



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

Sistema de propulsió multidireccional per barques
amb transformador mecànic hipocicloide.

AUTORS: Alexandre Cabello Martínez
Tina Torelló Brunet

TITULACIÓ: Enginyeria tècnica industrial, especialitat en mecànica

DIRECTOR: Miquel Huguet Casalí

PROFESSOR PONENT: Manuel López Membrilla

DEPARTAMENT: 717, Expressió gràfica a l'enginyeria

DATA: juny del 2012

TÍTOL: Sistema de propulsió multidireccional per barques amb transformador mecànic hipocicloide.

COGNOMS: Cabello Martínez

NOM: Alexandre

COGNOMS: Torelló Brunet

NOM: Tina

TITULACIÓ: Enginyeria tècnica industrial

ESPECIALITAT: Mecànica

PLA: ETIM 95

DIRECTOR: Manel López Membrilla

DEPARTAMENT: 717, Expressió gràfica a l'enginyeria

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: X Sí No

PROPOSTA DE PROJECTE FINAL DE CARRERA

Pàg: 1/2

TINA TORELLÓ BRUNET -DNI: 77119872 - Telèfon: 606396952
ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT DE MECÀNICA - 340ETIM 95

22/3/2012
Signatura

Projecte proposat per:

- 1 Departament:**
717, EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA

Projecte

▶ **Títol del projecte**

Sistema de propulsió multidireccional per barques amb transformador mecànic hipocicloide

▶ **Estudiant/a**

TINA TORELLÓ BRUNET

▶ **Director/a del projecte**

Miquel Huguet Casali

Signatura del director

▶ **Professor/a Ponent (en el cas de projectes realitzats en una empresa)**

Manuel Lopez Membrilla

Signatura del ponent

▶ **Vist i Plau Cap de secció departament (per a tots els tipus de propostes)**

Departament: 717, EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA

Cap de secció: JOAN SANGRA MAS

Signatura del cap de secció

DATA I SIGNATURA APROVACIÓ COMISSIÓ COORDINACIÓ DOCENT

Copia per l'Estudiant

TINA TORELLÓ BRUNET -DNI: 77119872 - Telèfon: 606396952
ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT DE MECÀNICA - 340ETIM 95

Objectius / Programació / Recursos

► **Objectius a assolir**

- A partir de la patent ja redactada, identificar i estudiar el principi de funcionament del Sistema de propulsió multidireccional (SPM).
- Realitzar tot el disseny del SPM en 3D mitjançant el programa CATIA v5. Modelar cada un dels mòduls que componen el SPM amb totes les seves parts pertinents. A més, dins de cada part hi ha les peces que la componen.
- Fer tota la simulació en 3D del SPM amb el programa SIMULIA v5. Simular tot el funcionament correcte de cada mòdul amb les seves parts i les seves peces.
- Fer tot l'estudi i l'anàlisi del funcionament del SPM per tal de trobar-hi possibles millores en el sistema; ja sigui pel que fa al funcionament, als materials o a possibles millores per tal d'evitar malmetre el medi ambient.

► **Descripció i Programació temporal del treball a realitzar**

- Identificar els components del Sistema de propulsió multidireccional (SPM) mitjançant la lectura de la patent ja redactada. Justificar l'ús i el funcionament de cada un d'ells.
- Recopilar informació sobre sistemes de propulsió semblant al SPM per tal d'entendre millor el seu funcionament i poder conèixer l'evolució històrica d'aquest.
- Definir els diferents mòduls del SPM i classificar les diferents parts de cada mòdul i les peces que les componen.
- Modelar tot el sistema complet del SPM mitjançant el programa CATIA v5 i simular-lo amb el programa SIMULIA v5 per permetre una visualització pràcticament real de tot el funcionament.
- Anàlisi del funcionament del SPM per l'estudi de les possibles millores del sistema.
- Generació de la documentació pròpia del PFC

► **Recursos del Centre**

Aula amb un ordinador amb el CATIA v5 i el SIMULIA v5 instal·lats per tal de poder treballar-hi

Nom dels estudiants que realitzen el projecte

TINA TORELLÓ BRUNET
ALEXANDRE CABELLO MARTÍNEZ

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

Aquest projecte consisteix en l'estudi d'una patent sobre un sistema de propulsió multidireccional (SPM) amb transformador hipocicloide, per barques.

Aquest sistema vol imitar la forma de nedar dels peixos, basant-se amb la Biomímesis.

L'objectiu principal d'aquest projecte consisteix en estudiar el funcionament del SPM per poder dissenyar en 3D les seves parts i realitzar la simulació mitjançant el Catia V5.

A partir de la realització del seu disseny, s'estudia i s'analitzen les proves de rendiment realitzades i s'arriba a una conclusió segons la comparació d'aquest rendiment amb diferents tipus d'hèlixs convencionals.

Finalment, hi ha un petit anàlisi dels materials utilitzats, els processos de fabricació, el medi ambient i el pressupost necessari per realitzar tot el sistema.

Paraules clau (màxim 10):

Biomímesis	Propulsió	Multidireccional	Patent
Rendiment	Simulació	Processos de fabricació	Embarcació marina
Disseny 3D			

Aquest projecte va
especialment dedicat al meu
tiet que malauradament mai
podrà llegir aquestes línies.
Gràcies a la seva seguretat
en mi, s'ha fet possible
arribar fins aquí.

Al meu pare i a la Maribel
per tota l'ajuda que m'han
donat en tots els moments
de la carrera; tan els bons
com els dolents.

Alex

Especialment a en Miquel
Huguet per regalar-nos
aquesta experiència i al
Manel López per guiar-nos
en aquest camí

Alex i Tina

Especialment, dedico aquest
projecte a la meva àvia per
haver confiat sempre en mi.
A la meva mare i a en David
per haver fet possible arribar
fins aquí.

Gràcies de tot cor.

Tina

SUMARI

Índex de Figures	17
Índex de Taules.....	24
Glossari	26
1. Prefaci	30
1.1. Origen del projecte	32
1.2. Motivació	32
1.3. Requeriments previs.....	32
2. Memòria.....	34
2.1. Introducció	36
2.2. Objectius.....	36
2.3. Antecedents històrics.....	36
2.3.1. Història de la propulsió.....	36
2.3.1.1. <i>Període Tècnic Arcaic</i>	37
2.3.1.2. <i>Període Tècnic Antic</i>	39
2.3.1.3. <i>Període Tècnic Mig</i>	40
2.3.1.4. <i>Període Tècnic Modern</i>	42
2.3.1.5. <i>Període Tècnic Contemporani</i>	42
2.3.2. Concepte de Biomímesis	45
2.3.2.1. <i>Definició i exemples</i>	45
2.3.2.2. <i>La Biomímesis en la propulsió dels peixos</i>	46
2.3.2.2.1. ANATOMÍA DELS PEIXOS.....	46
2.3.2.2.2. TIPUS DE PROPULSIÓ.....	47
2.3.3. L'origen la història de la idea del model	49
2.3.4. Estat actual.....	51
2.4. Descripció i funcionament del Sistema de Propulsió	
Multidireccional.....	51
2.4.1. Descripció i definició del Sistema de Propulsió Multidireccional	51
2.4.1.1. <i>Esquema bàsic</i>	51
2.5. Disseny del sistema de Propulsió Multidireccional	52
2.5.1. Conjunt del model	52
2.5.2. Parts del model	53
2.5.2.1. <i>Sistema Motriu</i>	53
2.5.2.1.1. EIX PRINCIPAL I RODA DENTADA.....	54
2.5.2.1.2. DISC BOLÓ	55
2.5.2.1.3. COS PRINCIPAL	57
2.5.2.1.4. BIELES	58
2.5.2.2. <i>Sistema de Connexió Multidireccional</i>	59
2.5.2.2.1. EMBRAGATGE	59

2.5.2.2.2.	CONNEXIÓ INFERIOR	62
2.5.2.2.3.	CONNEXIÓ SUPERIOR	65
2.5.2.2.4.	EIX INTERN	68
2.5.2.2.5.	EIX EXTERN.....	68
2.5.2.2.6.	VOLANT.....	68
2.5.2.3.	<i>Sistema Propulsor</i>	69
2.5.2.3.1.	LIRA SUPERIOR	69
2.5.2.3.2.	LIRA INFERIOR.....	72
2.5.2.3.3.	PASSACASCOS.....	74
2.5.2.3.4.	SUPORT I GUIA EXTREM INFERIOR	74
2.5.3.	Muntatge del model.....	75
2.5.4.	Renderitzat.....	76
2.5.5.	Creació de l'entorn	78
2.6.	Materials	80
2.6.1.	Acer 1015	82
2.6.2.	Acer 52100	82
2.6.3.	Acer 02.....	82
2.6.4.	Acer cementat	83
2.6.5.	Acer inoxidable 316	83
2.6.6.	Acer 6150.....	83
2.6.7.	Alumini 2030	84
2.6.8.	Bronze fosforó.....	84
2.6.9.	PVC.....	84
2.6.10.	Niló.....	85
2.6.11.	Fusta IP.....	85
2.7.	Procés de fabricació.....	85
2.7.1.	Processos utilitzats a la fabricació del SPM.....	85
2.7.1.1.	<i>Generació d'engranatges</i>	88
2.7.2.	Tipus de processos de fabricació	88
2.7.2.1.	<i>Tornejat</i>	88
2.7.2.2.	<i>Foradat</i>	90
2.7.2.3.	<i>Electroerosió</i>	90
2.7.2.4.	<i>Fresat</i>	91
2.7.2.5.	<i>Soldadura</i>	92
2.7.2.6.	<i>Roscat</i>	92
2.8.	Proves realitzades de la patent.....	93
2.8.1.	Dispositiu utilitzat per la realització de les proves	93
2.8.2.	Primera sèrie de proves: estàtiques	94
2.8.2.1.	<i>Descripció</i>	94
2.8.2.2.	<i>Procediment</i>	95
2.8.2.3.	<i>Resultats</i>	95
2.8.2.3.1.	HÈLIXS A,B I C.....	95
2.8.2.3.2.	CONJUNT DE PALES B1-75-160 AMB ELS TRES TIPUS D'HÈLIXS	97
2.8.2.3.3.	CONJUNT DE PALES B2-35-160 AMB ELS TRES TIPUS D'HÈLIXS	100
2.8.2.3.4.	CONJUNT DE PALES A3-117-160 AMB ELS TRES TIPUS D'HÈLIXS	103
2.8.2.3.5.	ANGLES D'ATAC AA20, AA35 I AA50 DE LE SPALES	106
2.8.2.3.6.	EL TIPUS D'HÈLIX AMB MAJOR RENDIMENT I EL CONJUNT DE PALES MÉS RENTABLE	108

2.8.3. Segona sèrie de proves: Igualtat de superfícies	109
2.8.3.1. <i>Descripció</i>	109
2.8.3.2. <i>Procediment</i>	111
2.8.3.3. <i>Resultats</i>	111
2.8.3.3.1. CONJUNT DE PALES A2-115-160 AMB L'HÈLIX A	111
2.8.3.3.2. CONJUNT DE PALES A2-115-180 AMB L'HÈLIX A	113
2.8.3.3.3. CONJUNT DE PALES 2g-75-180 AMB L'HÈLIX C	115
2.8.3.3.4. ANGLES D'ATAC AA20, AA35 I AA50 DE LES PALES	117
2.8.3.3.5. EL TIPUS D'HÈLIX AMB MAJOR RENDIMENT I EL CONJUNT DE PALES MÉS RENTABLE	11
2.8.4. Tercera sèrie de proves: Proves en aigües lliures	120
2.8.4.1. <i>Descripció</i>	120
2.8.4.2. <i>Procediment</i>	121
2.8.4.3. <i>Resultats</i>	122
2.8.4.3.1. HÈLIX DE 8"	122
2.8.4.3.2. CONJUNT DE QUATRE PALES PER LIRA	124
2.8.4.3.3. CONJUNT DE TRES PALES PER LIRA	126
2.8.4.3.4. CONJUNT DE DUES PALES PER LIRA	128
2.8.4.3.5. CONJUNT D'UNA PALA PER LIRA	130
2.8.4.3.6. L'HÈLIX DE 8" AMB EL CONJUNT DE PALES MÉS RENTABLE	133
2.8.5. Simbologia de les taules i les gràfiques resultants.....	134
2.9. Anàlisi de tensions i deformacions.....	157
2.9.1. Anàlisi estàtic.....	157
2.9.1.1. <i>Sistema motriu</i>	157
2.9.1.1.1. BIELA INFERIOR	157
2.9.1.1.2. BIELA SUPERIOR	158
2.9.1.1.3. COS PRINCIPAL	160
2.9.1.1.4. DISC BOLÓ INFERIOR	162
2.9.1.1.5. DISC BOLÓ SUPERIOR.....	164
2.9.1.1.6. EIX PRINCIPAL DEL SISTEMA MOTRIU	166
2.9.1.2. <i>Sistema de connexió multidireccional</i>	168
2.9.1.2.1. CONNEXIÓ INFERIOR.....	168
2.9.1.2.2. CONNEXIÓ SUPERIOR	170
2.9.1.2.3. EIX EXTERN.....	172
2.9.1.2.4. EIX INTERN.....	174
2.9.1.2.5. PASSACASCOS	176
2.9.1.3. <i>Sistema propulsor</i>	178
2.9.1.3.1. LIRA INFERIOR.....	178
2.9.1.3.2. LIRA SUPERIOR	180
2.9.2. Anàlisi dinàmic.....	183
2.9.2.1. <i>Sistema motriu</i>	183
2.9.2.1.1. EIX PRINCIPAL	184
2.9.2.1.2. DISCO BOLÓ SUPERIOR	186
2.9.2.1.3. DISC BOL 'INFERIOR	186
2.9.2.1.4. BIELA SUPERIOR	188
2.9.2.1.5. BIELA INFERIOR.....	189
2.9.2.2. <i>Sistema de connexió multidireccional</i>	191
2.9.2.2.1. CONNEXIÓ INFERIOR.....	191
2.9.2.2.2. CONNEXIÓ SUPERIOR	192
2.9.2.2.3. EIX EXTERN.....	193
2.9.2.2.4. EIX INTERN.....	195
2.9.2.2.5. PASSACASCOS	196

2.9.2.3. <i>Sistema propulsor</i>	198
2.9.2.3.1. LIRA INFERIOR	198
2.9.2.3.2. LIRA SUPERIOR	199
2.10. Aspectes mediambientals	201
2.10.1. Anàlisi de materials utilitzats	201
2.10.2. Emissions a l'atmosfera	202
2.10.3. Sorolls i vibracions	202
2.10.4. Substitució de peces	202
2.10.5. Reciclatge dels components a la fi de la seva vida útil	202
2.10.5.1. <i>Procés de separació dels materials</i>	202
2.10.5.2. <i>Empreses gestores de residus</i>	202
2.10.5.2.1. GESTIÓ DELS ACERS	203
2.10.5.2.2. GESTIÓ DE L'ALUMINI I EL BRONZE	203
2.10.5.2.3. GESTIÓ DEL PVC I EL NILÓ.....	203
2.10.5.2.4. GESTIÓ DE LA FUSTA IPÉ	204
2.11. Eines utilitzades i normatives	204
2.11.1. Eines de software	204
2.11.1.1. <i>Catia V5R20</i>	204
2.11.1.1.1. SKETCHER.....	205
2.11.1.1.2. PART DESIGN.....	206
2.11.1.1.3. ASSEMBLY DESIGN	206
2.11.1.1.4. DRAFTING.....	207
2.11.1.1.5. GENERATIVE STRUCTURE ANALYSIS	207
2.11.1.1.6. DMU KINEMATIKS	208
2.11.1.2. <i>Solid Edge ST2</i>	208
2.11.1.3. <i>Rhinoceros 4.0</i>	209
2.11.1.4. <i>Autocad 2011</i>	210
2.11.1.5. <i>Photoshop CS5 extended</i>	210
2.11.1.6. <i>Microsoft Office Word 2007</i>	211
2.11.1.7. <i>Microsoft Office Excel 2007</i>	211
2.11.2. Normatives	212
2.11.2.1. <i>Normativa de redacció i presentació</i>	212
2.11.2.2. <i>Normativa de plànols</i>	212
3. Estudi i anàlisi obtingut de les proves de la patent	214
3.1. El dispositiu de proves	216
3.2. Les condicions de les proves	216
3.2.1. <i>Primera sèrie de proves</i>	216
3.2.2. <i>Segona sèrie de proves</i>	216
3.2.3. <i>Tercera sèrie de roves</i>	217
3.3. Les potències	217
3.4. El rendiment	218
4. Plànols	221
4.1. SPM amb el llagut (1)	223
4.2. Caixetí del conjunt	223

4.3. Plànol del conjunt (2).....	223
4.4. Plànols dels mòduls	223
4.4.1. Caixa del Sistema Motriu.....	223
4.4.2. Sistema Motriu (3)	223
4.4.2.1. Anell separador (4).....	223
4.4.2.2. Biela femella (5).....	223
4.4.2.3. Biela mascle (6).....	223
4.4.2.4. Boló (7)	223
4.4.2.5. Corona dentada directriu (8).....	223
4.4.2.6. Cos inferior (9)	223
4.4.2.7. Cos superior (10).....	223
4.4.2.8. Disc Boló (11).....	223
4.4.2.9. Eix del disc Boló (12).....	223
4.4.2.10. Engranatge Satèl·lit (13).....	223
4.4.2.11. Passador Biela (14)	223
4.4.2.12. Roda dentada (15).....	223
4.4.2.13. Semieix inferior (16)	223
4.4.2.14. Semieix superior (17).....	223
4.4.2.15. Suport del Sistema Motriu (18).....	223
4.4.2.16. Tancament de la biela (19)	223
4.4.2.17. Tancament del disc (20).....	223
4.4.2.18. Tapa extraïble (21)	223
4.4.3. Caixa de la Connexió Multidireccional.....	223
4.4.4. Connexió Multidireccional (21)	223
4.4.4.1. Anell de retenció (23).....	223
4.4.4.2. Barra de la frontissa (24)	223
4.4.4.3. Barra de desembragatge (25)	223
4.4.4.4. Barra encastada (26).....	223
4.4.4.5. Casquets de la barra 24/2 (27)	223
4.4.4.6. Casquet de Niló (28).....	223
4.4.4.7. Casquet sincronitzador (29)	223
4.4.4.8. Casquets trempats (30)	223
4.4.4.9. Coixinet mecànic de gir (31).....	223
4.4.4.10. Creueta (32).....	223
4.4.4.11. Disc lliscant inferior (33).....	223
4.4.4.12. Disc lliscant inferior (suplement) (34).....	223
4.4.4.13. Disc lliscant superior (35)	223
4.4.4.14. Disc motriu (36).....	223
4.4.4.15. Disc sincronitzador (37)	223
4.4.4.16. Disc sincronitzador (suport) (38)	223
4.4.4.17. Eix extern inferior (39)	223
4.4.4.18. Eix extern superior (40).....	223
4.4.4.19. Eix intern (41).....	223
4.4.4.20. Eix intern superior (42)	223

