdot \Delta x$ izanez.



Irudia 2.10: Gorputz-malguki sistema



Irudia 2.11: Gorputz-ura sistema

Egoera honetan, lehenengo momentuan, gorputzaren pisua eragindako indarra daukagu, eta x ardatzaren kontrako norabidean, Indar hidrostatikoa. Indar hidrostatikoa, presio hidrostatikoa eta gorputzaren azaleraren menpe egongo da. Presio hidrostatikoa aldiz fluidoaren dentsitatea, grabitatea eta aztertzen ari garen puntuaren altueraren menpe egongo da. Dentsitatea eta grabitatea konstanteak direnez, aztertzen ari den altueraren menpe soilik egongo da. Bigarren unean, indar konstantea aplikatu ostean gorputzaren beheko azaleraren puntuaren sakontasuna handitu da $\Delta h = h_1 - h_0$. Honen ondorioz indar handipen bat egon da $\Delta F_{hidrostatiko} = \rho \cdot g \cdot A \cdot \Delta h$.

Bi kasuak berdinduz, gorputz berdina direla kontutan hartuta, indar berdina direla kontutan hartuta eta posizio aldaketa berdina egon dela kontutan hartuta.

$$\Delta F_{malguki} = \Delta F_{hidrostatiko} \quad 2.29$$

$$k \cdot \Delta x = \rho \cdot g \cdot A \cdot \Delta h \quad 2.30$$

$$k = \rho \cdot g \cdot A \quad 2.31$$

Uraren zurruntasun koefiziente kalkulatu dugu.

2.4.9.3 Erresonantziaren azalpen praktikoa

Atal honetan erresonantziaren azalpena egingo da, horretarako zilindro batean hurrengo esperimendua egingo da. Barrutik huts dagoen zilindro bat hartuko da, alde bat itxita edukiko du eta bestea irekita. Zilindroa airez beteko dugu, eta irekita dagoen aldea mintz baten bidez itxiko dugu. Mintza kitzikatuz, aire pultsu bat sortuko da, aire pultsu honek, zilindrotik hedatuko da itxita dagoen aldea topatu arte, hemen errebotatu egingo du, mintzera berriz heldu arte, mintzaren kontra jotzen duen momentu berean, berriro mintza kolpe batez kitzikatuko dugu, aire pultsua handituko da, bere abiadura aldatu gabe. Berriro prozesu berdina errepikatzen badugu, berriro pultsua handituko da, horrela errepikatuz anplitude izugarriko pultsuak sortu ahal ditugu. Mintza kitzikatzen dugun bakoitzean sistemari energia ematen ari diogu, pultsua handituz. Pultsuaren abiadura (sistemaren maiztasun naturala) mintza kitzikatzen dugun abiadurarekin (sistema eragiten duen indar

B: Moteltze faktorea

m_0 : Sistemaren masa, ur kantitatearen masa

$$m_0 = m_1 + m_2 \quad 2.34$$

m_∞ : Erantsitako masa

m_1 eta m_2 : Lehenengo eta bigarren un masa kantitateak

$$m_1 = L_1 \cdot z \cdot h_1 \cdot \rho = S_1 \cdot h_1 \cdot \rho \quad 2.35$$

$$m_2 = L_2 \cdot z \cdot h_2 \cdot \rho = S_2 \cdot h_2 \cdot \rho \quad 2.36$$

z: Ganberaren zabalera, 0,6 metrokoa

2.4.9.5.2 Moteldura gabeko azterketa

Lehenik, moteldura gabeko mugimendua izango balitz aztertuko dugu:

$$(m_0 + m_\infty)\ddot{x} + kx = 0 \quad 2.37$$

Gorputzak deskribatuko duen mugimendua hurrengo ekuazioa jarraituko du:

$$x = x_0 \cdot \cos(\omega t - \varphi) \quad 2.38$$

Bigarren deribatua:

$$\ddot{x} = -x_0 \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t - \varphi) \quad 2.39$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 (x_0 \cdot \cos(\omega t - \varphi))$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 \cdot x \quad 2.40$$

Mugimenduaren ekuazioan sartuz gero:

$$(m_0 + m_\infty) - \omega^2 \cdot x + k \cdot x = 0 \quad 2.41$$

$$(m_0 + m_\infty) \cdot \omega^2 = k \quad 2.42$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{(m_0 + m_\infty)}} \quad 2.43$$

Maiztasun naturalaren ekuazioa lortzen dugu.

2.4.9.5.3 Motelduraren eraginaren azterketa

Orain, motelduraren eragina aztertzeko, uraren higidura OWC barruan azpi moteldutako oszilazio mugimendua jarraitzen duenez, bere soluzio orokorra hurrengo da:

$$x = x_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t - \varphi) \quad 2.44$$

Posizioaren ekuazioa, esponentzialki gutxitzen den mugimendu oszilakor bat jarraituko du, non anplitudea, denbora pasa ahala gutxitzen doa, eta maiztasuna konstante mantentzen da.

Deribatuz:

$$\dot{x} = x_0 e^{-\gamma t} (-\gamma \cdot \cos(\omega t - \varphi) - \omega \cdot \sin(\omega t - \varphi)) \quad 2.45$$

$$\ddot{x} = x_0 e^{-\gamma t} \cdot [\cos(\omega t - \varphi) \cdot (\gamma^2 - \omega^2) + 2 \omega \gamma \sin(\omega t - \varphi)] \quad 2.46$$

Ekuazio orokorrean sartuz:

$$(m_0 + m_\infty) \cdot (x_0 e^{-\gamma t} \cdot [\cos(\omega t - \varphi) \cdot (\gamma^2 - \omega^2) + 2 \omega \gamma \sin(\omega t - \varphi)]) + \quad 2.47$$

$$B[x_0 e^{-\gamma t}(-\gamma \cdot \cos(\omega t - \varphi) - \omega \cdot \sin(\omega t - \varphi))] + k[x_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t - \varphi)] = 0$$

Faktore komuna eginez:

$$x_0 e^{-\gamma t} \cdot (\cos(\omega t - \varphi) \cdot ((m_0 + m_\infty) \cdot (\gamma^2 - \omega^2) - B \cdot \gamma + k) + \quad 2.48$$

$$\sin(\omega t - \varphi) \cdot ((m_0 + m_\infty) \cdot 2 \omega \gamma - B \cdot \omega)) = 0$$

Aldenduz:

$$1. \quad \cos(\omega t - \varphi) \cdot ((m_0 + m_\infty) \cdot (\gamma^2 - \omega^2) - B \cdot \gamma + k) = 0 \quad 2.49$$

$$(m_0 + m_\infty)(\gamma^2 - \omega^2) - B \cdot \gamma + k = 0$$

$$2. \quad \sin(\omega t - \varphi) \cdot ((m_0 + m_\infty) \cdot 2 \omega \gamma - B \cdot \omega) = 0 \quad 2.50$$

$$(m_0 + m_\infty) \cdot 2 \omega \gamma - B \cdot \omega = 0$$

2. ekuaziotik:

$$B = 2 \cdot (m_0 + m_\infty) \cdot \gamma \quad 2.51$$

Eta 1. ekuaziotik:

$$(m_0 + m_\infty)(\gamma^2 - \omega^2) - 2 \cdot (m_0 + m_\infty) \cdot \gamma \cdot \gamma + k = 0 \quad 2.52$$

$$(m_0 + m_\infty) \cdot (-\gamma^2 - \omega^2) = -k$$

$$(m_0 + m_\infty) = \frac{k}{\gamma^2 + \omega^2} \quad 2.53$$

Non erantsitako masaren balioa:

$$m_\infty = \frac{k}{\gamma^2 + \omega^2} - m_0 \quad 2.54$$

Eta hurrengo kontutan hartuta:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{(m_0 + m_\infty)}} \rightarrow \omega_0^2 = \frac{k}{(m_0 + m_\infty)} \quad 2.55$$

$$(m_0 + m_\infty) = \frac{k}{\gamma^2 + \omega^2} \rightarrow \gamma^2 + \omega^2 = \frac{k}{(m_0 + m_\infty)} \quad 2.56$$

Esan dezakegu:

$$\omega_0^2 = \gamma^2 + \omega^2 \quad 2.57$$

Eta sistemaren maiztasuna:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \gamma^2 \quad 2.58$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$$

2.4.9.5.4 Sistemaren ezaugarrien laburpena

Maiztasun naturala

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{(m_0 + m_\infty)}} \quad 2.59$$

Periodo naturala:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad 2.60$$

Erantsitako masaren balioa:

$$m_\infty = \frac{k}{\gamma^2 + \omega^2} - m_0 \quad 2.61$$

Moteltze indizea:

$$\gamma = \frac{B}{2(m_0 + m_\infty)} \quad 2.62$$

Sistemaren maiztasuna:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \quad 2.63$$

2.4.10 Antzekotasun dinamikoa: Froude zenbakia

Gehienetan fenomeno fisikoen azterketa matematikoa ez da nahikoa emaitza osoak ateratzeko gehienetan azterketa esperimentalak egin behar da. Azterketa esperimentalak nahiko garestiak dira eta gainera prototipoak dimentsio handikoak dira. Horregatik modelo txikiak erabiltzen dira, matematikoki aztertutako fenomenoaren emaitzak egiaztatzeko. Fenomeno fisiko linealek dimentsio-proportzioa betetzen dute. Olatuen teorian, Froude zenbakia erabiltzen da non:

$$\frac{T_p}{T_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} \quad 2.64$$

2.4.11 Wavemaker Theory

Olatuen fenomenoaz aztertzeko tresna garrantzitsua olatu kanala da. Kanal hauetan olatu desberdinak sortu daitezke, periodo eta altuera desberdinak dutena, eta itsas maila desberdinekin, tresna honi esker, olatu energia tresna desberdinak aztertu daitezke itsas handian funtzionamenduan jarri baino lehen. Kanal hauetan olatuak sortzeko, Olatu-sortzaileak erabiltzen dira (Wave-Maker). Wave maker teoriaren arabera, olatu sortzaileak mugitutako ur bolumena olatuaren tontorraren bolumenaren berdina izango da. Tresna hauei esker, olatu desberdinak sortu daitezke, baina ez edozein olatu, bere funtzionamendua parametro batzuen arabera da. Lehenengo olatu sortzaile motak desberdinatu behar ditugu, bi daude, Piston mota eta Flap mota, bakoitzak ekuazio bat jarraituko du:

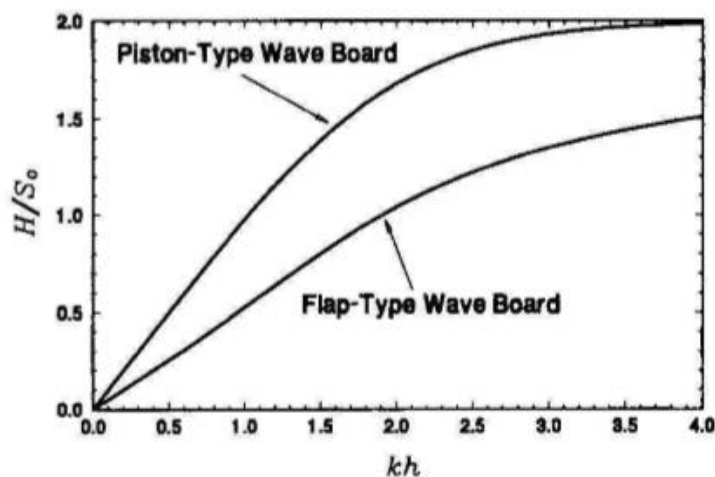
Piston mota:

$$\frac{H}{S_0} = \frac{4 \sinh^2 kh}{\sinh 2kh + 2kh} \quad 2.65$$

Flap mota:

$$\frac{H}{S_0} = \frac{4 \sinh^2 kh}{\sinh 2kh + 2kh} \cdot \left[\sinh kh + \frac{(1 - \cosh kh)}{kh} \right] \quad 2.66$$

Bi ekuazio hauek grafika bat sortuko dute:



Irudia 2.13: Olatu sortzailearen funtzio kurbak

2.5 AURREKONTUA

Entseguarentzako erabili diren materialen artean bakarrik sentsorea eta Excel-a erosi dira. Ganbera eraikitzeke erabili diren materialak birziklatutako materialak dira, jadanik laborategia zeudenak. Olatu kanala unibertsitatean dago, eta erabili den pistoia ere laborategian zegoen. Erosi den materialaren laburpena hurrengoa da:

Izena	Kopurua	Prezioa	Zenbatekoa
Sentsorea	2	313 €	626 €
Office lizentzia	1	100 €	100 €
Guztira			726 €

Taula 2.1 Aurrekontuen taula

Entseguaren kostea Zazpiehun eta hogeita sei euro izan dira.

2.6 BIBLIOGRAFIA

- [I.] <http://www.nuestromar.org/noticias/28-11-11/%C2%BFqu%C3%A9-es-energ%C3%ADa-undimotriz>
- [II.] Yutang Yuan, Jiachun Li, Youliang Cheng - Validity ranges of interfacial wave theories in a two-layer fluid system
- [III.] Introduction to Nearshore Hydrodynamics - By Ib A. Svendsen
- [IV.] Handbook of ocean wave energy - Arthur Pecher Jens Peter Kofoed
- [V.] Ocean Waves and Oscillating Systems: Linear Interactions Including Wave-Energy Extraction Johannes Falnes
- [VI.] Experimental validation of a CFD model to study induced swell in a narrow wave flume U. Izquierdo*, G. A. Esteban, J. M. Blanco, I. Albaina, A. Peña
- [VII.] Seas and Waterways of the World: An Encyclopedia of History
- [VIII.] Assessment of ocean thermal energy conversion, Muralidharan, Shylesh
- [IX.] https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_termodin%C3%A1mico
- [X.] <https://otecorporation.com/swac-2/>
- [XI.] ENERGÍA MARINA: ESTADO DEL ARTE, SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LOS SISTEMAS DE GRADIENTE TÉRMICO OTEC Terry, De Loreda, Maria
- [XII.] Seas and Waterways of the World:
- [XIII.] <http://www.clubdesargonautes.org/otec/vol/vol11-2-1.htm>
- [XIV.] Generación de energía a partir de gradiente salino mediante Electrodiálisis Inversa Sara Vallejo Castañoa Carlos Ignacio Sánchez Sáenz.
- [XV.] R. E. PATTLE, "Production of Electric Power by mixing Fresh and Salt Water in the Hydroelectric Pile," Nature, vol. 174, no. 4431, pp. 660-660, Oct. 1954.
- [XVI.] Obtención de gas combustible mediante la bioconversión del alga marina Ulva lactuca. Obtaining gas fuel by means of the bioconversion of marine alga Ulva lactuca. Pedro Miguel Díaz Rebolledo
- [XVII.] <https://oceansun.no/benefits/>
- [XVIII.] Floating Offshore Wind: Market and Technology Review Prepared for the Scottish Government
- [XIX.] Offshore Wind Energy EESI
- [XX.] Dynamics Modeling and Loads Analysis of an Offshore Floating Wind Turbine J.M. Jonkman
- [XXI.] Marine Current Energy Devices: Current Status and Possible Future Applications in Ireland
- [XXII.] https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_current_power#Environmental_effects
- [XXIII.] Marine current energy conversion: the dawn of a new era in electricity production
- [XXIV.] Hydrokinetic Energy Projects and Recreation: A Guide to Assessing Impacts December 2010 Edited by Doug Whittaker and Bo Shelby
- [XXV.] Marine Current Energy Devices: Current Status and Possible Future Applications in Ireland
- [XXVI.] <https://mareasenlatierra.es/tl/>
- [XXVII.] Tides and centrifugal force
- [XXVIII.] by Paolo Sirtoli <http://www.vialattea.net/maree/eng/index.htm>
- [XXIX.] A descriptive explanation of ocean tides. by Donald E. Simanek
- [XXX.] The Physics of the Oceanic Tides Eugene I. Butikov
- [XXXI.] A dynamical picture of the oceanic tides - Eugene I. Butikov
- [XXXII.] ¿Gira realmente la Luna alrededor de la Tierra? - David Sánchez
- [XXXIII.] TIDAL ENERGY TECHNOLOGY BRIEF IRENA

[XXXIV.] <https://www.power-technology.com/features/featuretidal-giants---the-worlds-five-biggest-tidal-power-plants-4211218/>

[XXXV.] https://energyeducation.ca/encyclopedia/Dynamic_tidal_power

[XXXVI.] Wave energy utilization: A review of the technologies Antonio F. de O. Falcao

[XXXVII.] pfernandezdiez.es

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)**

3. DOKUMENTUA - METODOLOGIA

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

3. DOKUMENTUA: METODOLOGIA

3.1	KOEFIZIENTE HIDRODINAMIKOEN LORPENA.....	1
3.1.1	EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA.....	1
3.1.1.1	OWC ganbara.....	1
3.1.1.2	Pistoi pneumatikoa.....	3
3.1.1.3	Ultrasoinu sentsoreak.....	3
3.1.1.4	Ultrasoinu sentsoreen euskarria	4
3.1.1.5	Huts ponpa	4
3.1.1.6	Olatu kanala.....	5
3.1.1.7	Kontrol-sistema	5
3.1.1.8	Muntaketaren deskribapena.....	5
3.1.2	ESPERIMENTUAREN DISEINUA.....	6
3.1.2.1	Planteamendua.....	6
3.1.2.2	Entseguaren diseinua.....	6
3.1.2.3	Entsegu kanpaina.....	6
3.1.2.4	Entseguaren argazki bidezko azalpena.....	7
3.1.2.4.1	Pistoiaren mugimendua	7
3.1.2.4.2	Uraren konportamendu hidrodinamikoa.....	7
3.1.2.4.3	Sentsoreen irakurketak	8
3.1.3	DATUEN ANALISIA.....	9
3.1.3.1	Datuen aukeraketa.....	9
3.1.3.2	Datuen prozesaketa	9
3.2	ANPLIFIKAZIOA: RAO KURBA.....	13
3.2.1	EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA.....	13
3.2.1.1	OWC ganbera.....	13
3.2.1.2	Ultrasoinu sentsoreak.....	13
3.2.1.3	Ultrasoinu sentsoreen euskarriak.....	13
3.2.1.3.1	Ganbera barruko euskarria	13
3.2.1.3.2	Olatu kanaleko euskarria.....	13
3.2.1.4	Kontrol-sistema.....	14
3.2.1.5	Olatu sortzailea.....	14
3.2.1.5.1	Hardware atala.....	14
3.2.1.5.2	Kontrol atala.....	14
3.2.1.6	Olatu kanala.....	15

3.1.1.7 Muntaketaren deskribapena	15
3.2.2 ESPERIMENTUAREN DISEINUA	15
3.2.2.1 Planteamendua.....	15
3.2.2.2 Entseguaren diseinua.....	15
3.2.2.2.1 Entseguaren prestaketa.....	15
3.2.2.2.2 Entseguaren burutzea.....	15
3.2.2.3 Entsegu kanpaina	16
3.2.2.4 Entseguaren argazki bidezko azalpena.....	17
3.2.3 DATUEN ANALISIA	18
3.2.3.1 Datuen aukeraketa.....	18
3.2.3.2 Datuen prozesaketa.....	22

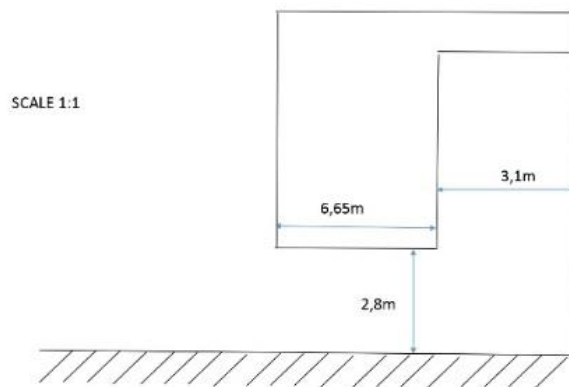
3. DOKUMENTUA: METODOLOGIA

3.1 KOEFIZIENTE HIDRODINAMIKOEN LORPENA

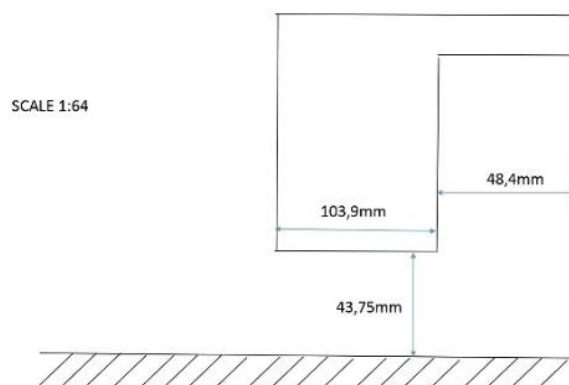
3.1.1 EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA

3.1.1.1 OWC ganbera

Gure esperimentuan "Mutriku Wave Energy Plant" (Mutrikuko olatu energia planta) dagoen OWC finkoaren ganbera aztertuko da. Ganberaren neurrietan oinarrituz, 1:64 eskala egindako prototipoa diseinatu da.

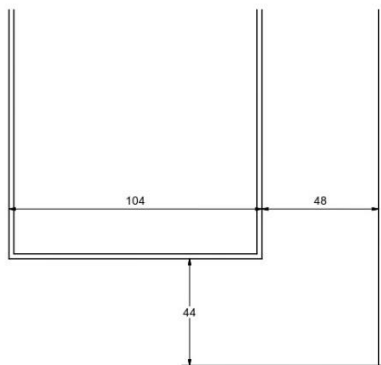


Irudia 3.1: Mutriku ganberako neurriak



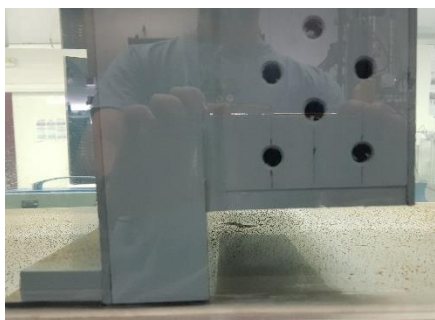
Irudia 3.2: Eskala faktorea aplikatu osteko neurriak

Ganberaren modeloa PVC xaflaz eraiki da, alde batean PMMA lamina garden bat erabili da, barruko uraren mugimendua ikusteko. Modeloa eraikitzeko hurrengo neurriak hartu dira:



Irudia 3.3: Aztertuko den ganberaren neurriak

PVC xaflak aparte, egiturari zurruntasuna emateko, PVC egindako nerbioak jarri dira, uraren indarra sortu dezakeen arazoak konpontzeko. Muntaketa silikona eta torlojuekin egin da. Hermetikotasuna nahiko garrantzitsua denez esperimentuan, kontutan hartu den faktorea da. Ganberaren altuera 1 metrokoa da eta sakonera 0,6 metrokoa. Ganbera olatu kanalean kokatuko da. Ganbera, sentsoreen euskarriak kokatzeko bi zulo edukiko ditu eta ponpa airea xurgatu dadin beste zulo bat.



Irudia 3.4: OWC-aren argazkia



Irudia 3.5: OWC-aren argazkia



Irudia 3.6: OWC-aren argazkia

3.1.1.2 Pistoia pneumatikoa

Pistoia pneumatiko baten bidez ganberaren goiko alde ireki eta itxiko da. Sistema pneumatikoaren kontrola ordenagailu aplikazio batetik eragingo da. 32 milimetroko diametroa eta 50 milimetroko ibiltarrea duen pistoia erabiliko da. Pistoia laborategian zegoen jadanik. Irudia 3.4: Pistoia argazkia



Irudia 3.7: Pistoia argazkia



Irudia 3.8: Pistoia argazkia

3.1.1.3 Ultrasoinu sentsoreak

Ganberaren barruko mugimendu oszilakorra neurtzeko ultrasoinu sentsoreak erabiliko dira. Bi sentsore izango dira "PEPPERL+FUCHS UC500-L2-I-V15" motakoak, bere neurriak 35 x 35 x 35 mm koak. Sentsore hauen erresoluzioa 5 mm-tik 500 mm-ra izango da.



