

# Índex Memòria

RESUM .....	5
RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	6
AGRAÏMENTS .....	7
<b>Capítol 1: Introducció .....</b>	<b>8</b>
1.1.    Objecte.....	9
1.2.    Abast.....	9
1.3.    Antecedents .....	9
1.4.    Motivació .....	10
<b>Capítol 2: Ambientaltzació .....</b>	<b>11</b>
2.1.    La posidònia oceànica .....	12
2.2.    Decadència de la posidònia oceànica .....	13
<b>Capítol 3: Caracterització .....</b>	<b>15</b>
3.1.    Localització .....	16
3.2.    Descripció del mecanisme .....	16
3.2.1.    Dimensions.....	18
3.3.    Condicions de funcionament .....	18
3.3.1.    Procés d'instal·lació/clavament.....	18
3.3.2.    Procés de post clavament .....	21
3.4.    Carga màxima .....	22
3.4.1.    Angle de fregament de les partícules.....	24
3.4.2.    Alçada del fons marí .....	24
3.5.    Avantatges i inconvenients del disseny inicial .....	25
<b>Capítol 4: Alternatives i solució.....</b>	<b>26</b>
4.1.    Exposició de les alternatives .....	27
4.1.1.    Primera proposta.....	27
4.1.2.    Segona proposta .....	28
4.1.3.    Tercera proposta .....	28
4.2.    Consideracions .....	29
4.3.    Solució adoptada .....	30
4.3.1.    Solució de disseny definitiva .....	30

4.3.2.	Avantatges i inconvenients .....	30
4.3.3.	Viabilitat productiva .....	31
4.4.	Dimensionament.....	34
4.4.1.	Càrrega màxima.....	34
4.4.2.	Dimensions característiques.....	34
4.4.3.	Requeriments .....	34
4.4.4.	Característiques dels materials.....	34
4.4.5.	Dimensions requerides .....	35
<b>Capítol 5: Útil d'assaig .....</b>		<b>36</b>
5.1.	Criteris generals .....	37
5.2.	Descripció del mecanisme .....	37
5.2.1.	Clavament .....	38
5.2.2.	Extracció .....	39
<b>Capítol 6: Embarcacions.....</b>		<b>40</b>
6.1.	Embarcacions tipus .....	41
6.2.	Condicions meteorològiques .....	42
6.2.1.	Onades .....	42
6.2.2.	Vent .....	45
6.3.	Mètode d'avaluació.....	46
6.3.1.	Paràmetres significatius.....	46
6.4.	Dimensions màximes.....	47
6.4.1.	Distància al fons marí 5 metres. ....	47
6.4.2.	Distància al fons marí 10 metres. ....	47
6.4.3.	Distància al fons marí 15 metres .....	48
6.5.	Conclusions.....	48
<b>Capítol 7: Especificacions bàsiques .....</b>		<b>49</b>
<b>Capítol 8: Pressupost .....</b>		<b>51</b>
7.1.	Cost d'enginyeria.....	52
7.2.	Cost dels materials.....	52
7.3.	Cost de muntatge .....	53
7.4.	Cost d'instal·lació .....	53
<b>Capítol 7: Bibliografia .....</b>		<b>54</b>
7.1.	Referències bibliogràfiques .....	55
7.2.	Bibliografia de consulta.....	55

# Índex de figures

Figura 2.1: Posidònia oceànica .....	12
Figura 2.2: Identificació dels Rizomes i les fulles.....	13
Figura 2.3: Impacte negatiu de les cadenes .....	14
Figura 2.4: Impacte negatiu de les àncores.....	14
Figura 3.1: Mar Mediterrani: Conca occidental i conca oriental.....	16
Figura 3.3: Parts del Fondeig original .....	17
Figura 3.2: Fondeig original .....	17
Figura 3.4: Dimensions del fondeig original.....	18
Figura 3.5: Instal·lació fondeig mitjançant un procés semi-automatitzat ...	20
Figura 3.6: Instal·lació d'un fondeig mitjançant un procés manual .....	20
Figura 3.7: Variació de l'angle $\alpha$ en funció de la longitud de cadena .....	21
Figura 3.8: Situació de la boia intermitja. ....	22
Figura 3.9: Determinació de l'angle d'aplicació de la força.....	23
Figura 4.1: Primera alternativa de disseny .....	27
Figura 4.2: Segona alternativa de disseny .....	28
Figura 4.3: Tercera alternativa de disseny .....	29
Figura 4.4: Solució de disseny definitiva .....	30
Figura 4.5: Procés de fabricació hèlix radi constant .....	32
Figura 4.6: Procés de fabricació hèlix radi .....	33
Figura 4.7: Hèlix de radi variable definitiva .....	33
Figura 5.1: Útil d'assaig.....	37
Figura 6.1: Embarcacions tipus.....	41
Figura 6.2: Detall mesures.....	41
Figura 6.3: Paràmetres d'una onada.....	43
Figura 6.4: Rellevància de la profunditat.....	43



## **RESUM**

Aquest projecte neix de la necessitat d'instaurar un model de fondeig ecològic amb un baix impacte mediambiental, per tal de preservar la població de posidònies (*Posidonia oceànica*). Actualment la posidònia ha esdevingut una planta altament protegida degut a la seva notable disminució, en els últims anys, com a conseqüència de les activitats humanes.

Les praderies de posidònia són la base de la riquesa de les aigües costeres del mar Mediterrani, especialment pel paper essencial que desenvolupen a nivell biològic, mantenint l'estabilitat de la línia de costa, atrapant el sediment i contribuint en la neteja i oxigenació de l'aigua.

Aquest projecte està pensat per ajudar a preservar les praderies de posidònia, ajudant a que la pràctica de les embarcacions de lleure sigui més sostenible.

## **RESUMEN**

Este proyecto nace de la necesidad de instaurar un modelo de fondeo ecológico de bajo impacto medioambiental, con el objetivo de preservar la población de posidonias (*Posidonia oceánica*). Actualmente la posidonia es considerada como una planta altamente protegida debido a la notable disminución que ha sufrido en los últimos años a causa de las actividades humanas.

Las praderas de posidonia son la base de la riqueza de las aguas costeras del mar Mediterráneo, especialmente por el papel esencial que desempeñan a nivel biológico, manteniendo la estabilidad de la línea de la costa, atrapando el sedimento y contribuyendo en la limpieza y oxigenación del agua.

Este proyecto está pensado para ayudar a preservar las praderas de Posidonia, ayudando a que la práctica de las embarcaciones de recreo sea más sostenible.

## **ABSTRACT**

This project comes out of the necessity to establish a model for ecological anchoring with a low environmental impact in order to preserve the population of Neptune Grass (*Posidonia oceanica*). This plant has become a highly protected species due to the remarkable decrease of its specimens during the last few years, as a consequence of the human activities.

The Neptune Grass meadows are the basis for the richness found in the Mediterranean coastal waters, especially because of the essential biological role they perform, as they maintain the coastland stability, catch the sediment and contribute to the cleaning and the oxygenation of water.

This piece of work is intended to help to preserve the Neptune Grass meadows while promoting, on the other hand, a more sustainable practice of the pleasure boats.

## **AGRAÏMENTS**

M'agradaria agrair la col·laboració de la plataforma Submón, per posar a la disposició dels estudiants projectes tan interessants com aquest, i estar sempre disposats a ajudar i a escoltar les propostes.

També vull donar les gràcies al meu tutor David Sánchez, per tota l'ajuda que m'ha concedit durant el desenvolupament del treball, i la seva plena disponibilitat per debatre i orientar-me en els diferents temes del treball.

# **CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ**



La posidònia oceànica és una planta marina altament protegida que viu exclusivament al mar mediterrani, durant les últimes dècades l'activitat humana ha esdevingut una de les principals causes de despoblació.

Aquest projecte es centra en el desenvolupament d'un fondeig ecològic alternatiu amb la intenció de substituir els fondejos actuals amb bloc de formigó situats al fons marí, ja que produeixen un gran impacte formant forats dins les praderies de la posidònia.

## 1.1. Objecte

L'objecte del present projecte és el càlcul i disseny d'un fondeig ecològic, patentat i explotat per a una plataforma de serveis ambientals marins que realitza projectes d'estudi, divulgació i conservació del medi marí.

Un nou disseny és necessari degut alguns problemes detectats per la plataforma Submón durant la instal·lació, a més d'un inexistent càlcul per determinar-ne la resistència en funció de la geometria.

## 1.2. Abast

Aquest projecte és divideix en tres parts principals, la caracterització del fondeig ecològic actual, la busca d'alternatives i la solució definitiva amb el disseny d'un útil d'assaig per contrastar els resultats obtinguts de forma analítica.

La part principal d'aquest projecte es centra en la caracterització (necessària per tenir un punt de partida clar), i el disseny i dimensionament d'un nou model de fondeig ecològic, degut que el model actual ja pateix canvis significatius en comparació al model patentat.

## 1.3. Antecedents

Actualment no hi ha constància d'un sistema amb característiques similars i amb suficient difusió comercial per ser mínimament conegut. No obstant , existeixen algunes alternatives, cada una amb un sistema diferent.

## 1.4. Motivació

La motivació sorgeix gràcies a haver conegut el projecte que s'està duent a terme des de la plataforma Submón per a la preservació de la biodiversitat, i en especial en preservar la posidònia, substituint cada any un bon nombre de fondejos no ecològics.

Aquest projecte intenta donar solució a les dificultats d'instal·lació que tenen actualment, degut a un costos de clavament del fondeig, i establir un model de càlcul per predir la carga màxima que pot suportar.

# **CAPÍTOL 2: AMBIENTALITZACIÓ**

Durant les últimes dècades, la posidònia oceànica s'ha convertit en un objectiu fonamental en la protecció i gestió del medi marí mediterrani.

De fet les praderies de posidònia oceànica dins l'ambient marí, sovint s'equipara amb el paper que exerceix la terra al bosc. Aquestes praderies són la base de la riquesa de les aigües costeres del mar Mediterrani, per les superfícies que ocupen i especialment pel paper essencial que desenvolupen a nivell biològic i en el manteniment de l'estabilitat de la línia de costa, atrapant el sediment i contribuint, així, a la neteja de l'aigua, oxigenant les aigües durant la tardor, l'hivern i sobretot a la primavera, atraient nombroses espècies animals i vegetals que troben en elles l'aliment i la protecció.