4.4.4.21. <i>Eix unió (43)</i>	223
4.4.4.22. <i>Mecanisme de gir connector (44)</i>	223
4.4.4.23. <i>Passacascos (45)</i>	223
4.4.4.24. <i>Portarodaments (46)</i>	223
4.4.4.25. <i>Presoner (47)</i>	223
4.4.4.26. <i>Punxó sincronitzador (48)</i>	224
4.4.4.27. <i>Subjectador radial de la barra 24/2 (49)</i>	224
4.4.4.28. <i>Suport inferior (50)</i>	224
4.4.4.29. <i>Suport superior (51)</i>	224
4.4.4.30. <i>Tapa del disc lliscant superior (52)</i>	224
4.4.4.31. <i>Tetó (53)</i>	224
4.4.4.32. <i>Volant (54)</i>	224
4.4.5. Caixetí del Sistema Propulsor	224
4.4.6. Sistema Propulsor (55)	224
4.4.6.1. <i>Barra roscada M4 (56)</i>	224
4.4.6.2. <i>Barra roscada M5 (57)</i>	224
4.4.6.3. <i>Casquet inoxidable (58)</i>	224
4.4.6.4. <i>Cos de la lira inferior (59)</i>	224
4.4.6.5. <i>Cos de la lira superior (60)</i>	224
4.4.6.6. <i>Eix interior del coixinet (61)</i>	224
4.4.6.7. <i>Eix de les pales D5 (62)</i>	224
4.4.6.8. <i>Extraïble inferior de la Popa (63)</i>	224
4.4.6.9. <i>Extraïble inferior de la Proa (64)</i>	224
4.4.6.10. <i>Extraïble superior de la Popa (65)</i>	224
4.4.6.11. <i>Extraïble superior de la Proa (66)</i>	224
4.4.6.12. <i>Pala de 50mm (67)</i>	224
4.4.6.13. <i>Pala de 60mm (68)</i>	224
4.4.6.14. <i>Pala de 90mm (69)</i>	224
4.4.6.15. <i>Pala de 130mm (70)</i>	224
4.4.6.16. <i>Quilla (71)</i>	224
4.4.6.17. <i>Separador 18I-1 (72)</i>	224
4.4.6.18. <i>Separador 18I-2 (73)</i>	224
4.4.6.19. <i>Tub D4-6 (74)</i>	224
4.4.6.20. <i>Tub D6-8 (75)</i>	224
4.4.6.21. <i>Xapa inoxidable (76)</i>	224
4.4.7. Estriats	224
4.4.7.1. <i>Estriat A (77)</i>	224
4.4.7.2. <i>Estriat B (78)</i>	224
4.4.7.3. <i>Estriat E (79)</i>	224
4.4.7.4. <i>Estriat M (80)</i>	224
4.4.8. Patorons	224
4.4.8.1. <i>Patró del disc motriu (81)</i>	224
5. Pressupost	225
5.1. Estudi econòmic	227

5.1.1. Desenvolupament i disseny del projecte	227
5.1.2. Procés de fabricació	227
5.1.2.1. Peces del SPM.....	227
5.1.2.2. Peces comercials.....	230
5.1.2.3. Pressupost total del procés de fabricació.....	232
5.1.3. Pressupost total de tot el projecte del SPM	233
6. Conclusions	235
7. Bibliografia.....	239
8. Annexes	245
8.1. Annex A: Patent ES 2319149 A1	247
8.2. Annex B: Plànols antics	249
8.3. Annex C: Esquemes del dispositiu utilitzat per realitzar les Proves.....	251
8.4. Annex D: Esquemes dels càlculs addicionals per realitzar les primeres proves.....	253
8.4.1. Càlculs de les dimensions de les pales i les hèlixs.....	253
8.4.2. Càlcul del Radi Equivalent de les pales	253
8.5. Annex E: Taules resultants de les sèries de les primeres proves.	255
8.6. Annex F: Gràfiques de rendiments de les primeres proves	257
8.7. Annex G: Fotografies reals de les peces del prototip 2597 (format digital).....	259
8.8. Annex H: Resultats de la simulació estàtica	261
8.9. Annex I: Resultats de la simulació dinàmica	263
9. Agraïments.....	266

Índex de Figures

Capítol 2

FIGURA 2.1. Dibuix d'un Trirrem grec que data del segle VI a.C.	37
FIGURA 2.2. Tall transversal d'un Trirrem grec on es pot veure exactament la disposició dels remers.	37
FIGURA 2.3. Dibuix d'un vaixell de pesca egipci situat en una tomba	38
FIGURA 2.4. Arquímedes de Siracusa	38
FIGURA 2.5. Expositio Liburne, B. N. M.	39
FIGURA 2.6. Projecte d'una embarcació amb rodes de paletes de Leonardo da Vinci.....	40
FIGURA 2.7. Representació de la prova de l'embarcació <i>La Trinidad</i> a Barcelona l'any 1543.....	41
FIGURA 2.8. Representació de la suposada màquina de propulsió marina dissenyada per Blasco de Garay.....	42
FIGURA 2.9. " <i>Manière de faire agir des romes</i> " Camus, 1703.....	43
FIGURA 2.10. " <i>Seconde manière de faire agir des romes</i> ", Camus	43
FIGURA 2.11. " <i>Troisième manière de faire agir des romes</i> ", Camus.....	44
FIGURA 2.12. Representació d'un cargol helicoidal	44
FIGURA 2.13. Projecte de Miguel Torrente, 1773.	44
FIGURA 2.14. "Nautilus", Fulton, 1801	45
FIGURA 2.15. Esquema de les altes d'un peix. Aleta Dorsal (1), Aleta Caudal (2), Aleta Anal (3), Aleta Ventral (4) i Aleta pectoral (5)	47
FIGURA 2.16. Esquema del tipus de locomoció BCF, Lindsay 1978.....	48
FIGURA 2.17. Esquema del tipus de locomoció MPF, Lindsay, 1978	49
FIGURA 2.18. Dispositiu utilitzat per les proves	49
FIGURA 2.19. Sistema instal·lat al llagut.....	50
FIGURA 2.20. Sistema Motriu	51
FIGURA 2.21. Sistema connexió multidireccional.....	52
FIGURA 2.22. Sistema propulsor	52
FIGURA 2.23. Esquema del sistema d'alimentació del SPM	52
FIGURA 2.24. SPM	53
FIGURA 2.25. Sistema Motriu (100).....	54
FIGURA 2.26. Roda dentada (2/1)	54
FIGURA 2.27. Estriat M.....	54
FIGURA 2.28. Dos semi eixos	55
FIGURA 2.29. Unió dels semieixos Mitjançant el passador.....	55
FIGURA 2.30. Unió de la roda dentada i els semieixos	55
FIGURA 2.31. Unió del disc boló amb el semieix.....	56
FIGURA 2.32. Disc boló (8)	56
FIGURA 2.33. Fixació del disc boló amb l'eix del disc	56
FIGURA 2.34. Tetó antiafluixament.....	56
FIGURA 2.35. Boló del disc boló (5)	56
FIGURA 2.36. Fixació del boló al disc boló.....	57
FIGURA 2.37. Cos principal del Sistema Motriu inferior (10I) i superior (10S)	57
FIGURA 2.38. Eix principal i cos del Sistema principal	57
FIGURA 2.39. Corona dentada directriu (6).....	57

FIGURA 2.40. Suport del cos principal i la corona dentada directriu	58
FIGURA 2.41. Biela.....	58
FIGURA 2.42. Sistema de Connexió Multidireccional.....	59
FIGURA 2.43. Barres de l'embragatge (24/2) i els porta rodaments (24/3)	60
FIGURA 2.44. Fixació dels porta Rodaments (24/3)	60
FIGURA 2.45. Casquets de niló a la barra embragatge (24/2).....	60
FIGURA 2.46. Creueta i barres d'embragatge (24/1)	60
FIGURA 2.47. Unió de la barra de la frontissa i la creueta	61
FIGURA 2.48. Fixació de la frontissa.....	61
FIGURA 2.49. Barra anco rada a la barca.....	61
FIGURA 2.50. Subjectador radial de la barra de desembragatge	62
FIGURA 2.51. Eix d'unió del sistema motriu i la connexió multidireccional	62
FIGURA 2.52. Unió del sistema motriu i del sistema connexió multidireccional	62
FIGURA 2.53. Casquets trempats del disc motriu	63
FIGURA 2.54. Situació dels tetons al disc motriu	63
FIGURA 2.55. Unió del disc motriu i del disc lliscant (12I)	63
FIGURA 2.56. Disc suplement i allotjament dels rodaments	64
FIGURA 2.57. Estriat A	64
FIGURA 2.58. Transmissió del moviment de la connexió inferior	64
FIGURA 2.59. Suport inferior (34I)	64
FIGURA 2.60. Fixació de la connexió superior i l'eix exterior	65
FIGURA 2.61. Disc lliscant superior (12S) i allotjament dels rodaments	65
FIGURA 2.62. Situació del disc lliscant	65
FIGURA 2.63. Transmissió del moviment de la connexió superior a l'eix intern.....	66
FIGURA 2.64. Estriat E	66
FIGURA 2.65. Tapa superior (12S).....	66
FIGURA 2.66. Estriat E	67
FIGURA 2.67. Disc sincronitzador de suport (28).....	67
FIGURA 2.68. Casquets sincronitzadors i punxons.....	67
FIGURA 2.69. Tapa del disc sincronitzador	68
FIGURA 2.70. Unió de l'eix extern.....	68
FIGURA 2.71. Sistema Propulsor.....	69
FIGURA 2.72: Unió de la lira superior (18S) amb l'eix interior	70
FIGURA 2.73.: Plaques extraïbles de la lira (19)	70
FIGURA 2.74. Topalls (20)	71
FIGURA 2.75. Situació dels topalls.....	71
FIGURA 2.76. Eixos de les pales (22).....	71
FIGURA 2.77. Pales (21).....	72
FIGURA 2.78. Unió de l'eix intern i la lira superior (18S)	72
FIGURA 2.79. Separador de la lira inferior (18I) i la superior	72
FIGURA 2.80. Part extraïble inferior	73
FIGURA 2.81. Part extraïble superior.....	73
FIGURA 2.82. Unió entre l'eix intern i la lira inferior	73
FIGURA 2.83. Separador de niló, lira inferior i quilla	74
FIGURA 2.84. Passacascos.....	74
FIGURA 2.85. Xapa en forma de U que envolta la quilla	75
FIGURA 2.86. La quilla.....	75
FIGURA 2.87. Tancament superior de la biela.....	75

FIGURA 2.88. Unió entre la biela i el disc motriu	76
FIGURA 2.89. Renderitzat del SPM.....	77
FIGURA 2.90. Sistema Connexió Multidireccional renderitzada.....	77
FIGURA 2.91. Sistema motriu renderitzat	77
FIGURA 2.92. Sistema propulsor renderitzat	78
FIGURA 2.93. Llagut navegant	78
FIGURA 2.94. Detall del SPM instal·lat al llagut.....	79
FIGURA 2.95. Destall de la vista superior del SPM instal·lat al llagut.....	79
FIGURA 2.96. Moviment de l'eina i la peça en un torn	88
FIGURA 2.97. Tornejat cilíndric, refrentat, mandrinat i operacions afines. Les fletxes indiquen el moviment de l'eina en relació a la peça.	89
FIGURA 2.98. Torn horitzontal	89
FIGURA 2.99. Moviment de foradat	90
FIGURA 2.100. Trepant de columna	90
FIGURA 2.101. Procés d'electroerosió per tall de fil	91
FIGURA 2.102. Moviment de l'eina i de la peça en el fresat	91
FIGURA 2.103. Fresadora	92
FIGURA 2.104. Soldadura del tipus TIG.....	92
FIGURA 2.105. Esquema en alçat del dispositiu de proves	93
FIGURA 2.106. Esquema en planta del dispositiu de proves	94
FIGURA 2.107. Gràfica dels rendiments de les hèlixs del tipus A, B i C de la primera sèrie de proves.	97
FIGURA 2.108. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales B1-75-160 de la primera sèrie de proves.	99
FIGURA 2.109. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix B amb els tres angles del conjunt de pales B1-75-160 de la primera sèrie de proves	99
FIGURA 2.110. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales B1-75-160 de la primera sèrie de proves	100
FIGURA 2.111. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales B2-35-160 de la primera sèrie de proves	102
FIGURA 2.112. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix B amb els tres angles del conjunt de pales B2-35-160 de la primera sèrie de proves	102
FIGURA 2.113. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales B2-35-160 de la primera sèrie de proves	103
FIGURA 2.114. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales A3-117-160 de la primera sèrie de proves	105
FIGURA 2.115. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix B amb els tres angles del conjunt de pales A3-117-160 de la primera sèrie de proves	105
FIGURA 2.116. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales A3-117-160 de la primera sèrie de proves	106
FIGURA 2.117. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 20° de la primera sèrie de proves.....	107
FIGURA 2.118. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 35° de la primera sèrie de proves.....	107
FIGURA 2.119. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 50° de la primera sèrie de proves.....	108
FIGURA 2.120. Gràfica comparativa dels rendiments de l'hèlix A amb el conjunt de pales A3-117-160	109

FIGURA 2.121. Perspectiva esquemàtica de dos eixos concèntrics amb les seves lires i pales.....	110
FIGURA 2.122. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales A2-115-160 de la segona sèrie de proves.....	113
FIGURA 2.123. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales A2-115-180 de la segona sèrie de proves.....	115
FIGURA 2.124. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales 2g-75-180 de la segona sèrie de proves.....	117
FIGURA 2.125. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 20° de la segona sèrie de proves.....	118
FIGURA 2.126. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 35° de la segona sèrie de proves.....	118
FIGURA 2.127. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 50° de la segona sèrie de proves.....	119
FIGURA 2.128. Gràfica comparativa dels rendiments de l'hèlix A amb els tres angles dels conjunts més favorables.....	120
FIGURA 2.129. Dibuix i taula de les superfícies dels quatre tipus de pales utilitzades a la 3 ^a sèrie de proves.....	121
FIGURA 2.130. Gràfica del rendiment de l'hèlix convencional de 8'' de la tercera sèrie de Proves.....	122
FIGURA 2.131. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb tres opcions del conjunt de 4 pales per lira. Fitxa 3 ^a /1.....	126
FIGURA 2.132. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb l'opció del conjunt de 3 pales per lira. Fitxa 3 ^a /2.....	128
FIGURA 2.133. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb tres opcions del conjunt de 2 pales per lira. Fitxa 3 ^a /3.....	130
FIGURA 2.134. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb dues opcions del conjunt d'1 pala per lira. Fitxa 3 ^a /4.....	133
FIGURA 2.135. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb les quatre opcions més favorables dels sistemes de pales.....	134
FIGURA 2.136. Esquema del sistema de pales del tipus A1.....	138
FIGURA 2.137. Dibuix del sistema de pales del tipus A1.....	138
FIGURA 2.138. Esquema del sistema de pales del tipus A2.....	139
FIGURA 2.139. Dibuix del sistema de pales del tipus A2.....	139
FIGURA 2.140. Esquema del sistema de pales del tipus A3.....	139
FIGURA 2.141. Dibuix del sistema de pales del tipus A3.....	139
FIGURA 2.142. Esquema del sistema de pales del tipus A4.....	140
FIGURA 2.143. Dibuix del sistema de pales del tipus A4.....	140
FIGURA 2.144. Esquema del sistema de pales del tipus B1.....	140
FIGURA 2.145. Dibuix del sistema de pales del tipus B1.....	141
FIGURA 2.146. Esquema del sistema de pales del tipus B2.....	141
FIGURA 2.147. Dibuix del sistema de pales del tipus B2.....	141
FIGURA 2.148. Esquema del sistema de pales del tipus B3.....	142
FIGURA 2.149. Dibuix del sistema de pales del tipus B3.....	142
FIGURA 2.150. Esquema del sistema de pales del tipus B4.....	142
FIGURA 2.151. Dibuix del sistema de pales del tipus B4.....	142
FIGURA 2.152. Esquema del sistema de pales del tipus B5.....	143
FIGURA 2.153. Dibuix del sistema de pales del tipus B5.....	143

FIGURA 2.154. Esquema del sistema de pales del tipus B6	143
FIGURA 2.155. Dibuix del sistema de pales del tipus B6.....	143
FIGURA 2.156. Esquema del sistema de pales del tipus B7	144
FIGURA 2.157. Dibuix del sistema de pales del tipus B7.....	144
FIGURA 2.158. Esquema del sistema de pales del tipus B8	144
FIGURA 2.159. Dibuix del sistema de pales del tipus B8.....	145
FIGURA 2.160. Esquema del sistema de pales del tipus 2g.....	145
FIGURA 2.161. Dibuix del sistema de pales del tipus 2g.....	145
FIGURA 2.162. Dimensions de les pales de la 3 ^a sèrie de proves segons la seva posició a l'extraïble	146
FIGURA 2.163. Dibuix del sistema de pales del tipus 8 pales	147
FIGURA 2.164. Dibuix del sistema de pales del tipus 6 pales	147
FIGURA 2.165. Dibuix del sistema de pales del tipus 4 pales	148
FIGURA 2.166. Dibuix del sistema de pales del tipus 2 pales amb radi de 140 mm	148
FIGURA 2.167. Dibuix del sistema de pales del tipus 2 pales amb radi de 180 mm	148
FIGURA 2.168. Dibuix del sistema de pales del tipus 2 pales amb radi de 240 mm	149
FIGURA 2.169. Pales utilitzades a l'exemple del càlcul del Radi Equivalent.....	151
FIGURA 2.170. Representació gràfica de la vista superior de les dues pales i de la pala equivalent.....	152
FIGURA 2.171. Representació vectorial dels punts	152
FIGURA 2.172. Triangle equivalent a la pala 1.....	153
FIGURA 2.173. Triangle equivalent a la pala 2.....	153
FIGURA 2.174. Representació vectorial amb els valors dels punts	154
FIGURA 2.175. Triangle representatiu per trobar l'angle α	155
FIGURA 2.176. Triangle representatiu per trobar la distància C'	156
FIGURA 2.177. Distància del punt C des del Centre de rotació.....	156
FIGURA 2.178. Condicions de contorn de la biela inferior.....	157
FIGURA 2.179. Anàlisi de Von Mises de la biela inferior	157
FIGURA 2.180. Tensió màxima de la biela inferior	158
FIGURA 2.181. Màxima deformació de la biela inferior	158
FIGURA 2.182. Condicions de contorn de la biela superior.....	159
FIGURA 2.183. Anàlisi de Von Mises de la biela superior.....	159
FIGURA 2.184. Tensió màxima de la biela superior.....	160
FIGURA 2.185. Màxima deformació de la biela superior	160
FIGURA 2.186. Condicions de contorn cos principal	161
FIGURA 2.187. Anàlisi de Von Mises cos principal.....	161
FIGURA 2.188. Tensió màxima del cos principal.....	162
FIGURA 2.189. Màxima deformació del cos principal	162
FIGURA 2.190. Condicions de contorn del disc boló inferior.....	163
FIGURA 2.191. Anàlisi de Von Mises del disc boló inferior	163
FIGURA 2.192. Tensió màxima del disc boló inferior	164
FIGURA 2.193. Màxima deformació del disc boló inferior	164
FIGURA 2.194. Condicions de contorn disc boló superior	165
FIGURA 2.195. Anàlisi de Von Mises del disc boló superior.....	165
FIGURA 2.196. Tensió màxima del disc boló superior.....	166
FIGURA 2.197. Màxima deformació del disc boló superior	166
FIGURA 2.198. Condicions de contorn eix principal del sistema motriu.....	167
FIGURA 2.199. Anàlisi de Von Mises de l'eix principal	167

FIGURA 2.200. Tensió màxima de l'eix principal	168
FIGURA 2.201. Màxima deformació de l'eix principal	168
FIGURA 2.202. Condicions de contorn de la connexió inferior	169
FIGURA 2.203. Anàlisi de Von Mises de la connexió inferior	169
FIGURA 2.204. Tensió màxima de la connexió inferior	170
FIGURA 2.205. Màxima deformació de la connexió inferior	170
FIGURA 2.206. Condicions de contorn de la connexió superior	171
FIGURA 2.207. Anàlisi de Von Mises de la connexió superior	171
FIGURA 2.208. Tensió màxima de la connexió superior	172
FIGURA 2.209. Màxima deformació de la connexió superior	172
FIGURA 2.210. Condicions de contorn de l'eix extern	173
FIGURA 2.211. Anàlisi de Von Mises de l'eix extern	173
FIGURA 2.212. Tensió màxima de l'eix extern	174
FIGURA 2.213. Màxima deformació de l'eix extern	174
FIGURA 2.214. Condicions de contorn de l'eix intern	175
FIGURA 2.215. Anàlisi de Von Mises de l'eix intern	175
FIGURA 2.216. Tensió màxima de l'eix intern	176
FIGURA 2.217. Màxima deformació de l'eix intern	176
FIGURA 2.218. Condicions de contorn passa cascós	177
FIGURA 2.219. Anàlisi de Von Mises del passa cascós	177
FIGURA 2.220. Tensió màxima del passa cascós	178
FIGURA 2.221. Màxima deformació del passa cascós	178
FIGURA 2.222. Condicions de contorn de la lira inferior	179
FIGURA 2.223. Anàlisi de Von Mises de la lira inferior	179
FIGURA 2.224. Tensió màxima de la lira inferior	180
FIGURA 2.225. Màxima deformació de la lira inferior	180
FIGURA 2.226. Condicions de contorn de la lira superior	181
FIGURA 2.227. Anàlisi de Von Mises de la lira superior	181
FIGURA 2.228. Tensió màxima de la lira superior	182
FIGURA 2.229. Màxima deformació de la lira superior	182
FIGURA 2.230. Anàlisis de Von Mises de l'eix principal	183
FIGURA 2.231. Tensió màxima de l'eix principal	184
FIGURA 2.232. Màxima deformació de l'eix principal	184
FIGURA 2.233. Anàlisis de Von Mises del disc boló superior	185
FIGURA 2.234. Tensió màxima del disc boló superior	185
FIGURA 2.235. Màxima deformació del disc boló superior	186
FIGURA 2.236. Anàlisis de Von Mises del disc boló inferior	186
FIGURA 2.237. Tensió màxima del disc boló superior	187
FIGURA 2.238. Màxima deformació del disc boló superior	187
FIGURA 2.239. Anàlisis de Von Mises de la biela superior	188
FIGURA 2.240. Tensió màxima de la biela superior	188
FIGURA 2.241. Màxima deformació de la biela superior	189
FIGURA 2.242. Anàlisis de Von Mises de la biela inferior	189
FIGURA 2.243. Tensió màxima de la biela inferior	190
FIGURA 2.244. Màxima deformació de la biela inferior	190
FIGURA 2.245. Anàlisis de Von Mises de la connexió inferior	191
FIGURA 2.246. Tensió màxima de la connexió inferior	191
FIGURA 2.247. Màxima deformació de la connexió inferior	192