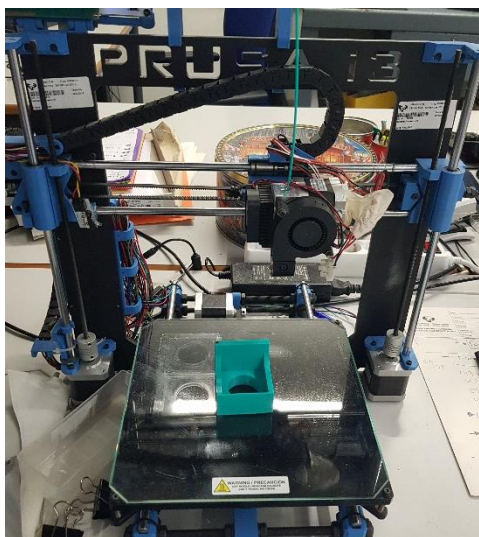
Irudia 3.9: Sentsorea



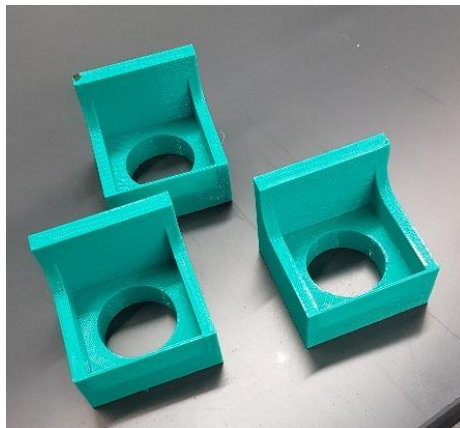
Irudia 3.10: Sentsorea

3.1.1.4 Ultrasoinu sentsoreen euskarria

Sentsoreak ganbera barruan eusteko euskarriak diseinatu dira "AutoDesk Inventor" bitartez, geroago laborategiko 3D inprimatzailearekin inprimatu dira.



Irudia 3.11: Sentsorearen euskarri eta 3D inprimatzailea



Irudia 3.12: Sentsoreen euskarriak

3.1.1.5 Huts ponpa

Ganbera barrutik airea xurgatzeko eta ur maila igotzeko laborategian dagoen huts ponpa bat erabili da. Ponparen ezaugarriak hurrengoak dira:

Potentzia : 230 W

Tentsio elektrikoa: 230 V

Bira minutu: 2800 – 3300



Irudia 3.13: Ponpa

3.1.1.6 Olatu kanala

Esperimentua egiteko Bilboko Ingeniaritza Eskolako Fluidoaren mekanikako laborategian dagoen olatu kanala erabili da. Kanala 12,5 metroko luzera dauka, 0,6 metroko zabalera eta 0,7 metroko altuera. Egitura altzairu herdoilgaitzaz eginda dago eta ontzia laminatutako eta tenplatutako beiraz osatuta dago. Kanala urez betetzeko zoru-azpian instalatuta dauden hiru bonba erabiltzen dira. Ponpa hauen bitartez ur maila desberdinak defini daitezke.



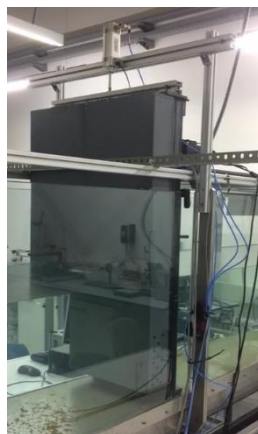
Irudia 3.14: Olatu kanala

3.1.1.7 Kontrol-sistema

Esperimentuaren kontrola LabVIEW software bitartez egin da. Software honen bitartez, sentsoreek emandako potentzial diferentzia milimetrotara eraldatzen da, balio hori gorde egiten da, milisegundo bakoitzeko neurketa bat hartuko da. Elektro balbula baten bitartez pistoia kontrolatuko da. LabVIEW aplikazioa elektro balbularen kontrola izango dugu.

3.1.1.8 Muntaketaren deskribapena

OWC ganberaren modeloa, kanalean sartuko da. Ganbera honen barruan, sentsoreen euskarriak kokatuko dira goiko aldea erreferentziatzat hartuta, 210 eta 390 mm-tara, eta euskarri hauek sentsoreak kokatuko dira, eskuz. Ganberaren goiko aldean, pistoi pneumatikoa ipiniko da, pistoiari 600 x 50 mm-ko tapa bat lotuko zaio, eta honen bitartez ganbera atmosferatik isolatuko da. Huts ponpa hodi baten bitartez, ganbera lotuko da, barruan dagoen airea xurgatzeko. Esperimentu osoaren kontrola, LabVIEW software-arekin egingo da.



Irudia 3.15: Ganbera kanalean kokatua

3.1.2 ESPERIMENTUAREN DISEINUA

3.1.2.1 Planteamendua

OWC finko baten koefizienteak kalkulatzeko, erantzitako masa eta moteltze-faktorea kalkulatzeko, uraren erorketa askea erabiliko da. Ganbera barruko ur-maila igo egiten da, neurri zehatz bat arte eta bat-batean erortzen uzten da. Ura mugimendu oszilakor azpi moteldu bat deskribatuko du, mugimendu honetatik bere dinamika ekuazioa zehaztu daiteke eta horrela bere koefiziente hidrodinamikoak kalkulatu dira.

3.1.2.2 Entseguaren diseinua

OWC finkoaren ganbera instalatzean azpiko zulotik ura sartuko da, hasieran ganbera barruko eta ganbera kanpoko ur maila berdina izango da. Ganberako ura, goiko aldeko irekitzeari esker, atmosferarekin kontaktuan dago, pistoiaren laguntzaz ixten da, pistoia ganberaren kontra indarra eginez. Pistoia barruko ura atmosferatik isolatzean, huts ponpa baten bitartez aire xurgatzen da, ganberaren barruan hutsa sortuz eta uraren maila igoz. Nahi dugun maila desberdintasuna jarri dezakegu ponparen emaria eskuz kontrolatuz. Kanaleko maila eta ganbera barruko mailaren arteko desberdintasun zehaztean, pistoia eragiten dugu, atmosferako airea ganberan sartuz, eta ura mugimendu oszilakorra deskribatuz. Mugimendu hau sentsoreekin neurtzen dugu eta ordenagailuan jasotzen ditugu. Prozesu hau zehatzagoa eta errazagoa egiteko, automatizatu egingo da. LabVIEW software bitartez, alde batetik pistoia kontrolatuko da eta bestetik sentsorearen datuak jasoko dira. Sentsoreak uneoro desberdintasun maila neurtzen du. Software bitartez pistoiaren mugimendua kontrolatuko da. LabVIEW-an sentsoreei 0 maila inposatzen diogu, ere nahi dugun desberdintasun maila ere inposatzen dugu. Pistoia ixten dugu, ganbera barrua atmosferatik isolatuz, ponpa eskuz eragiten dugu, eta aire xurgatzen hasiko da. Gutxika ganbera barruko maila igotzen hasiko da, kanpoko mailarekin desberdintasun erlatibo bat sortuz, sentsoreek maila desberdintasun hau neurtuko dute. Sentsoreek guk inposatutako desberdintasun maila neurtzen hasten dutenean kontadore bat hasten da, kontadore honek 1000 irakurketaraino hasten da, 1000 irakurketak egitean softwarea pistoia eragingo du, pistoia irekitzen. Inposatutako desberdintasun maila, tolerantzia bat edukiko du, 0,7 mm-koa izango dena. Momentu honetan ura mugimendu oszilakor bat hasiko du, mugimendu hau sentsoreen bidez neurtuko da.

3.1.2.3 Entsegu kanpaina

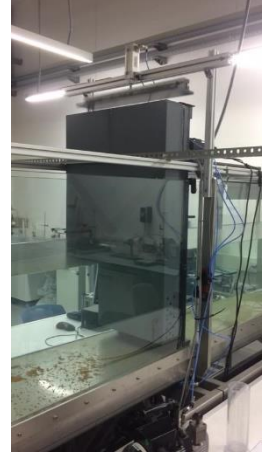
Gure emaitzen fidagarritasuna baieztatzeko, entsegu kanpaina bat egingo dugu, hau da, hainbat entsegu burutuko ditugu. Entsegu batetik bestera aldatutako aldagaiak, kanal ur maila eta ganbera maila diferentzia izango dira, entsegu bakoitza hiru aldiz errepikatuko da. Aukeratutako ur mailak hurrengoak dira (milimetrotan): 200,234,300,400,500 eta 600. Eta aukeratu diren maila desberdintasunak 10, 25 eta 50 milimetro izango dira.

Ur maila	Maila - desberdintasuna 1 (10 mm)	Maila - desberdintasuna 2 (25 mm)	Maila - desberdintasuna 3 (50 mm)
200	210	225	250
234	244	259	284
300	310	325	350
400	410	425	450
500	510	525	550
600	610	625	650

Taula 3.1: Entsegu kanpaina

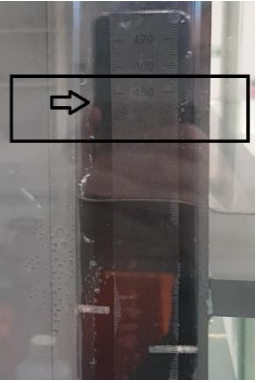
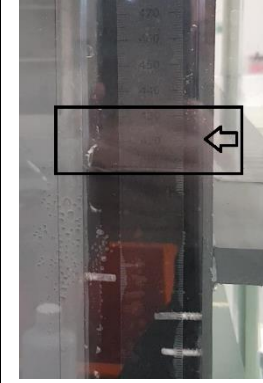

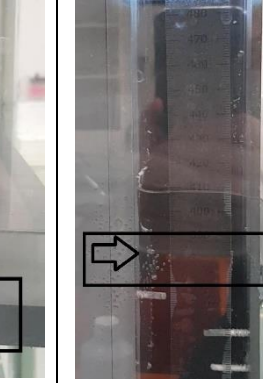
3.1.2.4 Entseguaren argazki bidezko azalpena

3.1.2.4.1 Pistoiairen mugimendua

			
0. unean pistoia itxita dago eta ganbera barruko ur maila igotzen doa.	1. unean sentsorea 1000 irakurketa egin ditu eta kontrol sistema pistoia irekitzea agintzen du.	2. unean pistoia irekitzen da eta ur mailaren higidura mugimendu oszilakor moteldu bat deskribatzen du.	3. unean pistoia guztiz irekita dago eta ur mailaren mugimendua moteltzen dora, oreka posizioan amaituz.

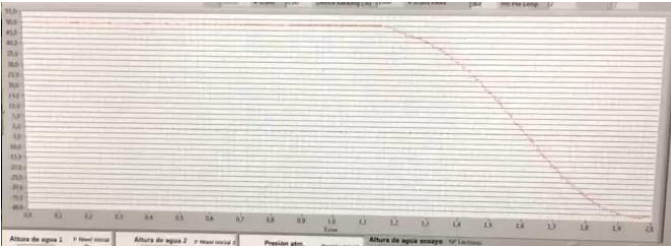
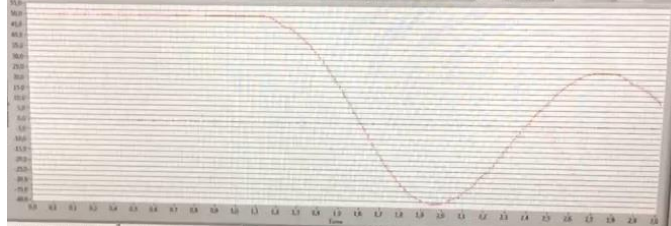
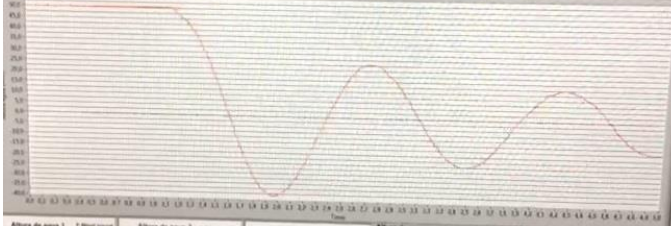
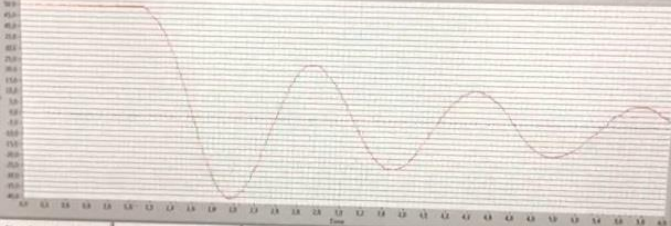
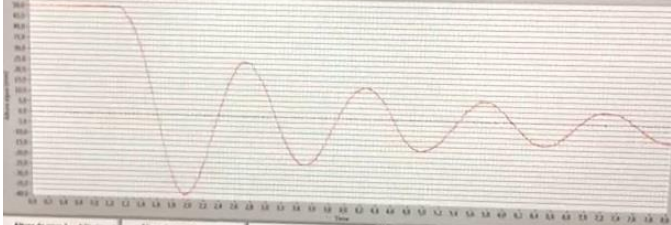
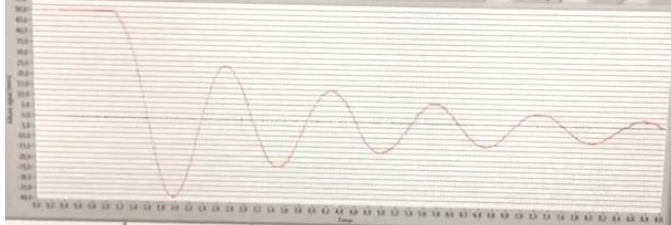
Taula 3.2: Pistoiairen mugimendua

3.1.2.4.2 Uraren konportamendu hidrodinamikoa

			
0. unean ganbera barruko ur-maila konstante mantentzen da, inposatutako ur maila desberdintasun neurrian, lehenengo maximoa.	1. unean pistoia zabaltzen da, atmosferako airea ganberan sartzen da eta ur maila jaisten hasten da.	2. unean ur maila mugimendu oszilakorraren lehenengo minimora ailegaten da, eta berriro gorantz jotzen du	3. unean minimora heldu eta gero gorantz jotzen du, bigarren maximoa heldu arte, prozesu errepikatuko da, mugimendua guztiz moteldu arte.

Taula 3.3: Uraren mugimendua

3.1.2.4.3 Sentsoreen irakurketak

<p>0. unean, sentsorea 1000 irakurketa egin ditu, pistoia ireki da eta ura mugimendu oszilakorra deskribatzen hasten da, minimora arte mugitzen da eta jarraian gorantz jotzen du.</p>	
<p>1. unean, denbora pasatuz, ikusten da nola anplitudea moteltzen ari den.</p>	
<p>2. unean, denbora pasatuz, ikusten da nola anplitudea moteltzen ari den.</p>	
<p>3. unean, denbora pasatuz, ikusten da nola anplitudea moteltzen ari den.</p>	
<p>4. unean, denbora pasatuz, ikusten da nola anplitudea moteltzen ari den.</p>	
<p>5. unean, mugimendua ia guztiz moteldu egin da, hau gertatzen denean, sentsorea Excel orri batean denbora datuak eta posizio datuak kopiatzen ditu.</p>	

Taula 3.4: Ordenagailuan hartutako datuak

3.1.3 DATUEN ANALISIA

Datuen analisia bi zatitan banatuko dugu, alde batetik datu aukeraketa eta bestetik datuen prozesaketa.

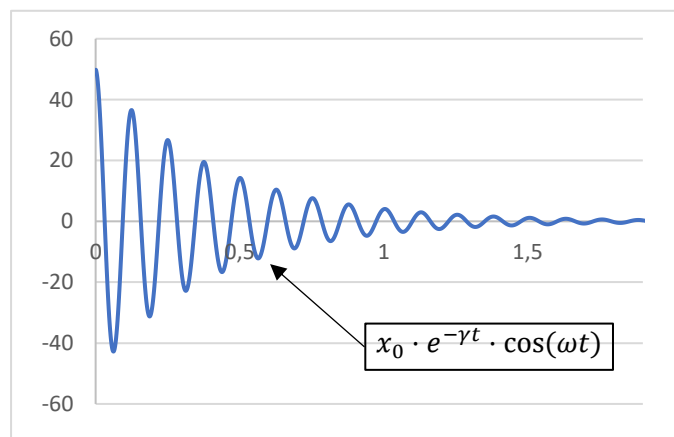
3.1.3.1 Datuen aukeraketa

Sentsorea, 1000 irakurketa egiten dituenean, Softwareak alde batetik datuak pilatzen hasten ditu eta bestetik pistoia zabaltzen du, badago denbora tarte txiki bat non datuak irakurtzen hasten dituela baina oraindik pistoia ez da zabaldu, honen ondorioa kurbak, tarte konstante edukitzea da. Desberdintasun mailaren aldaketa eza honek datuen prozesaketarako kendu behar da, ariketa hau eskuz egingo da. Lehenengo grafikoa begi bistaz ikusiko da, hemen mugimendu oszilakorraren joera aztertuko da, hasiera puntu bat definituz, puntu honen aurretik dauden datuak kenduko dira. Horrela Mugimendu oszilakor bakun bat edukiko dugu.

Bigarren pausua datuaren hautaketa da, milisegundo bakoitzeko irakurketa bat daukagu, irakurketa kopuru handiegia da, eta datuak kendu beharko ditugu. Horretarako, 25 milisegundo behin datuen batez bestekoa egingo da, hau da, 25 irakurketa behin irakurketen batez bestekoa kalkulatu da eta datu hori hurrengo pausuan erabiliko dena da. Datuak kenduz aparte, ere sentsoreek daukaten zarata gutxitu egingo da.

3.1.3.2 Datuen prozesaketa

Hautatu dugun datuetatik, bi datu berri atera behar ditugu, ondorengo kalkuluak egiteko, datu hauek mugimenduarekin erlazionatuta dauden bi datu dira: Moteltze faktorea eta



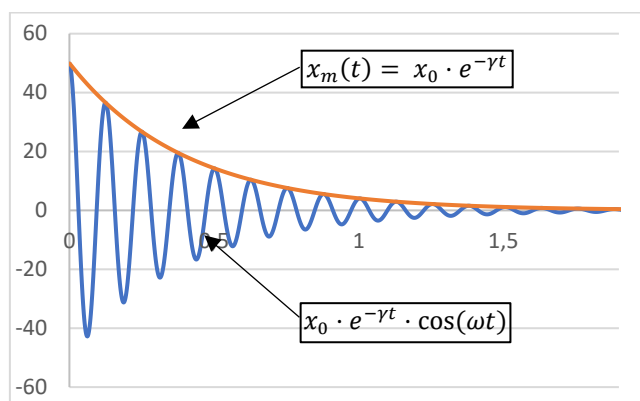
Irudia 3.16: Mugimendu oszilakor motelduaren grafika

mugimendu oszilakorraren periodoa. Urak deskribatzen duen mugimendua, mugimendu oszilakor azpi moteldua da, bere kurba horrelako itxura du:

Kurbaren anplitudea esponentzialik gutxitzen da. Anplitudearen ekuazioa hurrengo forma du:

$$x(t) = x_0 \cdot e^{-\gamma t} \quad 3.1$$

Ekuazio hau grafikoan sartuz:



Irudia 3.17: Anplitudearen kurba

Anplitudearen funtzioa hasierako posizioaren menpe eta moteltze faktorearen menpe dago, hasierako posizioa datuetatik aterako dugu, guk inposatu dugu, erabiltzen ditugun ur maila desberdintasunak izango dira 10 mm, 25 mm eta 50 mm. Moteltze faktorearen kalkulurako, mugimendu oszilakorraren maximoak erabiliko ditugu. Grafikoan ikus dezakegunez, anplitudearen funtzioa mugimendu oszilakorraren maximoetatik pasatzen da. Maximo hauek definituz, ekuaziotik moteltze faktorea bakarrik bakandu behar da:

$$x_{maximooa} = x_0 \cdot e^{-\gamma \cdot t_{maximooa}} \quad 3.2$$

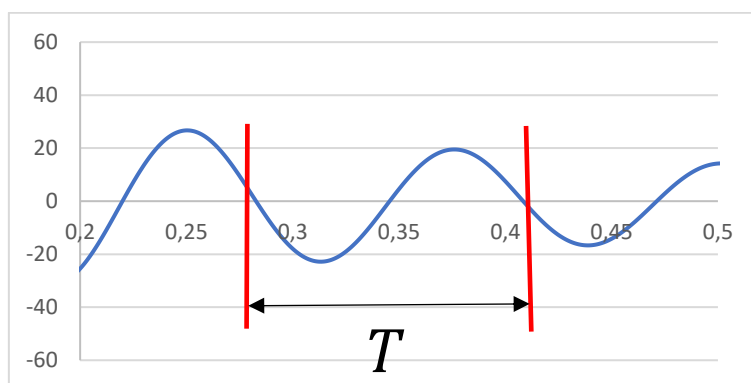
$$\frac{x_{maximooa}}{x_0} = e^{-\gamma \cdot t_{maximooa}}$$

$$\ln \frac{x_{maximooa}}{x_0} = -\gamma \cdot t_{maximooa} \cdot \ln e$$

$$-\frac{\ln \frac{x_{maximooa}}{x_0}}{t_{maximooa}} = \gamma \quad 3.3$$

Logikoki, ez da bakarrik datu bat erabiliko, baizik eta entsegu bakoitzean lortutako maximo guztiak erabiliko dira. Prozesu hau funtzioaren minimoekin ere lortu ahalko zen.

Lortu behar dugun bigarren datua, funtzioaren periodoa da, geroago maiztasuna kalkulatzeko. Periodoa oso erraz kalkulatu dezakegun datua da, periodoaren definizioa, bi maximo edo minimoen arteko distantzia da, distantzia segundotan neurtuta, hau da, bi maximo puntu beretik pasatzeko funtzioa behar duen denbora.



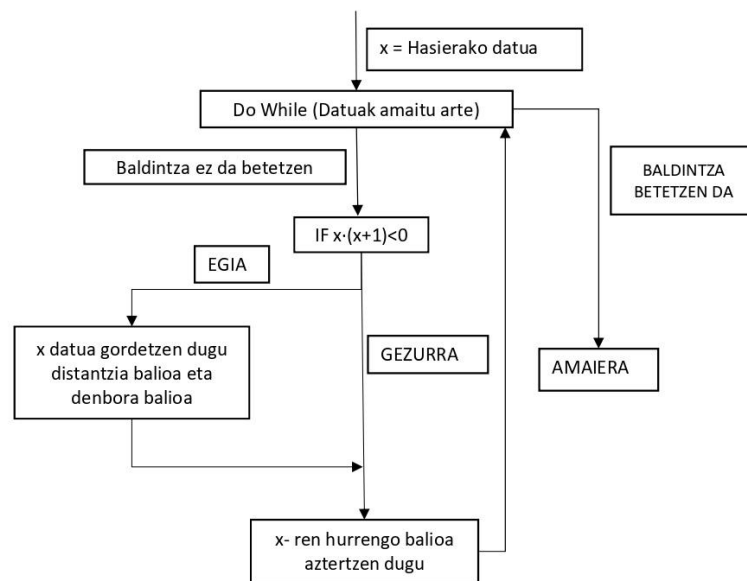
Irudia 3.18: Olatu baten periodoa

Periodoa atera eta gero maiztasunaren kalkulua hurrengo da:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad 3.4$$

Bi datu hauek programazio baten bidez lortuko dira, programazioa Excel softwarearen orri bateko "macro" baten idatzi dira. Entsegutik ateratako balioak Excel orri batean kopiaturako dira, kopiaketa honetan bi balio kopiaturako dira, alde batetik milisegundoak eta bestetik milimetro unitateak. Programazioaren urratsak hurrengoak dira:

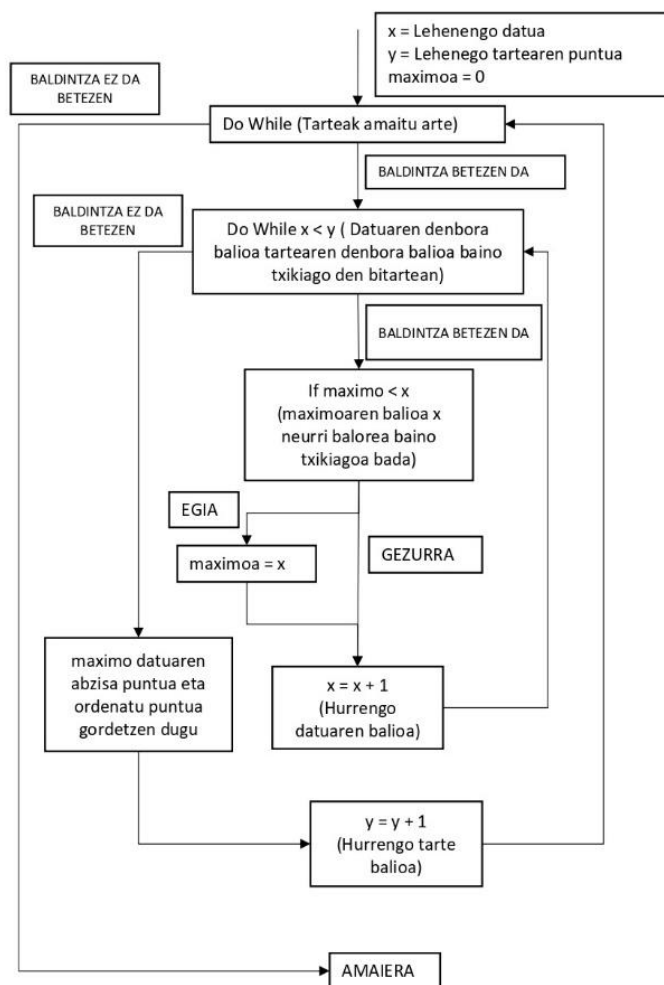
Lehenengo definitu behar duguna, funtzioak abzisa ardatzarekin mozten duen puntuak dira, funtzioaren anplitudea 0 bihurtzen den unea izango da, hau egiteko hurrengoan oinarrituko gara: Datu baten balioa eta hurrengo datuaren balioaren arteko biderkaduraren emaitza negatiboa denean, badakigu funtzioa abzisa ardatzetik pasatu egin dela, funtzioa 1. koadrantetik 4. koadrantera pasatu dela. Hau programatzeko algoritmoa hurrengo da:



Irudia 3.19: Programazioa: Abzisa ardatzako ebaketak

Funtzioa abzisa ardatza non ebakitzen duen jakiten dugunean, bigarren urratsa maximoak bilatzea da. Maximoak bilatzeko tarte bakoitzaren maximoa aurkitu behar dugu, horretarako maximoari 0 balioa esleituko diogu hau egin ostean, balio bakoitza banan-banan aztertuko dugu, aztertuko balioa maximoa baino handiagoa bada, maximoa balio hori izendatuko dugu, horrela tarte amaitu arte, hau da atera dugun abzisa ebakidura puntura arte. Tarte amaitzen denean maximo balioa gordeko dugu eta maximoa berriz 0 balioa esleituko dugu. Tarte amaitzean hurrengo tarte aztertuko da, horrela tarte guztien maximoak atera arte. Tarteak denbora unitatea edukiko dute, eta maximo balioak milimetro unitatea. Maximoen bilaketaren algoritmoa (Irudia 3.20) ikusi daiteke.