Així doncs neix la necessitat de crear projectes de protecció de les praderies de posidònia, especialment amb mesures reguladores de fondejos que permetin garantir la viabilitat i riquesa biològica de l'hàbitat.



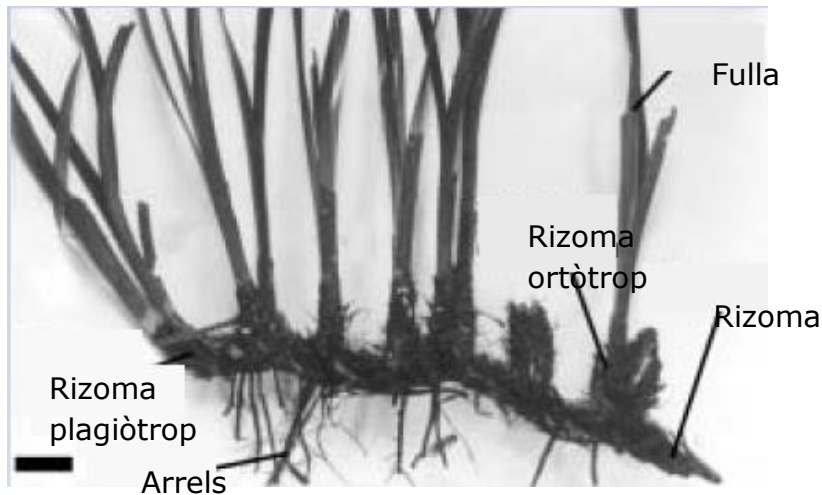
**Figura 2.1:** Posidònia oceànica

## 2.1. La posidònia oceànica

La posidònia oceànica és una planta marina que viu exclusivament en el mar Mediterrani, principalment està constituïda per tiges verticals usualment enterrades dins el sediment, anomenades rizomes.

Els rizomes, creixen tant horitzontalment (rizomes plagiòtrops) com verticalment (rizomes ortòtrops). Els primers, gràcies a la presència d'arrels a la seva part inferior, subjecten la planta en el sediment. Els segons, que augmenten en altura, tenen la funció de combatre l'ensorrament degut a la contínua sedimentació.

Les fulles cintiformes i de color verd brillant, sorgeixen a partir les rizomes ortòtrops. Aquestes poden arribar a tenir una longitud de 1,5 m d'alçada.



**Figura 2.2:** Identificació dels Rizomes i les fulles

S'organitzen en mates de 6 o 7 fulles, deixant les més velles a l'exterior, aquestes ja amb un color marró degut el pas del temps.

## 2.2. Decadència de la posidònia oceànica

Durant el segle XX, més particularment a partir dels anys 1950, les extensions de posidònia oceànica han disminuït considerablement, particularment als voltants dels grans centres portuaris com Barcelona, Toulon, Nice, Nàpols, etc. Així doncs les activitats humanes esdevenen, clarament, la principal causa de la despoblació.

### - **Contaminació de l'aigua del mar:**

Bona part dels residus, fruit de l'activitat humana, acaben de forma directa o indirecta dins el mar, aquests provoquen diversos impactes a les praderies de posidònia.

Les botelles buides, els plàstics, la ferralla,... contaminen el fons marí. Els sediments procedents del litoral augmenten la turbulència de l'aigua, alterant la quantitat de llum aprofitable per a la planta. Les aigües residuals i els fertilitzants provoquen un augment dels nivells de nutrients i de la matèria orgànica, que degut a la seva oxidació redueix la quantitat d'oxigen dissolt dins l'aigua.

### - **Pesca d'arrossegament:**

L'exercici de la pesca d'arrossegament sobre els algues, produeix la formació de forats dins les praderies de posidònia degut a l'arrencament d'una gran quantitat de fulles, inclús mates senceres. Aquesta pràctica també augmenta la turbulència de l'aigua, ja que torna a posar en suspensió els sediments, disminuint la quantitat de llum que li arriba a la planta.

- **Excavacions:**

Moltes de les activitats que es duen a terme en el litoral, com les excavacions per a la construcció de ports o espigons, l'extracció i l'abocament de arenes, fangs,... augmenten la quantitat de partícules en suspensió que una vegada dipositades al fons del mar poden tapar les plantes.

En altres casos, les excavacions poden deixar al descobert les arrels de les mates de posidònia, que queden exposades a les onades i es poden trencar fàcilment.

- **Fondejos:**

Aquí distingim entre fondejos d'àncora (puntuals) i fondejos permanents. Els primers se solen utilitzar a les cales i baies protegides de les onades, les més freqüentades per les embarcacions de lleure, l'acció mecànica de les àncores pot arribar a desenterrar les mates de posidònia. Els segons, permanents de forma contínua arrossegueu la cadena per sobre de la posidònia, llaurant les praderies, segant fulles i arços.



**Figura 2.3:** Impacte negatiu de les cadenes



**Figura 2.4:** Impacte negatiu de les àncores

# **CAPÍTOL 3: CARACTERITZACIÓ**

Actualment no hi ha constància d'un sistema de fondeig ecològic amb suficient difusió comercial i amb característiques similars. Així doncs, en primer lloc és necessari caracteritzar el fondeig emprat actualment, conèixer a quin tipus d'embarcacions va destinat, la força màxima que pot suportar, el procés d'instal·lació, etc.

Finalment, també és necessari identificar-ne els beneficis i les carències del producte, per poder plantejar diferents alternatives de disseny que millorin l'actual i el facin més eficient.

### 3.1. Localització

Aquest tipus de fondejos estan destinats a donar servei a les costes del litoral mediterrani, més concretament es tindran en compte les condicions del litoral català, que pertanyen a la conca del mediterrani occidental.



**Figura 3.1:** Mar Mediterrani: Conca occidental i conca oriental

Les fondàries on es troben instal·lats els fondejos oscil·len entre els 5 i 15 metres.

### 3.2. Descripció del mecanisme

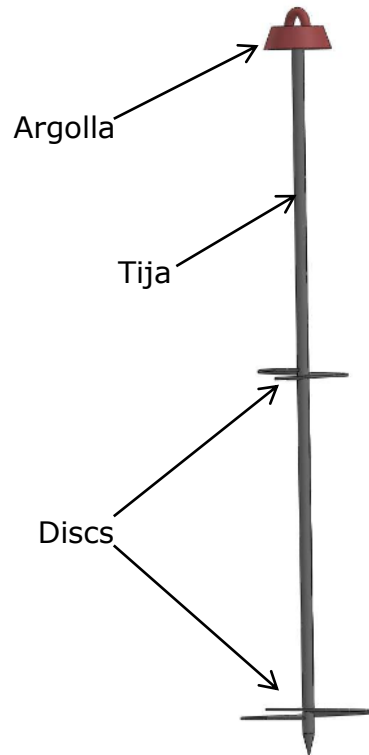
L'estructura del mecanisme està format d'una tija rígida, dotada en un dels seus extrems per una argolla en forma d'ansa soldada. Finalment disposa de dos discs en forma d'aletes, en espiral solidaris a la tija, encarregats de facilitar el clavament i aportar la resistència necessària un cop instal·lat.



El sistema permet la instal·lació d'un acoblament articulat des de l'argolla fins l'embarcació. D'altra banda les aletes són desplaçades rotatòriament amb la tija i permeten que el fondeig s'introdueixi al fons marí.



**Figura 3.2:** Fondeig original

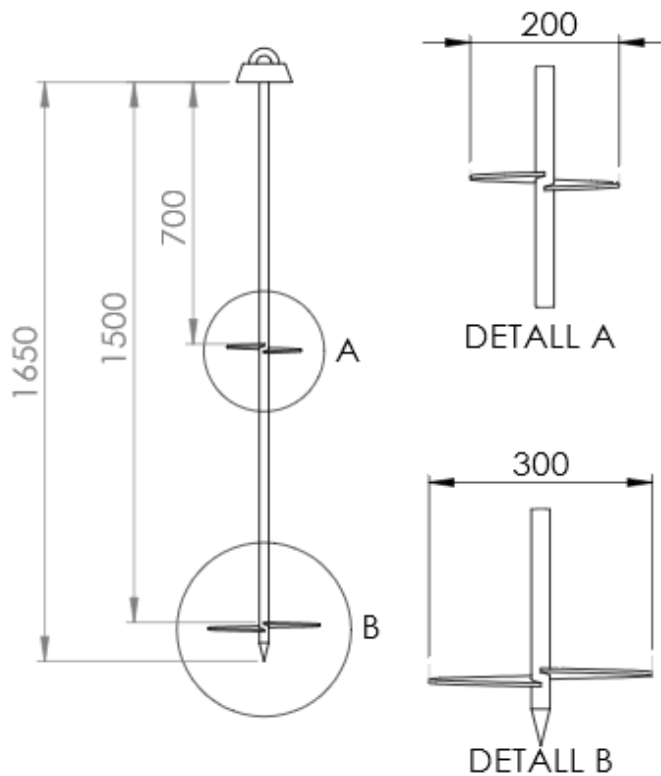


**Figura 3.3:** Parts del Fondeig original

- Particularitats: En aquest disseny s'observa que les direccions dels discs estan rotatòriament oposades, fet que dificulta considerablement el procés de clavament.

### 3.2.1. *Dimensions*

A continuació s'exposen les dimensions més significatives d'aquest fondeig, doncs seran necessàries per determinar la càrrega màxima que pot suportar.



**Figura 3.4:** Dimensions del fondeig original

## 3.3. Condicions de funcionament

En aquest apartat es divideix en dues parts, en primer lloc les condicions durant el procés d'instal·lació/clavament, el qual consisteix en introduir el fondeig dins l'arena del fons marí. En segon lloc particularitats del sistema un cop el fondeig ja està clavat (post clavament).

### 3.3.1. *Procés d'instal·lació/clavament*

L'objecte d'aquest procés és introduir el fondeig dins l'arena del fons marí, de forma que l'argolla és l'única part que queda visible una vegada ha finalitzat el clavament.