FIGURA 2.248. Anàlisi de la connexió superior.....	192
FIGURA 2.249. Tensió màxima de la connexió superior.....	193
FIGURA 2.250. Màxima deformació de la connexió superior.....	193
FIGURA 2.251. Anàlisi de Von Mises de l'eix extern.....	194
FIGURA 2.252. Tensió màxima de l'eix extern.....	194
FIGURA 2.253. Màxima deformació de l'eix extern.....	195
FIGURA 2.254. Anàlisi de Von Mises de l'eix intern.....	195
FIGURA 2.255. Tensió màxima de l'eix intern.....	196
FIGURA 2.256. Màxima deformació de l'eix intern.....	196
FIGURA 2.257. Anàlisi de Von Mises del passa cascós.....	197
FIGURA 2.258. Tensió màxima del passa cascós.....	197
FIGURA 2.259. Màxima deformació del passa cascós.....	198
FIGURA 2.260. Anàlisi de Von Mises de la lira inferior.....	198
FIGURA 2.261. Tensió màxima de la lira inferior.....	199
FIGURA 2.262. Màxima deformació de la lira inferior.....	199
FIGURA 2.263. Anàlisi de Von Mises de la lira superior.....	200
FIGURA 2.264. Tensió màxima de la lira superior.....	200
FIGURA 2.265. Màxima deformació de la lira superior.....	201
FIGURA 2.267. Entorn del Catia i els mòduls.....	205
FIGURA 2.268. Eina de Profile.....	205
FIGURA 2.269. Eina de Constrant.....	205
FIGURA 2.270. Eina de Operation.....	205
FIGURA 2.271. Sketch-Based Features.....	206
FIGURA 2.272. Arbre del conjunt.....	206
FIGURA 2.273. Eina Constrants.....	207
FIGURA 2.274. Views.....	207
FIGURA 2.275. Dimensioning.....	207
FIGURA 2.276. Annotations.....	207
FIGURA 2.277. Dress-u.....	207
FIGURA 2.278. Restraints Supports.....	208
FIGURA 2.279. Loads.....	208
FIGURA 2.280. Analysis Support.....	208
FIGURA 2.281. Connection Properties.....	208
FIGURA 2.282. Image.....	208
FIGURA 2.283. Kinematics Joints.....	208
FIGURA 2.284. Entorn Solid Edge ST2.....	209
FIGURA 2.285. Entorn Rhinoceros 4.0.....	209
FIGURA 2.286. Entorn AutoCad 2011.....	210
FIGURA 2.287. Entorn Photoshop CS5 Extended.....	210
FIGURA 2.288. Entorn Microsoft Office Word 2007.....	211
FIGURA 2.289. Entorn Microsoft Office Excel 2007.....	212

Capítol 3

FIGURA 3.1. Esquema de la posició dels tipus de potències.....	218
--	-----

Índex de Taules

Capítol 2

TAULA 2.1. Materials del Sistema Motriu.....	80
TAULA 2.2. Materials Sistema de connexió multidireccional	80
TAULA 2.3. Materials Sistema Propulsor	81
TAULA 2.4. Propietats de l'Acer 1015.....	82
TAULA 2.5. Propietats de l'Acer 52100.....	82
TAULA 2.6. Propietats de l'Acer 02.....	82
TAULA 2.7. Propietats de l'Acer Cementat	83
TAULA 2.8. Propietats de l'Acer Inoxidable 316	83
TAULA 2.9. Propietats de l'Acer Inoxidable 6150	84
TAULA 2.10. Propietats de l'Alumini 2030.....	84
TAULA 2.11. Propietats del Bronze Fosforós	84
TAULA 2.12. Propietats del Bronze PVC	85
TAULA 2.13. Propietats del Bronze Niló.....	85
TAULA 2.14. Propietats de la fusta IPÉ	85
TAULA 2.15. Processos de fabricació de les peces del Sistema Motriu	86
TAULA 2.16. Processos de fabricació de les peces de la Connexió Mutidireccional	86
TAULA 2.17. Processos de fabricació de les peces del Sistema Propulsor	87
TAULA 2.18. Llista de les peces comercials.....	88
TAULA 2.19. Dades de les tres hèlixs A, B i C utilitzades a la 1 ^a sèrie de proves.....	96
TAULA 2.20. Dades de la 1 ^a sèrie de proves, fase 2. Fitxa 1 ^a /1 ^a	98
TAULA 2.21. Dades de la 1 ^a sèrie de proves, fase 2. Fitxa 1 ^a /5 ^a	101
TAULA 2.22. Dades de la 1 ^a sèrie de proves, fase 2. Fitxa 1 ^a /11 ^a	104
TAULA 2.23. Comparació de les superfícies de les hèlixs amb les pales utilitzades a la 2 ^a sèrie de proves	110
TAULA 2.24. Dades de la 2 ^a sèrie de proves. Fitxa 2 ^a /10	112
TAULA 2.25. Dades de la 2 ^a sèrie de proves. Fitxa 2 ^a /12	114
TAULA 2.26. Dades de la 2 ^a sèrie de proves. Fitxa 2 ^a /16	116
TAULA 2.27. Dades de l'hèlix de 8'' comparada amb les pales de la 3 ^a sèrie de proves	123
TAULA 2.28. Dades del sistema de 4 pales per lira de la 3 ^a sèrie de proves. Fitxa 3 ^a /1	125
TAULA 2.29. Dades del sistema de 3 pales per lira de la 3 ^a sèrie de proves. Fitxa 3 ^a /2	127
TAULA 2.30. Dades del sistema de 2 pales per lira de la 3 ^a sèrie de proves. Fitxa 3 ^a /3	129
TAULA 2.31. Dades de les tres primeres opcions del sistema d'1 pala per lira de la 3 ^a sèrie de proves. Fitxa 3 ^a /4.....	131
TAULA 2.33. Dades de les quatre últimes opcions del sistema d'1 pala per lira de la 3 ^a sèrie de proves.	132
TAULA 2.34. Taula 1 de simbologia. A cada símbol li acompanya un número de referència....	135
TAULA 2.35. Taula 2 de simbologia. A cada símbol li acompanya un número de referència....	136
TAULA 2.36. Taula 3 de simbologia. A cada símbol li acompanya un número de referència....	137
TAULA 2.37. Empresa gestora d'acers	203
TAULA 2.38. Empresa gestora d'alumini i bronze	203
TAULA 2.39. Empresa gestora de PVC i Niló	204
TAULA 2.40. Empresa gestora de fusta	204

Capítol 5

TAULA 5.1. Pressupost del desenvolupament del projecte.....	227
TAULA 5.2. Pressupost de la matèria prima del Sistema Motriu	227
TAULA 5.3. Pressupost de la matèria prima de la Connexió Multidireccional.....	228
TAULA 5.4. Pressupost de la matèria prima del Sistema Propulsor	228
TAULA 5.5. Pressupost total del la matèria prima del SPM	229
TAULA 5.6. Pressupost total del la fabricació i muntatge del SPM.....	229
TAULA 5.7. Pressupost dels cargols hexagonals	230
TAULA 5.8. Pressupost de les rosques	230
TAULA 5.9. Pressupost dels passadors	230
TAULA 5.10. Pressupost dels passadors roscats	230
TAULA 5.11. Pressupost dels rodaments de boles	231
TAULA 5.12. Pressupost dels rodaments d'agulles.....	231
TAULA 5.13. Pressupost de l'anella de retenció	231
TAULA 5.14. Pressupost total de les peces comercials	231
TAULA 5.15. Pressupost total de fabricació.....	231
TAULA 5.16. Pressupost de les parts addicionals	232
TAULA 5.17. Pressupost total del projecte.....	232

GLOSSARI

- **Analitzador de xarxa elèctrica:** mesura les magnituds elèctriques de la xarxa de corrent alterna. A més de mesurar les magnituds "normals" com la tensió, la corrent, la freqüència, i l'energia; també indica els valors harmònics, interharmònics i asimètrics.
- **Argue:** Màquina com un cabrestant, molt usada en les mines per treure minerals i aigua, que té el tambor al capdamunt, i sota les palanques a les quals s'enganxen les cavalleries que ho mouen. També utilitzat per elevar pesos en embarcacions marines.
- **Cabrestant:** Torn d'eix vertical que s'empra per moure grans pesos per mitjà d'un cable que es va atropellant en ell a mesura que gira, mogut per la potència aplicada en unes barres o palanques.
- **Cargol helicoidal o d'Arquímedes:** màquina gravimètrica helicoidal utilitzada per elevar aigua, farina o cereals. Va ser inventat per Arquímedes al segle III a.C.
- **Corba hipocicloide:** és la trajectòria descrita per un punt situat sobre una circumferència generatriu que roda sense deslligar per l'interior d'una altra circumferència directriu, sense deslliçament.
- **Deformació:** Quan un element està sotmès a una carga de tensió, aquest element s'allarga. El grau d'allargament rep el nom de deformació, i es defineix com el allargament produït per unitat de longitud original del element.
- **Dinamòmetre digital:** aparell utilitzat per mesurar la força (kg) generada per un dispositiu.
- **Fusta líquida:** material que pot substituir els plàstics i que conté la combinació ideal entre la estabilitat de la fusta i les seves propietats acústiques, i la capacitat de ser moldejat de qualsevol forma tal i com ho és el plàstic.
- **Grassa de grafit:** grassa lubricant que té com a base el grafit, protegeix contra la corrosió i l'oxidació i no es desfà tot i estar exposada a altes temperatures (fins a 500°). És de textura suau, té una extrema pressió i una estabilitat mecànica.
- **Hèlix:** Conjunt d'aletes helicoidals que giren al voltant d'un eix i empenyen el fluït ambient produint en ell una força de reacció que s'utilitzen principalment per a la propulsió de vaixells aeronaus.
- **Flanc:** Cadascuna de les dues parts d'un cos considerat de front. Flanc dret i flanc esquerre d'un buc.
- **Pentecontera:** era un vaixell de guerra amb 50 remers, un timoner i altres marins. Tenia una eslora de 35 metres de llarg i una màniga de 5 metres d'ample. Va aparèixer per primer cop al

segle XIII a.C. a la guerra de Troia i es va deixar d'utilitzar amb l'arribada del Trirem, al segle VI a.C.

- **Plàstics biodegradables:** material polímer fabricat a partir de matèries primes naturals que són processades per organismes vius (fongs, bacteris o algues), per tant, gairebé no produeix contaminació durant la seva producció.
- **Platós:** Rem amb una o dos pales molt amples i generalment ovalades que serveix per navegar amb canoa i fins i tot per a ser utilitzat com a timó.
- **Politja:** Roda acanalada en la seva circumferència i mòbil al voltant d'un eix. Per la canal o gola passa una corda o cadena en que els seus dos extrems actuen, respectivament, la potència i la resistència.
- **Roda de paletes:** rodes utilitzades com a propulsió que es van inventar per empènyer una embarcació marina, es col·locaven una a cada costat del vaixell. Està composta per diferents paletes posades de forma favorable a la roda.
- **Tacòmetre digital òptic:** es un tipus de tacòmetre digital que mesura les revolucions per minut (rpm) de l'eix d'un motor utilitzant un raig de llum visible que es pot utilitzar fins a una distància de 8 metres de l'element de rotació. També fa possible el registre de les velocitats de l'element que s'estudia.
- **Tensió de Von Mises:** En un cos elàstic que està sotmès a un sistema de carregues en les tres dimensions, es desenvolupen una sèrie de tensions que actuen de manera local en diferents direccions, i la magnitud i la direcció canvien punt a punt.
El criteri de Von Mises és un índex que té en compte les múltiples combinacions de les carregues que actuen sobre el cos i obtenen un índex que determina el punt o els punts on és possible que succeeixi una deformació permanent en el material analitzat
- **Tensions principals:** Un indicador clau de la possibilitat de la ruptura és la resistència de fluència a la resistència última del material. Amb aquest indicador podem observar els diversos esforços principals en una peça per l'acció de les carregues aplicades.
- **Torn de Terrissaire:** és una màquina molt simple usada per donar forma arrodonida a la terrissa i a la ceràmica. El seu principi de funcionament es basa en el volant d'inèrcia.
- **Trirrem:** Embarcació de tres ordres de remos que van usar els antics.
- **Vorticitat:** Magnitud física que s'utilitza per quantificar la rotació d'un fluït en el món dels fluids.

- **Variador electrònic de freqüència:** sistema per dur a terme el control de la velocitat rotacional d'un motor de corrent alterna (AC) controlant la freqüència de l'alimentació subministrada al motor.

1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

Si s'hagués de resumir la gènesis d'aquesta invenció amb poques paraules, es diria que és una combinació entre imaginació i invenció per part del seu creador, en Miguel Huguet Casali.

La idea va sorgir fa més de deu anys dins la ment d'un pescador aficionat (en Miguel) que tota la vida ha creat petites invencions. La seva principal font d'inspiració va ser la naturalesa, en especial la marina. Després d'admirar l'elegància amb la qual es mouen els peixos, va arribar al raonament de que si els éssers aquàtics es desplacen pel seu medi mitjançant unes articulacions semblants a unes pales; perquè no ha de ser aquest el sistema més adequat per fer desplaçar una embarcació.

No va ser fins al juny del 2004 a la fira Attic de Vilanova i la Geltrú, on en Miguel Huguet va exposar-hi la seva maqueta; quan va conèixer en Manel López Membrilla (director ponent del projecte). En aquest moment, el departament d'Expressió Gràfica de la universitat ens va oferir dur a terme el projecte.

1.2. Motivació

El projecte final de carrera és l'últim pas a realitzar per arribar a obtenir la titulació universitària; en aquest cas, la d'Enginyer Tècnic Industrial especialitzat en Mecànica. Aquest pas és una oportunitat per demostrar tots els coneixements adquirits al llarg de tota la carrera. Per aquest motiu, la principal motivació és aquesta: la realització del projecte final de carrera.

Després de valorar moltes idees que ens van presentar; ens vam adonar que l'Hugo (nom donat a la invenció) complia totes les expectatives d'un gran projecte.

Inicialment, el que ens va cridar més l'atenció i el que ens va fer decidir en escollir aquesta opció, va ser al veure que era un projecte diferent. Diferent pel fet de ser un projecte totalment nou, poc estudiat, molt a descobrir i innovador. En resum, un clar model d'una nova patent.

Un cop iniciats en aquest nou projecte ens vam adonar que havíem de demostrar tot un seguit de qüestions on podríem trobar-nos amb resultats favorables o no. Aquest risc ens va fer sorgir una nova motivació per voler demostrar i fer conèixer a tota la societat interessada en aquest camp que l'Hugo és una bona invenció que cal parar-li gran atenció.

1.3. Requeriments previs

Per poder dur a terme el projecte amb bones condicions, cal tenir coneixements d'un software per dissenyar en 3D i d'un altre per fer la simulació virtual (en el nostre cas utilitzem el programa Catia V5 per fer les dues accions).

A més, cal conèixer una mica sobre el camp de l'enginyeria nàutica; en especial pel que fa a la propulsió. Com també, cal tenir alguns coneixements de Biomímesis (també anomenada Biomimètica).

Finalment, per poder començar a entendre la nova invenció, cal estudiar el seu funcionament.

2. Memòria

2. Memòria

2.1. Introducció

Aquesta invenció s'engloba dins del camp de la construcció naval, més concretament, dins dels sistemes de propulsió i direcció d'embarcacions; en especial, els bucs a motor. Tracta sobre un nou sistema de propulsió per al medi aquàtic amb patent número ES 2319149 A1. Per ser més exactes, es tracta d'un sistema de propulsió multidireccional amb transformador mecànic hipocicloide.

Quan es parla d'un sistema de connexió multidireccional es refereix a un sistema que reorienta la força de propulsió generada per les pales cap a qualsevol direcció i sentit horitzontal canviant l'angle de les pales d'entre 0° fins a 360°. D'aquesta forma, l'embarcació pot desplaçar-se, per exemple, lateralment per atracar en un moll.

En canvi, quan es parla d'un sistema hipocicloide, es refereix que el transformador mecànic fa el mateix moviment que fa una corba hipocicloide. (veure glossari).

Mitjançant l'ajuda de plànols antics fets a mà i tot un seguit d'informació addicional facilitada per part de l'inventor del sistema; es dissenyarà el SPM mitjançant un software de disseny en 3D i es farà la seva simulació també amb un software especial. Tot aquest estudi es durà a terme amb la finalitat de trobar uns resultats de rendiments energètics i comparar-los amb els sistemes actualment utilitzats (les hèlixs) per demostrar que el nou sistema proporciona més rendiment.

2.2. Objectius

En primer lloc, com a objectiu primordial per tal de poder avançar correctament en tot l'estudi del projecte; cal identificar i estudiar el principi de funcionament del Sistema de propulsió multidireccional (SPM) a partir de la patent ja redactada ES 2319149 A1 (veure Annex A).

Mitjançant la patent ja mencionada, els plànols facilitats (veure Annex B) i les fotografies realitzades al primer prototip (veure Annex G); identificar cada una de les parts més importants dels sistema i agrupar-les en grans mòduls.

Estudiar cada mòdul per separat i identificar les parts internes de cada un per tal d'entendre tot el sistema en general.

Realitzar tot el disseny del SPM en 3D mitjançant el programa CATIA V5 R20. Modelar cadascun dels mòduls en que es compon el SPM amb totes les seves parts pertinents.

Fer tota la simulació en 3D del SPM amb el programa CATIA V5, i veure tot el funcionament correcte de cada mòdul amb les seves parts i les seves peces.

Mitjançant la utilització de tot el material realitzat fins aquest punt, fer tot l'estudi i l'anàlisi del funcionament del SPM per tal de trobar-hi possibles millores en el sistema; ja sigui pel que fa al funcionament, als materials o a possibles millores per tal d'evitar malmetre el medi ambient.

2.3. Antecedents històrics

2.3.1. Història de la propulsió

En general, l'història de la propulsió es divideix en cinc grans períodes: El Període Tècnic Arcaic, el Període Tècnic Antic, el Període Tècnic Mig, el Període Tècnic Modern i el Període Contemporani.

2. Memòria

2.3.1.1. Període Tècnic Arcaic

És difícil de saber exactament quan van aparèixer els primers sistemes de propulsió nàutics però es creu que l'home primitiu ja utilitzava petits utensilis en forma de rem i pells com a veles. Aquest sistema de rem i veles com a propulsió marítima va anar evolucionant durant molts segles.

Possiblement el primer sistema de propulsió el qual se'n té coneixement és el de platós en ambdós costats de l'embarcació que anaven subjectats amb les mans. Per tant, es tractava d'un sistema de propulsió manual.

Les primeres cultures de les que es té coneixement que utilitzaven grans vaixells amb la tècnica dels rem i de les veles com a sistema de propulsió van ser els grecs i els fenicis.

No hi ha exactitud de quina de les dues cultures va inventar la famosa trirrem però del que si hi ha exactitud, és que tan una com l'altra utilitzaven aquest tipus d'embarcacions marítimes. La trirrem era un tipus d'embarcació que va ser inventada cap al segle VII a.C. substituint el Petecontera; un vaixell de guerra grec inventat als voltants del segle XII a.C.