Programazio hauekin abzisa ardatzetako ebaketak eta tarte bakoitzaren maximoak ateratzen ditugu, orain maiztasuna eta moteltze faktorea aterako ditugu. Maiztasuna kalkulatzeko, abzisa koordenatuaren ebaketa puntuen arteko kenketa egiten dugu, kenketa periodoaren balioa emango digu, periodo guztiak atera eta gero bere batez bestekoa aterako dugu, ateratzen dugun balioarekin maiztasuna ateratzen da. Moteltze faktorea kalkulatzeko, bi modu daude, lehenengoa eskuz egitea da, baina kasu honetan Excelaren "Solver" funtzioa erabiliko dugu. Honako pausuak jarraituko dira:



Irudia 3.20: Programazioa: Maximoak bilatu

Lehenengo, maximo puntuen denborak eta neurriak kopiatuko ditugu Excel orri batean.

Bigarren, zutabe batean moteltze faktorearen balio aleatorio bat erabakiko da, edozein, eta gelaxka batean idatziko da.

Hirugarren, datuen ondoko zutabe batean, bilatzen den ekuazioa definituko dugu, non balio bakoitza, denbora, hasierako posizioa eta hautatu dugun moteltze faktorearen menpe egongo da. Horrela kurba esponentzial bat lortuz.

Laugarren, sortu dugun kurbaren balioen artean eta entseguen balioen arteko diferentzia jakiteko, kendura egingo da, kendura honi ber bi egingo diogu, desberdintasun koadratikoa kalkulatzeko, diferentzia koadratiko guztien batura gelaxka batean jarriko ditugu.

Bosgarren, "Solver" funtzioa aktibatuko dugu, "Solver" funtzioan lehenengo gutxitu nahi dugun balioa esan behar diogu, kasu honetan, desberdintasun koadratikoen batuketaren balioa gutxituko dugu, hurrengo pausua, zein balioak aldatuz gure helburua lortu nahi dugu definitu beharko. Gure kasuan moteltze faktorea. "Solver" exekutatu, Moteltze faktore balio optimoa aterako dugu.

Maiztasuna eta moteltze faktorea behin jakinda mugimenduaren ekuazioa defini dezakegu:

Erantsitako masa kalkulatu dugu:

$$m_{\infty} = \frac{k}{\gamma^2 + \omega^2} - m_0 \quad 3.5$$

Non:

m_0 : Uraren masa da, OWC-ren geometria definitzen du.

k : Uraren zurruntasuna, ur-mailaren menpe dago.

Eta erantsitako masa kalkulatu, moteltze faktorea kalkulatu dugu:

$$B = 2 \cdot (m_0 + m_{\infty}) \cdot \gamma \quad 3.6$$

Horrela koefiziente hidrodinamikoak kalkulatu ditugu.

3.2 ANPLIFIKAZIOA: RAO KURBA

3.2.1 EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA

3.2.1.1 OWC ganbera

Lehenengo entseguan erabili den ganbera berdina izango da. Bere posizioa orain kanalaren beste aldean izango da, olatuak ganberaren kontra botatzeko.

3.2.1.2 Ultrasoinu sentsoreak

Lehenengo entseguan erabili diren sentsore berdinak izango dira, kasu honetan bat ganbera barruan joango da, beheko euskarrian kokatuta, bestea ganberaren kanpoaldean kokatuta egongo da, kanalaren puntu batean, laborategian diseinatutako euskarri batean helduta. Sentsore hauei esker, olatu erasotzailearen anplitudea, eta oszilazioaren anplitudea neurtuko dira, gero beraien arteko proportzionaltasuna kalkulatzeko.

3.1.1.3 Ultrasoinu sentsoreen euskarriak

Kasu honetan bi motatako euskarriak erabiliko dira:

3.1.1.3.1 Ganbera barruko euskarria

Lehen entseguan erabili den euskarri berdina erabiliko da. Kasu honetan bakarrik beheko aldean dagoen euskarriarekin lan egingo dugu.

3.1.1.3.2 Olatu kanaleko euskarria

Sentsorea kanalera lotzeko erabiltzen den euskarria. Aluminio perfilez sortuta dago, erregulagarri da, eta sentsorea lotzeko sistema bat egokituta dauka. Bere posizioa, olatu sortzailetik 3 metrotara izango da.



Irudia 3.21: Kanalako euskarria



Irudia 3.22: Kanalako euskarria

3.1.1.4 Kontrol-sistema

Olatu sortzailearen mugimendua zuzentzeko erabili da eta ere sentsoreen informazioa jasotzeko eta ordenagailura bidaltzeko balio du.

3.1.1.5 Olatu sortzailea

Olatu sortzaile baten beharra dugu, gure entsegua egiteko. Honen bitartez olatuak sortuko dira, olatua kanalean hedatuko da eta ganberaren kontra joko egingo du.

3.1.1.5.1 Hardware atala

Olatu sortzailea, piston motakoa da, hiru zatitan banatuta dago: Serbomotorra Delta AC (ASDA-A2 series), eragingailu lineala (RM60-10 roller screw model) eta uretan murgildutako pala.

Softwarearen bitartez, serbomotorraren mugimendu angeluarra definitzen da, bere posizio angeluarra eta bere abiadura angeluarrak definitzen dira. Eragingailu linealaren bitartez serbomotorraren mugimendua angeluarra mugimendu linealean bihurtzen da. Eragingailulinealaren beste ertzean uretan murgildutako pala bat dago, olatuak sortzeko erabiltzen dena.



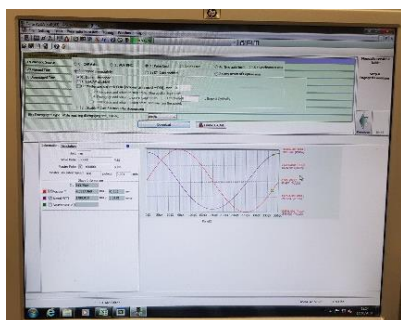
Irudia 3.23: Olatu sortzailea



Irudia 3.24: Olatu sortzailea

3.1.1.5.2 Kontrol atala

Delta-ASDA (V5) aplikazioa bitartez serbomotorraren mugimenduaren ezaugarriak definitzen dira, posizioa angeluarra eta abiadura angeluarra. Taula manual bat sortzen da non posizioaren baloreak ematen dira, eta serbomotorrak mugimendu hau jarraitzen du. Mugimenduaren baloreak "Piston type" ekuazioarekin kalkulatu dira. Nahi dugun anplitudea, maiztasuna eta ur mailaren menpe egongo da. Pistoiaren mugimendu linealaren maiztasuna definitzeko uhin funtzio sortzaile bat erabiliko da, honen bitartez mugimenduaren maiztasuna defini dezakegu.



Irudia 3.25: Delta ASDA softwarea



Irudia 3.26: Uhin sortzailea

3.1.1.6 Olatu kanala

Lehenengo entseguan erabili dugun olatu kanal berdina erabiliko da.

3.1.1.7 Muntaketaren deskribapena

Olatu kanalaren alde batean olatu sortzailea kokatuko da, eta beste aldean OWC ganbera. Olatu sortzailetik 3 metrotara lehenengo sentsorea kokatuko da, euskarriaren bitartez, sentsore honek olatu erasotzailearen anplitudea neurtuko du. Ganbera barruan bigarren sentsorea kokatuko da, lehenengo entseguan erabili den euskarri motaren bitartez. Sentsore honek ganberaren oszilazioen anplitudea neurtuko du.

3.2.2 ESPERIMENTUAREN DISEINUA

3.2.2.1 Planteamendua

Esperimentu honen helburua RAO kurba lortzea da, RAO kurba, erresonantzia puntuak lortzeko tresna erabilgarria da. RAO kurba, olatu erasotzailearen anplitudea eta ganbera barruko oszilazioaren anplitudearen arteko proportzioa neurtzen du olatuen periodoaren menpe. Hau egiteko, periodo finko batean olatuak sortuko dira, sentsore baten bidez, olatu erasotzaile bakoitzaren anplitudea neurtuko da, geroago olatu erasotzaile berdin hori ganbera barruan sortzen duen oszilazioa neurtuko da ere, beste sentsore baten bidez. Barruko oszilazioaren anplitudea eta olatu erasotzailearen anplitudea neurtuz, eta beraien arteko proportzioa kalkulatz, anplitudearen anplifikazioa zehaztuko dugu periodo zehatz horretarako. Horrela, hainbat periodo egin ostean, RAO kurba lortuko da. Honen bidez gure ganbera zein periodoetan lan egiten duen eta zeinetan ez jakingo dugu.

3.2.2.2 Entseguaren diseinua

Entseguaren diseinua bi ataletan bananduko dugu, lehenengoa entseguen prestaketa da, bigarrena entseguaren burutzea.

3.2.2.2.1 Entseguaren prestaketa

Alde batetik sentsoreen limiteak ikusi behar ditugu, eta eduki dezaketen akatsa eta bestetik olatu sortzaileen limiteak aztertuko dira. Sentsoreen kalibrazio dinamikoa deritzogu lehenengo atal honi, sentsoreen akatsak eta limiteak definituko ditugu olaturen aldagaien menpe, olatu anplitudea eta olatu maiztasuna. Bigarren atalean, olatu sortzailearen eta olatu kanalaren limiteak aztertuko ditugu. Olatuaren maiztasunarekin erlazioa dutenak.

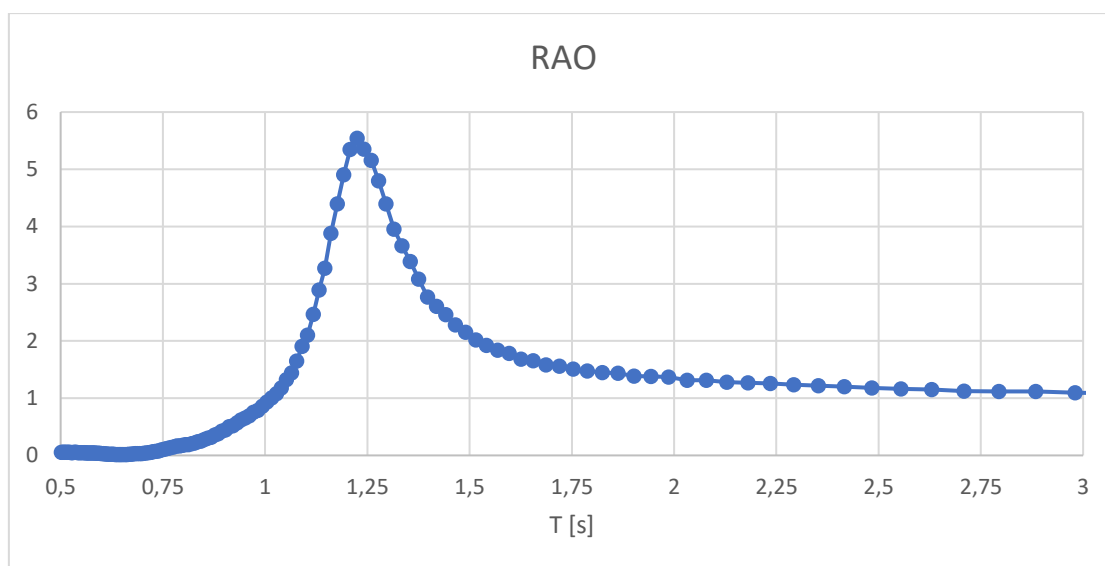
3.2.2.2.2 Entseguaren burutzea

RAO kurba, periodo bakoitzean zelako anplitude anplifikazioa edukiko dugun zehaztu behar dugu. Horretarako, periodo txikienetik hasita, aurreko atalean definitu dugun limite minimotik, periodo handienera, aurreko atalean definitutako limite maximora, anplifikazioa aztertuko da. Lehen, ze periodo aztertuko ditugun definitu behar dugu, eta geroago periodo bakoitzerako ze anplitudea erabiliko dugun definitu. Definitu ondoren, periodo bakoitza aztertzen hasiko gara. Bigarren, nahi dugun olatu bakoitzerako motorraren mugimendua kalkulatu beharko dugu. Kalkulu hau, Excel horri batez egiten da, Excel orri honetan, itsas maila, uhin luzera eta olatu altuera definituz, motorraren mugimenduaren koordenadak esaten digu. Excel orriko koordenadak, TXT formatu batera esportatzen ditugu, geroago ASDA softwarean taula bezala inportatzeko. ASDA softwarean inportatzen dugunean eta Serbomotorrera datuak pasatzen ditugunean exekututzen dugu programa, LabVIEW programaren bitartez datuak hartzen hasten garen bitartean. Entsegua amaitzean olatu erasotzaileen anplitudearen datuak eta ganbera barruko oszilazioaren

anplitudearen datuak gordeko dira Excel orri batean geroko analisirako. Horrela periodo bakoitzerako prozesu berdina errepikatuko da.

3.2.2.3 Entsegu kanpaina

Periodo bakoitzerako entsegu bat egingo da. Periodoen hautaketarako alde batetik olatu sortzailearen eta olatu kanalaren limiteak kontutan hartuko dira eta bestetik RAO kurba teoriko batean oinarrituko gara. Limiteak aztertuz, badakigu ezin direla 0,6 s baino gutxiago eta 2 s baino gehiago duten olatu periodoak sortu. Jarraituko dugun RAO kurba teorikoa:



Irudia 3.27: RAO kurba teorikoa




Kurba aztertzerakoan, ikusten da bere maximoa 1 s-tik 1,25 s-ra dagoela, honen sentzibilitate handiegiagatik, tarte honetako periodoak findu behar ditugu. Periodo bakoitzaren olatu anplitudea aukeratzeko orduan, olatu linealen eta Stokes bigarren mailako olatuaren limiteen artean egotea baieztatuko da. Beste lan batzuen RAO kurbak aztertuz, olatu guztiak anplitude berdina edukitzea erabaki da. Egingo diren entseguak hurrengoak dira:

Periodoa	Olatu anplitudea	Itsas maila
0,6	32 mm	234 mm
0,7	50 mm	234 mm
0,8	50 mm	234 mm
0,9	50 mm	234 mm
1	50 mm	234 mm
1,05	50 mm	234 mm
1,1	50 mm	234 mm
1,15	50 mm	234 mm
1,20	50 mm	234 mm
1,21	50 mm	234 mm
1,225	50 mm	234 mm
1,23	50 mm	234 mm
1,25	50 mm	234 mm
1,27	50 mm	234 mm

1,275	50 mm	234 mm
1,29	50 mm	234 mm
1,3	50 mm	234 mm
1,4	50 mm	234 mm
1,5	50 mm	234 mm
2	50 mm	234 mm
2,1	50 mm	234 mm
2,2	50 mm	234 mm
2,5	50 mm	234 mm

Taula 3.5: Entsegu kanpainia

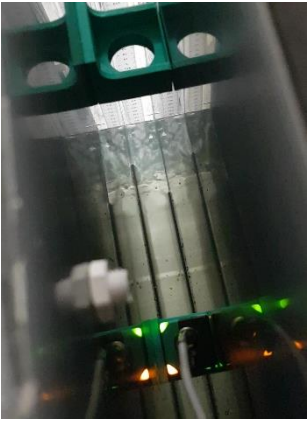

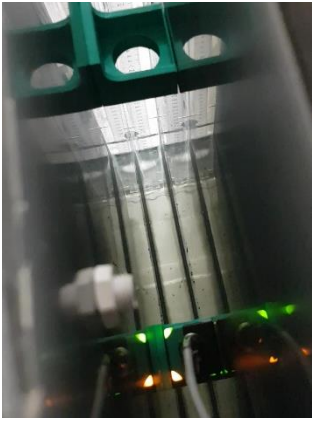

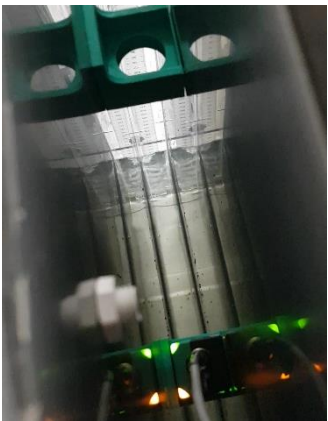
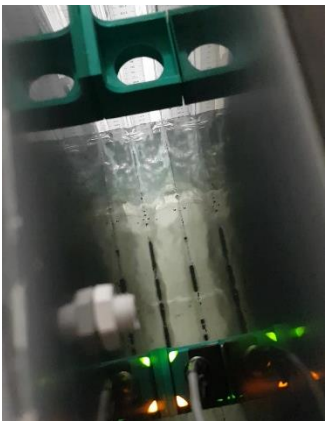
3.2.2.4 Entseguaren argazki bidezko azalpena

		
0. unean, olatu sortzaileari definitu dugun olatua sortzeko mugimenduak jarraituko ditu.	1. unean, olatuak sortzen joango da, lehengo eta bigarren olatuak normalean ez dira baliogarriak.	2. unean olatuak sortuko dituguk eskuz serbomotorra gelditu arte.

Taula 3.6: Olatu sortzailea

		
Olatua sortzen da.	Olatua kanaletik hedatzen da, sentsorearekin bere perfila neurtuz.	Hurrengo olatua sortzen da, guk definitutako periodoa jarraituz.

Taula 3.7: Olatu hedaketa

		
0. unean ura bere oreka posizioan dago	1. unean olatua ganberan sartzen da, ur maila igoz.	2. unean maximora ailegatzean, beherantz jotzen du.
		
3. unean olatu berri bat sartzen da (oszilazioa minimora heldu da), berriro maila igoz	4. unean berriro maila igotzen da.	5. unean, mugimendua jarraituko da serbomotorra gelditu arte.

Taula 3.8: Oszilazioa ganbera barruan

3.2.3 DATUEN ANALISIA

Alde batetik datuen aukeraketa egingo da, atal honetan datu guztietatik behar ditugunak aukeratu dira eta datu hauei iragazpen prozesu bat egingo zaie, zarata baztertzeko. Beste aldetik datuen prozesaketa egingo da, kasu honetan aukeratu dugun datuetatik, olatu erasotzaile bakoitza ganbera barruko oszilazioarekin erlazionatuko da, olatu eta oszilazio bakoitzaren anplitudea eta periodoa aterako da, aterako datuen estatistikak aterako dira entsegu bakoitzaren olatu ideala aukeratzeko eta azkenengoz RAO kurba aterako da.

3.2.3.1 Datuen aukeraketa

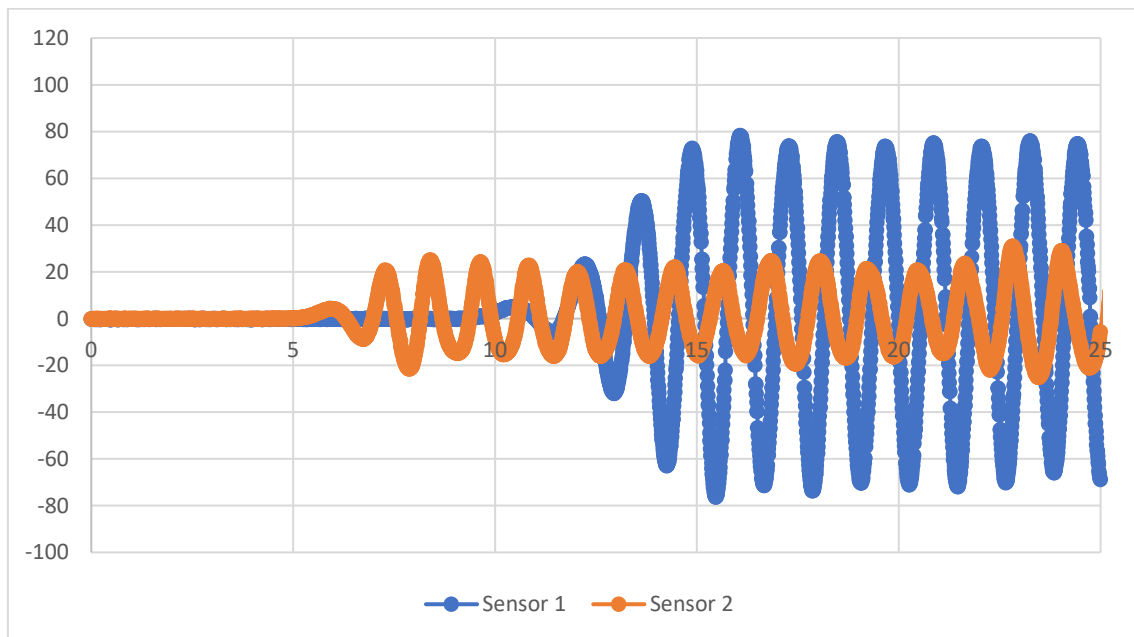
Entsegu bakoitzeko datuak Excel batean kopiatuko dira. Excel honetan, hiru datu dauzkagu, milisegundoak alde batetik eta bestetik bi sentsoreek hartutako anplitudeak. Lehenik behin egin behar dena, datuak bereiztea da, alde batetik lehenengo sentsorearenak eta bigarren sentsorearenak. Bereizi diren datu hauetatik, Lehenengo olatua noiz hazten den definituko dugu. eta olatu honen hasierako puntutik baino aurrerago dauden datu guztiak ezabatuko dira. Geratzen zaizkigun datuak filtratuko ditugu, batez besteko iragazketa bat eginez. Prozesu guzti hauek Excel orriko "macro" batean programatuta izan dira. Datuen aukeraketak hurrengo urratsak jarraitzen ditu:

LabVIEW Softwarea esperimntuko datuak "Excel" orri batera kopiatzen ditu:

	A	B	C	D	E
1	Tiempo	Sensor 1	Sensor 2		
2	0,000014	-0,155983	-0,180843		
3	0,00908	-0,300411	-0,180843		
4	0,019003	-0,300411	-0,180843		
5	0,032035	-0,155983	-0,037317		
6	0,037995	-0,300411	-0,180843		
7	0,044003	-0,300411	-0,180843		
8	0,053019	-0,155983	-0,180843		
9	0,062012	-0,155983	-0,037317		
10	0,07103	-0,155983	-0,037317		
11	0,07703	-0,444839	-0,180843		
12	0,09003	-0,155983	-0,180843		
13	0,100013	-0,011554	-0,180843		
14	0,109078	-0,300411	-0,037317		
15	0,119	-0,300411	-0,180843		
16	0,132031	-0,444839	-0,180843		
17	0,137996	-0,155983	-0,324369		

Irudia 3.29: Excel

Datu hauetatik grafiko bat ateratzean:

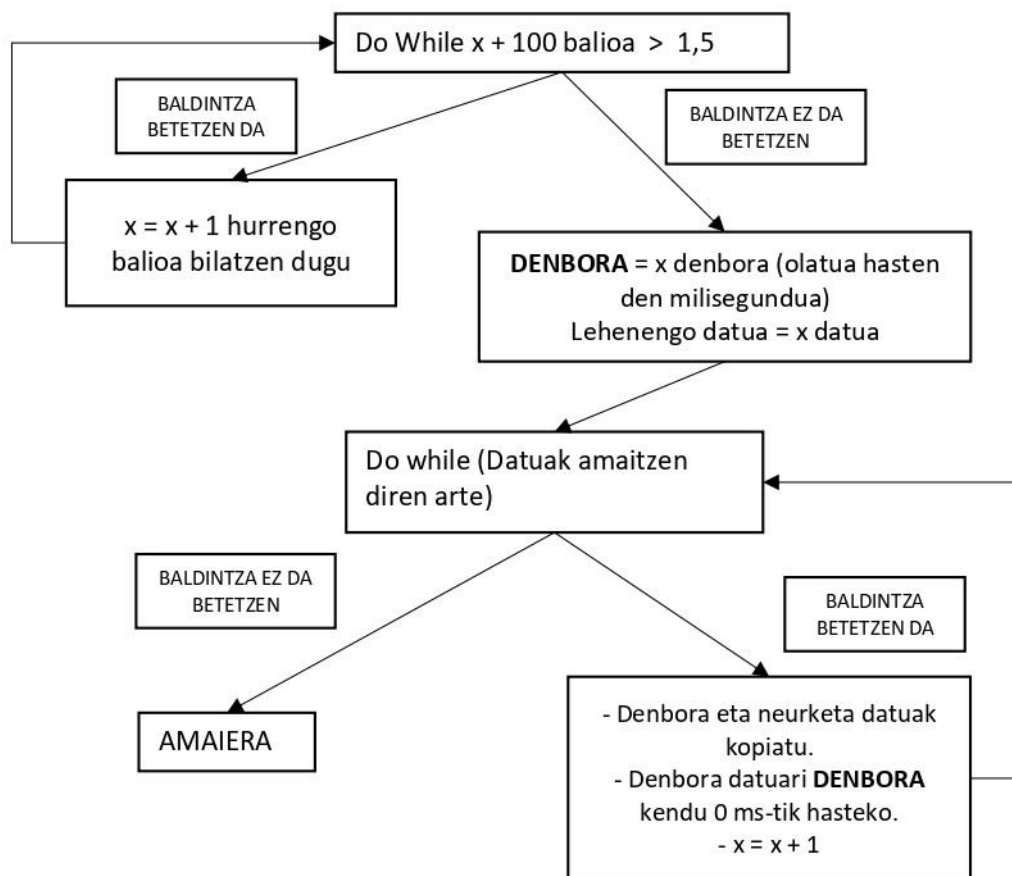


Irudia 3.30: Hartutako datuen grafikoa

Ikusten denez, datuak "Excel" orrian kopiatzen direnean, hiru zutabe sortzen dira. Lehengoan milisegundoak daude, bigarren eta hirugarren zutabeetan sentsoreen neurketak daude. Datuetatik grafiko bat ateratzen badugu, bi gauza ikusten dira, olatuak ez direla hasieratik hasten eta hasteko denbora hori bi uhinetan ezberdina dela. Programazioa bitartez, uhin bakoitzaren hasiera zehaztuko dugu, eta bi uhinak fasean jarriko ditugu. Hurrengo urratsak jarraituz egingo da:

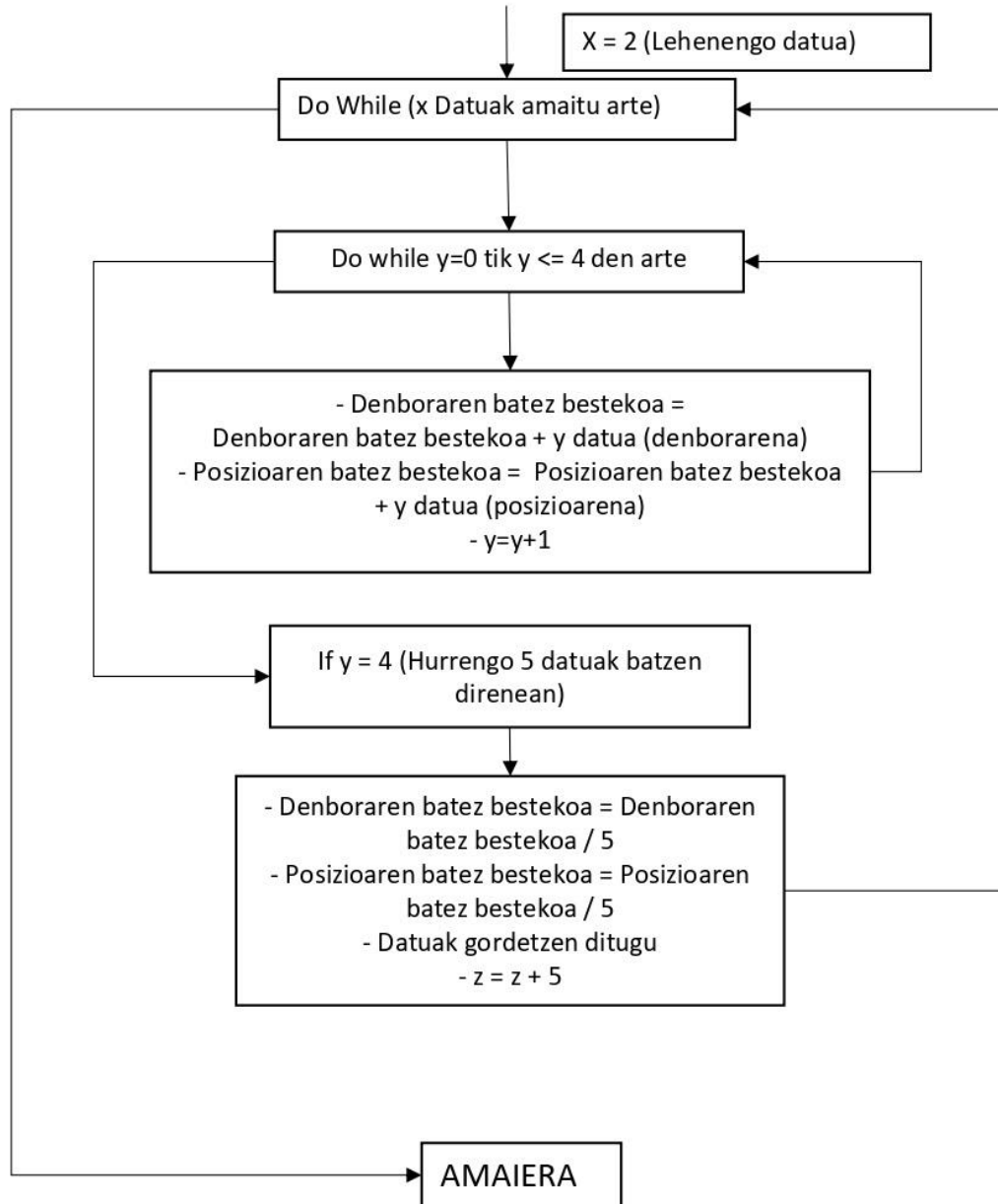
Hasierako urratsa, sentsore bakoitzaren datuen bereizketa izango da eta gero lehenengo olatuaren hasieraren puntua zehaztuko da. Urrats osoa programazioko funtzio berdinean

egino da. Hasierako datuak 0 mm tik gertu dauden datuak dira, interes gabekoak dira, hauek kentzeko limite minimo bat zehaztuko da funtzioan, minimo hori ailegatu ez diren balore guztiak filtratuz, baldintza betetzen duen lehenengo balorera ailegatu arte. Balore honek duen posizioan jadanik olatua hasi da, horregatik segurtasun koefiziente moduan, 150 gelaxka atzerantz egingo da, olatuaren hasiera guztiz hartzeko. Datuek ailegatu behar diren balorearen zehaztapenerako, froga batzuk egingo dira, egiaztapen bisual bat eginik hobeto moldatzen den balioa zehaztuko da. Gure kasuan 1,5 mm ko balio minimoa hartuko da, balorea 1,5 mm baino handiagoa izanez gero, gelaxka hori baino 150 gelaxka aurrerago joango da programazioak, puntu horretatik aurrera datu guztiak fitxa berri batean kopiatzeko. Datuei desfasea kentzeko eta gure olatuaren datuak 0tik hasteko, kopiatu den lehenengo datuaren denbora balioa denbora datu guztiei kenduko zaio. Prozesu hau egiteko programazioaren funtzioaren algoritmoa hurrengoa da:



Irudia 3.31: Programazioa: Lehenengo olatua atera

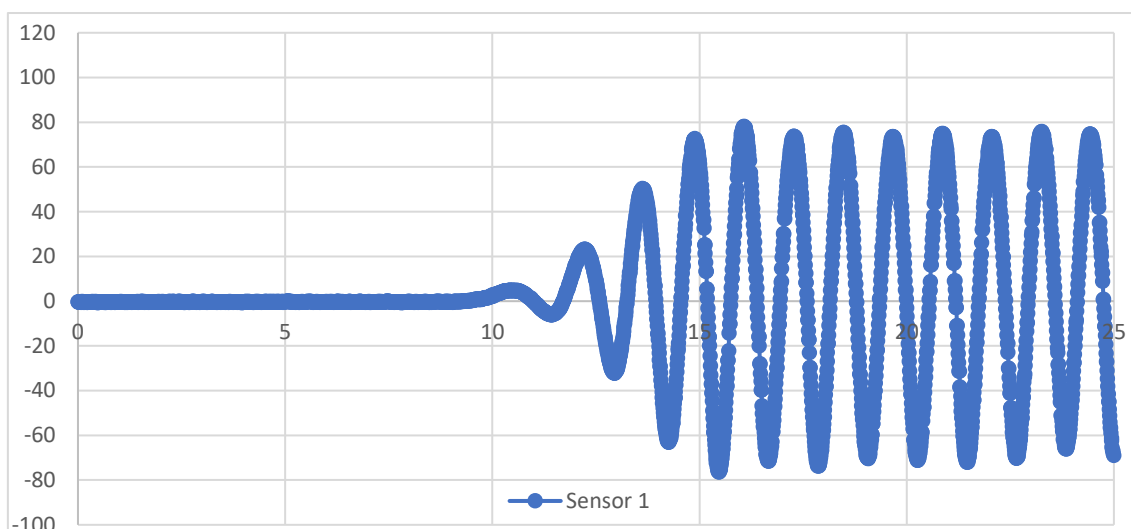
Hurrengo urratsa, sentsoreen zarata kentzea da. Entseguen prestakuntzan nabaritu dugu, sentsoreek zarata daukatela, zarata honen ondorioz maximoak eta minimoak nabarmentzen dira. Zarata kentzeko batez besteko iragazpen prozesua egingo da. Bostnaka balioak hartuko dira eta balioen batez bestekoa egingo da. Programazio honen algoritmoa hurrengoa da:



Irudia 3.32: Programazioa: Batez-bestekoa

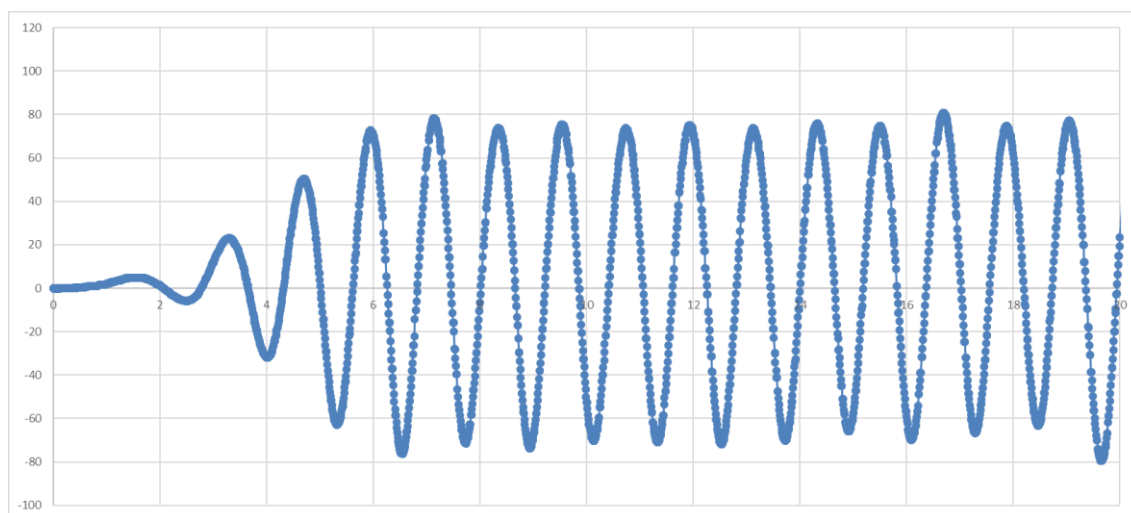
Bi programazio hauen bitartez, Excel fitxa berri batean, sentsoreen neurketatik balio zaizkigun datuak atera ditugu, eta hauei iragazpen prozesu bat egin diegu.

Programazioa baino lehen datuen grafikoa:



Irudia 3.33: Programazioa baino lehen

Programazioaren osteko datuak:



Irudia 3.34: Programazio ostean

Balio zaizkigun datuak soilik hartu ditugu, grafikoan ikuten den bezala, datuei batez besteko iragazpena egin zaie.

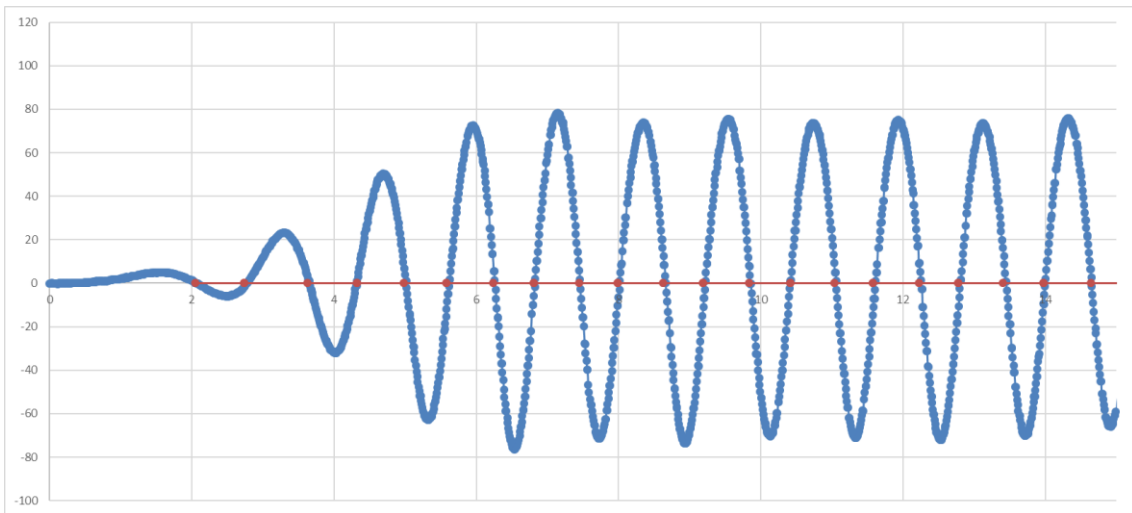
3.2.3.2 Datuen prozesaketa

Datuen prozesaketaren atalean, RAO kurba kalkulatzeko behar ditugun datuak lortuko dira. Alde batetik olatuaren periodoa behar dugu eta bestetik ganbera barruko oszilazioaren eta kanpotik erasotzen duen olatuaren anplitudeak behar dira, beraien arteko proportzionaltasuna kalkulatzeko. Hau egiteko, olatu bakoitzaren identifikazioa egin behar dugu, bere hasiera eta bere bukaera bilatu, eta tarte honetan dauzkaten maximo eta minimo balioak. Hau lortzeko hurrengo urratsak jarraituko dira:

Lehenengo olatu bakoitza non hasten den eta non amaitzen den jakin behar dugu, horretarako aurreko esperimentuak jarraitutako programazioa errepikatuko da. Badakigu olatu bakoitzak, 3 aldiz abzisa ardatza moztzen duela. Lehenengo mozketa olatuaren hasiera izango da, bigarren mozketa maximotik minimora joateko ibiltarteko puntu batean izango

da eta azkenengo mozketak olatuaren bukaera izango da. Olatuaren amaiera, hurrengo olatuaren hasiera izango da. Hau jakinda, eta aurreko programazioan oinarrituz, olatu erasotzailearen eta ganbera barruko oszilazioen hiru mozketak datuetatik aterako ditugu, taula batean kopia egingo dira eta olatuak bere posizio ordinalagatik sailkatuko ditugu. Olatu baten periodoa, bere uhin luzera osoa puntu beretik pasatzeko behar duen denbora bezala ulertzen da, horrexegatik periodoa kalkulatzeko, olatuaren amaierako denborari, hasieraren denbora kendu diogu, periodoaren balioa emanez. Olatu bakoitzaren periodoa aterako dugu.

Lortutako datuen grafikoa:



Irudia 3.35: Ebaketak abzisa ardatzean

Datu hauek eskuz diseinatutako taula batzuetara pasatuko ditugu:

	1º Ola				2º Ola				3º Ola		
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Celda	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Celda	1º Corte	2º Corte	3º Corte
Celda	0	49	65	Celda	65	85	101	Celda	101	116	129
Tiempo	0	2,0441566	2,737955	Tiempo	2,737955	3,6249432	4,3169344	Tiempo	4,3169344	4,9833234	5,582314
Periodo	2,737955			Periodo	1,5789794			Periodo	1,2653796		
Máximo		Celda		Máximo		Celda		Máximo	50,047317		110
Mínimo		Celda		Mínimo		Celda		Mínimo	-62,57792		123
Altura				Altura				Altura	112,62524		

Irudia 3.36: Sortutako Excel taula

Olatu bakoitzaren identifikazio taula bitartez, periodoak eta altuerak kalkulatu dira.

Ondoren, olatu bakoitzaren maximoak eta minimoak kalkulatu ditugu, horretarako aurreko esperimentuko programazio berdina erabili dugu, tarte bakoitzaren maximoa eta minimoa identifikatuz, minimoaren programazioa maximoa programatzeko urrats berdinak erabili dira, kasu honen ezaugarria baloreak "minimoa" baino txikiagoak izan behar direla da. Maximoak eta minimoak zehaztean, olatu baten maximoari balore minimoa kenduz, olatuaren anplitudea edukiko genuke.

Taula honetan, maximo eta minimoen balioak gordetzen ditugu:

	1º Ola				2º Ola				3º Ola		
	1º Corte	2º Corte	3º Corte		1º Corte	2º Corte	3º Corte		1º Corte	2º Corte	3º Corte
Celda	0	49	65	Celda	65	85	101	Celda	101	116	129
Tiempo	0	2,0441566	2,737955	Tiempo	2,737955	3,6249432	4,3169344	Tiempo	4,3169344	4,9833234	5,582314
Periodo	2,737955			Periodo	1,5789794			Periodo	1,2653796		
Máximo	4,8412388	Celda	36	Máximo	23,0680982	Celda	78	Máximo	50,0473166		110
Mínimo	-5,962003	Celda	59	Mínimo	-31,8724514	Celda	94	Mínimo	-62,5779216		123
Altura	10,8032418			Altura	54,9405496			Altura	112,625238		

Irudia 3.37: Excel taula

Bi funtzio hauei esker, olatu bakoitzaren periodoa eta anplitudea kalkulatu dira. Lortutako datuak, taula batera kopiatu dira, taula honetan, ganbera barruko oszilazioa, edo olatu erasotzailea den identifikatu da, eta honetaz aparte ere zein olatu den jakingo da (lehenengo olatua, bigarren olatua...). Taula honetako datuei, estatistika lan txiki bat egingo zaie, honen helburua, olatu hoberena aukeratzea izanik.

Sensor	Nº Ola	Periodo	Altura
1	1	2,737955	10,8032418
1	2	1,5789794	54,9405496
1	3	1,2653796	112,625238
1	4	1,2292018	148,154616
1	5	1,179422	148,992301
1	6	1,1917474	146,854761
1	7	1,2321944	145,034963
1	8	1,1577712	144,283935
1	9	1,2008002	146,623676
1	10	1,197428	143,359594
1	11	1,2029784	141,510911
1	12	1,1879686	144,081736
1	13	1,184669	146,912532
1	14	1,1522978	137,264717
1	15	1,2145778	156,27149
1	16	1,2252082	166,930303
1	17	1,2635652	165,688219
1	18	1,1958086	165,399363
1	19	1,185987	169,385586
1	20	1,2207782	173,314037
1	21	1,1890092	175,278263
1	22	1,1895288	170,945412
1	23	1,1614968	168,547901
2	1	2,3543704	13,0034616
2	2	1,1633972	41,909612
2	3	1,2165756	39,7854262
2	4	1,194191	39,412258
2	5	1,213793	38,608512

Irudia 3.38: Excel

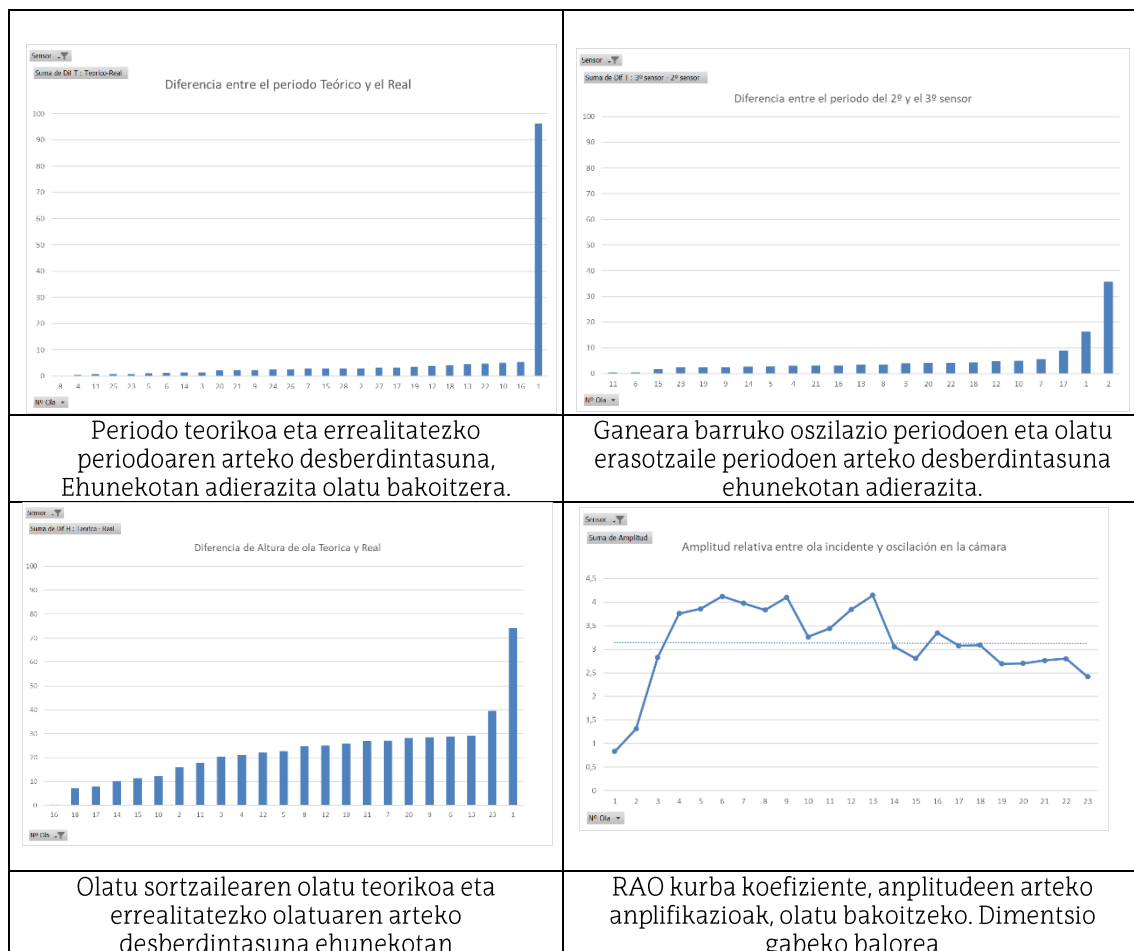
Lan estatistikoa hurrengo izango da, hasteko olatu sortzailean sartutako datu teorikoak (Olatua sortzeko erabili diren datuak) hartuz, olatu bakoitzaren ehuneko desberdintasuna kalkulatu da, honen bidez, bi datu emango dizkigu, egiazko periodoa eta periodo teorikoaren arteko desberdintasuna, eta egiazko olatuaren altueraren eta altuera teorikoaren arteko desberdintasuna. Jarraitzeko, ganbera barruko olatuaren eta olatu erasotzailearen olatuaren periodoen arteko desberdintasuna kalkulatu egingo da, teoriar, olatuaren periodoa ganbera barruan eta kanpoan ez delako aldatzen. Programazio baten bidez egin da, programazioak erabiltzaileari datu teorikoak eskatzen dio, eta datu hauekin estatistikak ateratzen ditu.