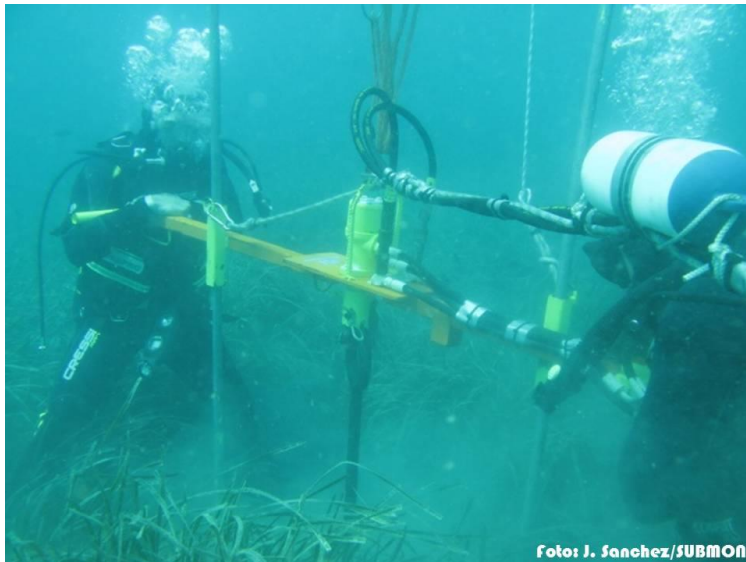
El clavament es pot dur a terme de dues formes diferents, de forma semi automatitzada o manualment. Tant si és de la primera o de la segona forma, l'objectiu principal és dotar a la tija d'un moviment rotatori i una força en el sentit longitudinal de la tija i en direcció a l'arena del fons marí. Gràcies a la combinació d'aquests dos moviments, els discs arrossegats per la tija penetren endinsar-se al sòl.



**Figura 3.5:** Fondeig completament instal·lat

- **Clavament semi-automatitzat:**

L'anomenem procés semi-automatitzat, ja que es duu a terme mitjançant un motor rotatori, aquest és l'encarregat de dotar a la tija del moviment (rotatori). Per dur a terme aquest procés es fa necessària la instal·lació de dos punts de subjecció encarregats de suportar el moment torçor exercit pel motor. Finalment dos submarinistes altament qualificats són els encarregats d'aplicar la força en sentit longitudinal.



**Figura 3.6:** Instal·lació d'un fondeig mitjançant un procés semi-automatitzat

- **Clavament manual:**

A diferència del procés anterior, tant el moviment rotatori com la força en el sentit longitudinal són aportats pels submarinistes. Aquest procés és molt costós, ja que suposa un gran esforç físic, es tarden aproximadament 3 hores per a la instal·lació d'un fondeig.



**Figura 3.7:** Instal·lació d'un fondeig mitjançant un procés manual

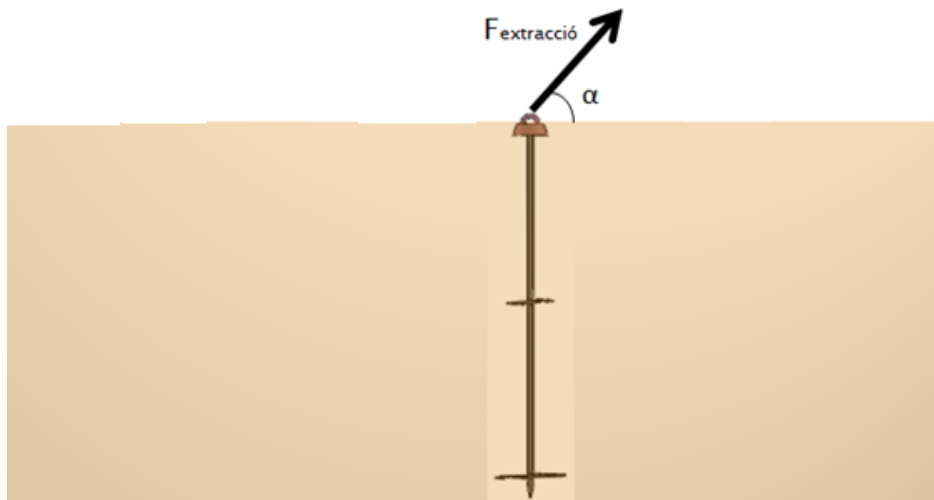
### 3.3.2. *Procés de post clavament*

Una vegada el fondeig ja està instal·lat, el sistema té algunes particularitats importants que cal conèixer.

#### - **Longitud de cadena:**

La cadena és el nexa d'unió entre el fondeig i l'embarcació, per tant és important conèixer-ne les característiques i les afectacions d'aquesta en el fondeig, ja que la longitud de la cadena afecta directament a l'angle d'aplicació de la força.

Els fondejos s'instal·len de forma que la longitud de la cadena sigui un 30% major que la distància entre el fons i la superfície del mar.

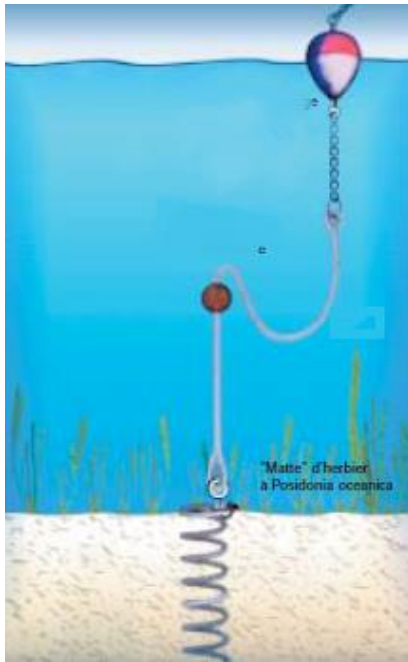


**Figura 3.8:** Variació de l'angle  $\alpha$  en funció de la longitud de cadena

- Boia intermitja:

És important comptar amb ella, ja que evita que la cadena s'arrossegui contínuament per sobre de la posidònia, llaurant les praderies i segant fulles i arços.

Aquesta boia es troba a  $1/3$  de l'alçada entre el fons i la superfície del marina.

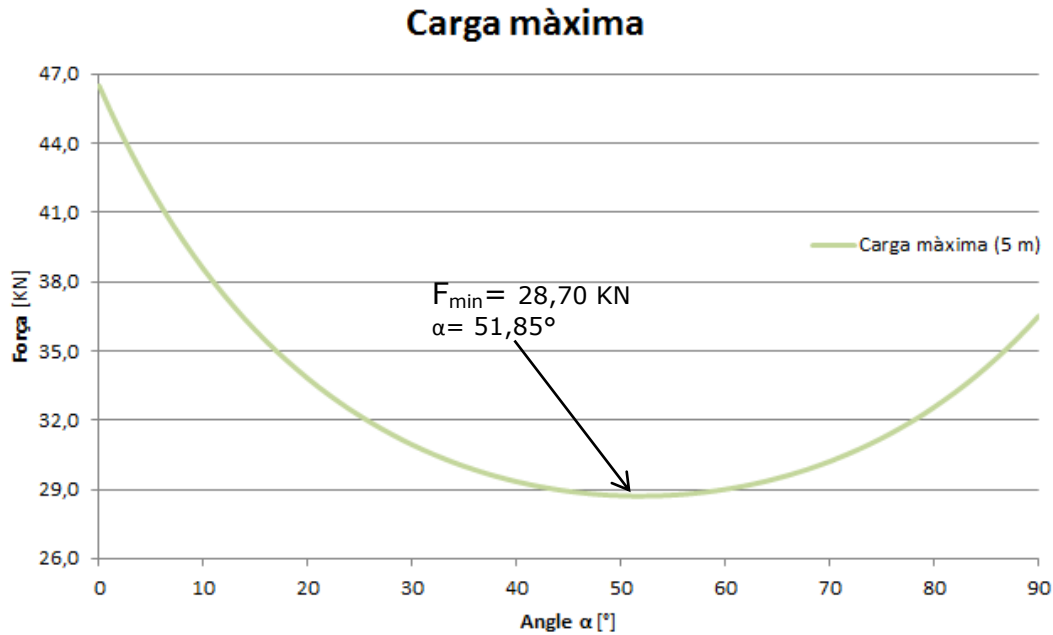


**Figura 3.9:** Situació de la boia intermitja.

### 3.4. Carga màxima

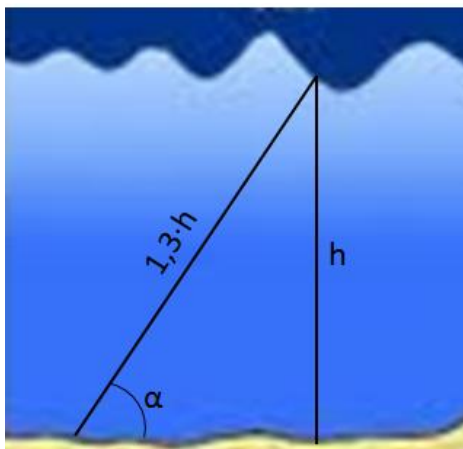
Tenint en compte totes les condicions descrites anteriorment, és necessari predir quina és la carga màxima que pot suportar el fondeig, caracteritzant el comportament d'aquest en funció de l'angle d'aplicació de la força i de l'alçada entre el fons marí i la superfície.

Es representen de forma gràfica els resultats obtinguts tenint present les condicions de treball més desfavorables per a una fondària de 5 m.



S'observa una notable variació de la força en funció de l'angle d'aplicació, la funció té un mínim quan l'angle és  $51,85^\circ$ .