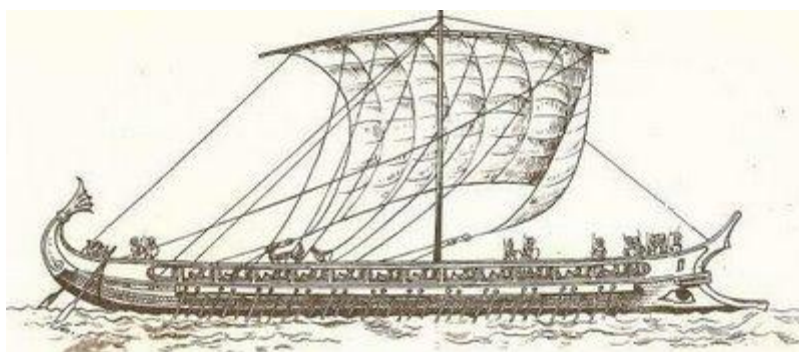


FIGURA 2.1. Dibuix d'un Trirrem grec que data del segle VI a.C.

La peculiaritat de la trirrem, tal i com el seu nom indica; era que tenia tres bancs de remers superposats a diferents nivells a cada flanc. A més, normalment només tenia una vela.

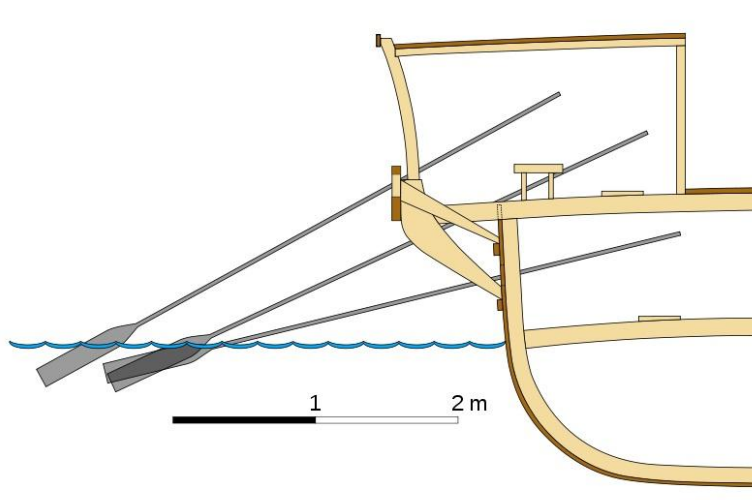


FIGURA 2.2. Tall transversal d'un Trirrem grec on es pot veure exactament la disposició dels remers.

Més tard, varen ser els egipcis qui prenent el model de les embarcacions dels grecs i dels fenicis, utilitzaven un tipus d'embarcació semblant a la trirrem. Cal remarcar que els egipcis preferien el transport marítim que al terrestre. Aquest aspecte és fàcil d'entendre ja que la majoria de les ciutats es comunicaven pel riu Nil i els seus afluents. A més, els faraons van arribar a construir una gran quantitat de canals per unir els trams que quedaven una mica aïllats.

Per tant, no és d'estranyar que els egipcis tinguessin una gran varietat de vaixells de diferents tipus segons la seva utilització: de passatgers, de càrrega, per pescar, de guerra i fins hi tot; vaixells per la reialesa.



FIGURA 2.3. Dibuix d'un vaixell de pesca egipci situat en una tomba

Durant aquesta època dels egipcis es creu que van començar a utilitzar un nou sistema de propulsió marítima: les Rodes de Paletes. Aquest sistema tracta de l' utilització de dues rodes amb unes paletes interiors, que anaven subjectades als laterals dels vaixells i rodaven amb el corrent de l'aigua.

Tot i així, no s'ha trobat cap element físic que demostrï que aquesta cultura utilitzava aquest tipus de sistema. Això si, el que hi ha són fonts en forma de pintures que demostren la seva possible existència.

Durant aquest període de la història de la propulsió no s'ha de deixar d'anomenar a un gran personatge que va intervenir molt en l'avenç de nous sistemes de propulsió marítima amb els seus coneixements de matemàtiques, física i enginyeria. Sobretot cal d'estacar els seus grans estudis d'hidràulica, d'hidrostàtica i flotació dels cossos.

Aquest personatge tan important va ser Arquímedes de Siracusa (287 a.C. – 212 a.C.). Un gran matemàtic, físic, enginyer, inventor i astrònom. És molt reconegut pels seus grans estudis i pel disseny de nombroses màquines com el Cargol d'Arquímedes.

Pel que fa a l'estudi de l' interacció dels cossos amb l'aigua; Arquímedes va afirmar un gran principi físic, (Principi d'Arquímedes): "Un cos total o parcialment submergit en un fluid en repòs, rep una força de baix cap a dalt igual al pes del volum del fluid".

Durant aquesta primera etapa, comencen a aparèixer els grans principis mecànics, com el principi del



FIGURA 2.4. Arquímedes de Siracusa

2. Memòria

moviment circular. Aquests principis es poden veure reflectits en algunes aplicacions com el carro i el torn de terrissaire.

A més van començar a aparèixer i es van començar a utilitzar màquines elementals com la politja, la qual s'utilitzava per crear la força motriu.

2.3.1.2. Període Tècnic Antic

Durant molts anys es van utilitzar els rem i les veles com a sistema de propulsió i es va seguir avançant amb els estudis de la força hidràulica, la força aèria i la flotació dels cossos. També es va començar a investigar dins els coneixements de la pneumàtica.

Les aplicacions que Arquímedes havia creat a partir de tots els seus estudis, van començar a utilitzar-se. Les dues aplicacions més comunes eren l'hèlix i el cargol.

Cap al segle V va sorgir el primer vaixell amb el tipus de propulsió de Rodes de Paletes. En aquest cas s'utilitzava la força dels bous com a força motriu. Com a prova d'aquesta utilització, es va trobar un quadre representatiu d'un vaixell amb tres rodes de paletes per cantó i sis bous que realitzaven la força motriu.



FIGURA 2.5. Expositio Liburne, B. N. M.

A més, durant aquest període es va establir les tres parts principals d'un sistema de propulsió: el sistema motriu, el sistema transmissor i el sistema propulsor.

El sistema motriu produïa la força necessària per tal de moure tot el sistema complet. Normalment s'utilitzaven elements mecànics per tal de facilitar aquesta força. En el cas de les rodes de paletes, la força motriu eren els bous.

El sistema transmetia la força des del sistema motriu al sistema propulsor. Per tal de transferir aquesta força s'utilitzaven tot un seguit d'elements mecànics.

El sistema propulsor, com el seu nom indica, propulsava l'embarcació per l'aigua. Per tal de dur a terme aquesta acció, s'aprofitava la força arribada del sistema de transmissor. En el cas de les rodes de paletes, el sistema propulsor eren les rodes laterals de l'embarcació.

2.3.1.3. Període Tècnic Mig

Les primeres demostracions que apareixen de l' utilització de rodes de paletes accionades per molinets a la Xina; es remunta cap al segle VIII. La primera flota del príncep Thang Li Kao estava composta per un seguit de naus amb aquest sistema.

Tot i així, no va ser fins al segle XIII on va tenir molta repercussió el sistema de rodes de paletes accionades amb molinets a la Xina. A partir d'aquest moment, aquest sistema de propulsió amb un nou sistema per crear la força motriu; es va estendre cap a l'exterior de les fronteres xineses.

Un personatge molt important i molt destacat durant aquest període és Leonardo da Vinci; el qual se'l coneix per a les seves obres pintoresques com la famosa Gioconda.

Tot i així, aquest pintor nascut l'any 1452 a Vinci i mort al castell de Cloux (prop d'Amboise) l'any 1519; també va ser un gran arquitecte, botànic, escriptor, filòsof, inventor, músic, urbanista, poeta, enginyer, escultor, científic, matemàtic, dissenyador, anatomista; entre altres.

En referència al tema de l'enginyeria i en especial pel que fa a la propulsió marítima; Leonardo da Vinci va estudiar en gran profunditat els projectes i les tècniques ja conegudes. A més, va perfeccionar i millorar la tècnica de propulsió de les rodes de paletes.

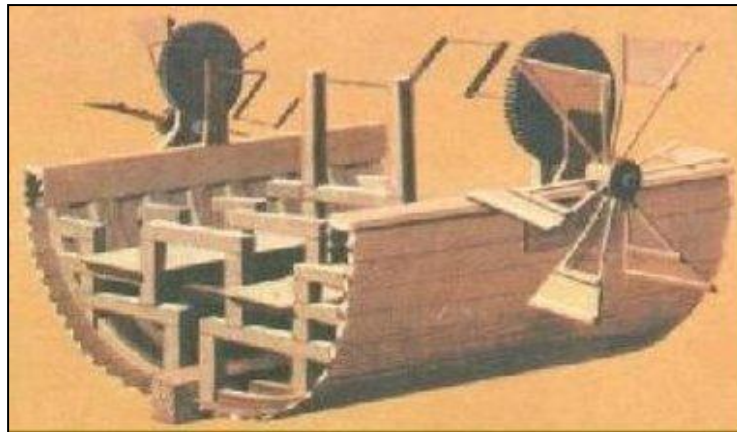


FIGURA 2.6. Projecte d'una embarcació amb rodes de paletes de Leonardo da Vinci.

No va ser fins al segle XVI quan Blasco de Garay (Barcelona 1500 – Màlaga 1552) va intentar moure una embarcació de rodes de paletes amb el vapor com a força motriu.

Blasco de Garay, marí i inventor que va ser el capità de l'Armada Espanyola durant el regnat de Carles I d'Espanya; va crear tota una sèrie de nous utensilis relacionats amb la nàutica. Entre aquests invents hi destaca com convertir l'aigua dolça en salada, la manera de poder mantenir la llum encesa a les profunditats del mar, un aparell especial per mantenir una persona submergida durant un temps indeterminat sense tenir problemes amb l'oxigen, la manera de poder-hi veure al fons marí i tècniques per treure embarcacions submergides sota l'aigua amb tan sols dues persones.

Blasco de Garay també va dissenyar dos nous elements motrius per moure les rodes de paletes: el Cabrestant i l'Argue. (Veure Glossari)

El més rellevant i important que va dissenyar aquest capità de mar va ser un nou projecte per moure les embarcacions marines aplicant la força del vapor. Aquest nou projecte va ser presentat l'any 1543 a l'emperador Carles I, el qual en un principi va actuar amb molta incredulitat. Tot i així, finalment Carles I va acceptar la realització de les proves al port de Barcelona el 17 de juny del mateix any. L'embarcació que va tenir el privilegi de demostrar aquest nou tipus de propulsió s'anomenava *La Trinidad* i pesava 250 tones.

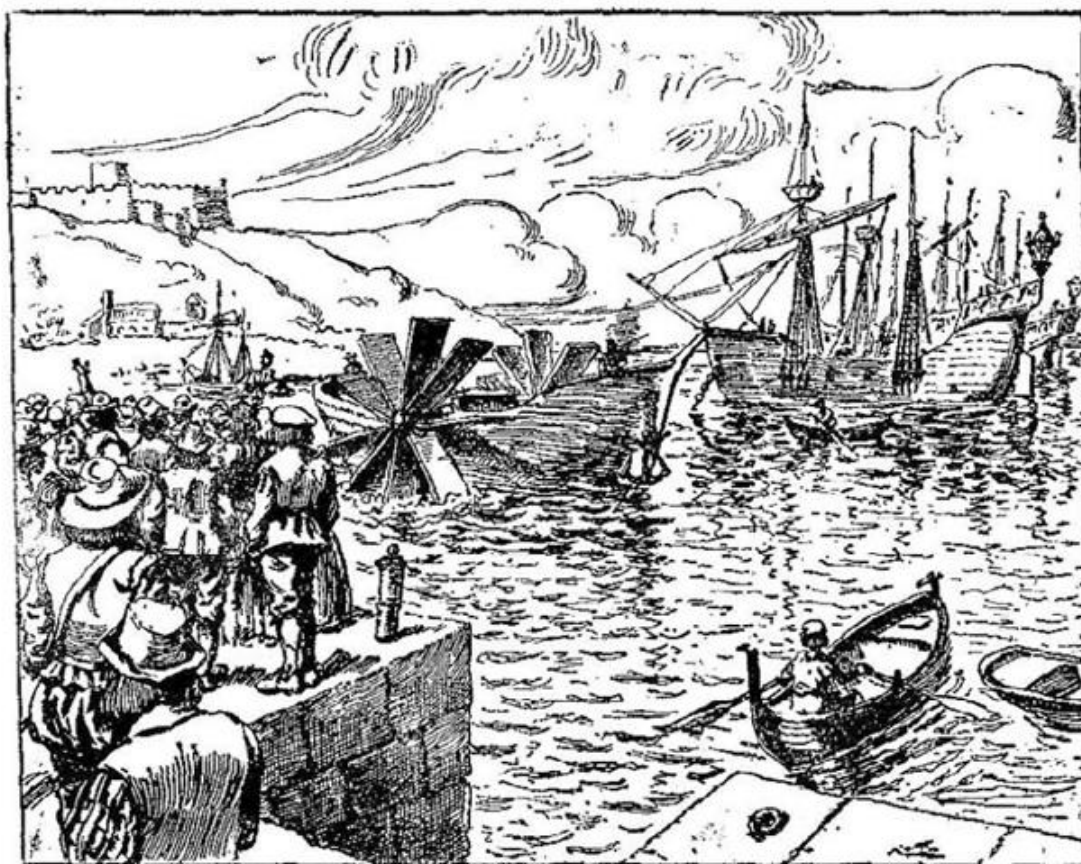


FIGURA 2.7. Representació de la prova de l'embarcació *La Trinidad* a Barcelona l'any 1543

Aquestes primeres experiències amb l'embarcació van tenir molt d'èxit, ja que es va demostrar una innegable avantatge sobre les embarcacions de vela; tan pel que fa al seu maneig com a la seva velocitat. A més, tenia una elevada rapidesa a l'hora d'atracar i desatracar als molls dels ports.

Lamentablement, degut a aquest gran èxit; les enveges van començar a florir dins la cort de Carles I i el nou projecte de Blasco de Garay es va trobar amb molt poc recolzament. Per aquest motiu, l'inventor no va poder avançar amb els seus projectes i va caure en l'oblit.

Tot i així, el barcelonès de naixença no es va donar per vençut i va emigrar cap a Màlaga on va realitzar una sèrie de segones proves per tal de poder avançar amb el projecte. Aquestes segones proves no van tenir tan d'èxit, ja que la coberta de la galera va quedar destrossada a causa d'una ruptura del sistema mecànic.

El sistema consistia en unes rodes de paletes que anaven als laterals de la nau i al centre de l'embarcació hi havia unes masses de plom que quan giraven afavorien la força que els mariners havien de fer per tal de moure les rodes de paletes. Aquestes masses de plom van ser les causants que durant una prova, trenquessin la coberta de la nau.

A causa del fracàs d'aquesta prova, va sorgir a la llum, que tot i que l'embarcació tingués un forn amb aigua bullint per crear vapor; aquest no era suficient per moure tota la nau i feia falta l'ajuda de la força humana.

Tot i així cal remarcar que Blasco de Garay ja va tenir la idea d'utilitzar el vapor com a força propulsora.

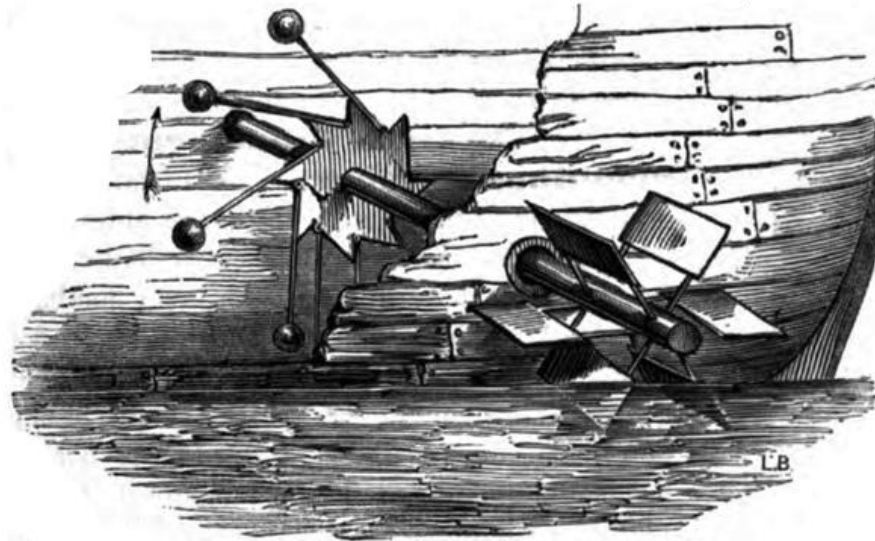


FIGURA 2.8. Representació de la suposada màquina de propulsió marina dissenyada per Blasco de Garay.

2.3.1.4. Període Tècnic Modern

Durant aquest període els enginyers i inventors de l'època es van centrar en la recerca de noves fonts d'energia com a causant de la força motriu per tal de propulsar embarcacions.

Durant el segle XVII, època de la revolució científica, van sorgir moltes millores mecàniques pel que fa als sistemes de propulsió però no hi ha constància de que cap d'elles es poses en pràctica.

En aquesta gran revolució hi va destacar en Robert Hooke (Illa de Wight 1635 – Londres 1703), inventor anglès, físic, topògraf, astrònom, biòleg i artista. Tot i que el més destacat d'aquest físic és la famosa llei de Hooke de l'elasticitat que descriu la variació lineal de la tensió amb l'extensió d'un ressort elàstic; també va inventar un nou sistema de propulsió: l'hèlix en forma d'aspa de molí.

Pel que fa a Espanya, un marí molt important que va investigar sobre la propulsió marítima, era Juan José de Navarro Viana i Búfalo (Mesina, 30 de novembre del 1687 - Illa de León, 5 de febrer del 1772).

José de Navarro era un noble marí i militar espanyol. Va ser primer capità general de la marina espanyola. Aquest marí espanyol va idear tot un seguit de símbols amb banderes de colors per tal de fer més fàcil la comunicació marítima. A més, es autor de diverses obres sobre comandament i instrucció militar marítima. Destaca també, una obra sobre maniobra de grans vaixells, sobretot de guerra.

Pel que fa al tema de la propulsió marítima, José de Navarro va estudiar molt l'efecte de l'aire com agent propulsor i va aplicar diferents tècniques mitjançant l' utilització de veles de diferents tipus i mides. També va investigar una mica les rodes articulades com a sistema per fer avançar una embarcació.

A Paris, M. Duquet va fer un estudi comparant les rodes de paletes amb les veles i els remos com a sistemes de propulsió. Va arribar a la conclusió que les rodes de paletes eren més efectives però que encara estaven en procés de desenvolupament. Per aquest motiu, va estudiar aquest sistema i en va desenvolupar una part, pel que fa a la velocitat. A més, va demostrar que la velocitat depèn de molts factors dels que fins aleshores es creia; tot i així mai va arribar a cap estudi exhaustiu sobre aquest tema.

2.3.1.5. Període Tècnic Contemporani

El més significatiu i destacat d'aquest període és la recerca per trobar el sistema de propulsió més eficaç. Així doncs, no és d'estranyar que sorgissin un gran nombre de patents de sistemes de propulsió marítima.

2. Memòria

Aquestes patents es podien separar en dos grans grups segons l'origen de la força motriu: l'humana o l'animal. També es podien separar segons l' utilitat de la nau: embarcacions fluvials o embarcacions marines.

Un dels primers inventors que va abandonar les rodes de paletes com a sistema de propulsió va ser el francès Camus, el qual va dissenyar l'any 1703, un nou sistema de rem. Després de varis segles utilitzant les rodes de paletes, es tornava a l'ús dels rem tal i com ho varen fer els seus avantpassats.

El seu sistema de propulsió va tenir tres etapes amb diversos canvis.

El primer sistema que va dissenyar portava una espècie d'hèlix amb dues aspes, a cada costat de l'embarcació. Aquest sistema era molt semblant al de les rodes de paletes perquè en tenia una a cada costat, simplement que hi canviava la forma.

A aquest primer sistema el va anomenar "*Manière de faire agir des romes*".