Sortutako taula:

Dif T : Teorico-Real	Dif H : Teorico - Real	Dif T : 3º sensor - 2º sensor	Amplitud
128,1629167		16,29244914	0,830797378
31,58161667		35,72143718	1,310929569
5,4483		4,011587936	2,830816431
2,433483333		2,931758823	3,759099928
1,714833333		2,831701946	3,859053169
0,687716667		0,553346251	4,122450733
2,682866667		5,641642578	3,975267692
3,519066667		3,486541631	3,834021198
0,066683333		2,543011611	4,106037752
0,214333333		4,979952937	3,264183367
0,2482		0,51035877	3,442596502
1,002616667		4,802977021	3,843306156
1,277583333		3,440023037	4,147466606
3,975183333		2,660187358	3,057464276
1,214816667		1,65291866	2,804745368
2,100683333		3,174560274	3,349844726
5,2971		8,961380422	3,073514486
0,349283333		4,239858291	3,087887098
1,16775		2,455450396	2,690772841
1,731516667		4,074192038	2,702649898
0,9159		3,146090407	2,76296263
0,8726		4,147919911	2,801130905
3,2086		2,394734763	2,416330258
96,19753333	73,9930768		
3,050233333	16,180776		
1,3813	20,4291476		
0,484083333	21,175484		
1,149416667	22,782976		

Irudia 3.39: Excel

Datu estatistikoaren grafikak ere sortzen dira:

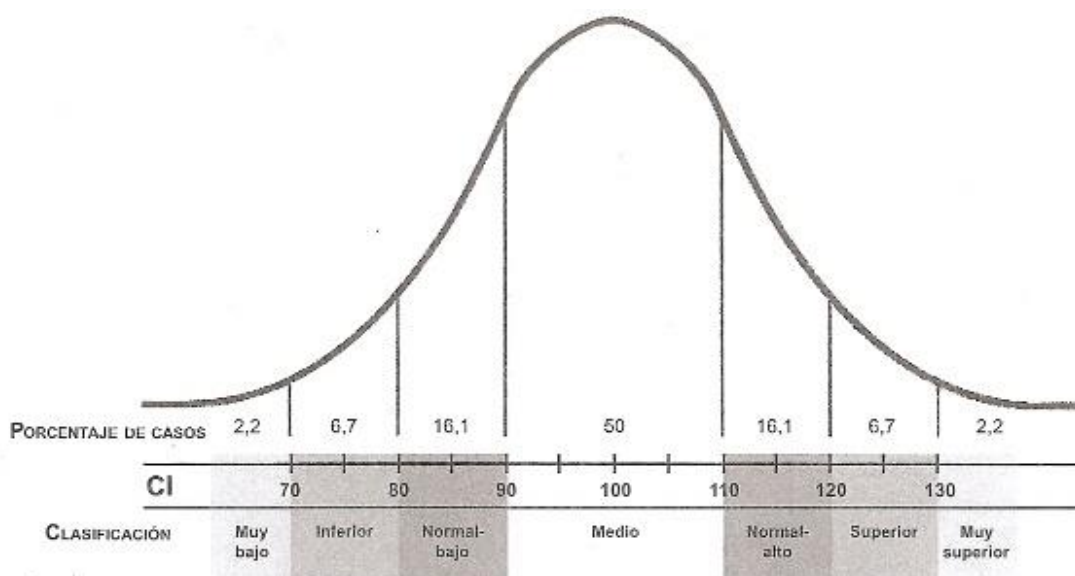


Taula 3.9: Sortutako grafikoak

Datu estatistiko hauek kontutan hartuta, zein olatu hartuko den erabaki behar da, hiru kriterio erabiliko dira. Lehenengo kriterioaren arabera, olatuak ganbera barruko olatuaren eta kanpoko olatuaren periodoen arteko desberdintasunaren arabera ordenatuko dira,

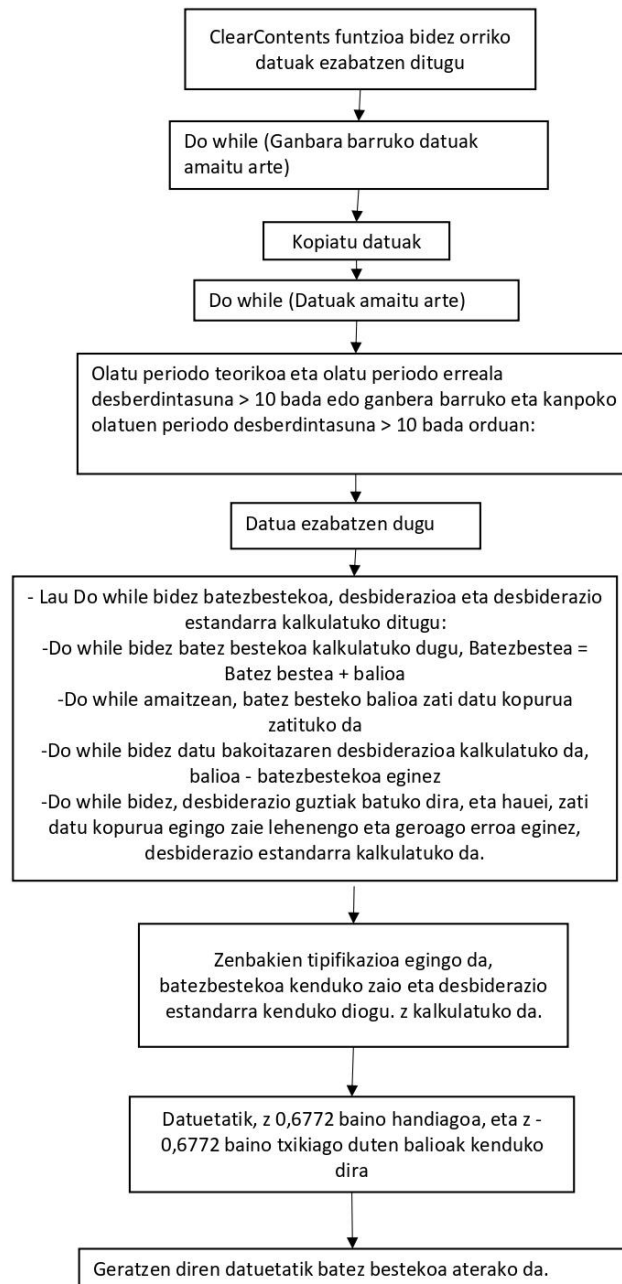
txikienetik handienera, hau egin ondoren lehenengo hirurekin geratuko gara, eta beraien artean periodo teorikoarekin desberdintasun txikiena edukiko duena hartuko da. Bigarren kriterioan guztik aurkakoa egingo da. Kriterio honen arabera olatuen periodoa periodo teorikoarekin daukaten desberdintasunaren arabera ordenatuko dira, lehenengo hirurak hartuko dira bakarrik eta hiru honetatik ganbera barruko eta kanpoko olatuen periodo desberdintasun txikiena daukan olatua hartuko da.

Hirugarren kriterioa, estatistikan oinarritutako kriterioa da. Lehenengo olatu datu guztien artean, batzuekin bakarrik geratuko gara, datuetatik, olatu periodo erreala eta teorikoaren arteko desberdintasuna 10 baino gutxiago direnekin geratuko gara, geroago ganbera barruko eta kanpoko olatuaren periodoen arteko desberdintasuna 10 baino gutxiago izaten direnekin bakarrik dituztenak erabiliko ditugu. Olatu erasotzailearen altueren batez bestekoa eta desbiderazio estandarrak kalkulatu dira, hau egin ostean, baloreak tipifikatutako dira, balio bakoitzeko z balorea ateraz. Taulatik, baloreak batez bestekotik 50 % probabilitatea edukitzeko, z aterako dira, eta atera ditugun balioen iragazpena egingo da, limite hauetatik kanpo geratzen diren balioak ezabatuko dira. Datuen batezbestekotik gertu dauden baloreak hartuko dira soilik. Kanpaitik erdialdetik 25% alde batera eta bestera. Erabilitako z balioa interpolazio bidez kalkulatu da. 50% datura joanez gero $\pm 0,6773$ balorea izango da z balioa. Datuak balio hauen artean egon behar dira.



Irudia 3.40: Gauss kanpaia

Geratzen diren balioen artean batez bestekoa egingo da. Ateratako batez-
 besteko balorea erabiliko da RAO kurba kalkulatzeko. Erabiliko
 programazioaren algoritmoa:



Irudia 3.41: Programazioa: Tipifikazioa eta olatu hautaketa

Ateratako datu guztiak beste Excel orri batera kopiatuko dira, eta RAO kurba ezberdinak aterako dira. Ere kasu guztietako datuak kopiatuko dira, puntu hodei bat ateratzeko nahian.

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)***

4. DOKUMENTUA – EMAITZAK ETA ONDORIOAK

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

4. DOKUMENTUA : EMAITZAK ETA ONDORIOAK.....	1
4.1 LEHENENGO ESPERIMENTUAREN EMAITZAK.....	1
4.1.1 Entseguetatik lortutako kurbak.....	1
4.1.2 Maiztasunaren kalkulua	2
4.1.3 Moteltze indizearen kalkulua	3
4.1.4 Erantsitako masaren kalkulua.....	4
4.1.5 Moteltze faktorearen kalkulua	5
4.1.6 SENER-en emaitzak:.....	6
4.2 BIGARREN ESPERIMENTUAREN EMAITZAK.....	8
4.2.1 RAO kurba.....	8
4.2.2 Olatu sortzailearen akatsak.....	11
4.3 ONDORIOAK.....	13

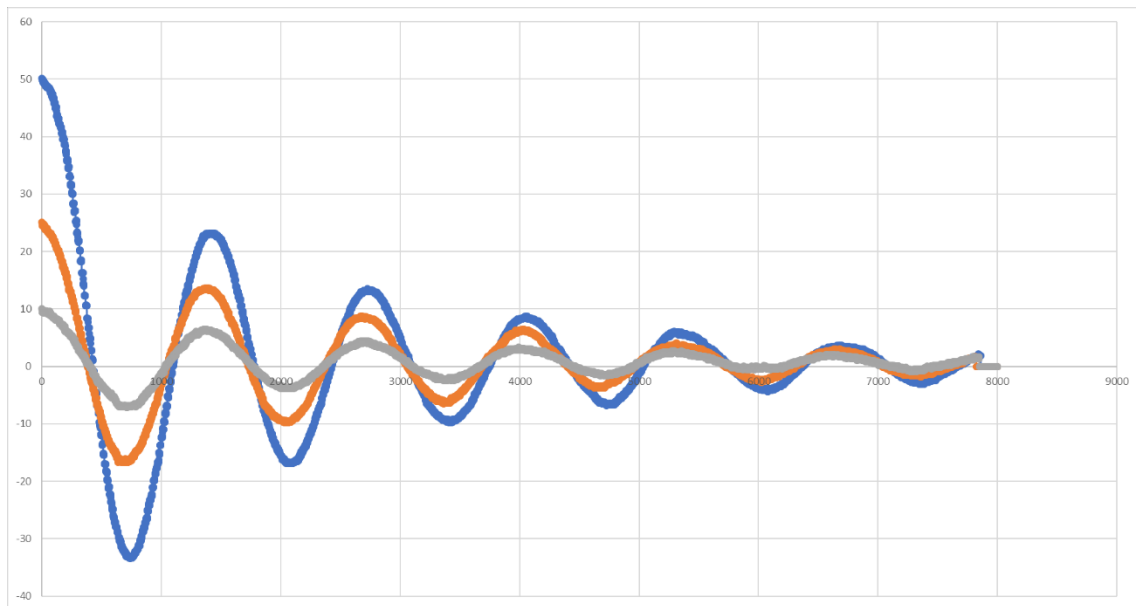
4. DOKUMENTUA : EMAITZAK ETA ONDORIOAK

4.1 LEHENENGO ESPERIMENTUAREN EMAITZAK

4.1.1 Entseguetatik lortutako kurbak

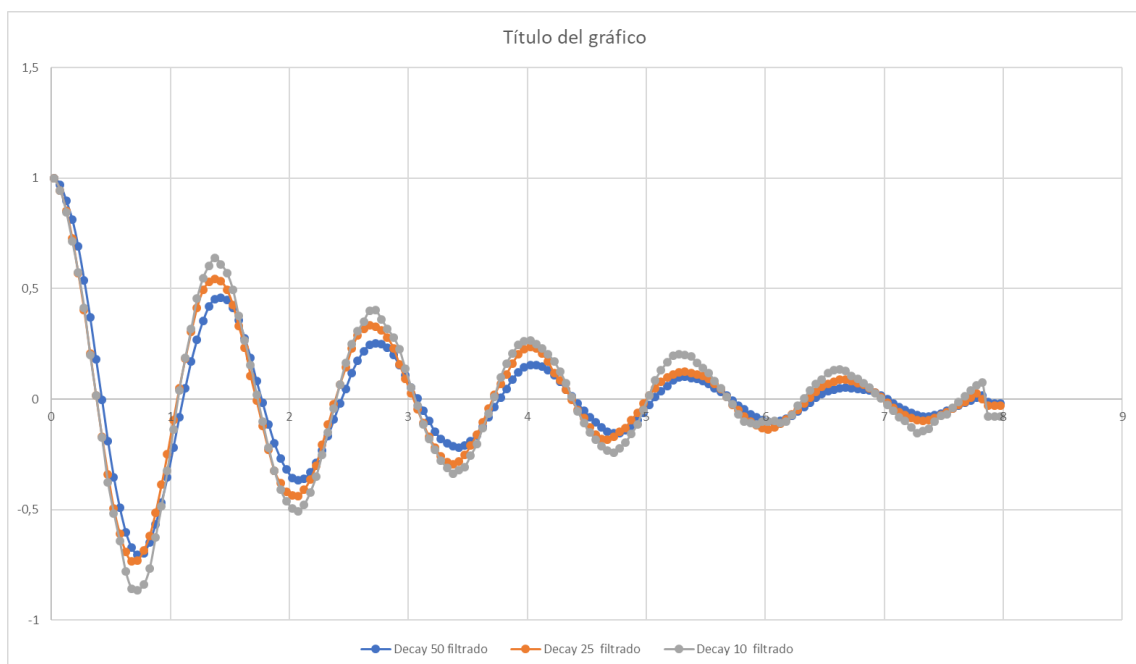
Adibide bezala, hona hemen ur maila 300 mm-ko entseguetatik lortutako kurbak:

Hire ur desberdintasun ezberdinak ikusten dira, maiztasun berdina edukiko dute baina ez moteltze indize berdina.



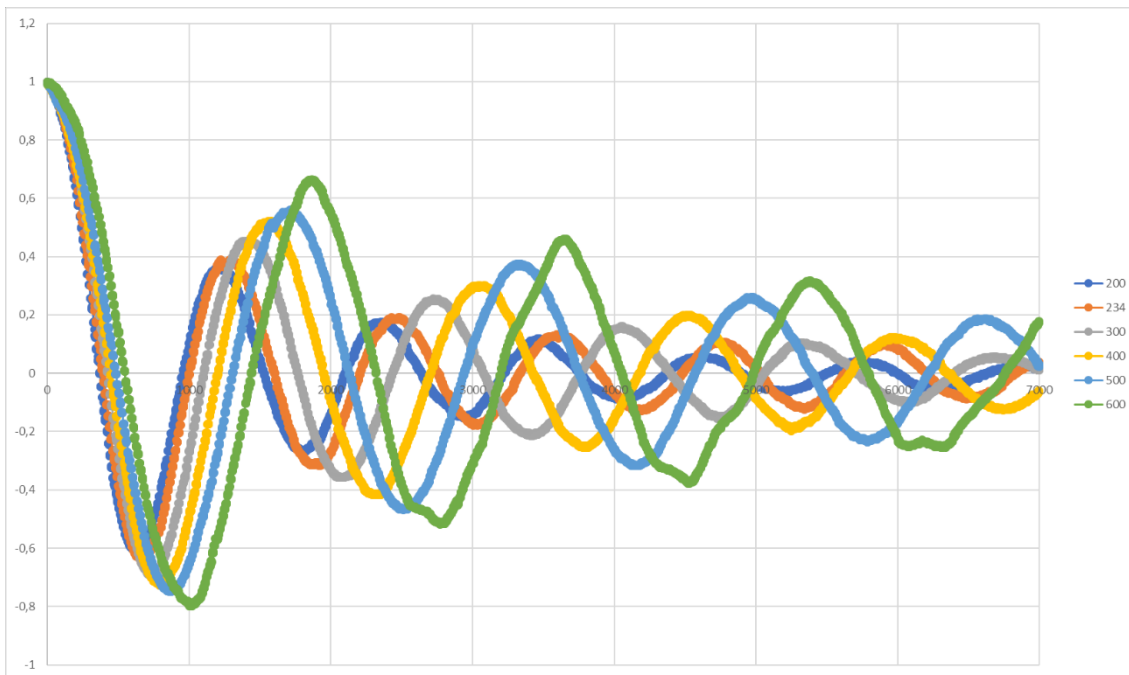
Irudia 4.1: Entseguetatik lortutako kurba

Datu hauek normalizatzean, maiztasun berdina dutela gehiago nabaritzen da:



Irudia 4.2: Kurba normalizatua

Entsegu guztietatik normalizatutako datuak atera ditugu, eta grafiko honetan jarri ditugu, ur maila desberdina izatean maiztasun desberdina edukiko dutela nabaritzen da. Ere moteldura faktorea txikiagoa izango dela nabaritzen da.



Irudia 4.3: Entsegu guztien kurbak normalizatuta

4.1.2 Maiztasunaren kalkulua

Entseguetatik, lortu ditugun periodoen baloreak hauek dira:

	200	234	300	400	500	600
10	1,1063	1,1648	1,3322	1,4304	1,6385	1,752
25	1,1505	1,2045	1,3358	1,4816	1,65625	1,76675
50	1,1521	1,2198	1,3394	1,4794	1,657	1,782

Taula 4.1: Periodoak

Balore haueetatik maiztasunak lortzen ditugu, maiztasun eta maiztasun angeluarrak kalkulatzeko ditugu:

Maiztasunak:

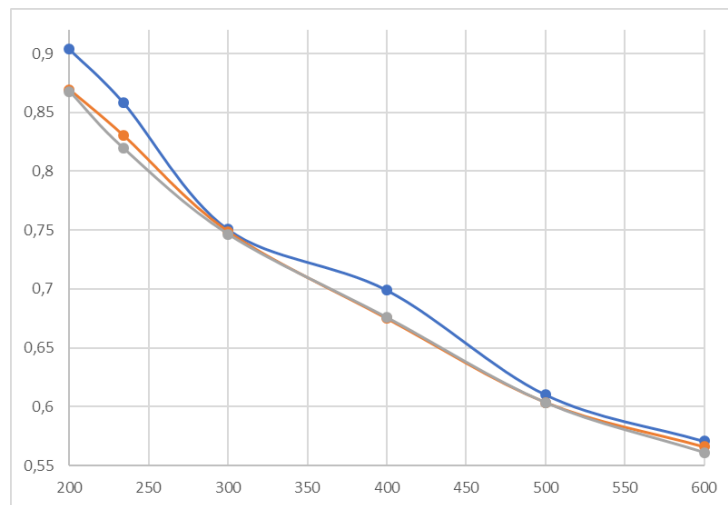
	200	234	300	400	500	600
10	0,9038	0,8584	0,7506	0,6991	0,6103	0,5707
25	0,8691	0,8302	0,7486	0,6749	0,6037	0,5660
50	0,8679	0,8197	0,7466	0,6759	0,6035	0,5612

Taula 4.2: Maiztasunak

Maiztasun angeluarrak:

	200	234	300	400	500	600
10	5,6792	5,3940	4,7163	4,3926	3,8347	3,5862
25	5,4612	5,2164	4,7036	4,2408	3,7936	3,5563
50	5,4533	5,1508	4,6910	4,2471	3,7919	3,5259

Taula 4.3: Maiztasun angeluarra



Taula 4.4: Maiztasunen datuak ur maila desberdinetarako

Ikusi ahal denez, maitasuna beherantz jotzen du uraren maila igo ahala. Hurrengo ekuazioa kontutan hartuta:

$$\omega = \sqrt{\gamma^2 + \omega_0^2} \quad 4.1$$

Moteltze indizearen balioak oso txikiak izaten dira, 1 baino txikiagoak, orduan maiztasun naturalean zentratuko gara. Maiztasun naturala hurrengo formula jarraitzen duela jakinik:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad 4.2$$

Eta zurruntasuna, kasu guztietan konstante izango denez, masa maiztasunaren aldaketetan protagonismo handiena duena da. Masaren balioa, ur mailaren zuzen proportzionala da.

$$h \uparrow m \uparrow \omega \downarrow$$

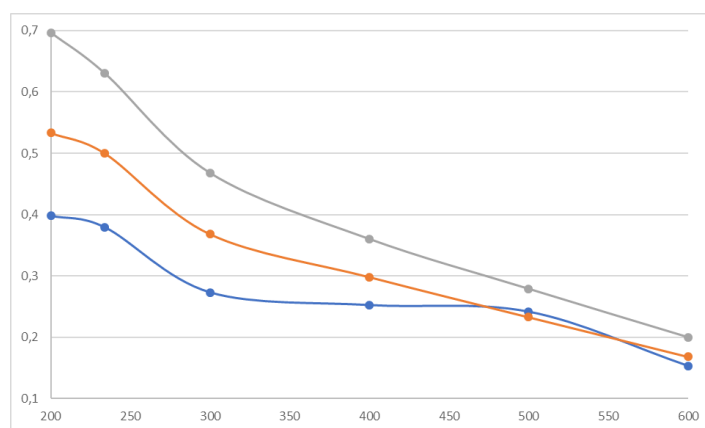
Lortutako datuak, erabili dugun teoriarekin baieztatzen direnez, lortutako datuen erabilgarritasuna frogatu dugu.

4.1.3 Moteltze indizearen kalkulua

Datuen maximoekin moteldura indizeak ateratzen ditugu.

	200	234	300	400	500	600
10	0,3982	0,37939	0,2730	0,2522	0,2415	0,1529
25	0,5335	0,5000	0,3683	0,2983	0,2328	0,1682
50	0,6966	0,6300	0,4675	0,3598	0,2785	0,1996

Taula 4.5: Moteltze indizeak



Irudia 4.4: Moteltze faktoreen desberdintasuna

Ikusten den bezala, moteltze indizea, ur maila handitzean jaisten da. Fenomenoa azaltzeko, moteltze indizearen formula aztertuko da:

$$\gamma = \frac{B}{2 \cdot m} \quad 4.3$$

Moteltze faktorearen balioa, hasierako egoeraren menpe dago, kasu hauetan, hasierako posizioaren menpe, horregatik masak fenomenoan duen efektua aztertuko da. Moteltze faktorea konstantea denez, logikoa da moteldura indizea gutxitzea masa gehitzen dugunean. Moteldura ezaugarri batzuk dauzka gure ganberak, ezaugarri horiei esker mugimendua mantsotu egiten da eteten den arte, masa gehiago ganberan sartzean, denbora gehiago iraungoko du oszilazioa ganbera barruan, masa handiago bat dagoenean, indar gehiago xahutu egin behar duelako. Masa gehiago gelditu behar duelako, horregatik denbora gehiago iraungoko du oszilazioak eta orduan, moteltze indizea txikiagoa izango da. Moteltze indizea oszilazioaren amaiera arinago edo beranduago emango den zehaztuko du.

4.1.4 Erantsitako masaren kalkulua

Erantsitako masaren kalkularen lehenengo urratsa, kasu bakoitzeko masa zehatza, hau da, ganbera barruan dugun masa kantitatea, kalkulatu dugu, masa kantitatea ur mailaren menpe dago.