És necessari determinar el rang d'angles de treball, tenint en compte la longitud de cadena, ja que aquesta limita les dues posicions extremes.



$$\sin \alpha = \frac{h - (H/2)}{1,3 \cdot h}$$

h: Alçada fons (m)  
 $\alpha$ : Angle d'aplicació de la força (°)  
H: Alçada onades (m)

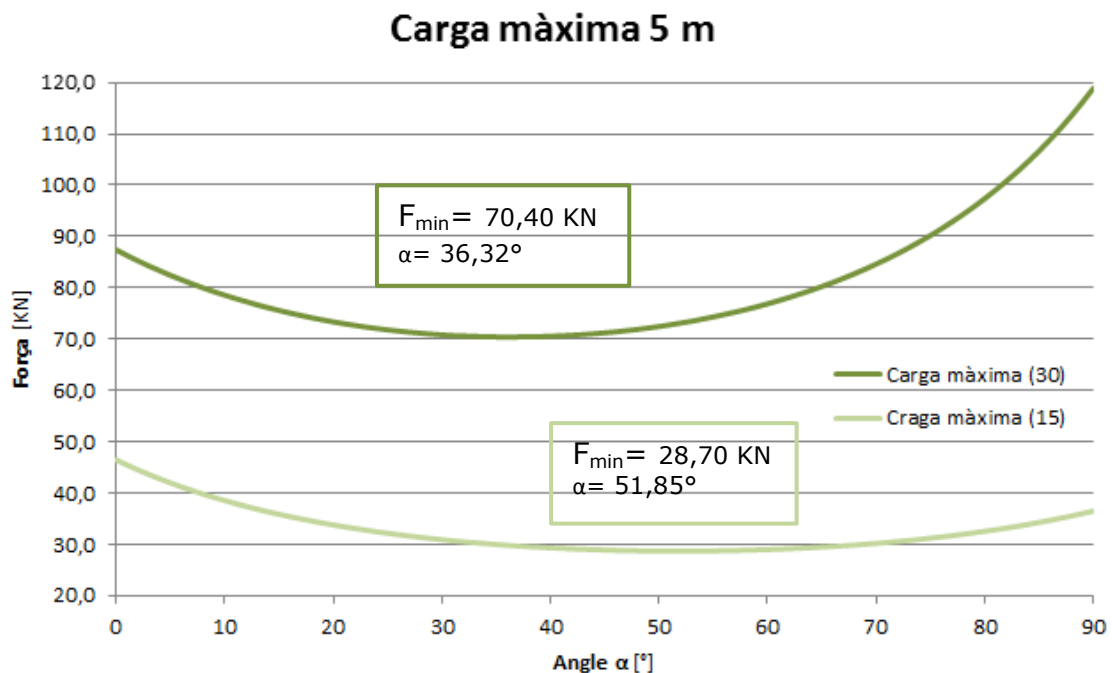
**Figura 3.10:** Determinació de l'angle d'aplicació de la força

A partir de la fórmula anterior s'obté l'angle a la posició més extrema, ja que el rang de treball pot variar entre  $[\alpha \div 90 + \alpha]$  en funció de l'alçada de les onades i de la marea. Sense tenir en compte l'alçada de les onades, el rang de treball varia entre  $[50,3^\circ \div 140,3^\circ]$ , per tant s'ha de tenir present que el rang de treball passa pel mínim de la funció anterior.

### 3.4.1. Angle de fregament de les partícules

Si es considera que l'angle de fricció entre les partícules d'arena mullades, pot variar entre 15 i 30 graus, s'ha de comprovar com varia la funció. El cas anterior es tenien en compte les pitjors condicions, per tant l'angle de fregament amb el que s'ha realitzat el càlcul era de 15°.

El gràfic que es mostra a continuació, representa la variació de les corbes en funció de l'angle de fricció entre les partícules d'arena.

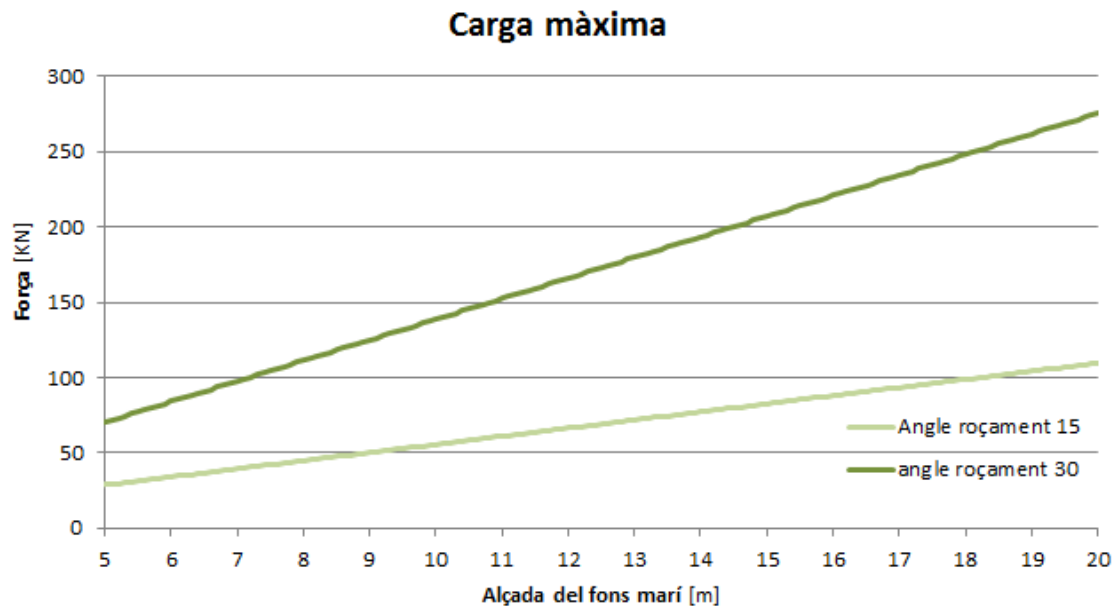


A mesura que augmenta l'angle de fricció de les partícules d'arena, la corba assolix valors de força major i el mínim es desplaça de la zona de treball.

### 3.4.2. Alçada del fons marí

Finalment s'ha de tenir present la variació d'alçada entre el fons marí i la superfície, ja que l'efecte de la pressió fa augmentar la compactació de les partícules d'arena. Per caracteritzar aquesta variable, es decideix fixar l'angle d'aplicació de la força [α], quan la funció passa pel mínim [ $\alpha_1=51,85$ ;  $\alpha_2=36,32$ ].





El gràfic mostra la variació de la força en funció de l'alçada del fons marí, aquest gràfic té una tendència lineal ja que varia en funció de la pressió. Les rectes acoten superior i inferiorment la variació de la força en funció de l'angle de fricció entre les partícules. La recta superior és el resultat de les condicions més òptimes que es puguin donar i la recta inferior les condicions més desfavorables.

### 3.5. Avantatges i inconvenients del disseny inicial

Per tal de poder dissenyar un model de fondeig ecològic més eficient, és necessari identificar-ne els avantatges i inconvenients del model actual.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
Preservació del fons marí	Instal·lació costosa
Model simple	Gran Inestabilitat durant la instal·lació
Fàcil fabricació	Elevats costos d'instal·lació degut al temps excessiu
Costos de fabricació baixos	Hèlix superior i inferior en direccions contràries

# **CAPÍTOL 4: ALTERNATIVES I SOLUCIÓ**

Degut als problemes detectats en el fondeig actual, és necessari buscar alternatives de disseny per millorar el clavament i disminuir els costos d'instal·lació, derivats del temps excessiu que suposa clavar cada fondeig.

La solució de disseny ha de garantir com a mínim la mateixa resistència, a la vegada, que ha d'intentar reduir l'impacte mediambiental.

## 4.1. Exposició de les alternatives

A continuació es proposen tres alternatives de disseny, cada una amb algun aspecte significatiu.

### 4.1.1. *Primera proposta*

La primera alternativa de disseny incorpora dos novetats respecte el disseny original. En primer lloc, la novetat més visible és la incorporació d'una hèlix de radi variable de dos passos, la primera volta el radi és uniforme (igual que el model original) per tal de garantir la resistència, per la segona volta s'ha pensat amb un radi variable amb la intenció d'afavorir notablement el clavament.

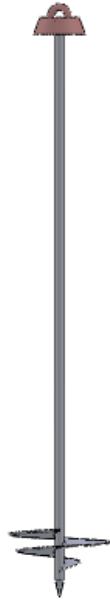
En segon lloc s'ha variat la direcció de la segona hèlix, ja que aquesta augmentava molt la dificultat durant la instal·lació, doncs s'oposava al clavament.



**Figura 4.1:** Primera alternativa de disseny

#### 4.1.2. *Segona proposta*

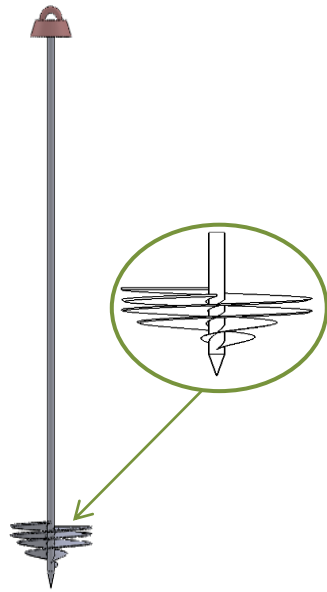
La segona alternativa de disseny, manté l'hèlix de radi variable explicada a la primera proposta i s'elimina la segona. Aquesta es pot eliminar perquè no aporta cap mena de resistència addicional al fondeig, i l'hèlix de radi variable és capaç de suportar sense problemes les sol·licitacions mecàniques del conjunt.



**Figura 4.2:** Segona alternativa de disseny

#### 4.1.3. *Tercera proposta*

La tercera proposta incorpora una altra hèlix de radi variable desfasada 90° respecte la primera. Amb aquest disseny es vol aconseguir un clavament encara més eficient, ja que augmenta l'avanç vertical del fondeig per cada volta.



**Figura 4.3:** Tercera alternativa de disseny

## 4.2. Consideracions

Tenint en compte les tres alternatives de disseny plantejades, és necessari identificar-ne els avantatges de cada una d'elles i escollir la solució definitiva.

En la taula adjunta a continuació, es remarquen els avantatges de cada proposta.

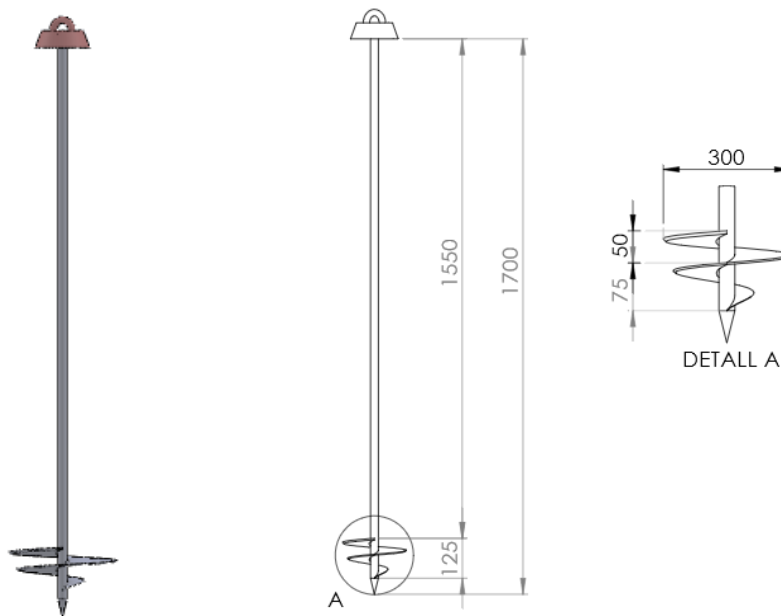
	<b>AVANTATGES</b>
PRIMERA PROPOSTA	Hèlix de radi variable per afavorir-ne el clavament
SEGONA PROPOSTA	Eliminació de l'hèlix secundari, aquest no aporta resistència al fondeig
TERCERA PROPOSTA	Doble hèlix amb la intenció d'afavorir la velocitat de clavament.