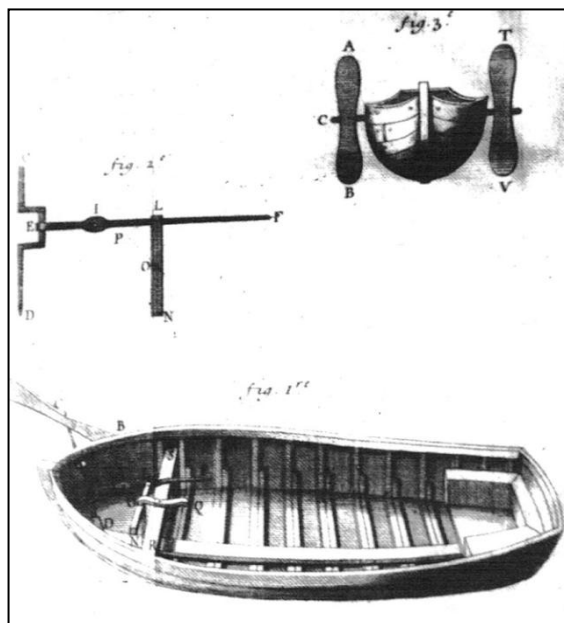


FIGURA 2.9. "*Manière de faire agir des romes*" Camus, 1703

Al adonar-se que aquest nou sistema quedava en inferioritat a les rodes de paletes; va fer una modificació pel que fa a les hèlix laterals.

El segon sistema de propulsió dissenyat per Camus, tenia una petita modificació als remos. En comptes de tenir dues aspes en tenia una i a més, en va col·locar dos a cada costat de l'embarcació. D'aquesta manera, la nau augmentava la velocitat i la maniobra.

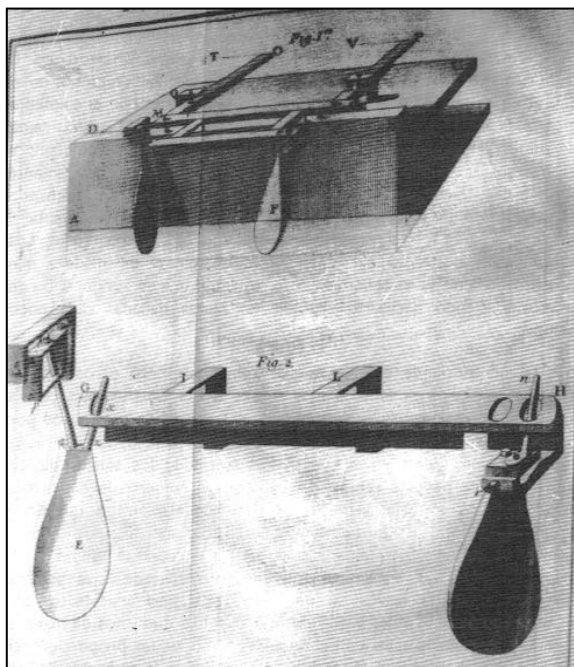


FIGURA 2.10. "*Seconde manière de faire agir des romes*", Camus

A aquest segon disseny el va nomenar "*Seconde manière de faire agir des romes*".

Tot i així, l'inventor francès no en va tenir prou amb aquesta modificació i va tornar a fer un nou disseny; el tercer i l'últim.

En aquest nou invent hi va dissenyar un sistema que unia els remos dels dos costats de l'embarcació. A més aquests remos es podien moure en diferents direccions. Amb aquest nou sistema, el conjunt quedava totalment unit i a la vegada cada rem actuava independentment. A aquest nou projecte, el va anomenar "*Troisième manière de faire agir des romes*".

Tot i que aquest semblés molt innovador, no va tenir gaire èxit dins la societat del segle XVIII.

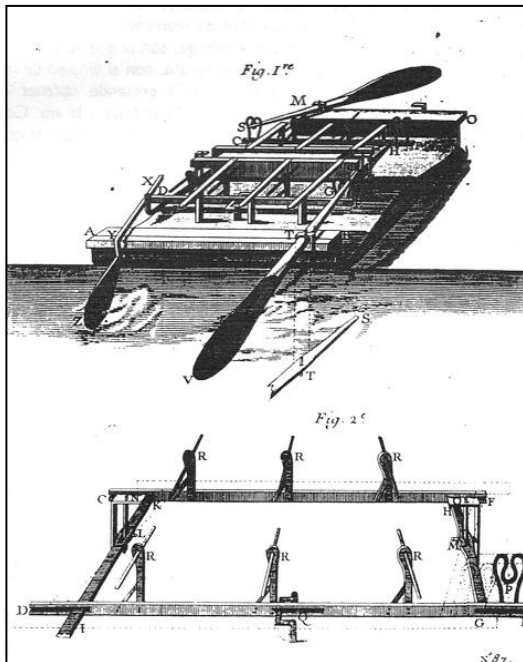


FIGURA 2.11. "Troisième manière de faire agir des rames", Camus

a dir, que si en un punt la pressió augmenta, la velocitat disminueix.

Tot i així, en Bernoulli no va ser reconegut només per aquest teorema. Pel que fa al tema de la propulsió marítima; va dissenyar el cargol helicoidal o també es pot anomenar cargol "sin fin". (FIGURA 2.12)

A l'any 1773, l'espanyol Miguel Torrente va dissenyar una màquina de propulsió sense rem que duia una roda amb una espècie de conjunt de vuit rem que s'assemblava molt a una roda de paletes, que ja s'utilitzava anteriorment.

Tot i que el projecte va estar recolzat per l'estat, no va tenir èxit, ja que la societat d'aquella època tenia la mentalitat dirigida cap a la innovació i no agradava gens les idees que reflectien sistemes del passat.

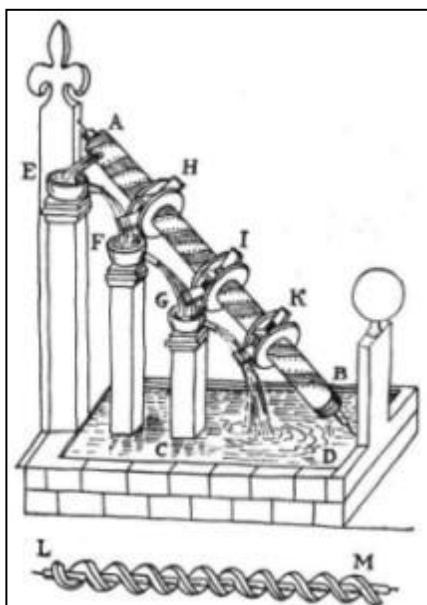


FIGURA 2.12. Representació d'un cargol helicoidal

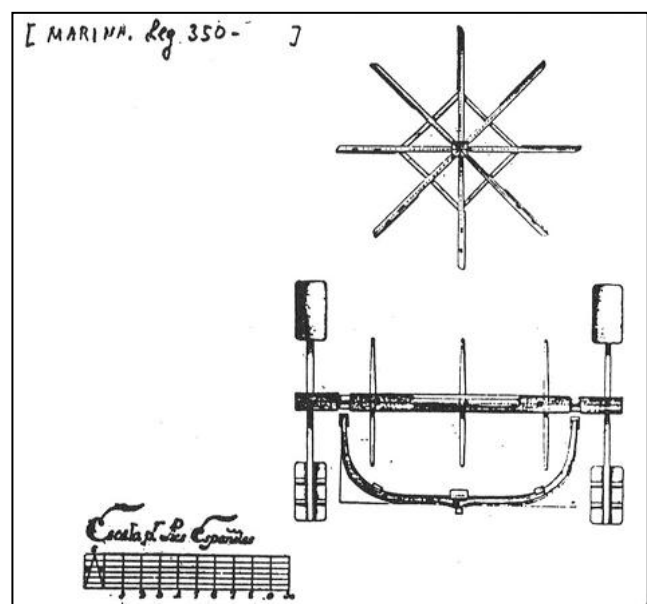


FIGURA 2.13. Projecte de Miguel Torrente, 1773.

2. Memòria

No va ser fins l'any 1794 que William Harry Lyttelton (1724 – 1808) va patentar un sistema de propulsió amb una hèlix com a element generador de la força motriu.

Durant la primera meitat del segle XIX va haver-hi un gran moviment científic pel que fa al desenvolupament de noves tècniques de propulsió manual i es van començar a adaptar les primeres màquines de vapor a diferents tipus i mides d'embarcacions.

La màquina de vapor, primer es va implementar en embarcacions que tenien rodes de paletes i després en embarcacions que anaven amb una hèlix.

Tot i així, el primer enginyer i inventor que va construir el primer vaixell amb una màquina de vapor amb el qual es pogués confiar amb la seva fiabilitat; va ser Robert Fulton. Aquest projecte d'embarcació innovadora va ser creat l'any 1807.

Robert Fulton va néixer a Pensilvania l'any 1765 i va morir a Nova York al 1815. Va ser un gran inventor que va impulsar una nova era de la propulsió marítima. A més, també se'l coneix com a dissenyador i inventor d'un dels submarins més importants de la història, el "Nautilus".

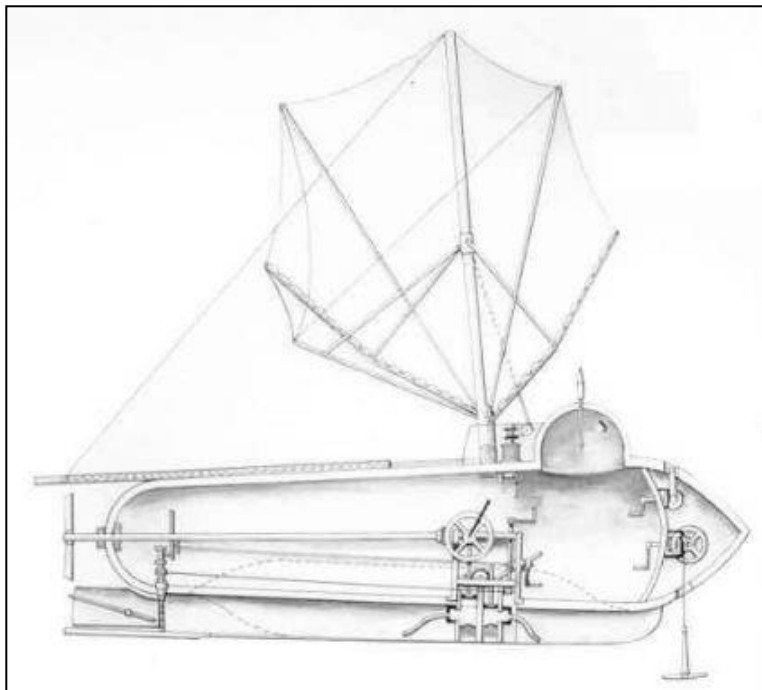


FIGURA 2.14. "Nautilus", Fulton, 1801

2.3.2. Concepte de Biomímesis

2.3.2.1. Definició i exemples de la Biomímesis

La Biomímesis (bios de vida i mímesis d'imitació) és la ciència que estudia els sistemes i els models de la naturalesa per tal d'imitar-los. Mitjançant aquesta tècnica, es busca la resolució dels problemes que té l'ésser humà per dur a terme la seva supervivència.

Partint de la idea principal de que la naturalesa, per necessitat ja ha resolt tots aquests problemes per si sola; la biomímesis s'inspira amb aquests dissenys i els emula adaptant-los a la biosfera.

Així doncs, l'objectiu principal d'aquesta nova ciència és crear processos, productes i polítiques que estiguin ben integrats a la vida de la terra a llarg plaç.

Com a exemples de biomímesis hi trobem la màquina voladora que Leonardo da Vinci va dissenyar

imitant la forma de volar de les aus, edificis que estalvien un 90% d'energia utilitzada per climatitzar-se de la mateixa manera com ho fan els tèrmits o simplement els sistemes tancats de producció agrícola i industrial de qualsevol ecosistema natural.

Els orígens moderns de la biomímesis es remunten a l'època de l'enginyer Richard Buckminster Fuller (1895 – 1983) el qual tenia una gran preocupació per a la sostenibilitat i va plantejar l' utilització de la nova ciència.

Tot i així, el terme de Biomímesis no es va popularitzar fins que Janine Benyus (nascuda a New Jersey al 1958) en va escriure un llibre: "*Biomimicry: Innovation inspired by nature*".

Janine Benyus és biòloga, autora de diverses obres i cofundadora de Biomimicry Guild i el portal d'internet AskNature.org. A més, té una companyia anomenada Biomimicry Guild. Tots aquest projectes defensen la Biomímesis com a nou camí cap a la sostenibilitat.

Actualment es parla de les Patents Naturals. Aquestes patents es poden trobar al portal d'internet AskNature.org on es pot trobar un gran arxiu de sistemes que té la naturalesa per a la seva subsistència. (Veure Annex H)

Aquest portal conté un buscador on per exemple, es pot introduir el terme "*com volen les aus*" i et fa la cerca de totes les patents que parlen de com volen les diferents espècies d'aus.

2.3.2.2. La Biomímesis en la propulsió dels peixos

Si ens centrem en el sistema de propulsió dels peixos dins la ciència de la Biomímesis; ens endinsem en un món molt extens.

Els peixos són una de les espècies marines que s'ha hagut d'adaptar el seu medi, l'aigua; i s'ha de tenir en compte que l'aigua és bastant més densa que l'aire i que per tant; és més complicat de desplaçar-se en ella nedant.

Des de fa milers d'anys, cada espècie de peix s'ha adaptat a les característiques físiques de l'aigua a la seva manera desenvolupant grans habilitats de propulsió, acceleració i maniobrabilitat.

Molts científics han investigat sobre diferents formes de propulsió marina inspirades en la biologia animal; en concret en la propulsió dels peixos. Tot i així, aquesta espècies té unes grans habilitats que encara ara les ciències navals no han aconseguit.

2.3.2.2.1 ANATOMIA DELS PEIXOS

Si ens centrem en les parts del cos dels peixos que produeixen la propulsió, ens referim a totes aquelles aletes que tenen.

Els peixos, generalment, tenen dos tipus d'aletes: les parellades i les mitges.

Les aletes parellades són aquelles que es troben als laterals del cos dels peixos i n'hi ha una a cada costat.

Les aletes d'aquest tipus en són dues: les pectorals i les ventrals.

En canvi, les aletes mitges són les que es troben al centre del cos i només n'hi ha una de cada tipus. En total n'hi ha tres de diferents: la dorsal, l'anal i la caudal.

2. Memòria

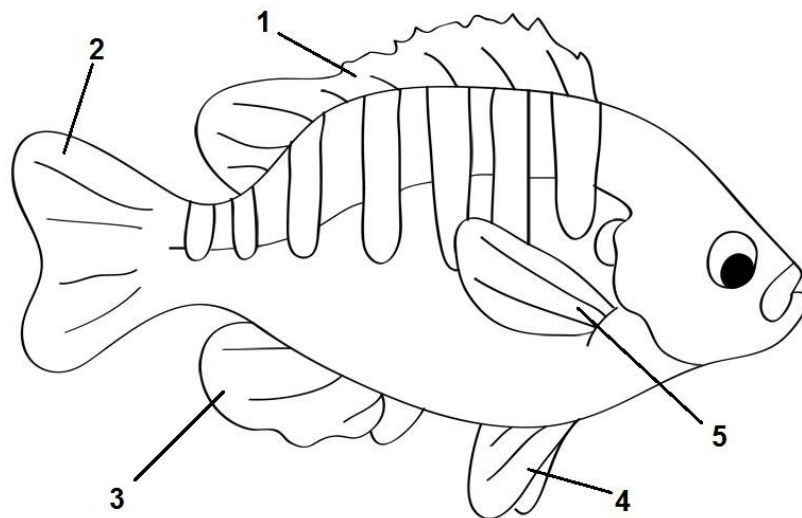


FIGURA 2.15. Esquema de les aletes d'un peix. Aleta Dorsal (1), Aleta Caudal (2), Aleta Anal (3), Aleta Ventral (4) i Aleta pectoral (5)

2.3.2.2.2 TIPUS DE PROPULSIÓ DELS PEIXOS

Els diferents tipus de propulsió dels peixos es poden agrupar segons la temporalitat o bé, segons l'estructura locomotora utilitzada.

Segons la temporalitat, hi ha la propulsió no natatòria i la propulsió natatòria.

La propulsió no natatòria és aquella que no s'utilitza la tècnica del nedar; per tant no és el tipus de propulsió que utilitzen els peixos.

En canvi, la propulsió natatòria és la que sí que utilitzen els peixos i n'hi ha de dos tipus:

- Propulsió natatòria de nedar transitori o inestable: Aquest tipus de propulsió té una duració molt curta, de milisegons i s'utilitza per fer maniobres ràpides d'escapament o de gir. Normalment, els peixos l'utilitzen per escapar d'una presa o per capturar altres espècies d'animals com a aliment.
- Propulsió natatòria de nedar periòdic o estable: Aquest tipus de propulsió és de duració més llarga i es tracta d'una repetició cíclica de moviments. S'utilitza per realitzar llargues distàncies i normalment els peixos naden a velocitat constant.

Si ens centrem en els tipus de propulsió que hi ha segons l'estructura locomotora utilitzada, n'hi ha de dos tipus: la locomoció BCF i la locomoció MPF.

Aquesta agrupació és i ha sigut la més estudiada pels científics; ja que és la més adaptada per realitzar estudis de propulsió. L'any 1926 la va crear Breder i l'any 1994 aquesta estructura va ser actualitzada per Webb. El concepte general d'aquest esquema és "*Swimming gaits*" i relaciona la cinemàtica, el comportament locomotor i les fibres musculars utilitzades pels peixos.

Pel que fa al tipus de locomoció BCF (Body and/or Caudal Fin Locomotion) es tracta en la imitació d'una forma d'ona que es desplaça en direcció oposada a l'avanç del peix fins arribar a l'aleta Caudal. Dins d'aquest tipus de locomoció hi ha cinc tipus diferenciats, quatre d'ondulatoris i un d'oscil·latori.

- Locomoció BCF Anguil·liforme: aquest tipus de locomoció és purament ondulatoria, ja que hi participa la major part del cos en realitzar l'ona que travessa tot l'animal. L'amplitud de l'ona realitzada s'incrementa en direcció a la cua. Un exemple d'espècie que realitzi aquest tipus de locomoció és l'anguila.
- Locomoció BCF Subcaranguiforme: en aquest cas, l'amplitud d'ona s'incrementa a la meitat posterior del peix. Un exemple d'espècie que es desplaça d'aquesta forma és la truita.
- Locomoció BCF Caranguiforme: l'ondulació en aquest cas es produeix a l'últim terç del cos del peix. L'empenta que necessita per desplaçar-se és aportada majoritàriament per l'aleta Caudal. Aquest tipus de propulsió és més ràpid que els anteriors però com a punt dèbil es troba la poca habilitat de gir i d'acceleració. Un exemple clar de peix que neda d'aquesta manera és el salmó.
- Locomoció BCF Tuniforme: aquest tipus de locomoció és el més eficient en el que l'empenta generada es realitza amb un mecanisme de control de la vorticitat. Les espècies que neden d'aquesta manera, poden arribar a agafar grans velocitats durant llargs períodes de temps. Bàsicament, el moviment és simple, es tracta de moviments laterals de l'aleta Caudal de forma oscil·latori. Un exemple de peix és la tonyina.
- Locomoció Ostraciforme: aquest tipus de locomoció és purament oscil·latori i només hi ha un moviment de l'aleta caudal com si d'un pèndol es tractes, mentre el cos es troba rígid. Les espècies de peixos que utilitzen aquesta forma de nedar, a baixes velocitats utilitzen el tipus de locomoció MPF (explicada més endavant). Les formes de nedar que s'hi produeixen són bastant ineficients. El peix Cofre és un exemple d'aquest tipus de locomoció.

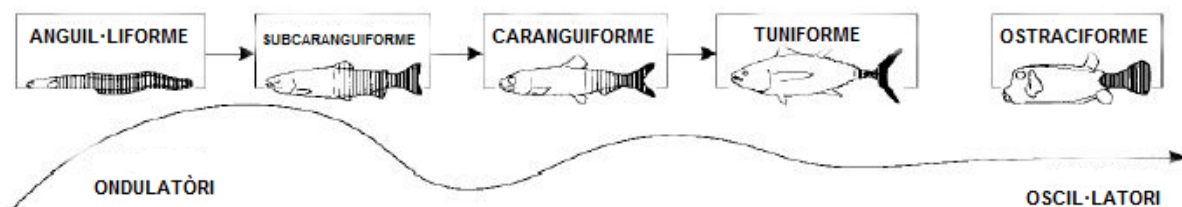


FIGURA 2.16. Esquema del tipus de locomoció BCF, Lindsay 1978

L'altre tipus de locomoció, la MPF (Median and/or Paired Fin Locomotion) es realitza mitjançant la utilització de les aletes mitges i Pectorals. Aquest tipus de propulsió només l'utilitzen un 15% dels diferents tipus de peixos que hi ha.