	200	234	300	400	500	600
m1	5,808	6,7954	8,712	11,616	14,52	17,424
m2	2,73	2,73	2,73	2,73	2,73	2,73
m osoa	8,538	9,52536	11,442	14,346	17,25	20,154

Taula 4.6: Masak

Badakigu zurruntasuna, presio hidrostatikoa dela, dentsitatea, grabitatea eta gorputzaren azaleraren menpe dagoena, orduan:

$$k = 284,8824 \frac{kg}{s^2} \quad 4.4$$

Masa totala kalkulatu dugu:

$$m_{total} = \frac{k}{\gamma^2 + \omega^2} \quad 4.5$$

	200	234	300	400	500	600
10	8,7891	9,7429	12,7641	14,7160	19,2965	22,1098

25	9,4613	10,3740	12,7977	15,7624	19,7207	22,4742
50	9,4255	10,5793	12,8183	15,6808	19,7066	22,8418

Taula 4.7: Masa osoa

Masa total hauei, masa erreala kentzen badiogu, erantsitako masa kalkulatu dugu.

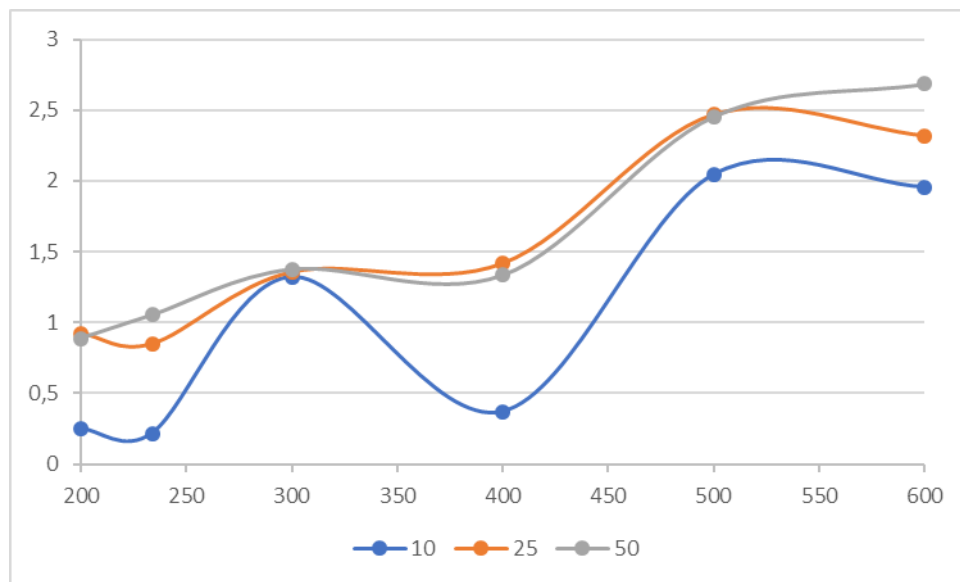
	200	234	300	400	500	600
10	0,2511	0,2175	1,3221	0,3700	2,0465	1,9558
25	0,9233	0,8486	1,3557	1,4164	2,4707	2,3202
50	0,8875	1,0539	1,3763	1,334	2,4566	2,6878

Taula 4.8: Erantsitako masa

Masa erantsiaren proportzioa kalkulatu dugu:

	200	234	300	400	500	600
10	2,9417	2,2842	11,5551	2,5795	11,8637	9,7043
25	10,8148	8,9094	11,8489	9,8733	14,3233	11,5125
50	10,3952	11,0646	12,0293	9,3047	14,2416	13,3365

Taula 4.9: Masa erantsia ehunekotan



Irudia 4.5: Masa erantsiaren grafika

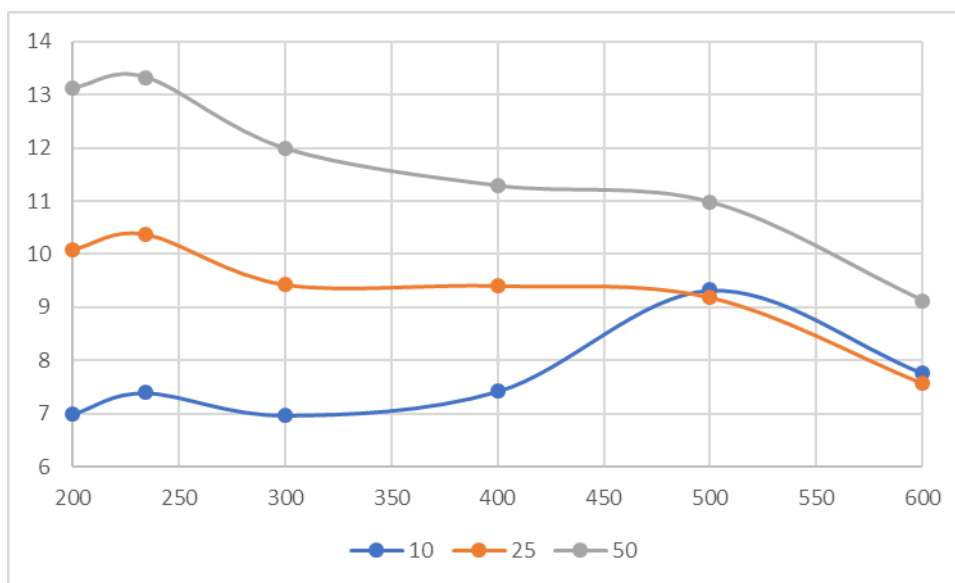
Ur maila diferentzia igotzen denean, erantsitako ur masa kantitatea handitzen da. Maila desberdintasun handietan, oszilazioak handiagoak dira, oszilazioak handiagoak direnez, uraren ibilbidea luzeago izango da, ibilbide luzeagoa izatean, inguruko ur kantitatea handiagoa izango da. Gainera tanke osoko ura mugitzeko zailtasun handiagoak edukiko ditu. Ur maila igotzen dugunean, erantsitako masa gehiago edukiko du, honen azalpena berdina izango da, ur maila igotzean, tankean dagoen ur kantitatea handitzen dugu, handitzean indar gehiago egingo du, orduan, bere efektua nabarmenduko da. Grafikoan, 10-reko maila desberdintasunaren kasuan, efektu ez-linealen agerpena agertzen da, kurba oso irregular bat eginik. Ere sentsorearen sentsibilitatearekin erlazionatuta egongo da.

4.1.5 Moteltze faktorearen kalkulua

Moteltze faktorea, moteltze indizearen eta masa osoaren arabera kalkulatu dugu:

	200	234	300	400	500	600
10	7,0001	7,3928	6,9705	7,4231	9,3231	7,7625
25	10,0956	10,3750	9,4276	9,4066	9,1855	7,5626
50	13,1325	13,3306	11,9861	11,2866	10,9787	9,1206

Taula 4.10: Moteltze faktorea



Irudia 4.6: Moteltze faktorearen grafika

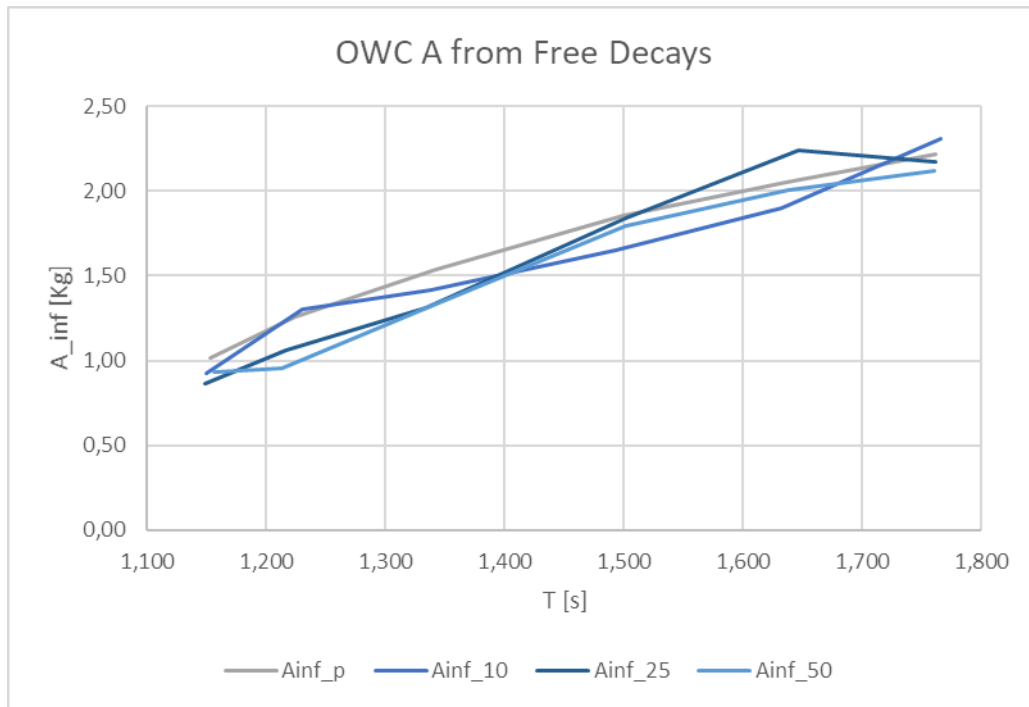
Ikusten den bezala, moteldura faktorea hasierako posizioaren eta ur mailaren arabera da. Oszilazioaren anplitudea handiagoa izatean, orduan funtzioak moteldura faktore handiagoa izango du. Oszilazioak sortzen den ur mailaren arabera, konportamendu desberdinak izango ditu, ur maila handiagoa izatean, bere moteldura txikiagoa izango da, azkenean bolumen handi batek bibratzeko joera handiagoa dauka bolumen txiki bat baino. Horregatik motelduraren garrantzia desberdina izango da.

4.1.6 SENER-en emaitzak:

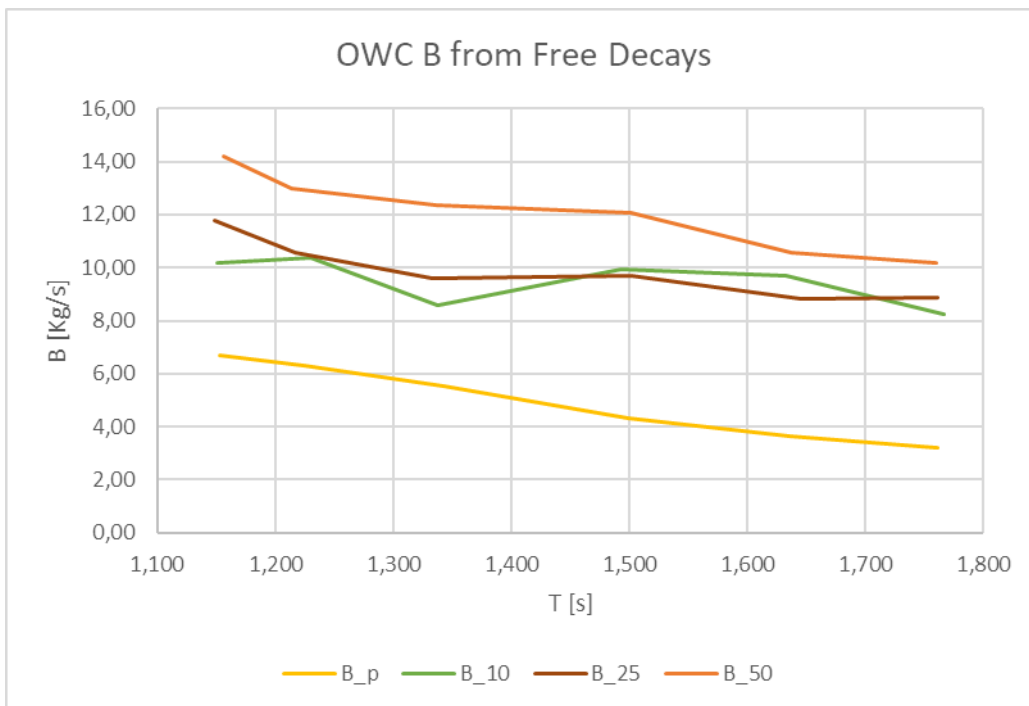
Laborategian hartutako datuak SENER-en doitu dituzte hurrengo datuak ateraz:

Pot			10			25			50		
T	Ainf_p	B_p	T	Ainf_1	B_10	T	Ainf_2	B_25	T	Ainf_5	B_50
1,153	1,02	6,69	1,150	0,92	10,18	1,149	0,86	11,78	1,156	0,93	14,18
1,224	1,26	6,32	1,230	1,30	10,39	1,217	1,06	10,58	1,213	0,95	13,01
1,343	1,54	5,56	1,338	1,41	8,56	1,333	1,31	9,61	1,337	1,32	12,35
1,499	1,85	4,31	1,493	1,65	9,95	1,501	1,84	9,68	1,501	1,79	12,07
1,636	2,05	3,63	1,632	1,90	9,69	1,646	2,24	8,81	1,638	2,00	10,59
1,761	2,22	3,22	1,766	2,31	8,22	1,761	2,17	8,88	1,760	2,12	10,20

Irudia 4.7: SENER-en lortutako emaitzak



Irudia 4.8: Eraitzen grafikak



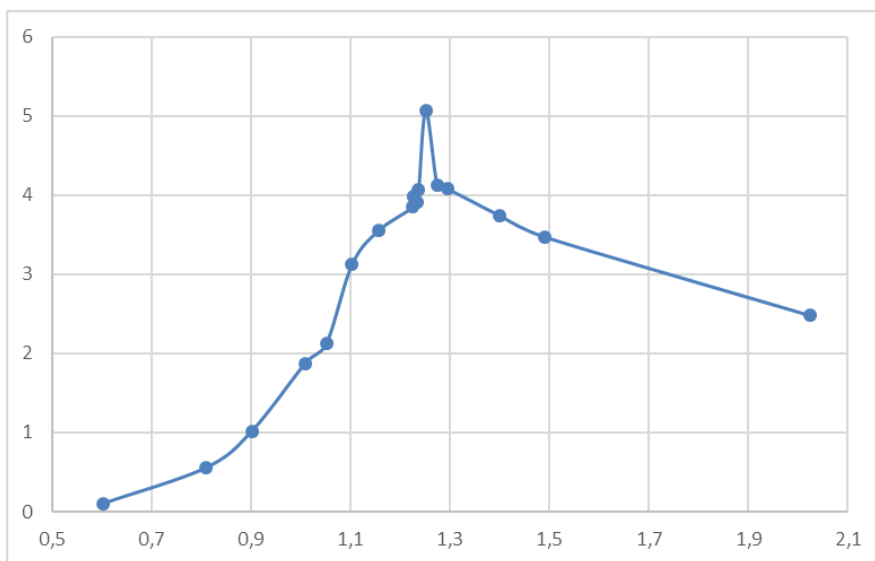
Irudia 4.9: Eraitzen grafikak

Sener-en ateratako emaitzak eta guk ateratako emaitzen artean ez dago hainbesteko desberdintasunik, azkenean erabilitako iragazpena eta kurba doikuntzagarriak izango da. SENER grafikoetan ere fluxu potentzialaren emaitzak ateratzen dira. Fluxu potentzialaren emaitzak bat egiten dute, masa erantsiaren kurban, eta desberdintasun garrantzitsu bat nabaritzen da moteldura faktorearen emaitzetan, hau efektu ez linealengatik da. 10 mm-ko ur maila diferentzia da, fluxu potentzialari gehien iruditzen dena. Fluxuaren turbulentiagarriak sortzen dira efektu hauek.

4.2 BIGARREN ESPERIMENTUAREN EMAITZAK

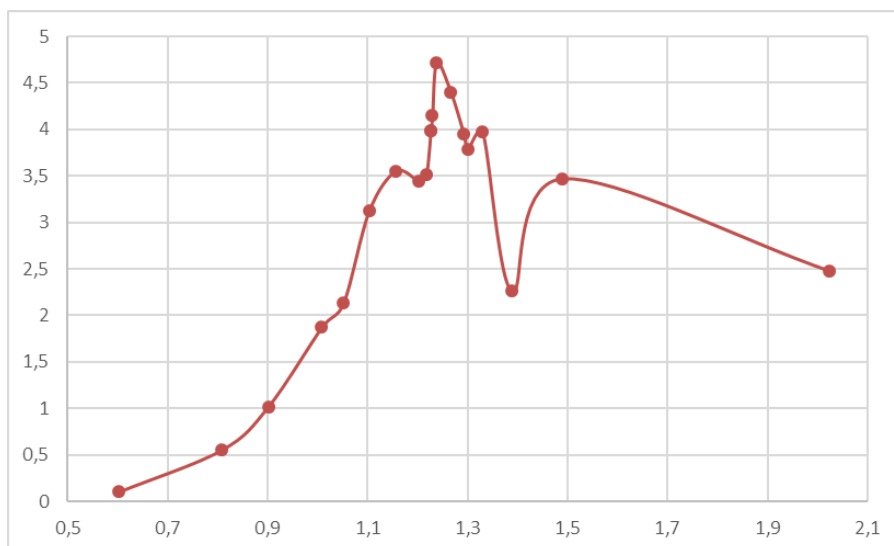
4.2.1 RAO kurba

Lehenengo kriterioa:



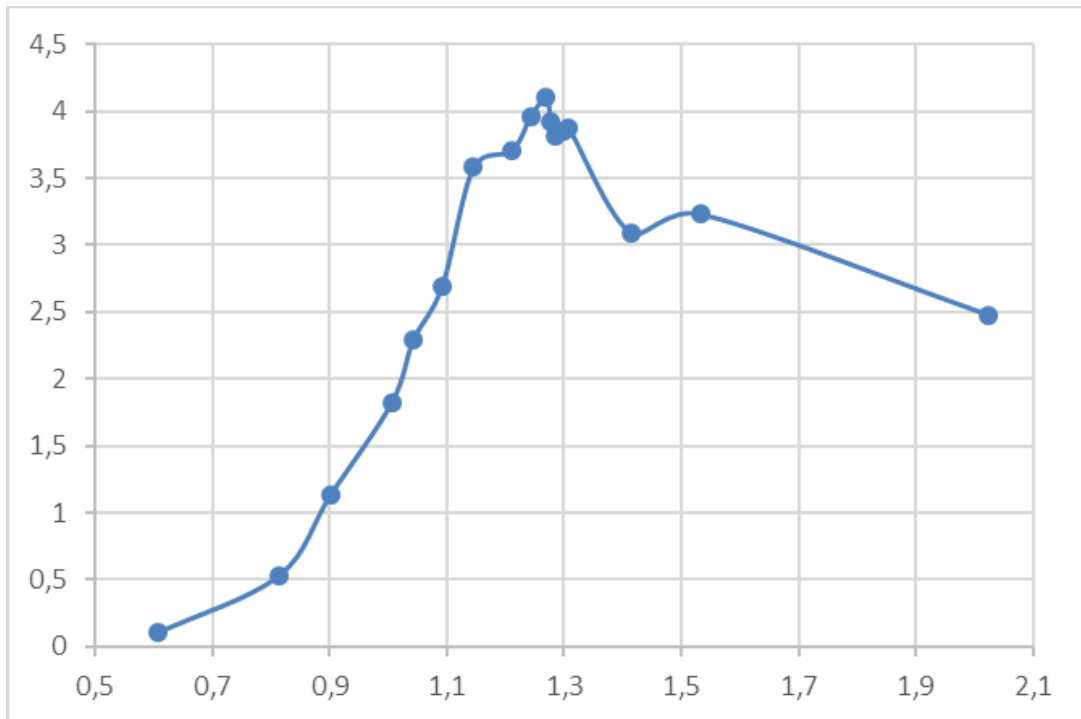
Irudia 4.10: Lehenengo kriterioaren RAO kurba

Bigarren kriterioa:



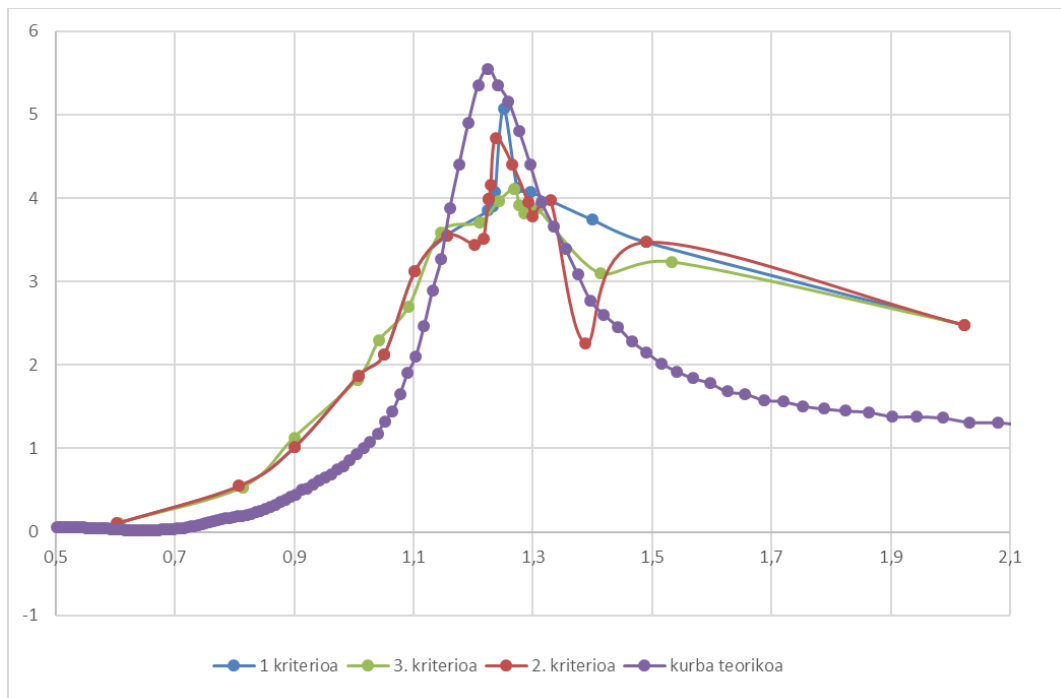
Irudia 4.11: Bigarren kriterioaren RAO kurba

Hirugarren kriterioa:



Irudia 4.12: Hirugarren kriterioaren RAO kurba

Teorikoa eta errealitatekoen arteko azterketa

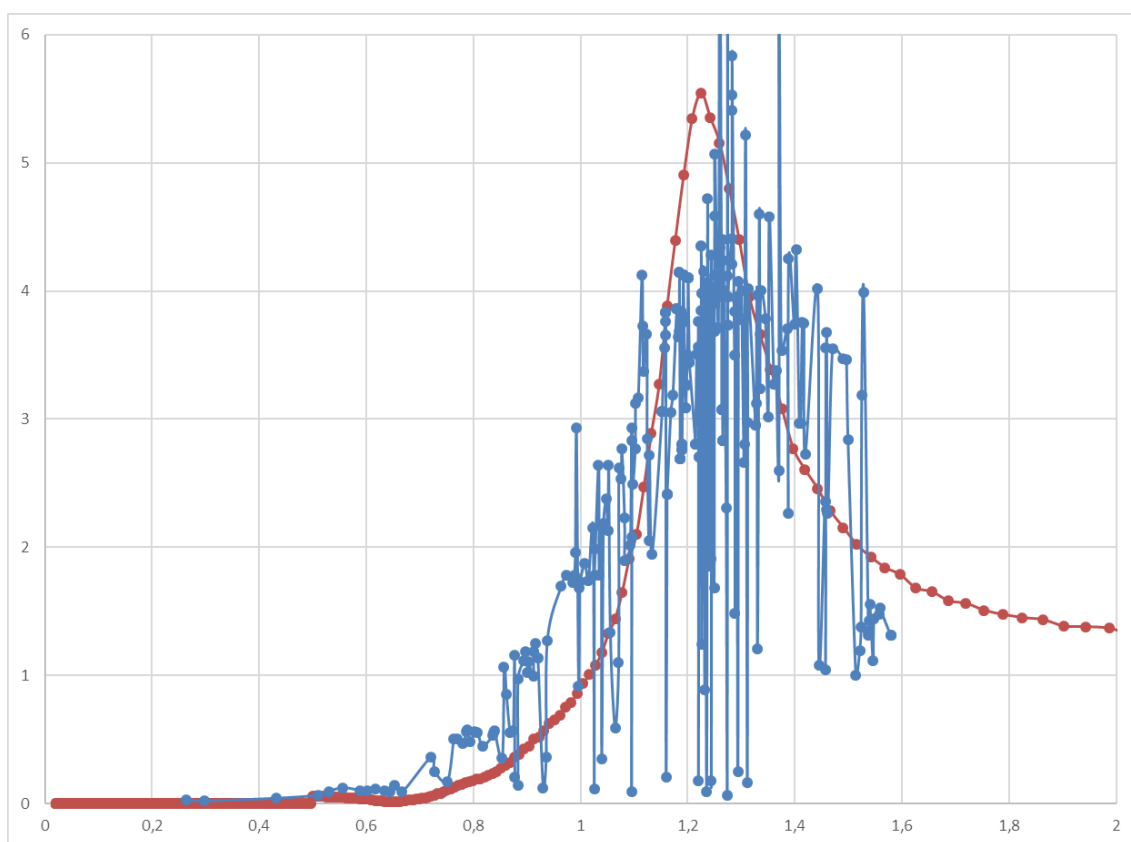


Irudia 4.13: Hiru kriterioen RAO kurben konparaketa

Nabaria da kurba esperimentalen eta kurba teorikoaren arteko desberdintasuna. Errealitatezko kurbek, anplifikazio handiagoak dauzkate, bai maximo aurretik bai maximo ondoren, guk sortutako kurba zabalagoa da, kurba teorikoa baino. Kurba teorikoan