## 4.3. Solució adoptada

Per escollir la millor solució al disseny original, amb les alternatives exposades a l'apartat anterior, s'han valorat els avantatges de cada proposta així com la complexitat de fabricació de cada una. La millor solució de disseny és aquella amb la que s'aconsegueix una major eficiència al clavament i uns costos de fabricació menors.

### 4.3.1. Solució de disseny definitiva

A continuació es mostra en més detall la solució de disseny definitiva, aquesta ofereix la mateixa resistència de carga que el disseny original i augmenta l'eficiència al clavament.



**Figura 4.4:** Solució de disseny definitiva

### 4.3.2. Avantatges i inconvenients

La taula següent mostra els avantatges i inconvenients de la solució de disseny adoptada.

<b>AVANTATGES</b>	<b>INCONVENIENTS</b>
Preservació del fons marí	Major complexitat de fabricació que l'actual.
Model simple	Costos de fabricació més elevats.
Fàcil fabricació	
Costos de fabricació baixos	
Millor estabilitat en la instal·lació.	
Major efectivitat d'instal·lació.	
Reducció dels costos d'instal·lació	

Aquest disseny augmenta lleugerament els costos de fabricació en relació al fondeig base degut a la complexitat de l'hèlix.

#### 4.3.3. *Viabilitat productiva*

Per últim, és necessari avaluar si és possible fabricar comercialment el disseny escollit.

Llista de subconjunts que componen el fondeig i la dificultat aparent que suposen per a la fabricació:

<b>Denominació</b>	<b>Procedència</b>	<b>Dificultat aparent</b>
<b>Argolla</b>	Proveïdor extern	-
<b>Tija</b>	Fabricació interna	Baixa
<b>Hèlix</b>	Fabricació interna	Alta

Dels tres subconjunts necessaris per a la confecció del fondeig, l'hèlix de radi variable presenta, aparentment, una major dificultat de fabricació. La tija segueix tenint les mateixes característiques que el disseny base, i l'argolla prové d'un proveïdor extern que ja garanteix la vida útil del producte per a una determinada càrrega.

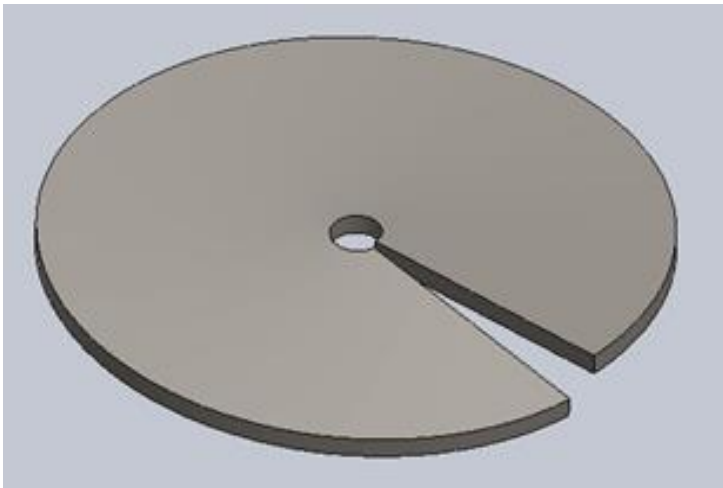
Per aquest motiu és necessari crear una estratègia de fabricació que doni una solució real i econòmica per a la realització de l'hèlix.

#### 4.3.3.1. Procés de fabricació de l'hèlix

Després d'avaluar diferents possibilitats, s'ha decidit fabricar l'hèlix en dos subconjunts per separat. En primer lloc l'hèlix de radi constant i en segon lloc l'hèlix de radi variable.

##### - **Hèlix de radi constant:**

Aquesta també segueix el mateix procés de fabricació que el disseny base, consta en tallar un disc de radi constant amb un orifici al centre on s'encerta la tija i un tall des de l'exterior fins el centre. Un cop tallat s'aplica una força vertical (normal a la superfície) fins que la deformació plàstica sigui igual al pas.

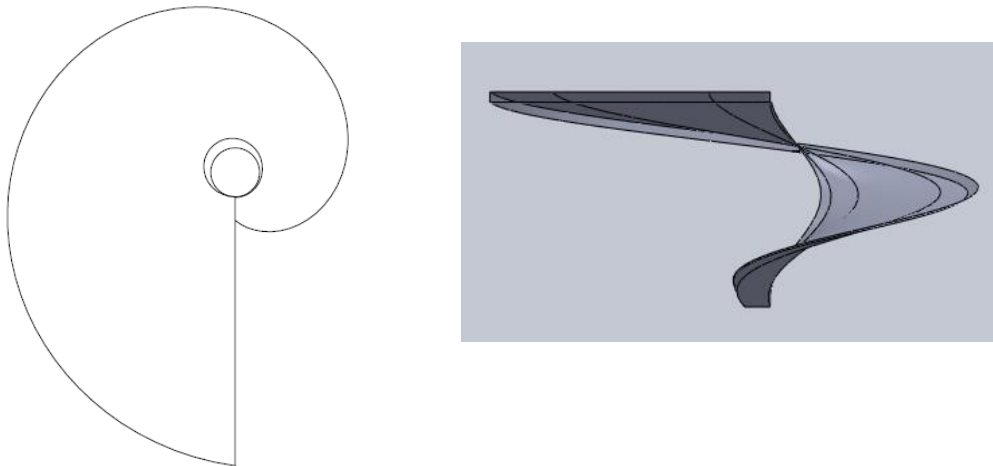


**Figura 4.5:** Procés de fabricació hèlix radi constant



- **Hèlix de radi variable:**

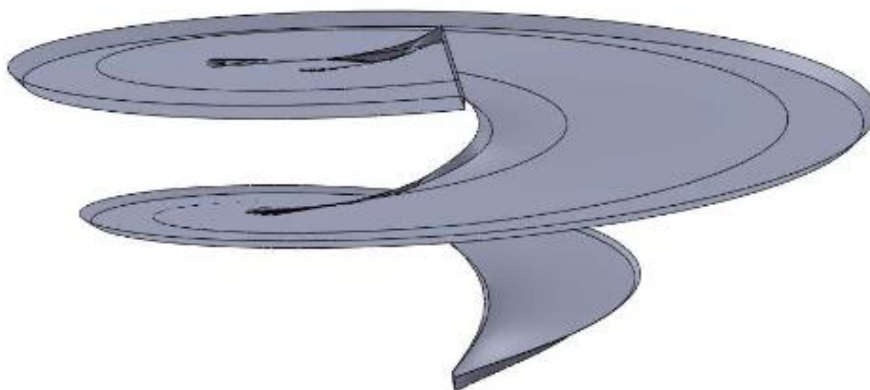
Seguint el mateix procés que en el cas anterior, s'ha de tallar la projecció de la trajectòria l'hèlix de radi variable deixant un orifici al centre per introduir la tija, i un tall per aconseguir la deformació desitjada. Com en el cas anterior s'aplica una força vertical fins que la deformació plàstica iguala el pas.



**Figura 4.6:** Procés de fabricació hèlix radi

- **Unió de les dues hèlix:**

La unió dels dos subconjunts es realitza mitjançant un procés de soldadura, d'aquesta s'aconsegueix fabricar una hèlix de radi constant durant el primer pas de volta i de radi variable al segon pas de volta.



**Figura 4.7:** Hèlix de radi variable definitiva

## 4.4. Dimensionament

Finalment és necessari dimensionar tots els subconjunts que conformen el fondeig, adequant-los a les sol·licitacions mecàniques requerides.

### 4.4.1. Càrrega màxima

En funció de la longitud de la tija i del radi de l'hèlix varien les sol·licitacions mecàniques. Sabent que els fondejos utilitzen una cadena d'acer galvanitzat, que admet una càrrega màxima de 3300 Kg, s'ha d'assegurar que el fondeig pot suportar, sense problemes, càrregues de 4000 kg (tenint en compte un factor de seguretat) dimensionant totes les parts per a aquesta càrrega.

### 4.4.2. Dimensions característiques

Denominació	Longitud [mm]
Longitud tija	1700
Radi hèlix	300
Longitud hèlix-argolla	1550

### 4.4.3. Requeriments

Denominació	Magnitud
Carga màxima del disseny	3000 Kg
Carga estructura amb FS	4000 Kg

### 4.4.4. Característiques dels materials

- Característiques de material de l'hèlix:

Material	Acer
Límit elàstic	219 MPa
Límit plàstic	332 MPa

- Característiques de material de la tija:

Material	Acer
Límit elàstic	550 MPa
Límit plàstic	583 MPa
Duresa	174 HB

#### 4.4.5. *Dimensions requerides*

La taula adjunta a continuació recull el dimensionament de tots els elements del fondeig incloses les soldadures.

Denominació	Longitud [mm]	
Dimensionament dels elements		
Espessor hèlix	10	
Radi tija	12,5	
Dimensionament de les soldadures		
	Espessor [mm]	Longitud [mm]
Tija-hèlix	17,5	19
Tija-argolla	6	55,4

## **CAPÍTOL 5: ÚTIL D'ASSAIG**

Degut a la alta dificultat que suposa establir un model de càlcul per deduir l'eficiència al clavament en funció de la geometria de l'hèlix, es dissenya un útil amb la intenció de contrastar els càlculs d'extracció i poder-ne determinar l'eficiència de clavament.

## 5.1. Criteris generals

L'útil ha de ser capaç de determinar a nivell comparatiu quina geometria és la més eficient, i a la vegada ha de permetre contrastar els càlculs de carga màxima que pot suportar el fondeig.