Dins d'aquest tipus MPF hi ha el grup del moviment ondulatori i l'oscil·latori de les aletes.

El tipus ondulatori conté cinc tipus diferents de locomoció: el Ragiforme i el Diodontiforme (utilitzant les aletes Pectorals), l'Amiforme (utilitzant les l'aleta dorsal), la Gimnotiforme (utilitzant l'aleta Anal) i la Balistiforme (utilitzant les aletes Dorsal i Anal).

Pel que fa al grup oscil·latori de les aletes, hi ha dos tipus: el Labriforme (utilitzant les aletes Pectorals) i el Tetraodontiforme (utilitzant les aletes Dorsal i Anal).

2. Memòria

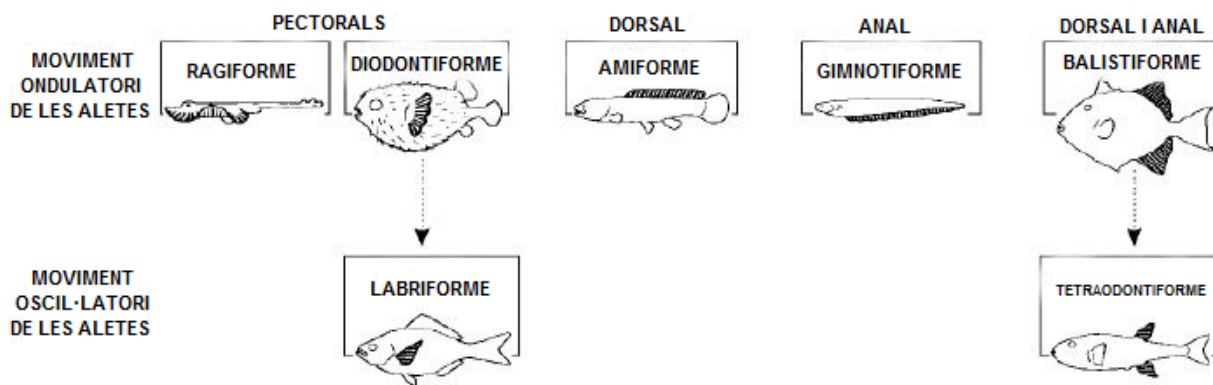


FIGURA 2.17. Esquema del tipus de locomoció MPF, Lindsay, 1978

2.3.3 L'origen i la història de la idea del model

La principal idea del projecte està inspirada en la forma amb què la naturalesa té resolt el problema del desplaçament dels éssers aquàtics dins del seu medi. El sistema de propulsió d'aquest projecte està basat en la forma de nedar dels peixos, en concret en el moviment de la cua.

Basant-se amb el fet de que les hèlixs utilitzades normalment com a propulsió tenen un rendiment energètic relativament baix; es va buscar una idea d'un nou disseny que augmentés aquest rendiment.

Un cop es va imaginar i ja es tenia la idea en ment, els següents passos van ser començar a fer els croquis, a dibuixar els plànols de les peces, a treballar amb el mecànic per fabricar les peces i a muntar el primer prototip del sistema.

La primera construcció del prototip es basava en una línia de propulsió moguda per un motor elèctric de 2CV de potència que tenia una part submergida a l'aigua on s'hi allotjaven les pales. Aquest primer prototip no tenia el sistema de multidirecció ni el d'embragatge. Les parts principals del primer sistema tenia dos eixos concèntrics, dues bieles i les lires amb les seves pales. Tot el muntatge estava aguantat per un element flotant. (FIGURA 2.18.).

S'ha de tenir en compte que les proves realitzades als sistemes de propulsió dissenyats no havien sigut mai exhaustives ni conclouents, ja que l'única finalitat que tenien era buscar una sèrie d'indicis raonables que motivessin el seguiment de la investigació en més profunditat.

Així doncs, a l'any 2001 es va realitzar la primera sèrie de proves amb el primer prototip de propulsió ja esmentat. Aquestes proves varen ser molt senzilles i gairebé gens destacables.

Des del març del 2007 al febrer del 2008, es va realitzar la segona sèrie de proves amb el mateix prototip que la primera sèrie. La diferència era que en aquesta sèrie es comparaven els rendiments energètics amb diferents combinacions de pales i d'angles d'atac d'aquestes amb els rendiments d'una hèlix.

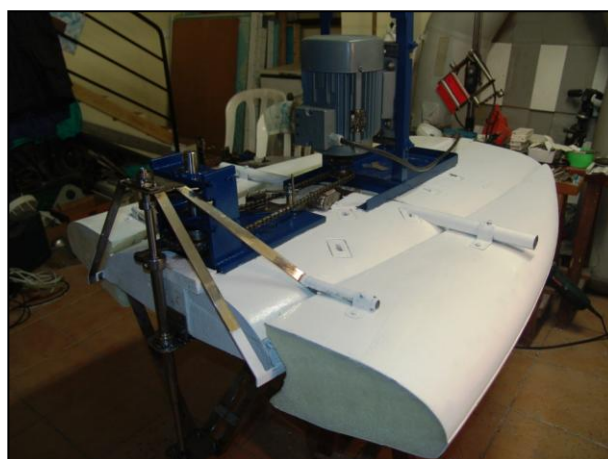


FIGURA 2.18. Dispositiu utilitzat per les proves

Mentre es realitzaven aquestes proves de la segona sèrie, a l'abril del 2007 es va fer la sol·licitud (amb número P200902421) de la Patent Nacional a la OEPM (Oficina Española de Patentes y Marcas). Aquesta sol·licitud va ser suspesa fins a cinc vegades diferents per varis defectes de forma a l'apartat de Reivindicacions, tal com “no es deseable que aparezcan los acrónimos o siglas en las reivindicaciones” o bé “falta una breve descripción de los dibujos”.

Un any més tard, a l'abril del 2008, i sense la Patent Nacional concedida, l'autor i inventor del prototip va assistir a la Fira Internacional de les Invencions de Suïssa que es realitza cada any. En aquesta fira, on l'hi van otorgar la medalla de plata, s'hi va presentar una maqueta del futur prototip finalitzat i els diagrames de rendiments de les primeres proves realitzades.

Al juny del mateix any es va repetir l'experiència assistint a la Fira Attic de Vilanova i la Geltrú (Barcelona) on es va presentar els mateixos materials que a la fira de Suïssa.

Mentrestant, a l'abril del 2008 es va iniciar la recerca de la PCT (Patent Cooperation Treaty) mitjançant una sol·licitud de cerca. Finalment, a l'agost del mateix any es va obtenir la PCT amb número PCT/ES2010/000530.

Després de més d'un any corregint i modificant la sol·licitud de la Patent Nacional, a l'octubre del 2008 es va decidir traspasar la gestió a un agent de la propietat industrial per tal de que modifiqués correctament tota la patent. Tot i els intents realitzats per poder millorar la redacció del document, al març del 2009 es va decidir retirar la primera edició del document i substituir-la per una de nova iniciada des de zero.

La construcció del SPM es va realitzar durant el setembre del 2008 i el juny del 2009. La línia de propulsió que ja incorporava l'embragatge i el sistema multidireccional va ser implementat en un llagut de 5,8 m d'eslora. Tot el conjunt va ser llençat a l'aigua a finals de juny del 2009 i el sistema ja va començar a navegar en aigües obertes.

A partir d'aquest moment es va realitzar la tercera sèrie de proves amb el mateix dispositiu que les dues proves anteriors. Aquestes proves de la tercera sèrie, es van considerar molt més significatives i importants que les dues anteriors. La diferència d'aquesta sèrie de proves va ser que la comparació dels rendiments es va fer amb una hèlix convencional de 8" en comptes de les altres tres utilitzades a les anteriors proves. A més, la gran novetat d'aquesta sèrie de proves va ser que el dispositiu navegava en aigües lliures; i per tant, les proves eren més reals pel fet de que el dispositiu estigués al mar.

A principis del 2011 el llagut es va treure de l'aigua per tal de sotmetre's a un desmuntatge total de totes les peces per poder fer un anàlisi complet del comportament de cada una de les parts de tot el sistema.

Al juliol del mateix any, finalment es va concedir la Patent Nacional amb el número ES 2319149 A1 i amb data de concessió al 07 de juliol del 2011.

Finalment, a finals del 2011 es va demanar la sol·licitud d'extensió de la protecció de la patent a tercers països.



FIGURA 2.19. Sistema instal·lat al llagut

2. Memòria

2.3.4 Estat actual

Pel que fa al prototip del SPM; actualment està instal·lat al llagut amb totes les revisions realitzades a cada una de les peces que el componen.

Com ja s'ha comentat al punt anterior, a finals de l'any 2011 es va realitzar la sol·licitud de l'ampliació de la protecció a països tercers amb els que al seu dia convindrà possiblement, tenir l'invent protegit. De moment està demanada a cinc països d'entre els 120 que estan adherits al tractat PCT (Patent Cooperation Treaty). Aquest països són: Estats Units, Corea del Sud, Comunitat Europea, Xina i Vietnam. Totes les cinc sol·licituds tenen un plaç de concessió que finalitza al juny del 2012. El fet de tenir la sol·licitud demanada no vol dir que t'ho concedeixin, ja que cada país aplica la seva normativa particular.

A part de tota la normativa, actualment es treballa per avançar el projecte pel que fa a les aplicacions de noves tecnologies com el disseny en 3D i la simulació. Amb aquestes noves eines es realitzaran noves proves millorades amb resultats més concrets.

2.4 Descripció i funcionament del Sistema de Propulsió Multidireccional (SPM)

2.4.1. Descripció i definició del Sistema de Propulsió Multidireccional

El SPM forma part d'una patent amb número ES 231914 A1 on s'hi descriu el seu funcionament, les parts que el componen i els seus avantatges.

És un sistema de propulsió que imita la forma de nedar dels peixos mitjançant un sistema de pales. El sistema està comport en tres grans parts: el Sistema Motriu, el Sistema de connexió multidireccional i el Sistema Propulsor.

2.4.1.1 Esquema bàsic

Per tal de poder entendre els tres sistemes diferents que componen el SPM, cal visualitzar un esquema bàsic on es representen les estructures de cada un d'ells.

El Sistema motriu bàsicament està format per un engranatge per on entra el moviment que prové del motor, que és transmès a un eix. Aquest eix, a la part superior disposa d'un plat que té un altre eix el disposa d'un engranatge satèl·lit que engrana amb una corona que està sempre frenada. A la part superior d'aquest eix ens trobem un disc en el qual tenim la connexió amb el sistema de connexió multidireccional.

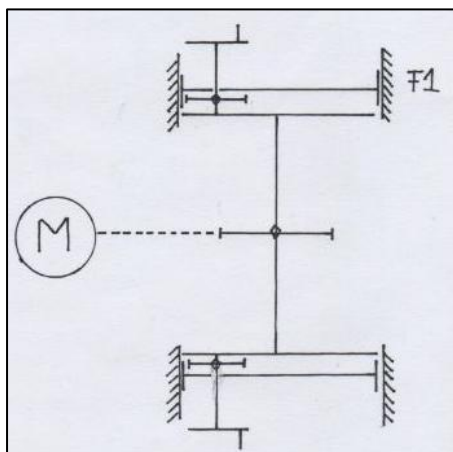


FIGURA 2.20. Sistema Motriu (alçat)

Al Sistema de connexió multidireccional, el moviment prové del sistema motriu a través d'una biela que uneix tots dos sistemes. Aquest moviment es transmet a un engranatge lliure que transmetrà el moviment a l'eix principal quan aquest sigui fixat mitjançant un engranatge lliscant.

A l'eix principal hi ha connectat el Sistema propulsor, d'aquesta manera quan hi ha transferència de moviment al sistema de connexió multidireccional s'obté moviment al sistema propulsor, on hi ha les pales, les quals estan subjectades a aquest eix principal.

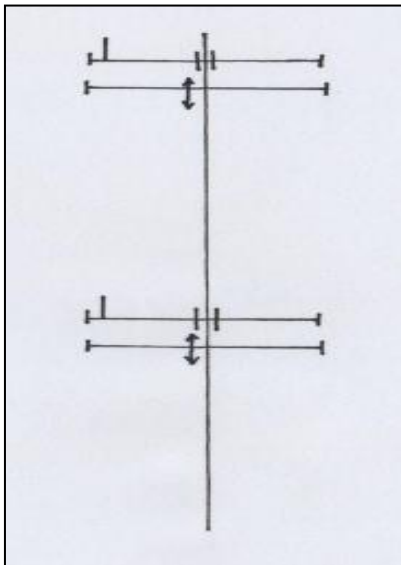


FIGURA 2.21. Sistema connexió Multidireccional (alçat)

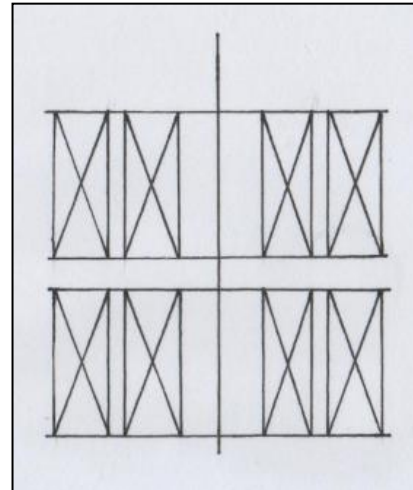


FIGURA 2.22. Sistema propulsor (alçat)

2.4.2. Sistema d'alimentació del Sistema de Propulsió Multidireccional

Per alimentar el SPM, s'utilitza el sistema més comunament utilitzat per alimentar embarcacions amb motor. Aquest sistema es sol anomenar "Sistema de Propulsió Diesel – elèctrica".

Aquest sistema de propulsió consisteix en generar energia elèctrica a través d'un motor Diesel de 44CV de potència. Aquesta energia passa per un quadre elèctric convencional i mitjançant un cablejat, l'electricitat arriba al motor elèctric de 4CV de potència. Aquest últim motor, que funciona a 220V, és l'encarregat de transmetre l'energia al sistema motriu del SPM a través de la cadena dentada.

A la següent figura es mostra un esquema visual on es poden veure totes les parts del sistema d'alimentació; on G és el generador i M és el motor elèctric.

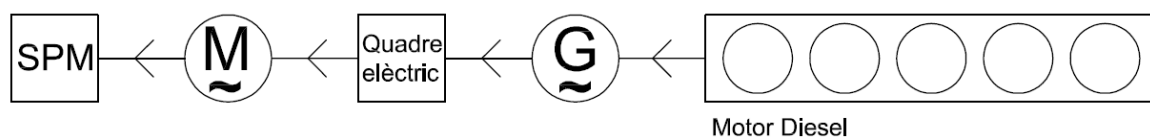


FIGURA 2.23. Esquema del sistema d'alimentació del SPM

2.5. Disseny del Sistema de Propulsió Multidireccional

Per dur a terme tot el disseny del SPM, s'ha utilitzat el programa Catia V5R20 de disseny. Mitjançant els diferents mòduls de creació que conté aquest programa, s'ha arribat a obtenir tot el disseny complet. Més endavant, a l'apartat 2.11.1.1; s'explica amb més detall les característiques d'aquest software.

2. Memòria

2.5.1. Conjunt del model

El SPM està dividit en tres sistemes ben diferenciats. Cadascuna d'aquestes parts té la seva funció concreta i està dividida en una sèrie mòduls els quals estan formats de diferents peces. Les tres parts destacades són: Sistema Motriu (100), Sistema de connexió multidireccional (200) i el Sistema de propulsió (300).

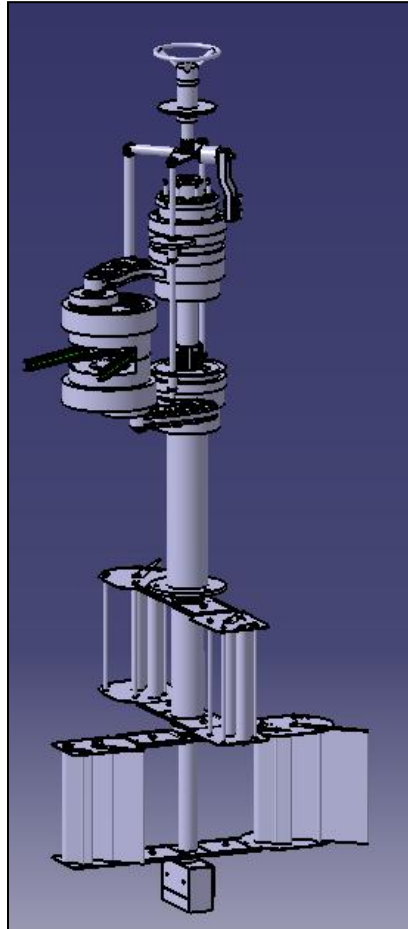


FIGURA 2.24. SPM

2.5.2. Parts del model

2.5.2.1. Sistema Motriu

La principal funció del Sistema Motriu (100) és la de transmetre la potència generada pel motor cap a l'eix principal, i aquest transmet el moviment cap a les bieles.

Aquesta potència que prové del motor es transmet mitjançant una cadena que gira en sentit horari (veure fletxa vermella de FIGURA 2.24)

En aquest mòdul es diferencien diverses parts, que són: l'eix principal i la roda dentada, el cos del sistema motiu, les bieles i el disc boló inferior i superior.

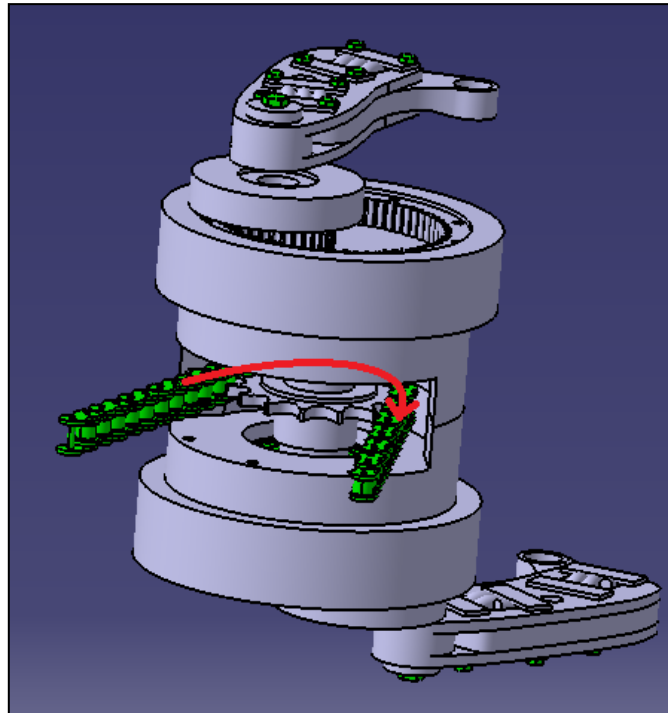


FIGURA 2.25. Sistema Motriu (100)

2.5.2.1.1. EIX PRINCIPAL I RODA DENTADA

En primer lloc tenim la roda dentada (2/1), que està formada per 15 dents i al seu centre s'ha realitzat un estriat M; que és l'entrada del moviment al SPM.

A la roda dentada se li ha col·locat una cadena (2) que prové del motor i transmet el moviment de la roda (2/1).

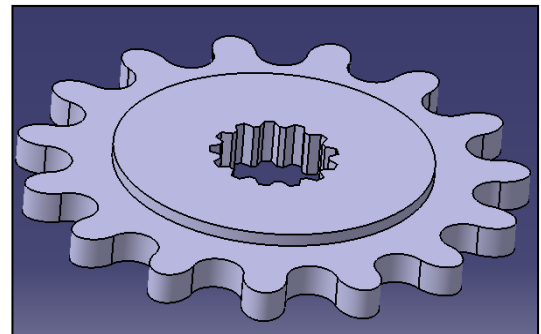


FIGURA 2.26. Roda dentada (2/1)

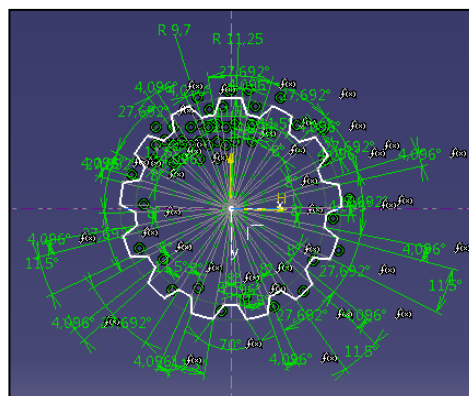


FIGURA 2.27. Estriat M

Tot seguit hi ha l'eix principal, el qual està format per una sèrie de semieixos; inferior (7I) i superior(7S). Aquests van units entre ells mitjançant uns estriats M. El semieix inferior és el mascle i el semieix superior la femella, d'aquesta manera un entra dins l'altre per tal de girar solidàriament. A més, aquests

2. Memòria

dos semieixos van units a través d'un passador de diàmetre de 5mm que va allotjat a un forat coincidint amb els dos semi eixos, i sempre estaran units a través d'aquest.