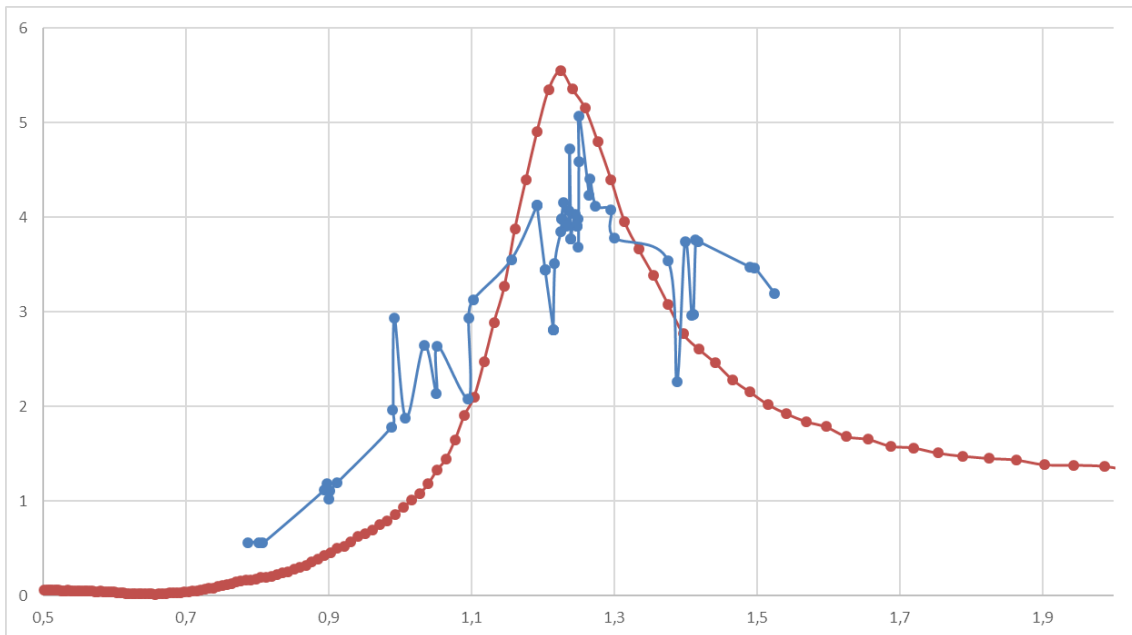
lortutako anplitude balore maximoa, era esperimentalaren bidez, ez da lortu. Gure kurbek, kurba teorikoa baino aurretik hasten dira, periodo berdinetarako anplitude handiagoak ematen ditu, gainera, fenomeno hau hiru kurbetan errepikatzen da, egiazkotasuna ematen lortutako joerari. Era teorikoan lortutako pikoa lortu ez arren, anplitude handiak lortu dira, lehenengo eta bigarren kriterioekin, 5-eko anplifikazioa lortu dugu, non izugarritzko anplifikazioa den. Ere esan behar dugu, guk sortutako kurbek ez direla guztiz linealak, batzuetan logika gabeko datuak sartzen dira, analisia asko zailtzen. Maximoaren eremuan ikusi daiteke, nola gure kurbek eremu horretan zorrotzago bihurtzen da. Maximo osteko joeran erreparatuz, ikusi dezakegu nola gure kurbek, kurba teorikoa baino anplifikazio handiagoak daukate, bere joera, 1-tera izan beharrean, 2-ra doa. Gure maximoa, kurba guztietan, eta olatu kanalean ikusten da, 1,2 1,25 eremutik mugitzen da. Olatu sortzailearen limiteen erruz ezin dezakegu hain ondo zehaztu, zailtasun handia duelako bi hamarreko dituen periodo bat lortzeko.

Entsegu guztien hodei kurba hurrengoa da:



Irudia 4.14: Entseguen hodei puntua

Iragazpena egin eta gero hurrengo itxura du:



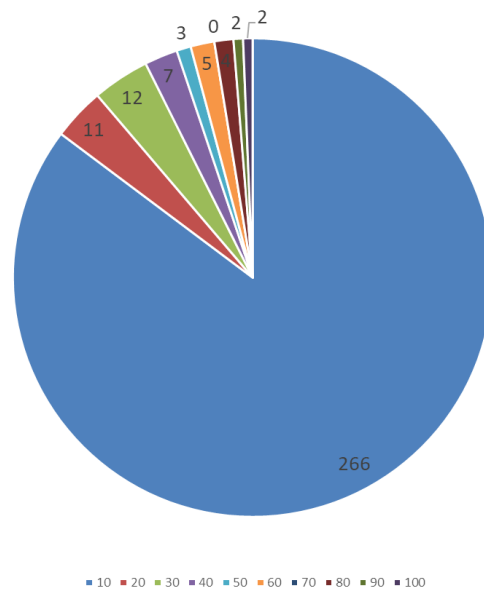
Irudia 4.15: Hodei puntua filtratuta

4.2.2 Olatu sortzailearen akatsak

4.2.2.1 Periodoaren ikuspuntutik

< x	Kopurua	Ehunekoa
10	266	85,2564103
20	11	3,52564103
30	12	3,84615385
40	7	2,24358974
50	3	0,96153846
60	5	1,6025641
70	0	0
80	4	1,28205128
90	2	0,64102564
100	2	0,64102564

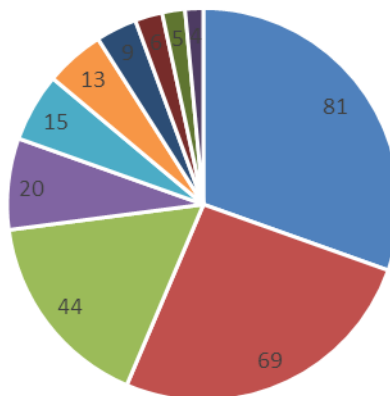
Taula 4.11: Periodo desberdintasunak



Irudia 4.16: Periodo desberdintasunen grafika

$\langle x \rangle$	Kopurua	Ehunekoa
1	81	30,4511278
2	69	25,9398496
3	44	16,5413534
4	20	7,51879699
5	15	5,63909774
6	13	4,88721805
7	9	3,38345865
8	6	2,2556391
9	5	1,87969925
10	4	1,5037594

Taula 4.12: Periodo desberdintasunak



■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ 8 ■ 9 ■ 10

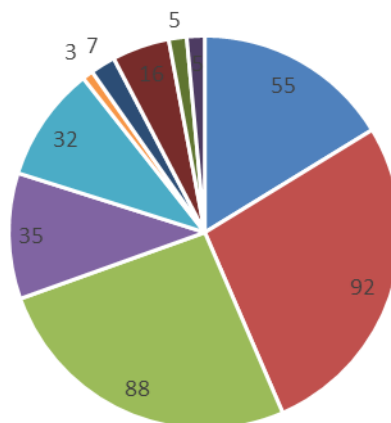
Irudia 4.17: Periodo desberdintasunen grafika

Olatu sortzaileak sortutako olatuen % 50a bere periodoa eta periodoa teorikoaren arteko desberdintasuna % 2 baino gutxiagokoa da. Sortutako olatuen % 85 periodoen arteko desberdintasuna % 10 baino gutxiagokoa da. Olatu sortzailearen zehaztasuna periodoak sortzeko orduan izugarritzakoa da. Altueraren zehaztasuna baxuagoa da, hurrengo atalean ikusten denez.

4.2.2.2 Altueraren ikuspuntutik

$\langle x \rangle$	Kopurua	Ehunekoa
10	55	16,2721893
20	92	27,2189349
30	88	26,035503
40	35	10,3550296
50	32	9,46745562
60	3	0,88757396
70	7	2,07100592
80	16	4,73372781
90	5	1,47928994
100	5	1,47928994

Taula 4.13: Altuera desberdintasunak



■ 10 ■ 20 ■ 30 ■ 40 ■ 50 ■ 60 ■ 70 ■ 80 ■ 90 ■ 100

Irudia 4.18: Altuera desberdintasunen grafika

4.3 ONDORIOAK

Lan honetan erorketa askearen simulazio esperimentalak OWC finko baten koefiziente hidrodinamikoak ulertzeko tresna erabilgarria dela egiaztatu egin da. Mugimendu oszilakor baten koefizienteak ulertu eta aztertu dira, beraien erlazioak ikertuz. Entsegu bakoitzeko egoeraren arabera bere ekuazio hidrodinamikoak lortu egin da. Mugimendu oszilakorraren dinamikan gorputzaren masaren protagonismoa ikusi da, bai sistemaren maiztasuna zehazteko, eta ere sistemaren moteldura indizea zehazteko.

Azpi moteldutako mugimendu oszilakor batean, sistemaren maiztasuna, maiztasun naturalaren balioaren antzekoa da, moteldura indizea garrantzi txikia duelako maiztasun naturalarekin konparatuz. Maiztasun naturalak zurruntasunaren eta masaren arabera denez, eta zurruntasuna konstante mantentzen denez entsegu guztietan zehar, azkenean, maiztasuna masaren menpe dagoela esan dezakegu. Masa kantitatea handiagoa izatean, moteldura faktorea txikiagoa dela ikusi da, masak indar bat eragiten du, masak daraman abiaduraren kontra doan indarra ia konstante mantentzen da entseguetan zehar. Konstante mantentzen denez, eta masaren indarra handiagoa egiten denez, azkenean oszilazioaren anplitudea mantsoago gutxituko da, masa kantitate altuak moteltzeko masa txikiak moteltzeko baino energia maila handiagoak erabili behar direlako.

Masa erantsiaren kalkulua egin da, ganberako masaren % 7-tik % 10-ra izanik, honek ere entseguen ur maila handiagoa izatean handiago bihurtu egin dela ikusten da. Ganberako ur kopurua handiagoa izango denez ere handiagoa izango da bere ingurunean dagoen ur kantitatea, inguruko ur honek erantsitako ur masa da. Ur maila desberdintasuna handitzean ere desberdintasunak nabaritzen dira erantsitako masaren baloreen, hauek efektu ez linealen ondorioa dira, azterketa hobe bat egin beharko zen, entsegu kanpaina zehatzago bat egin.

Moteldura faktorea kalkulatu da 7kg/s tik 14kg/s ra doana, entseguaren arabera. Koefizientea gutxitzen da entseguen ur maila handitzean. Azkenean ur masa gehiago dagoenez, fluido gehiago dago indar kantitate ia berdinerako. Ur molekula bakoitzak mugimenduaren kontra erresistentzia bat sortzen badu, molekula gehiago izatean erresistentzia gehiago izango dugu. Sistemaren hasierako energia, hasierako posizioa zehazten duenez, entsegu desberdinen zehar moteldura faktorea gutxituko da.

SENER-en lortutako emaitzekin bat egiten dute gure emaitzak, dauden desberdintasunak, datuen analisi prozesuen desberdintasunengatik dira. Lan honen hurrengo urratsa, bihurtzailearen erantzun funtzioaren (Response Function) kalkulua izango da, hurrengo lan baterako utziko duguna. Funtzio honen bidez bihurtzailearen erantzun hidrodinamikoak, olatuaren ezaugarri desberdinetarako kalkulatu da. Ere ganberaren geometria aldaketan menpe koefiziente hidrodinamikoak kalkulatu dira, hau da, altuera eta zabalera desberdinetarako, koefiziente hidrodinamikoaren azterketa egingo da. Horrela, parametro desberdinen menpe, gure bihurtzailearen erantzuna definitu ahalko dugu, hau funtsezko kontzeptua da edozein prototipoaren diseinurako eta energia lortzeko kontrol sistamarako.

Lan honetan ere OWC finko baten RAO kurba kalkulatu egin da, honen prozesuan, olatuak identifikatzeko programazio bat sortu da Excel-eko VBA lengoian. Sortutako RAO kurba, geneukan kurba teorikoaren antzekoa da, desberdintasun nabarmen batzuekin. Gure kalkuluen arabera maximoa, 5-eko anplifikazioa izan da eta ez 6-koa, kurba teorikoan bezala. Gainera guk sortutako kurba kurba teorikoa baino zabalagoa da, hau da, gure kurbak periodo berdinetarako, balore teorikoak baino anplifikazio handiagoa dauzka. Gure maximoa, 1,20-1,25s periodoa duten olatuetan ematen da. Lehenengo esperimentuan 234 mm-ko ur maila eta 50mm-ko ur maila desberdintasuna duen entsegu hartuz gero ikusi daiteke ateratako sistemaren periodoa 1,21 izan dela. Hau dela eta esan dezakegu, olatu sistemaren periodoaren antzekoa denean, anplifikazioa emango dela. Hau da erresonantzia

emango dela. Hau dela geometria berdinerako, ur maila bakoitzeko, erresonantzia puntu bat egongo da. Honen egiaztapena entsegu desberdinen bidez egingo da, hurrengo lan batean non, ur maila bakoitzerako RAO kurba bat aterako da.

Lan honetan lan aerodinamiko-energetikoa baztertu dugu, ez dugu aztertu turbinak izan dezakeen potentzia. Azkenean ur masaren mugimendua zentratu gara eta aire mugimenduaren azterketa hurrengo lan baterako utziko da, non, guk sortutako ganberaren potentzia kalkulatu egingo da.

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)**

I. ERANSKINA : PROGRAMAZIOA

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

SUB CURVARAO()
DIM SENSOR AS INTEGER

APPLICATION.SCREENUPDATING = FALSE ' NO ACTUALIZAR PANTALLA

APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONMANUAL ' CALCULAR MANUALMENTE

APPLICATION.PRINTCOMMUNICATION = FALSE ' DESACTIVAR IMPRESORA

SENSOR = 2
SENSOR1
DO WHILE SENSOR <= 4
DOEVENTS
WORKSHEETS(SENSOR).RANGE("A:F").CLEARCONTENTS
LIMPIARDATOS (SENSOR)
QUITARRUIDOMEDIA (SENSOR)
BORRARDATOS (SENSOR)
CORTEEJE (SENSOR)
MAXIMOS (SENSOR)
MINIMOS (SENSOR)
SENSOR = SENSOR + 1
LOOP

SENSOR = 2

WORKSHEETS(5).RANGE("A2:H100").CLEARCONTENTS

THISWORKBOOK.REFRESHALL

APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONAUTOMATIC
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONMANUAL

DO WHILE SENSOR <= 4

COPIARALTURAYPERIODO (SENSOR)

SENSOR = SENSOR + 1

LOOP
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONAUTOMATIC
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONMANUAL

ANALISISDEDATOS

'DIFERENTES CRITERIOS DE ELECCION
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONAUTOMATIC
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONMANUAL

ELEGIROLA1
ELEGIROLA2
MEDIAYDESVIACIONTIPICA
OLAMEDIA
NUBEDEPUNTOS

'COPIAR DATOS
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONAUTOMATIC
APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONMANUAL

COPIARCELDAS

APPLICATION.SCREENUPDATING = TRUE ' ACTUALIZAR PANTALLA

APPLICATION.CALCULATION = XLCALCULATIONAUTOMATIC ' CALCULAR AUTOMÁTICAMENTE

APPLICATION.PRINTCOMMUNICATION = TRUE ' ACTIVAR IMPRESORA

END SUB

```
FUNCTION SENSOR1()  
WORKSHEETS(1).RANGE("C:C").COPY  
WORKSHEETS(1).RANGE("B:B").PASTESPECIAL XLPASTEALL  
END FUNCTION
```

```
FUNCTION LIMPIARDATOS(SENSOR AS INTEGER)
```

```
  DIM X, FILA AS INTEGER  
  DIM SEGUNDOS AS DOUBLE
```

```
  X = 2  
  FILA = 2  
  SEGUNDOS = 0
```

```
  DO UNTIL WORKSHEETS(1).CELLS(FILA + 100, SENSOR).VALUE > 1.5
```

```
    FILA = FILA + 1
```

```
  LOOP
```

```
  SEGUNDOS = WORKSHEETS(1).CELLS(FILA, 1).VALUE
```

```
  WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(1, 3).VALUE = FILA
```

```
  Y = FILA
```

```
  DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(1).CELLS(Y, SENSOR))
```

```
    Y = Y + 1
```

```
  LOOP
```

```
  WORKSHEETS(1).ACTIVATE: WORKSHEETS(1).RANGE(CELLS(FILA, 1), CELLS(Y, 1)).SELECT: SELECTION.RESIZE(Y -  
  FILA, 1).SELECT: WORKSHEETS(1).RANGE(CELLS(FILA, 1), CELLS(Y, 1)).COPY  
  DESTINATION:=WORKSHEETS(SENSOR).RANGE("A2")
```

```
  WORKSHEETS(1).RANGE(CELLS(FILA, SENSOR), CELLS(Y, SENSOR)).RESIZE(Y - FILA, 1).COPY  
  DESTINATION:=WORKSHEETS(SENSOR).RANGE("B2")
```

```
  DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 1))
```

```
    WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 1).VALUE = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 1).VALUE - SEGUNDOS
```

```
    X = X + 1
```

```
  LOOP
```

```
END FUNCTION
```

```
FUNCTION QUITARRUIDOMEDIA(SENSOR AS INTEGER)
```

```
  DIM X, Y, Z AS INTEGER
```

```
  X = 2  
  Y = 0  
  Z = 2
```

```
  DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X + 5, 2))
```

```
  DOEVENTS
```

```
  FOR Y = 0 TO 4
```

```
    WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 4).VALUE = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 4).VALUE +  
    WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X + Y, 2).VALUE
```

```
    WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 3).VALUE = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 3).VALUE +  
    WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X + Y, 1).VALUE
```

IF Y = 4 THEN

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 4).VALUE = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 4).VALUE / 5
WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 3).VALUE = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Z, 3).VALUE / 5

END IF

NEXT Y

Z = Z + 1
X = X + 5

LOOP

END FUNCTION

FUNCTION BORRARDATOS(SENSOR AS INTEGER)

DIM Z, COLUMNA, X AS INTEGER

Z = 1
COLUMNA = 8
X = 8

DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, X))

X = X + 1

LOOP

X = X - 1

DO UNTIL COLUMNA > X

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, COLUMNA + Z).CLEARCONTENTS

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(4, COLUMNA + Z).CLEARCONTENTS

Z = Z + 1

IF Z = 3 THEN

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(6, COLUMNA).CLEARCONTENTS: WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(6, COLUMNA + 2).CLEARCONTENTS: WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(7, COLUMNA).CLEARCONTENTS:

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(7, COLUMNA + 2).CLEARCONTENTS

Z = 0

COLUMNA = COLUMNA + 4

END IF

LOOP

END FUNCTION

FUNCTION CORTEEJE(SENSOR AS INTEGER)

DIM X, Z, COLUMNA, Y AS INTEGER

X = 2
Z = 1
COLUMNA = 8
Y = 2

DO UNTIL WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4).VALUE >= 1

X = X + 1

LOOP

DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4))

DOEVENTS

IF (WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4).VALUE * WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X + 1, 4).VALUE) < 0 THEN

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, COLUMNA + Z) = X

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(4, COLUMNA + Z) = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 3)

WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(Y, 5) = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 3)

Z = Z + 1

Y = Y + 1

```
IF Z = 3 THEN
Z = 0
COLUMNNA = COLUMNNA + 4
X = X - 1
END IF
```

```
END IF
```

```
X = X + 1
```

```
LOOP
```

```
END FUNCTION
```

```
FUNCTION MAXIMOS(SENSOR AS INTEGER)
```

```
DIM X, Y, Z, H, PMAX, COLUMNNA AS INTEGER
```

```
DIM MAXIMO AS DOUBLE
```

```
X = 2
Y = 10
Z = 2
MAXIMO = 0
COLUMNNA = 8
```

```
DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, Y))
```

```
DO WHILE X <= WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, Y).VALUE
IF MAXIMO <= WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4).VALUE THEN
MAXIMO = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4).VALUE
PMAX = X
END IF
X = X + 1
LOOP
WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(6, COLUMNNA).VALUE = MAXIMO
WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(6, COLUMNNA + 2).VALUE = PMAX
MAXIMO = 0
COLUMNNA = COLUMNNA + 4
Y = Y + 4
LOOP
```

```
END FUNCTION
```

```
FUNCTION MINIMOS(SENSOR AS INTEGER)
```

```
DIM X, Y, Z, H, PMIN, COLUMNNA AS INTEGER
```

```
DIM MINIMO AS DOUBLE
```

```
X = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(6, 10).VALUE
Y = 10
Z = 2
MINIMO = 0
COLUMNNA = 8
```

```
DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, Y))
```

```
DO WHILE X <= WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(3, Y).VALUE
IF MINIMO > WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4).VALUE THEN
MINIMO = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(X, 4).VALUE
PMIN = X
END IF
X = X + 1
```

```

LOOP
WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(7, COLUMNA).VALUE = MINIMO
WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(7, COLUMNA + 2).VALUE = PMIN
COLUMNA = COLUMNA + 4
Y = Y + 4
MINIMO = 0
LOOP

```

```

END FUNCTION
FUNCTION COPIARALTURAYPERIODO(SENSOR AS INTEGER)
DIM Y, X, Z AS INTEGER
Y = 8
X = 2
Z = 1

```

```

IF SENSOR <> 2 THEN
DO UNTIL ISEMPY(WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1))
X = X + 1
LOOP
DO UNTIL WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(8, Y).VALUE = 0
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 3) = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(5, Y)
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 4) = WORKSHEETS(SENSOR).CELLS(8, Y)
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1) = SENSOR - 1
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 2) = Z
Z = Z + 1
X = X + 1
Y = Y + 4
LOOP
END IF
END FUNCTION

```

```

FUNCTION ANALISISDEDATOS()
DIM X, Y, H, Z AS INTEGER
DIM T AS DOUBLE
X = 2
Y = 2
H = 0
T = 0

```

```

WORKSHEETS(5).SELECT
WORKSHEETS(5).ACTIVATE

```

```

T = INPUTBOX("INGRESE EL VALOR DEL PERIODO TEÓRICO (UTILIZAR COMA Y NO PUNTO)" & CHR(13) & CHR(13)
& "T =")
H = INPUTBOX("INGRESE EL VALOR DE LA ALTURA DE OLA TEÓRICA EN MM" & CHR(13) & CHR(13) & "H =")

```

```

DO UNTIL ISEMPY(WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1))
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 5).VALUE = (ABS(T - WORKSHEETS(5).CELLS(X, 3).VALUE) / T) * 100
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 6).VALUE = ""
IF (WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1).VALUE = 3) THEN
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 6).VALUE = (ABS(H - WORKSHEETS(5).CELLS(X, 4).VALUE) / H) * 100
END IF
X = X + 1
LOOP

```

```

X = 2

```

```

DO WHILE WORKSHEETS(5).CELLS(Y, 1).VALUE = 2
Y = Y + 1
LOOP

```

```

DO WHILE WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1).VALUE = 2
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 7).VALUE = (ABS(WORKSHEETS(5).CELLS(Y, 3).VALUE - WORKSHEETS(5).CELLS(X,
3).VALUE) / WORKSHEETS(5).CELLS(Y, 3).VALUE) * 100
WORKSHEETS(5).CELLS(X, 8).VALUE = (WORKSHEETS(5).CELLS(X, 4).VALUE / WORKSHEETS(5).CELLS(Y,
4).VALUE)
X = X + 1