## 5.2. Descripció del mecanisme

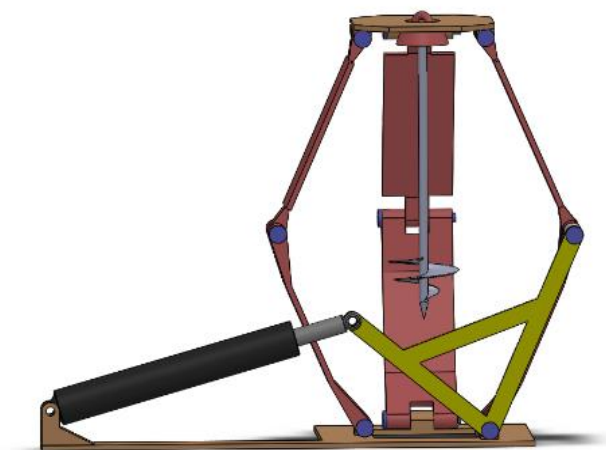
El mecanisme està format per tres frontisses articulades per la part central. Un dels seus extrems està subjecte a una plataforma fixe (bancada) i l'altre a la plataforma superior. Dos frontisses està dispostes de forma simètrica i la tercera perpendicularment a les altres dues.

La plataforma superior està composta d'un orifici per introduir l'argolla del fondeig i diferents punts d'encolatge per a les frontisses. A la part superior d'aquesta plataforma està previst allotjar-hi un motor elèctric.

La plataforma inferior està definida com a bancada i allotja tots els encoratges necessaris per subjectar tots els components que han d'anar subjectes a ella.

Un cilindre hidràulic proporciona el moviment a l'útil.

Finalment el braç de torsió és l'encarregat de transmetre el moment torçor proporcionat pel cilindre al mecanisme.



**Figura 5.1:** Útil d'assaig

### 5.2.1. *Clavament*

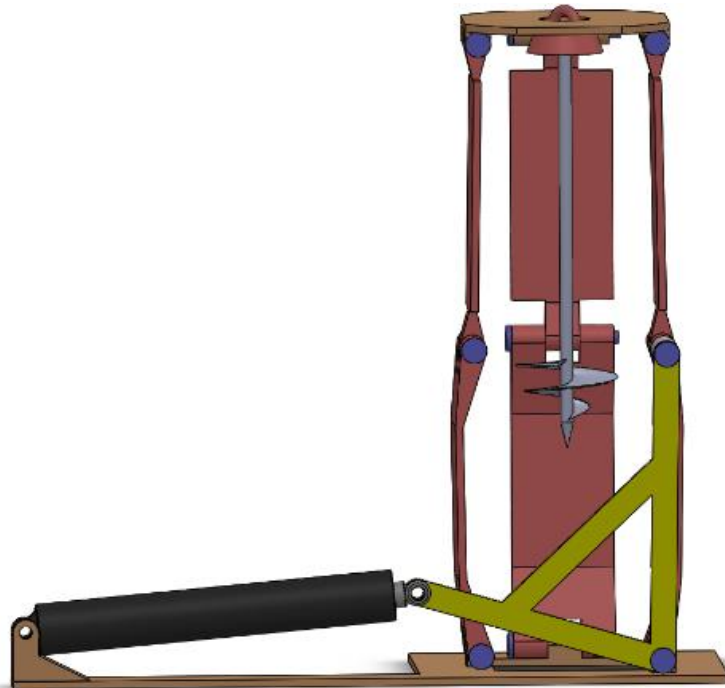
A continuació, es descriu el procés de clavament amb la finalitat d'avaluar l'efectivitat del fondeig, en funció de diferents geometries que requereixen del mateix mètode per ser inserides dins l'arena.

Un motor reductor, situat sobre la base superior de l'útil i subjecte al fondeig a través de l'argolla, la dota de moviment rotatori. El motor està connectat a un multímetre, d'aquesta forma es té informació de la potència consumida en cada moment.

Un sensor d'efecte Hall situat a la sortida de la caixa reductora, proporciona informació de les revolucions a les que gira la tija.

Tenint en compte que el moment torçor és el quocient de la potència i la velocitat angular, la geometria més eficient serà la que minimitzi aquest valor. No s'ha d'oblidar que aquests valors només són vàlids a nivell comparatiu, ja que incorporen el rendiment mecànic i elèctric del sistema de motor reductor, a més del rendiment mecànic de l'útil (constants per a tots els assajos).

Finalment el pistó hidràulic és l'encarregat d'aplicar la càrrega necessària en sentit vertical per afavorir-ne la inserció del fondeig. La pressió hidràulica aplicada al pistó s'ha de mesurar i ha de ser la mateixa en tots els assajos.



**Figura 5.2:** Posició extrema Útil d'assaig

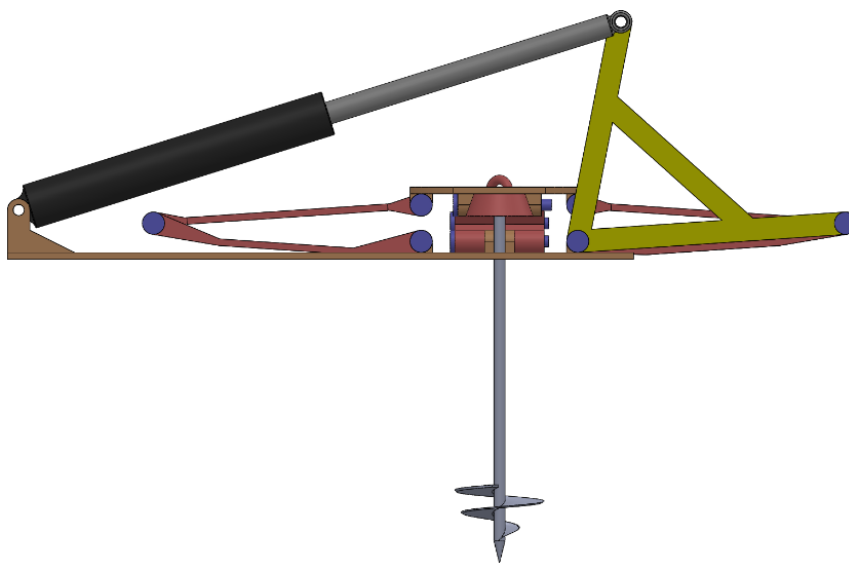
### 5.2.2. Extracció

El procés d'extracció té la finalitat de validar els càlculs de carga màxima (força màxima en funció de l'angle que pot suportar el fondeig sense ser arrencat) realitzats a l'apartat 3 i vàlids per a la solució de disseny proposada.

Aquest procés s'inicia amb el fondeig introduït dins l'arena, el grup de pressió que comanda el pistó, aplica pressió sobre la superfície interior d'aquest, i en conseqüència el pistó comença a desplaçar-se.

El producte entre la pressió necessària per començar a desplaçar el pistó i l'àrea interior efectiva del pistó ens aporta un valor de força.

En aquest valor se li ha de restar la força necessària per començar a moure el sistema. Aquesta s'obté de la mateixa forma, aplicant un cicle de carga sense el fondeig.



**Figura 5.3:** Posició extrema Util d'assaig

## **CAPÍTOL 6: EMBARCACIONS**



El clima mediterrani és una varietat del clima subtropical que es caracteritza pels hiverns suaus i temperats i els estius secs i calorosos. No obstant la vesant mediterrània té una climatologia més complexa.

Aquest fet és degut a les masses de terra que voregen el mar Mediterrani, no fan variar l'estereotip d'estius secs i hiverns humits, però precisament a l'hivern es manifesta un clima regional més dinàmic.

La variació de les condicions climatològiques, crea la necessitat d'establir un mètode quantitatiu, establint uns paràmetres límits de les embarcacions, en funció de les condicions meteorològiques, per garantir que cap element del fondeig falli.

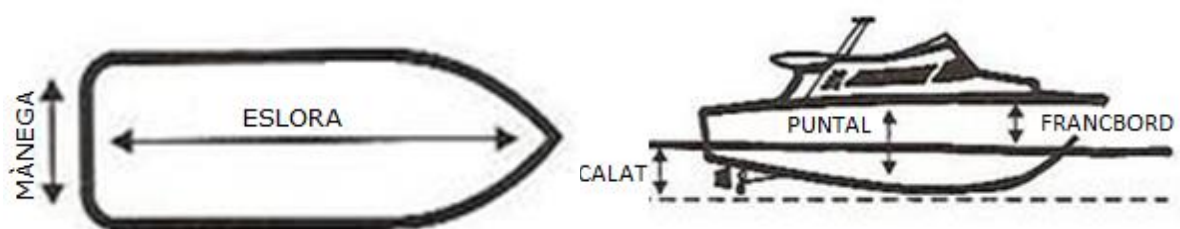
## 6.1. Embarcacions tipus

En primer lloc, cal caracteritzar a quins tipus d'embarcacions van destinats aquests fondejos.



**Figura 6.1:** Embarcacions tipus

Aquests tipus d'embarcacions tenen com a molt 10 metres d'eslora, 3 metres de mànega i 0,5 metres de calat.



**Figura 6.2:** Detall mesures

## 6.2. Condicions meteorològiques

Per valorar l'estat de la mar es fan servir dues variables, en primer lloc l'alçada de les onades i d'altra banda la força del vent.

### 6.2.1. Onades

Es poden descriure les onades com les ondulacions que es produeixen a la superfície del mar, aquestes són formades degut a l'acció del vent sobre la superfície de l'aigua.

La velocitat mínima del vent suficient, perquè la seva energia doni origen a la formació d'onades, és de 5 nusos. Les onades mouen l'aigua formant un perfil de velocitats turbulent, sense que aquest tingui un gran efecte amb la velocitat línia d'aquestes, a mesura que s'acosten a la costa i l'alçada del fons marí disminueix, fa que la capa límit del perfil de velocitats variï produint un desequilibri de la massa d'aigua i la ruptura.

Els moviments sísmics del fons marí produeixen en algunes ocasions ones de dimensions gegantines anomenades Tsunami.