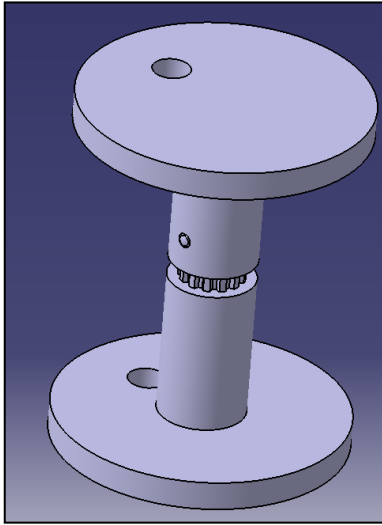
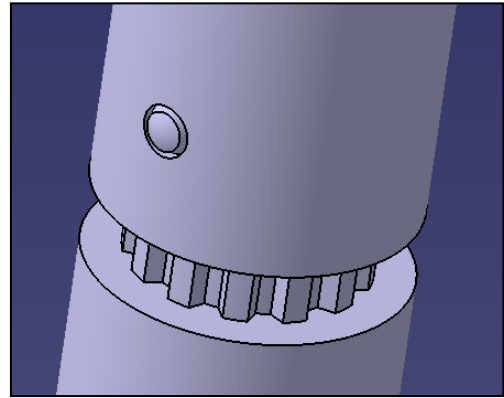


FIGURA 2.28. Dos semi eixos



**FIGURA 2.29. Unió dels semieixos
Mitjançant el passador**

Els semieixos i la roda dentada estan units mitjançant la coincidència de l'estriat M. D'aquesta forma, es transmet el moviment que prové de la roda dentada cap a l'eix principal del sistema motriu.

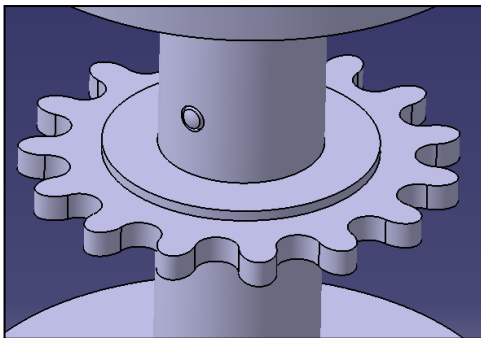


FIGURA 2.30. Unió de la roda dentada i els semieixos

2.5.2.1.2. DISC BOLÓ

Cada semieix, a la seva part superior s'hi ha instal·lat un engranatge satèl·lit (3) i un disc boló (8), als quals se li transmet el moviment de rotació provinent del motor.

De cada semieix surt un eix que uneix el semieix inferior i superior amb el disc boló i l'engranatge satèl·lit respectiu. Entre aquest eix i el disc boló s'instal·la un rodament d'agulles (11), d'aquesta manera es facilita el gir i s'augmenta la vida útil. A la part inferior del disc boló s'ha col·locat un engranatge satèl·lit el qual és concèntric amb el disc boló.

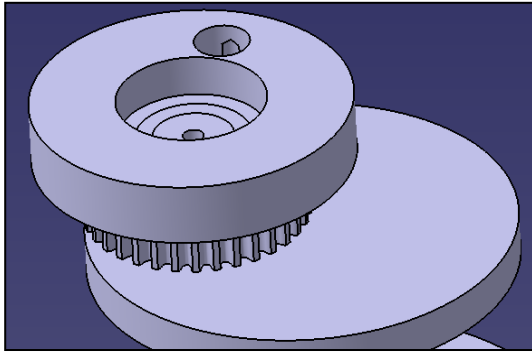


FIGURA 2.31. Unió del disc boló amb el semieix

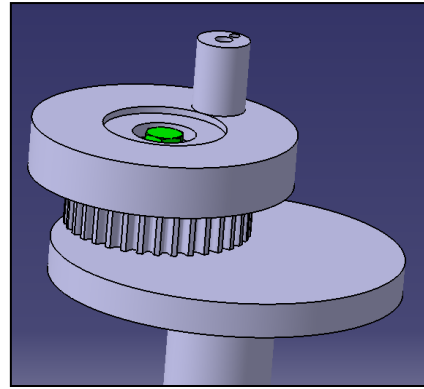


FIGURA 2.32. Disc boló (8)

A la part superior del disc boló s'hi ha col·locat un tancament (5/1), el qual uneix el disc boló i l'eix del satèl·lit a través d'un cargol hexagonal de M6 de 25 mm de longitud i un tetó antiafluixament de diàmetre de 3mm de 14 mm de longitud.

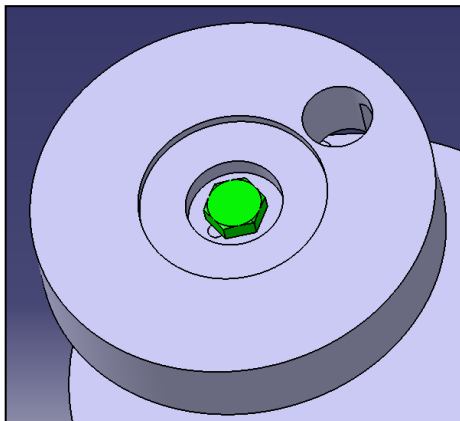


FIGURA 2.33. Fixació del disc boló amb l'eix del disc

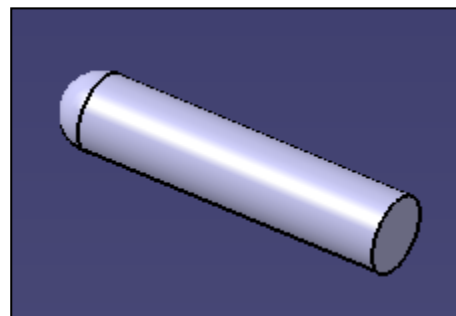


FIGURA 2.34. Tetó antiafluixament

Al disc boló s'hi ha col·locat un boló (5), que és l'encarregat de transmetre el moviment de vaivé a les bieles i aquestes al sistema de connexió multidireccional. El boló està allotjat en el forat que no és concèntric a l'eix principal que està situat a 25mm. Per tal de fixar el boló al disc, aquest té un presoner a la part inferior, el qual és d'un mètric de M5 i d'uns 10 mm de longitud.

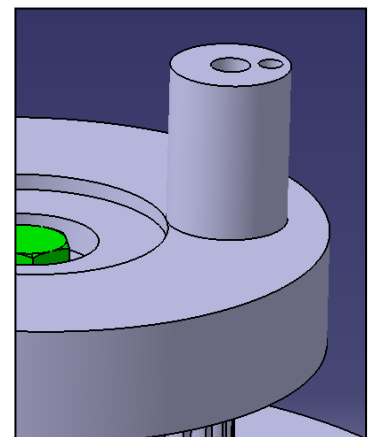


FIGURA 2.35. Boló del disc boló (5)

2. Memòria

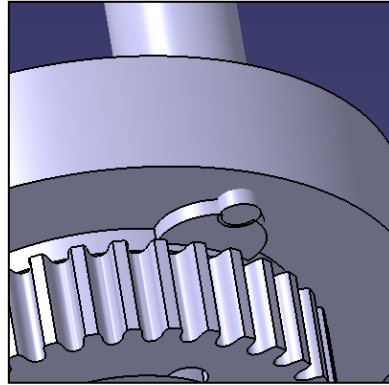


FIGURA 2.36. Fixació del boló al disc boló

2.5.2.1.3. COS PRINCIPAL

Aquest sistema de transmissió de moviment està allotjat a un cos el qual està format per una sèrie de peces. De totes aquestes peces, n'hi ha dues de principals: la part inferior (10I) i la superior (10S). A l'interior d'aquestes peces s'hi allotgen els semieixos superior i inferior. A més, hi ha instal·lats uns rodaments de boles de 30/62/24 (9) entre els semieixos i el cos amb la funció de facilitar el moviment i allargar la seva vida útil.

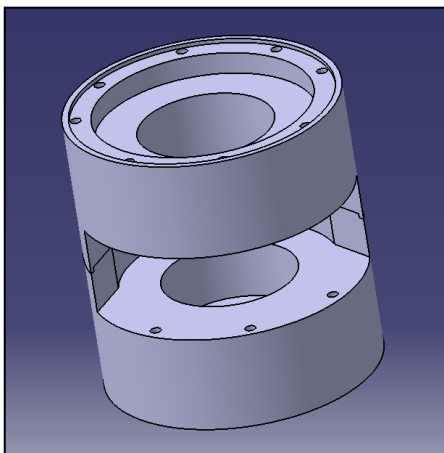


FIGURA 2.37. Cos principal del Sistema Motriu inferior (10I) i superior (10S)

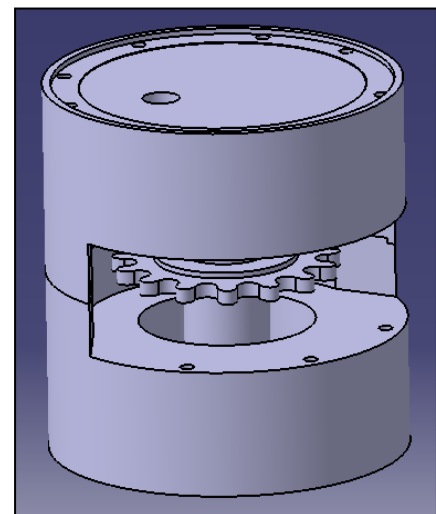
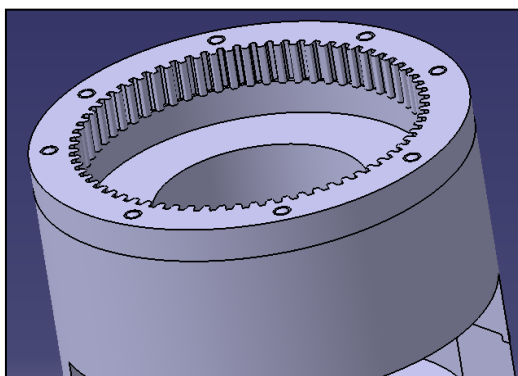


FIGURA 2.38. Eix principal i cos del Sistema principal



Tan la part superior com la inferior tenen una corona dentada directriu (6) cada una, que estan unides entre si mitjançant una sèrie de passadors de diàmetre 5mm. Hi haurà cinc passadors que travessen completament el cos i les dues corones dentades que tenen una longitud de 150 mm cada un. Per altra banda hi ha sis passadors que només uneixen el cos amb la seva corona directriu, i aquests tenen una longitud de 50 mm.

FIGURA 2.39. Corona dentada directriu (6)

A més, per tal de tenir fixades les corones dentades directrius s'ha col·locat un suport del sistema motriu (39), per tal que quedin fixes.

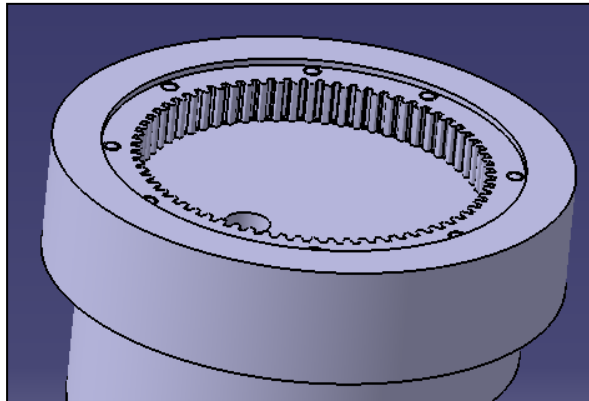


FIGURA 2.40. Suport del cos principal i la corona dentada directriu

Una de les funcions de la corona dentada directriu és crear el moviment de vaivé. Aquest es genera degut a que l'engranatge satèl·lit interior rota sobre el seu eix principal mitjançant l'engranatge de la corona. Les bieles són les encarregades de transmetre al sistema de connexió multidireccional el moviment de vaivé generat.

2.5.2.1.4. BIELES

Com s'ha esmentat, les dues bieles que té el SPM transmeten el moviment de vaivé. Tant la biela superior (4S), com la inferior (4I) tenen les mateixes peces. En els dos casos hi ha una biela mascle i una femella, on s'hi troben dues molles que estan allotjades dins de les dues parts. Aquestes dues parts estan unides per un eix.

Durant el moviment, aquestes dues parts giren lliurement sobre l'eix i aquest moviment és esmorteït mitjançant les molles.

Per tal d'evitar que les molles no surtin de la biela s'hi ha col·locat una sèrie de tapes. Les de la part inferior de la biela femella estan fixes mitjançant soldadures i les de la part superior estan unides a través d'uns cargols hexagonals M4 de 6 mm de longitud, sense que aquests uneixin la biela mascle i femella.

A la unió del boló i les bieles s'introdueix un rodament d'agulles 15/23/20.



FIGURA 2.41. Biela

2. Memòria

2.5.2.2. Sistema de Connexió Multidireccional

Aquest sistema és l'encarregat de transmetre el moviment que prové del sistema motriu als eixos que transmetran el moviment de vaivé al sistema propulsor. Per altra banda, també és l'encarregat de canviar la direcció de la propulsió.

En aquest mòdul es poden diferenciar diverses parts: l'embragatge, la connexió inferior, la connexió superior, l'eix intern, l'eix extern i el volant.

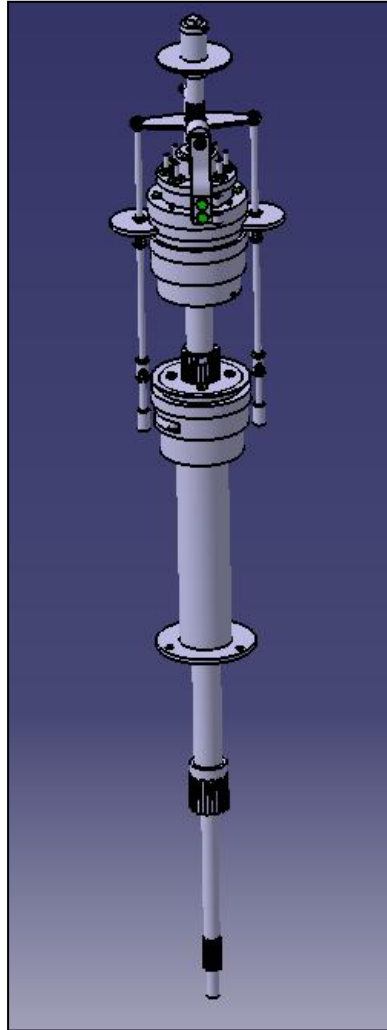


FIGURA 2.42. Sistema de Connexió Multidireccional

2.5.2.2.1. EMBRAGATGE

L'embragatge té la funció principal de treure o donar el moviment als eixos del sistema de connexió multidireccional provinent del sistema motriu. Si aquest no està embragat el sistema no transmetrà moviment de vaivé.

Aquest consta de dues barres (24/2) on hi ha situats dos porta rodaments (24/3) per cada barra. Els porta rodaments estan fixats mitjançant rosques de M8, tant a la part superior com a la inferior. Van allotjats cada un a una connexió i quan l'embragatge està connectat, el rodament de boles 4/10/7 i les connexions no estan en contacte, és a dir; es deixen rodar de forma lliure, tant la connexió inferior com la superior.

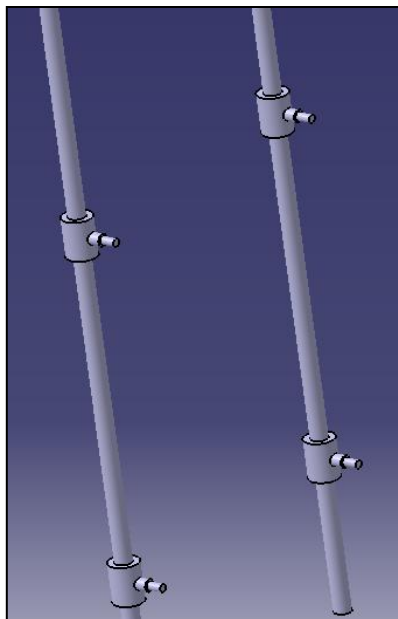


FIGURA 2.43. Barres de l'embragatge (24/2) i els porta rodaments (24/3)

A la part inferior de les barres es situa un casquet de niló (24/2) per evitar que els porta rodament surtin de les barres en el cas de que les rosques no els fixin.

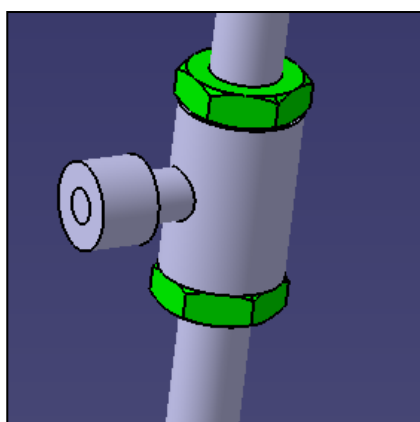


FIGURA 2.44. Fixació dels porta Rodaments (24/3)

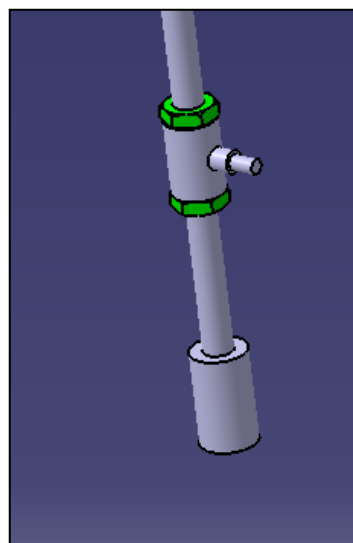


FIGURA 2.45. Casquets de niló a la barra embragatge (24/2)

Aquestes barres van connectades a una creueta de desembragament – sincronitzadora (24/1), tant a la part inferior com a la superior, se li col·loquen unes rosques M8 per tenir-les fixes permanentment.

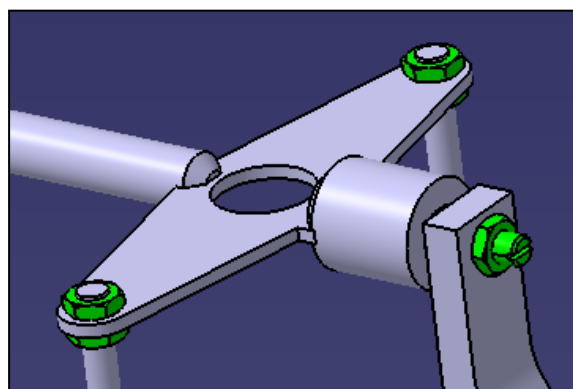


FIGURA 2.46. Creueta i barres d'embragatge (24/1)

2. Memòria

A més, en aquesta creueta hi va col·locada una barra amb una frontissa, en la qual es troba la maneta per realitzar el moviment d'embragatge o desembragatge. La frontissa està fixada mitjançant dos cargols i dues rosques que travessen la barra i la frontissa. La barra on va situada la frontissa està fixada amb un passador roscat M8 de 50mm de longitud, que s'introdueix a la creueta i unes rosques fixen la posició d'aquesta barra.