```



```

Y = Y + 1
LOOP

END FUNCTION
FUNCTION ELEGIROLA1()
DIM X, Y, Z, OLAMINIMA AS INTEGER
DIM MINIMO AS DOUBLE
X = 2
Y = 0
Z = 2

WORKSHEETS(10).RANGE("A:H").CLEARCONTENTS

DO WHILE (WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1).VALUE <> 3)
X = X + 1
LOOP

Y = X - 1
WORKSHEETS(5).ACTIVATE: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).SELECT: SELECTION.RESIZE(Y,
8).SELECT: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).COPY
DESTINATION:=WORKSHEETS(10).RANGE("A1")
DO WHILE X <= (2 * Y) - 1
WORKSHEETS(10).CELLS(Z, 6) = WORKSHEETS(5).CELLS(X, 6)
X = X + 1
Z = Z + 1
LOOP
WORKSHEETS(10).SELECT
RANGE("A:H").SORT KEY1:=RANGE("E2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES
WORKSHEETS(10).RANGE("A5:H100").CLEARCONTENTS
RANGE("A:H").SORT KEY1:=RANGE("G2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES
WORKSHEETS(10).RANGE("A3:H100").CLEARCONTENTS
WORKSHEETS(10).RANGE("A3:H100").CLEARFORMATS
END FUNCTION
FUNCTION ELEGIROLA2()
DIM X, Y, Z, OLAMINIMA AS INTEGER
DIM MINIMO AS DOUBLE
X = 2
Y = 0
Z = 2

WORKSHEETS(11).RANGE("A:H").CLEARCONTENTS

DO WHILE (WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1).VALUE <> 3)
X = X + 1
LOOP

Y = X - 1
WORKSHEETS(5).ACTIVATE: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).SELECT: SELECTION.RESIZE(Y,
8).SELECT: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).COPY
DESTINATION:=WORKSHEETS(11).RANGE("A1")
DO WHILE X <= (2 * Y) - 1
WORKSHEETS(11).CELLS(Z, 6) = WORKSHEETS(5).CELLS(X, 6)
X = X + 1
Z = Z + 1
LOOP
WORKSHEETS(11).SELECT
RANGE("A:H").SORT KEY1:=RANGE("G2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES
WORKSHEETS(11).RANGE("A5:H100").CLEARCONTENTS
RANGE("A:H").SORT KEY1:=RANGE("E2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES
WORKSHEETS(11).RANGE("A3:H100").CLEARCONTENTS
WORKSHEETS(11).RANGE("A3:H100").CLEARFORMATS
END FUNCTION
FUNCTION MEDIAYDESVIACIONTIPICA()
DIM X, Y, Z, VALOR AS INTEGER
DIM DESVIACION, MEDIA AS DOUBLE
X = 2
Y = 0
Z = 2

```

DESVIACION = 0

WORKSHEETS(12).RANGE("A:L").CLEARCONTENTS

DO WHILE (WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1).VALUE <> 3)

X = X + 1

LOOP

Y = X - 1

WORKSHEETS(5).ACTIVATE: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).SELECT: SELECTION.RESIZE(Y,

8).SELECT: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).COPY

DESTINATION:=WORKSHEETS(12).RANGE("A1")

DO WHILE X <= (2 ^ Y) - 1

WORKSHEETS(12).CELLS(Z, 6) = WORKSHEETS(5).CELLS(X, 4)

X = X + 1

Z = Z + 1

LOOP

VALOR = X

X = 2

WORKSHEETS(12).SELECT

CELLS(1, 9) = "(X-U)^2"

CELLS(1, 10) = "NORMALIZADO (Z)"

CELLS(1, 11) = "MEDIA"

CELLS(1, 12) = "DESVIACION ESTANDAR"

DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(12).CELLS(X, 1))

IF WORKSHEETS(5).CELLS(VALOR, 5).VALUE > 10 THEN

WORKSHEETS(12).RANGE(CELLS(X, 1), CELLS(X, 8)).CLEARCONTENTS

END IF

X = X + 1

VALOR = VALOR + 1

LOOP

X = 2

DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(12).CELLS(X, 1))

IF WORKSHEETS(12).CELLS(X, 7).VALUE > 10 THEN

WORKSHEETS(12).RANGE(CELLS(X, 1), CELLS(X, 8)).CLEARCONTENTS

END IF

X = X + 1

LOOP

RANGE("A:H").SORT KEY1:=RANGE("G2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES

X = 2

DO UNTIL ISEMPTY(CELLS(X, 1))

MEDIA = MEDIA + CELLS(X, 6).VALUE

X = X + 1

LOOP

X = X - 2

CELLS(2, 11).VALUE = MEDIA

CELLS(2, 11).VALUE = CELLS(2, 11).VALUE / X

X = 2

DO UNTIL ISEMPTY(CELLS(X, 1))

CELLS(X, 9) = (CELLS(X, 6).VALUE - CELLS(2, 11).VALUE) ^ 2

X = X + 1

LOOP

X = 2

DO UNTIL ISEMPTY(CELLS(X, 1))

DESVIACION = DESVIACION + CELLS(X, 9).VALUE

X = X + 1

LOOP

CELLS(2, 12) = DESVIACION

X = X - 2

```
CELLS(2, 12) = CELLS(2, 12) / (X - 1)
CELLS(2, 12) = SQR(CELLS(2, 12))
```

```
X = 2
```

```
DO UNTIL ISEMPTY(CELLS(X, 1))
CELLS(X, 10) = ((CELLS(X, 6) - CELLS(2, 11)) / CELLS(2, 12))
X = X + 1
LOOP
```

```
X = 2
```

```
DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(12).CELLS(X, 1))
IF (CELLS(X, 10).VALUE < -0.6773 OR CELLS(X, 10).VALUE > 0.6773) THEN
RANGE(CELLS(X, 1), CELLS(X, 10)).CLEARCONTENTS
END IF
X = X + 1
LOOP
```

```
RANGE("A:J").SORT KEY1:=RANGE("G2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES
```

```
END FUNCTION
```

```
FUNCTION OLAMEDIA()
```

```
DIM X, Y AS INTEGER
```

```
X = 2
```

```
Y = 2
```

```
DO UNTIL ISEMPTY(WORKSHEETS(12).CELLS(X, 1))
```

```
X = X + 1
```

```
LOOP
```

```
WORKSHEETS(13).CELLS(2, 1) =
```

```
APPLICATION.WORKSHEETFUNCTION.AVERAGE(WORKSHEETS(12).RANGE(CELLS(2, 3), CELLS(X - 1, 3)))
```

```
WORKSHEETS(13).CELLS(2, 2) =
```

```
APPLICATION.WORKSHEETFUNCTION.AVERAGE(WORKSHEETS(12).RANGE(CELLS(2, 8), CELLS(X - 1, 8)))
```

```
END FUNCTION
```

```
FUNCTION NUBEDEPUNTOS()
```

```
DIM X, Y, Z AS INTEGER
```

```
DIM MINIMO AS DOUBLE
```

```
X = 2
```

```
Y = 0
```

```
Z = 2
```

```
WORKSHEETS(14).RANGE("A:H").CLEARCONTENTS
```

```
DO WHILE (WORKSHEETS(5).CELLS(X, 1).VALUE <> 3)
```

```
X = X + 1
```

```
LOOP
```

```
Y = X - 1
```

```
WORKSHEETS(5).ACTIVATE: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).SELECT: SELECTION.RESIZE(Y,
```

```
8).SELECT: WORKSHEETS(5).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(Y, 8)).COPY
```

```
DESTINATION:=WORKSHEETS(14).RANGE("A1")
```

```
DO WHILE X <= (2 * Y) - 1
```

```
WORKSHEETS(14).CELLS(Z, 6) = WORKSHEETS(5).CELLS(X, 6)
```

```
X = X + 1
```

```
Z = Z + 1
```

```
LOOP
```

```
WORKSHEETS(14).SELECT
```

```
RANGE("A:H").SORT KEY1:=RANGE("C2"), ORDER1:=XLASCENDING, HEADER:=XLYES
```

```
END FUNCTION
```

```
SUB COPIARCELDAS()
```

'DEFINIR OBJETOS A UTILIZAR
DIM WBDESTINO, WBORIGEN AS WORKBOOK
DIM X, Y, Z AS VARIANT

X = 10
Y = 1
Z = 2
H = 2

'INDICAR EL LIBRO DE EXCEL DESTINO
SET WBORIGEN = THISWORKBOOK
SET WBDESTINO = WORKBOOKS.OPEN(ACTIVEMETHOD.PATH & "CURVA RAO.XLSM")

DO WHILE X < 12
DOEVENTS

'INDICAR LAS HOJAS DE ORIGEN Y DESTINO

DO UNTIL ISEMPTY(WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).CELLS(Z, 1))
DOEVENTS
Z = Z + 1
LOOP

WBORIGEN.WORKSHEETS(X).ACTIVATE: WBORIGEN.WORKSHEETS(X).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(1, 8)).SELECT:
SELECTION.RESIZE(1, 8).SELECT: WBORIGEN.WORKSHEETS(X).RANGE(CELLS(2, 1), CELLS(2, 8)).COPY
WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).ACTIVATE: WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).RANGE(CELLS(Z, 1), CELLS(Z,
8)).SELECT: SELECTION.RESIZE(1, 8).SELECT: WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).RANGE(CELLS(Z, 1), CELLS(Z,
8)).PASTESPECIAL
X = X + 1
Y = Y + 1
Z = 2
LOOP

X = 13
Y = 3
Z = 2
DO UNTIL ISEMPTY(WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).CELLS(Z, 1))
DOEVENTS
Z = Z + 1
LOOP

WBORIGEN.WORKSHEETS(X).ACTIVATE: WBORIGEN.WORKSHEETS(X).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(1, 2)).SELECT:
SELECTION.RESIZE(1, 2).SELECT: WBORIGEN.WORKSHEETS(X).RANGE(CELLS(2, 1), CELLS(2, 2)).COPY
WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).ACTIVATE: WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).RANGE(CELLS(1, 1), CELLS(1,
2)).SELECT: SELECTION.RESIZE(1, 2).SELECT: WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).RANGE(CELLS(Z, 1), CELLS(Z,
2)).PASTESPECIAL

X = 14
Y = 4
Z = 2
H = 2
DO UNTIL ISEMPTY(WBORIGEN.WORKSHEETS(X).CELLS(H, 1))
DOEVENTS
H = H + 1
LOOP

DO UNTIL ISEMPTY(WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).CELLS(Z, 1))
DOEVENTS
Z = Z + 1
LOOP
WBORIGEN.WORKSHEETS(X).ACTIVATE: WBORIGEN.WORKSHEETS(X).RANGE(CELLS(2, 1), CELLS(H, 8)).SELECT:
SELECTION.RESIZE(H, 8).SELECT: WBORIGEN.WORKSHEETS(X).RANGE(CELLS(2, 1), CELLS(H, 8)).COPY
WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).ACTIVATE: WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).RANGE(CELLS(Z, 1), CELLS(Z + H,
8)).SELECT: SELECTION.RESIZE(H, 8).SELECT: WBDESTINO.WORKSHEETS(Y).RANGE(CELLS(Z, 1), CELLS(Z,
8)).PASTESPECIAL

'GUARDAR Y CERRAR EL LIBRO DE EXCEL DESTINO

WBDESTINO.SAVE
WBDESTINO.CLOSE

END SUB

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**OLATUEN ENERGIA LORTZEKO OWC FINKO
BATEN AZTERKETA ESPERIMENTALA:
HIDRODINAMIKA ETA ANPLIFIKAZIOA (RAO)**

II. ERANSKINA : OWC FINKOAREN PLANOA

Ikaslea : Adrián López García

Zuzendaria (1) : Iñigo Bidaguren Diego

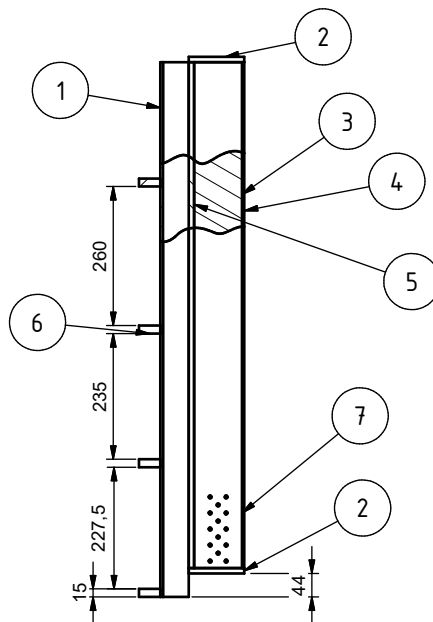
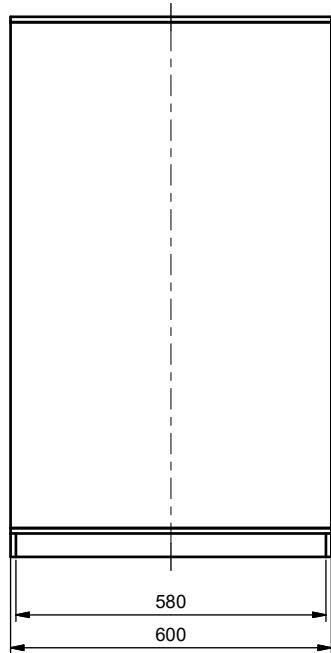
Zuzendaria (2) : Iñigo Albaina Lopez de Armentia

Ikasturtea: 2018-2019

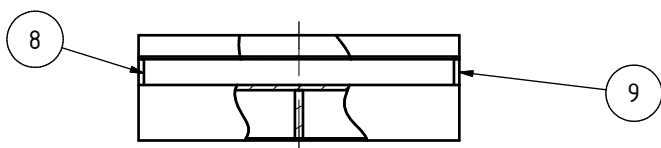
Data: Bilboko Ingeniaritza eskolan, 2019ko Ekainaren 27a

PLANOAK

- 1. OWC MULTZOA**
- 2. OWC OSATZEN DUTEN XAFLEN NEURRIAK**

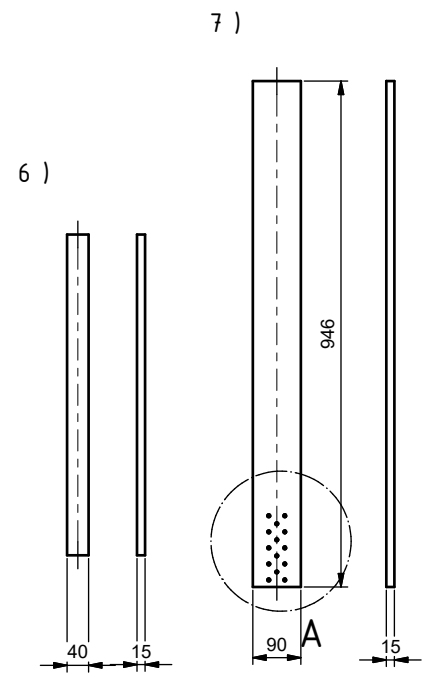
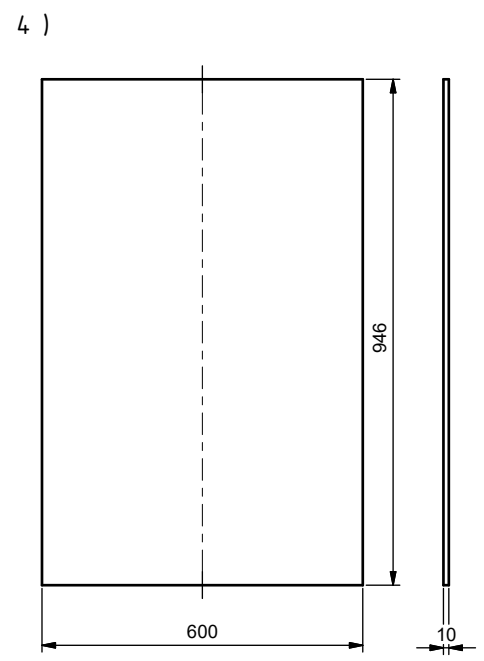
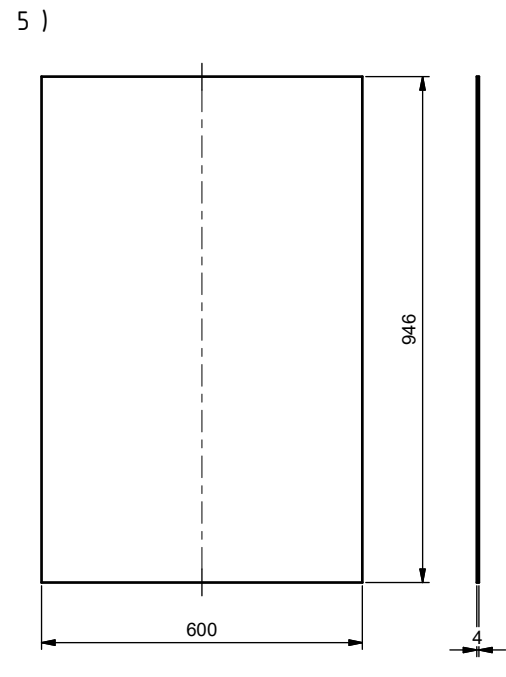
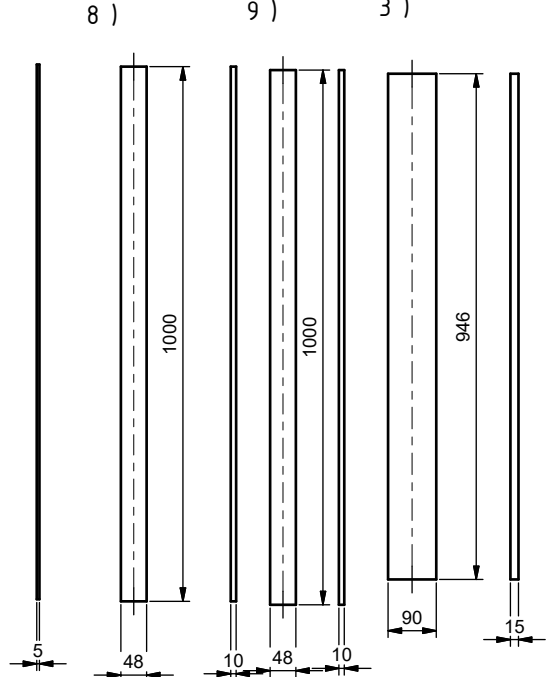
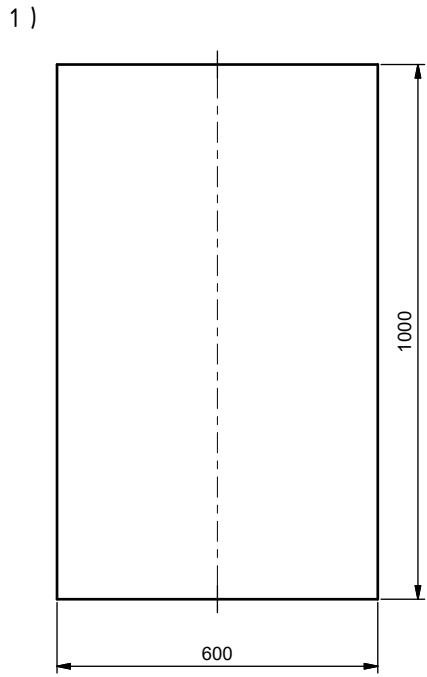
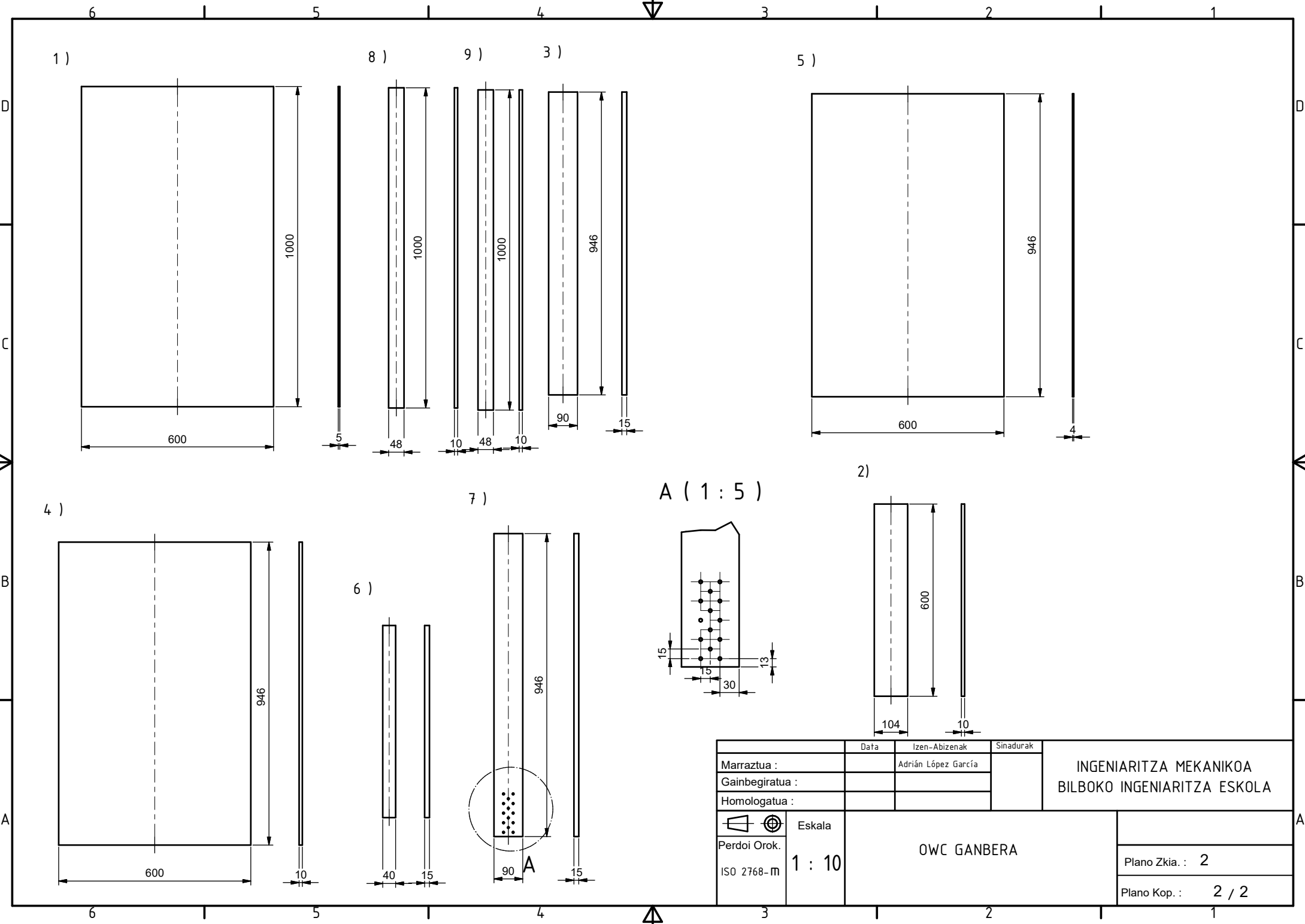


Oharra:
Zuloak ez dira akotatu, zuloak torlojua sartzean egin dira, torloju batzuk ez ziren ondo sartzen. Multzo osoan zehar silikona aplikatu da, hermetikotasuna zihurtatzeko.

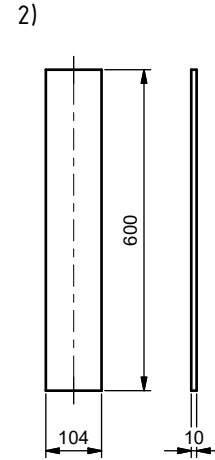
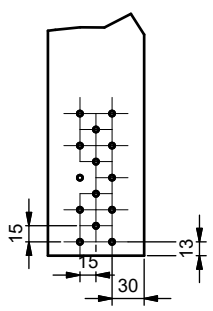


9	1	Ganbera zabalera xafila gardena	2	PMMA	
8	1	Ganbera zabalera xafila	2	PVC	
7	2	Aldeetako xafila	2	PVC	
6	4	Kanpoko elementu zurruntzaileak	2	PVC	
5	1	Erdialdeko xafila	2	PVC	
4	1	Kanpoko xafila	2	PVC	
3	1	Barruko elementu zurruntzailea	2	PVC	
2	1	Ixte xafila	2	PVC	
1	1	Atzeko xafila	2	PVC	
Marka		Kopurua	Izendapena	Planoa	Materiala

Marraztua :		Data	Izen-Abizenak	Sinadurak	INGENIARITZA MEKANIKOA BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Gainbegiratua :			Adrián López García		
Homologatua :					
Eskala		OWC GANBERA			Plano Zkia. : 1
Perdoi Orok. ISO 2768-m		1 : 10			Plano Kop. : 1 / 2



A (1 : 5)



	Data	Izen-Abizenak	Sinadurak	INGENIARITZA MEKANIKOA BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
Marratzua :		Adrián López García		
Gainbegiratua :				
Homologatua :				
Perdoi Orok. ISO 2768-m	Eskala 1 : 10	OWC GANBERA		Plano Zkia. : 2
				Plano Kop. : 2 / 2