Així doncs les ondulacions que apareixen sobre la superfície com a conseqüència de la interacció entre el mar i l'aire, sense tenir en compte els moviments sísmics, venen influenciades per:

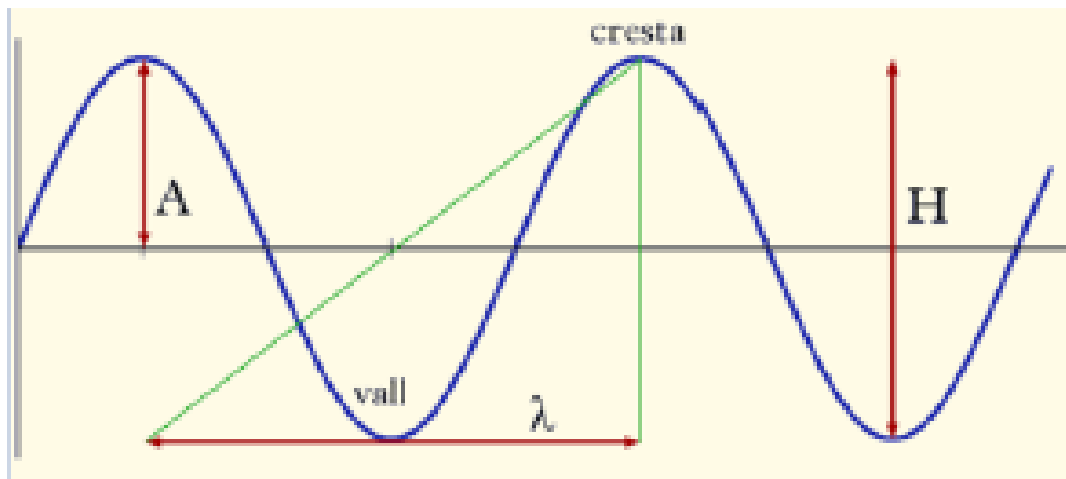
- La pressió atmosfèrica.
- La profunditat del fons marí.
- La salinitat.
- La temperatura de l'aigua.
- La velocitat del vent

Les onades generades i la seva altura, són proporcionals a la intensitat del vent. Les onades necessiten un període de temps per poder-se generar en funció dels efectes del vent, però també necessiten molt temps per minvar una vegada el vent disminueix.

La mar de vent es caracteritza per generar onades agudes, de longitud curta i irregulars. La mar de fons és aquella que una vegada abandonada l'àrea amb efectes locals de vent, aquesta presenta un aspecte més regular amb una longitud molt superior a la seva altura, de crestes rodones i de perfil sinusoidal.

Les onades es descriuen mitjançant els següents paràmetres:

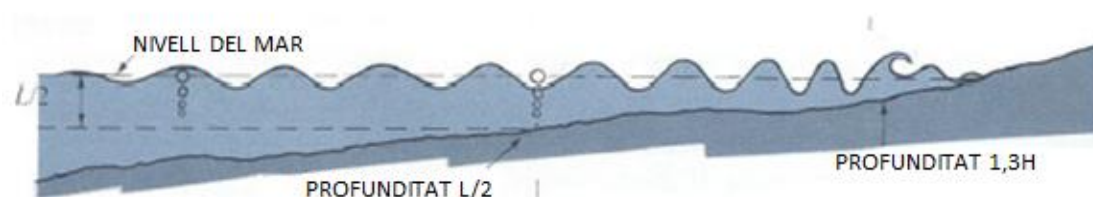
- Altura (H): És la distància vertical entre una cresta i una vall consecutives
- Període (T): És el temps que passa entre el pas de dues crestes o dues valls consecutives.
- Longitud d'ona ( $\lambda$ ): És la distància entre dues crestes consecutives.
- Amplitud (A): És la meitat de l'alçada  $A=H/2$ .
- Velocitat (c): És l'avanç lineal d'una línia de crestes, i és igual a la longitud dividida pel període  $c=\lambda/T$ .
- Pendent (P): És el quocient de dividir l'alçada entre la longitud d'onada  $P=H/\lambda$ .
- Edat de l'onada (e): És el quocient entre la velocitat de propagació i la velocitat del vent  $e=c/V$ .
- Direcció: És el punt de l'horitzó des d'on venen les onades.



**Figura 6.3:** Paràmetres d'una onada











A alta mar, l'alçada (H) de les onades és generalment menor a la seva longitud (L), en conseqüència, la teoria que descriu el moviment de les onades és més senzilla.

En canvi, a mesura que les onades s'aproximen a la línia de costa, en una zona d'aigües menys profundes, la profunditat pren rellevància i provoca una disminució en la velocitat lineal de les onades (c) en virtut de la seva alçada (H).



**Figura 6.4:** Rellevància de la profunditat

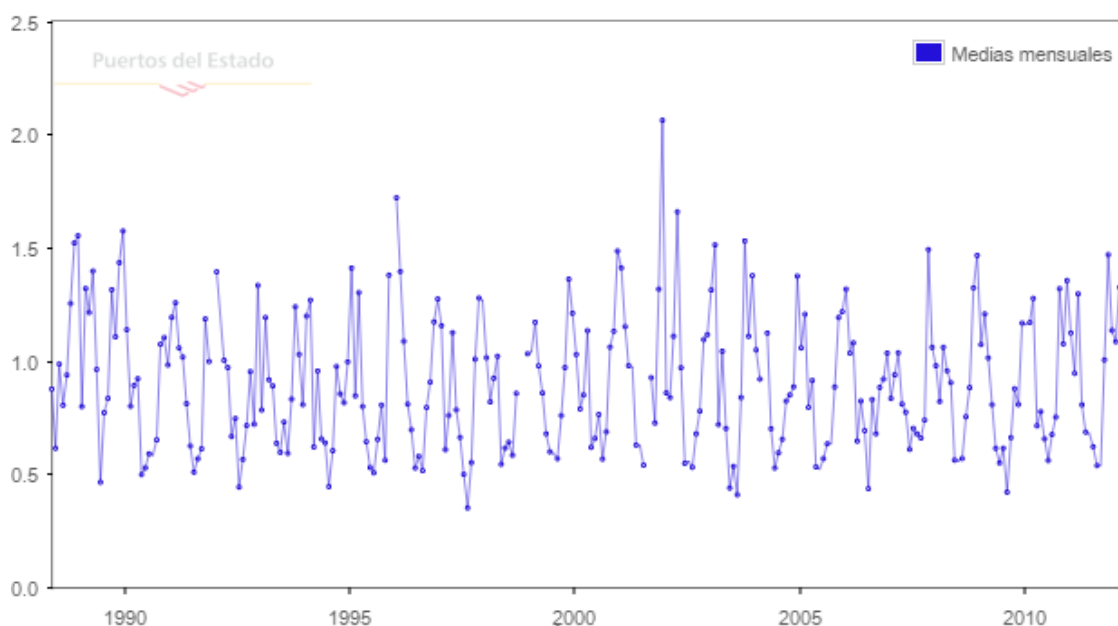
Les condicions necessàries per a la formació d'una mar completament desenvolupada i una velocitat determinada, venen descrites per l'escala de Douglas.

Grau	Denominació	Altura onades m	Equivalència a l'escala de Beaufort
	0 Calma	0	0
	1 Rizada	0 a 0,25	1-2
	2 Marejadeta	0,25 a 0,5	3
	3 Marejada	0,5 a 1,25	4
	4 Forta Marejada	1,25 a 2,5	5
	5 Grossa	2,5 a 4	6
	6 Molt Grossa	4 a 6	7
	7 Arbolada	6 a 9	8-9
	8 Muntanyosa	9 a 14	10-11
	9 Enorme	>14	12

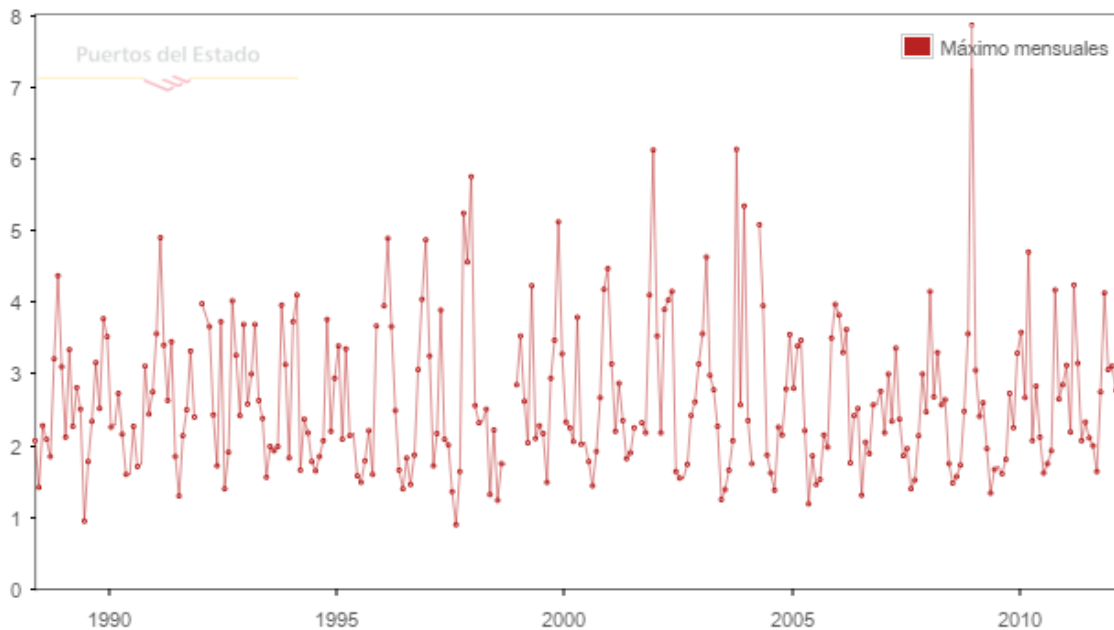
#### 6.2.1.1. Histogrames

A continuació es mostren dos histogrames des de l'any 1988 fins l'any 2012, de l'alçada mitja i l'alçada màxima de les onades registrades a la boia de Palamós. La profunditat entre el fons marí i el punt de mesura és de 90 metres.

##### - Mitjanes mensuals



##### - Màxims mensuals



## *El Vent*

El vent és una altra de les variables meteorològiques que juntament amb les onades tenen una gran transcendència en les embarcacions. En meteorologia s'estudia el moviment del vent com aire en moviment, tant horitzontal com verticalment. Els moviments verticals de l'aire caracteritzen els fenòmens atmosfèrics locals, com la formació de núvols amb tempesta. D'altra banda els moviments horitzontals són els que tenen més importància meteorològica i transcendència pràctica en les embarcacions. A partir d'ara el document tractarà el "vent" en referència al moviment horitzontal de l'aire.

En superfície el vent ve determinat per dos paràmetres: la direcció en el pla horitzontal i la velocitat.

El vent es genera per l'existència de gradients de pressió entre àrees contigües. Les masses d'aire es desplacen sempre des de les zones de major pressió, cap a les zones de menor pressió. És per aquest motiu, que la determinació de la direcció i la velocitat del vent, es realitza a partir d'un estudi de la distribució de la pressió atmosfèrica a la geografia terrestre, és a dir, a partir dels mapes isobàrics.








Existeixen dos principis generals:

1. El vent sempre circula des dels anticiclons fins a les borrasques.
2. La seva velocitat es calcula en funció del "junttes o separades" que estan les isòbares en els mapes.

Com més juntes estan les isòbares, el gradient de pressió és major i amb més força bufarà el vent, com més separades, menys.

En la meteorologia aplicada a la navegació, s'estudia el vent com la conseqüència de totes les variables meteorològiques i com a generador de les onades, que és l'altre paràmetre d'importància transcendental per a la navegació.

La velocitat del vent a la nàutica, se sol mesurar en nusos i ve determinada per l'escala de Beaufort.

Número de Beaufort		Velocitat del vent		Denominació
		[Km/h]	Nusos [mn/h]	
0		0 a 1	0	Calma
1		2 a 5	1 a 3	Ventolina
2		6 a 11	4 a 6	Vent fluixet
3		12 a 19	7 a 10	Vent moderat
4		20 a 28	11 a 16	Vent fresquet
5		29 a 38	17 a 21	Vent fresc
6		39 a 49	22 a 27	Vent fort
7		50 a 61	28 a 33	Temporal
8		62 a 74	34 a 40	Temporal fort
9		75 a 88	41 a 47	Temporal molt fort
10		89 a 102	48 a 55	Temporal violent
11		103 a 117	56 a 63	Borrasca
12		>117	64 a 71	Huracà

## 6.3. Mètode d'avaluació

Degut a la gran varietat de paràmetres que afecten a la resistència del fondeig, resulten característics la mànega i el calat de les embarcacions. Aquests dos paràmetres permeten establir l'àrea frontal perpendicular a la velocitat de l'aigua.

En funció de les característiques d'instal·lació descrites al capítol 2 (on la longitud de cadena és un 30% superior a l'alçada del fons marí) i a través de l'escala de Douglas per valorar l'estat de les onades i l'escala de Beaufort per valorar l'estat del vent, es crea una relació. Aquesta relació determina l'àrea d'embarcació màxima, aproximant aquesta a un triangle equilàter, que pot suportar el sistema.






### 6.3.1. Paràmetres significatius

- Coeficient dinàmic de l'embarcació a l'aigua:  $C_d \geq 0,15$
- Coeficient dinàmic de l'embarcació a l'aire:  $C_d \geq 0,30$

## 6.4. Dimensions màximes

A continuació s'exposa l'àrea màxima admissible d'embarcació en funció de les condicions meteorològiques.







### 6.4.1. Distància al fons marí 5 metres.

Grau		Denominació	Altura de les ones [m]	Velocitat de l'aigua [m/s]	Velocitat del vent [Km/h]	Àrea Max submergida [m <sup>2</sup> ]
	0	Calma	0	< 5	0 a 1	40
	1	Rizada	0 a 0,25	5	2 a 11	40
	2	Marejadeta	0,25 a 0,5	7	12 a 19	10
	3	Marejada	0,5 a 1,25	7	20 a 28	5
	4	Forta Marejada	1,25 a 2,5	7	29 a 38	1,5

\*Les condicions del sistema, fan que aquest deixi de ser eficient quan l'alçada de les onades (H) supera els 3 m.

\*Degut a la proximitat del fons marí la velocitat de l'aigua queda limitada a 7 m/s.







### 6.4.2. Distància al fons marí 10 metres.

Grau		Denominació	Altura de les ones [m]	Velocitat de l'aigua [m/s]	Velocitat del vent [Km/h]	Àrea Max submergida [m <sup>2</sup> ]
	0	Calma	0	< 5	0 a 1	170
	1	Rizada	0 a 0,25	5	2 a 11	170
	2	Marejadeta	0,25 a 0,5	7	12 a 19	35
	3	Marejada	0,5 a 1,25	9	20 a 28	7,5
	4	Forta Marejada	1,25 a 2,5	10	29 a 38	2
	5	Grossa	2,5 a 4	10	39 a 49	1

\*Les condicions del sistema, fan que aquest deixi de ser eficient quan l'alçada de les onades (H) supera els 6 m.

\*Degut a la proximitat del fons marí la velocitat de l'aigua queda limitada a 10 m/s.

#### 6.4.3. Distància al fons marí 15 metres

Grau		Denominació	Altura de les ones [m]	Velocitat de l'aigua [m/s]	Velocitat del vent [Km/h]	Area Max submergida [m <sup>2</sup> ]
	0	Calma	0	< 5	0 a 1	200
	1	Rizada	0 a 0,25	5	2 a 11	200
	2	Marejadeta	0,25 a 0,5	7	12 a 19	85
	3	Marejada	0,5 a 1,25	9	20 a 28	15
	4	Forta Marejada	1,25 a 2,5	13	29 a 38	6,5
	5	Grossa	2,5 a 4	15	39 49	2

## 6.5. Conclusions

El fondeig garanteix la subjecció d'embarcacions fins a 3 metres de mànega i 1 metre de calat en fondejos, instal·lats a una profunditat que oscil·li entre 5-15 metres afectats per una forta marejada.

Tenint en compte els histogrames, les probabilitats de superar els valors donats per una forta marejada en època d'estiu (època a la que s'instal·len els camps de boies) són molt escasses, no obstant això, no es pot assegurar l'efectivitat del fondeig per a una grossa marejada.



# **CAPÍTOL 7: ESPECIFICACIONS BÀSIQUES**

## Disseny i càlcul d'un fondeig ecològic per a la preservació de la posidònia

A continuació s'especifiquen les característiques del fondeig després del nou disseny.

Denominació		Magnitud	
Dimensions			
Longitud tija [mm]		1700	
Radi hèlix de radi constant [mm]		300	
Longitud hèlix argolla [mm]		1550	
Espessor xapa hèlix [mm]		10	
Radi tija [mm]		12,5	
Soldadures			
		<b>Espessor</b>	<b>Longitud</b>
Tija-hèlix		17,5 mm	40 mm
Tija-argolla		6 mm	100 mm
Carga			
Carga màxima admissible [Kg]		3000	

# **CAPÍTOL 8: PRESSUPOST**

## 7.1. Cost d'enginyeria

Els costos d'enginyeria són aquells relacionats amb el càlcul i disseny de les diferents parts del projecte, així com els costos de la realització i preparació de tota la documentació necessària.

Concepte	Cost unitari [€/hora]	Total hores	Total [€]
Enginyeria	25	350	8.750
Administració	20	10	200
TOTAL			8.950

## 7.2. Cost dels materials

El costos dels materials són aquells relacionats amb l'adquisició, fabricació i transport dels materials.

Concepte	Cost unitari [€]	Unitats	Total [€]
Fondeig			
Xapa d'acer T=10 mm	20	1	20
Tub macís d'acer Ø 25mm	30	1	30
Argolla Ø25mm 3500 Kg	10	1	10
Útil d'assaig			
Plataforma	200	1	200
Frontissa superior	50	3	150
Frontissa inferior	50	3	150
Base superior	40	1	40
Braç de torsió	50	1	50
Passador elàstic Ø5mm	0,50	8	4
Passadors Frontisses	3	9	27
Passador braç de torsió	3	2	6
Grup Hidràulic	1500	1	1500
Cilindre neumàtic	750	1	750
TOTAL			2.937

### 7.3. Cost de muntatge

Els costos de muntatge són aquells relacionats amb el muntatge del mecanisme i els reglatges pertinents.

Concepte	Cost unitari [€/hora]	Total hores	Total [€]
Fondeig			
Operari	17	3	51
Útil d'assaig			
Operari	17	15	255

---

TOTAL			306
-------	--	--	-----

### 7.4. Cost d'instal·lació

Els costos d'instal·lació són aquells relacionats amb la instal·lació del fondeig.

Concepte	Cost unitari [€/hora]	Unitats	Total hores	Total [€]
Submarinista altament qualificat	40	2	3	240
Lloguer embarcació	80	1	3	240
Comandant de l'embarcació	40	1	3	120

---

TOTAL				600
-------	--	--	--	-----

# **CAPÍTOL 7: BIBLIOGRAFIA**

## 7.1. Referències bibliogràfiques

1. "Ministerio de fomento", accés Novembre 28, 2014. [http://www.puertos.es/oceanografia\\_y\\_meteorologia/redes\\_de\\_medida/index.html](http://www.puertos.es/oceanografia_y_meteorologia/redes_de_medida/index.html).
2. "Generalitat de catalunya-Meteocat", accés Novembre 15, 2014. <http://www20.gencat.cat/portal/site/meteocat/menuitem.e69beb057e68ee6c5c121577b0c0e1a0/?vgnextoid=81291337e5233210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=81291337e5233210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default>
3. "Generalitat de catalunya-Meteocat", accés Novembre 15, 2014. <http://www20.gencat.cat/portal/site/meteocat/menuitem.e69beb057e68ee6c5c121577b0c0e1a0/?vgnextoid=f9d91337e5233210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=f9d91337e5233210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default>
4. François Boudouresque, Charles. 2006. Préservation et conservation des herbiers à posidonia oceanica.
5. Berry Peter-Reid, David. Mecanica de suelos
6. Perez Blat, Ignacio. 2011. Analisis de la climatología del mediterráneo occidental y su influencia en una empresa de charter.
7. Arianna Guardiola Víllora. Criterios para el dimensionado de las uniones soldadas en estructuras de acero en edificación.
8. "Plate calculators", accés Septembre 10, 2014. [http://www.efunda.com/formulae/solid\\_mechanics/plates/calculators/SSSS\\_PUniform.cfm](http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/plates/calculators/SSSS_PUniform.cfm)

## 7.2. Bibliografia de consulta

9. Medina, Mariano. 1999. La Mar y el Tiempo.
10. Martin M.A, Sanchez-Lizaso J.L, Ramos-Esplà A.A., 1997. Cuantificación del impacto de las artes de arrastre sobre la pradera de Posidonia oceanica.
11. RIBA ROMEVA, CARLES, Mecanismes i màquines II.
12. C. PRECIADO- F.J.MORAL, Normalización del dibujo técnico.