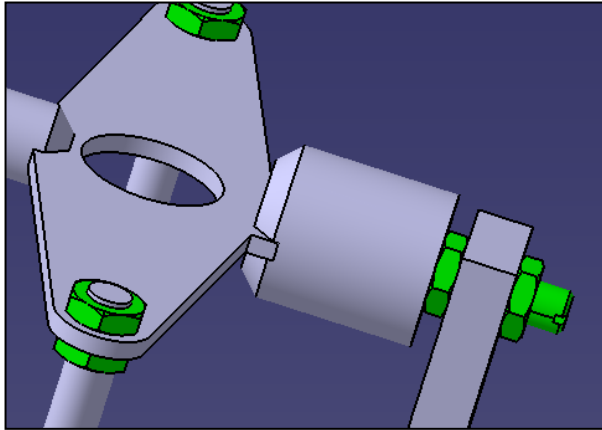


FIGURA 2.47. Unió de la barra de la frontissa i la creueta

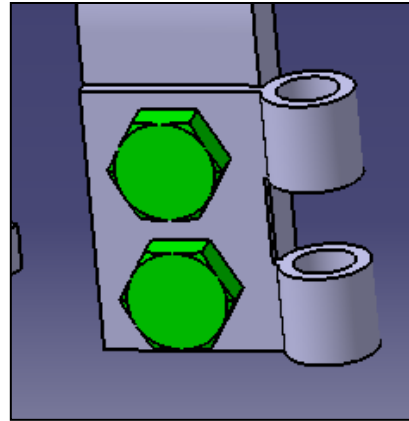


FIGURA 2.48. Fixació de la frontissa



Per una altra banda, aquesta creueta consta d'una barra que va unida mitjançant un cargol M5 de longitud 20 mm i una rosca. Aquesta barra va ancorada a la barca i proporciona estabilitat al sistema d'embragatge del SPM.

FIGURA 2.49. Barra ancorada a la barca

Per acabar, l'embragatge consta d'un subjectador radial de la barra de desembragatge (24/4), que va situat just sobre el porta rodaments de la connexió superior i està fixada amb una altra rosca M8. La funció d'aquests subjectadors és mantenir estable i centrat el sistema d'embragatge respecte la connexió superior.

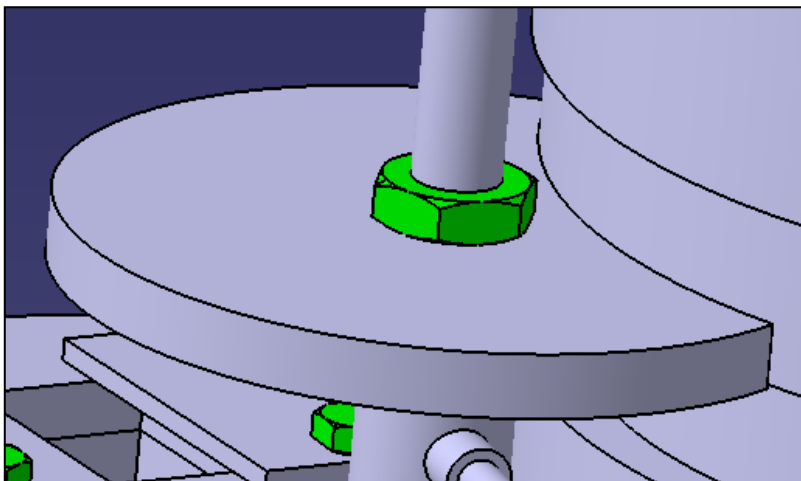


FIGURA 2.50. Subjectador radial de la barra de desembragatge

2.5.2.2.2. CONNEXIÓ INFERIOR

Les connexions inferior i superior tenen en comú que la biela està connectada al disc motriu (13) mitjançant un eix i és el punt d'entrada del moviment.

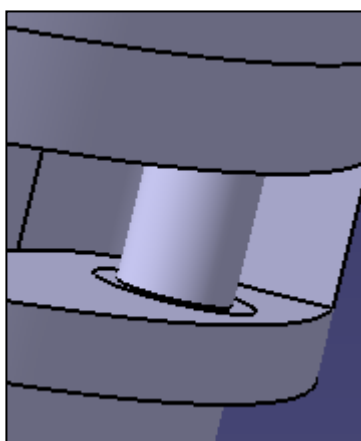


FIGURA 2.51. Eix d'unió del sistema motriu i la connexió multidireccional

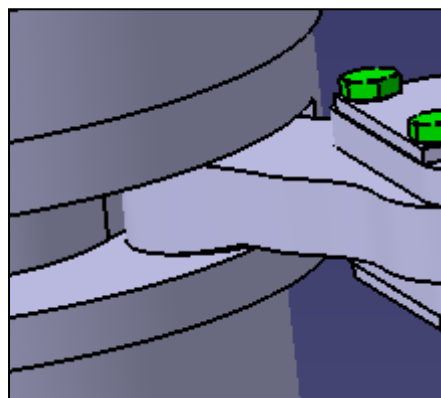


FIGURA 2.52. Unió del sistema motriu i del sistema connexió multidireccional

A la part del disc motriu on va col·locat aquest eix s'ha instal·lat una sèrie de casquets trempats. Per altra banda, també s'ha col·locat entre l'eix i les bieles, un rodament d'agulles 10/17/13. D'aquesta manera es facilita el gir i s'allarga la vida útil.

2. Memòria

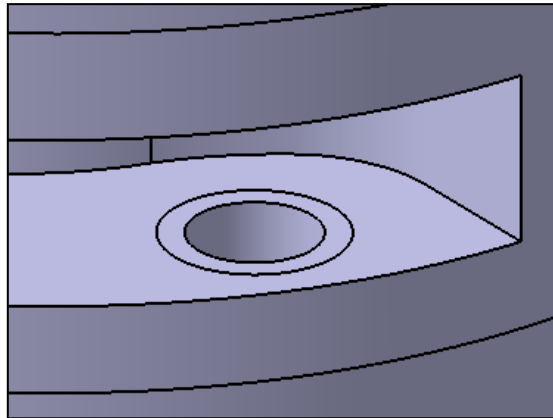


FIGURA 2.53. Casquets trempats del disc motriu

Al disc motriu, s'hi ha col·locat una sèrie de tetons roscats d'una forma en concret. La funció d'aquests és transmetre el moviment de vaivé que prové de la biela a la connexió inferior o superior. Aquesta peça és la única que tenen en comú la connexió inferior i la superior.

La connexió inferior, a més del disc motriu, disposa d'una sèrie de peces. A la part superior del disc motriu s'hi col·loca un disc lliscant (12I). Quan el sistema està embragat, els tetons del disc motriu s'introdueixen al disc lliscant i transmeten el moviment.

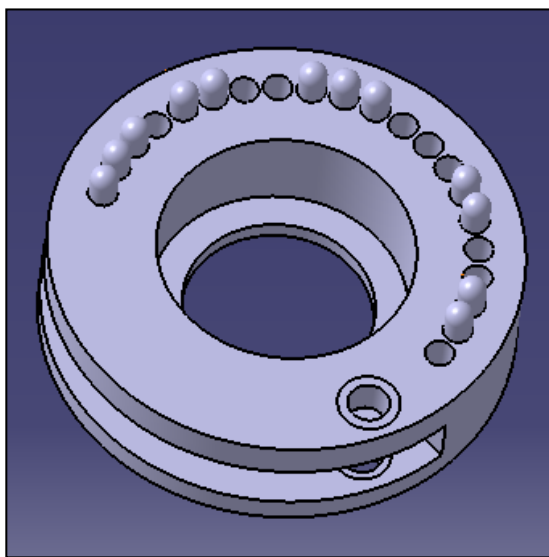


FIGURA 2.54. Situació dels tetons al disc motriu

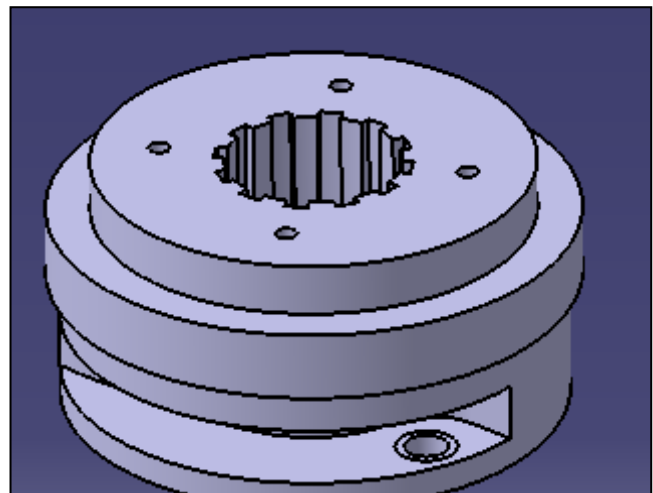


FIGURA 2.55. Unió del disc motriu i del disc lliscant (12I)

Sobre el disc lliscant va col·locat un disc suplement (12I/4), que va fixat mitjançant quatre cargols M6. L'espai que es genera entre el disc lliscant i el disc suplement és on va situat el rodament que uneix embragatge i el sistema de connexió inferior.

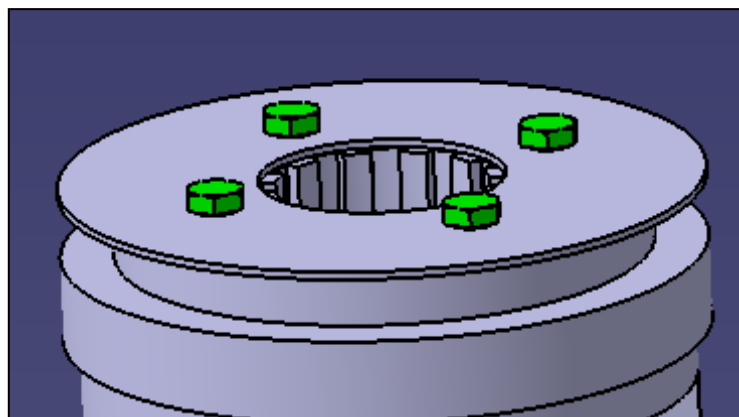


FIGURA 2.56. Disc suplement i allotjament dels rodaments

A més, el disc lliscant és l'encarregat de transmetre el moviment a l'eix extern mitjançant l'estriat A.

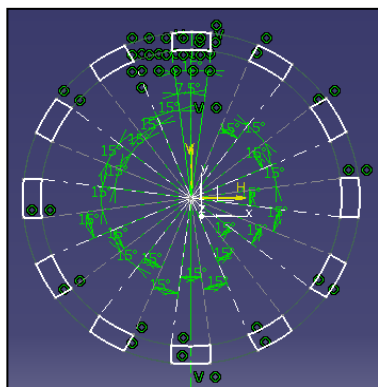


FIGURA 2.57. Estriat A

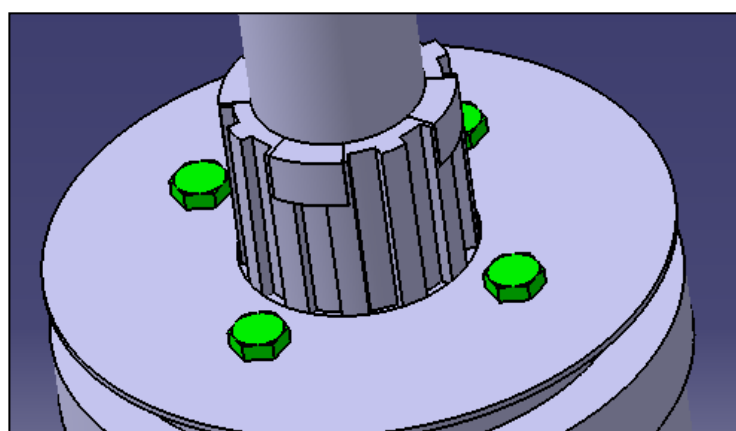


FIGURA 2.58. Transmissió del moviment de la connexió inferior

Per acabar, el disc motriu a la seva part inferior hi va un suport (34I), on hi va allotjat un rodament de boles 45/85/19 per facilitar i allargar la vida útil de l'eix extern.

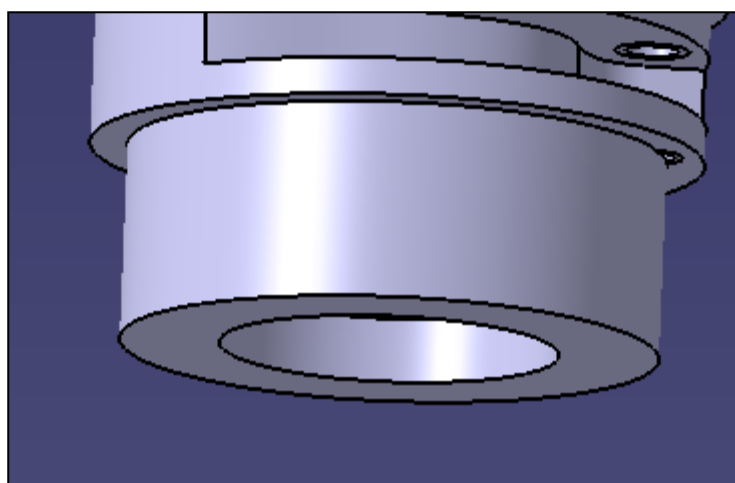


FIGURA 2.59. Suport inferior (34I)

2. Memòria

2.5.2.2.3. CONNEXIÓ SUPERIOR

La connexió superior està formada per una altra sèrie de peces. A la part inferior del disc motriu s'hi col·loca un suport (34S) que va ancorat a l'eix extern mitjançant un presoner M6 de longitud 35 mm(34).

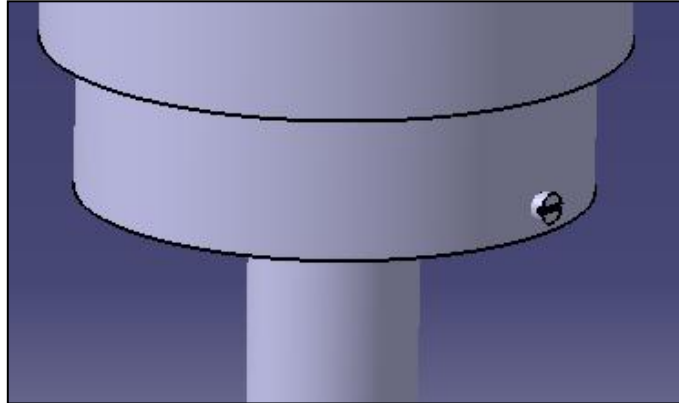


FIGURA 2.60. Fixació de la connexió superior i l'eix exterior

A la part superior del disc motriu, en canvi; s'hi col·loca un disc lliscant (12S), que quan el sistema està embregat, els tetons del disc motriu s'introdueixen dins. D'aquesta manera es transmet el moviment de rotació. A més, al disc lliscant superior és on van allotjats els rodaments superiors dels porta rodaments de l'embragatge.

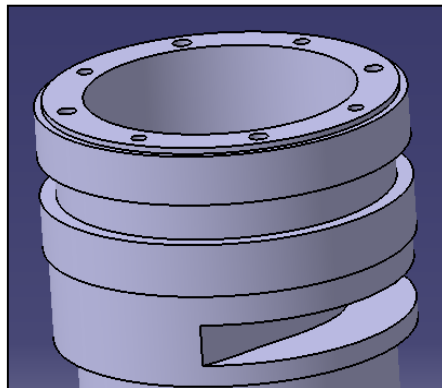


FIGURA 2.61. Disc lliscant superior (12S) i allotjament dels rodaments

Dins del disc lliscant superior s'introdueix un disc sincronitzador (28), mitjançant un estriat B. A la part superior de l'eix exterior s'introdueix al disc sincronitzador i aquest transmet el moviment.

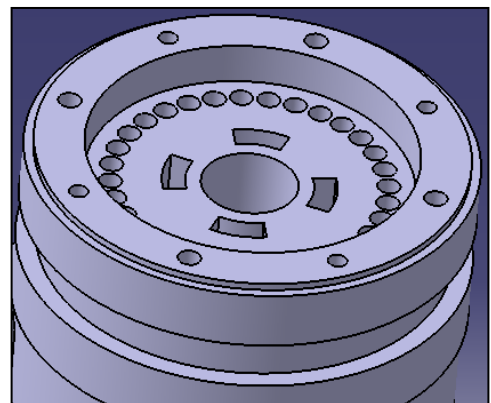


FIGURA 2.62. Situació del disc lliscant

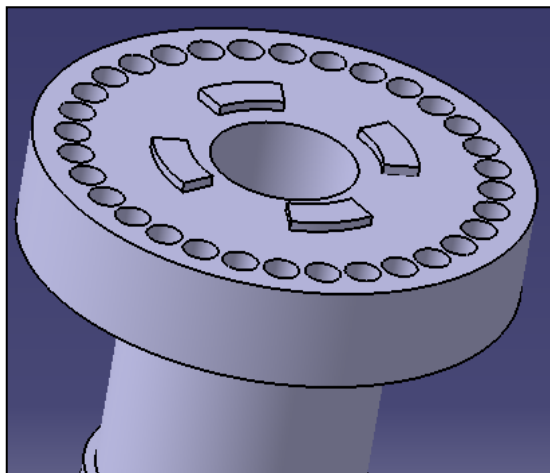


FIGURA 2.63. Transmissió del moviment de la connexió superior a l'eix intern

Mitjançant quatre cargols M6 i quatre passadors de diàmetre 4mm, s'ha col·locat una tapa (12S) sobre el disc lliscant. La tapa té un estriat E on s'introdueix l'eix intern que disposa del mateix estriat.

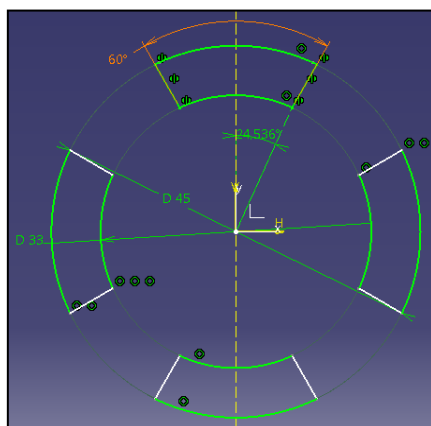


FIGURA 2.64. Estriat E

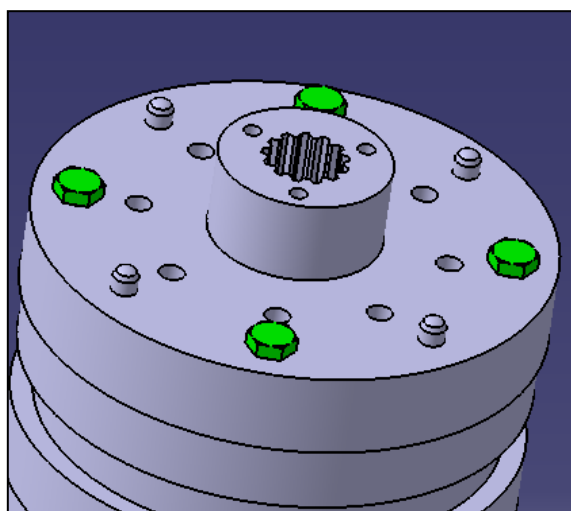


FIGURA 2.65. Tapa superior (12S)

2. Memòria

A la part superior de la tapa hi ha col·locat el disc sincronitzador de suport (28) que va unit mitjançant tres passadors roscats M5 de 35 mm de longitud. En aquesta peça també hi ha un estriat E per on s'introdueix l'eix intern.

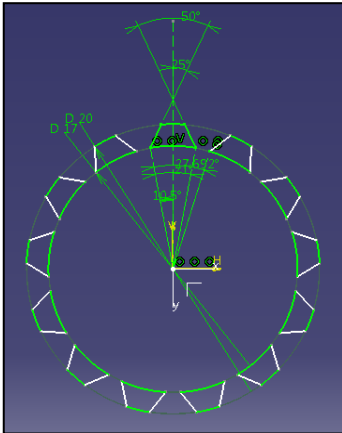


FIGURA 2.66. Estriat E

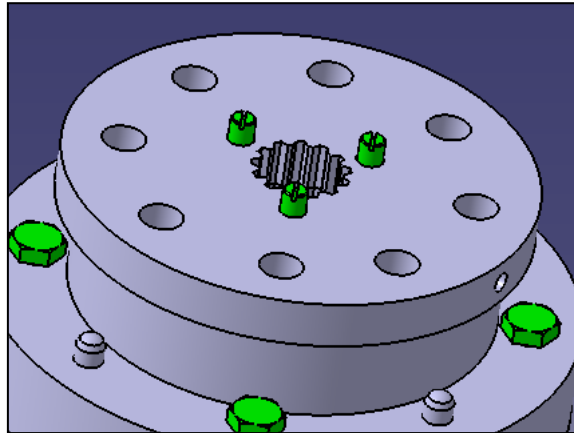


FIGURA 2.67. Disc sincronitzador de suport (28)

Al disc sincronitzador de suport s'hi introdueixen uns casquets sincronitzadors roscats M10 de 30 mm de longitud que van fixats mitjançant unes rosques M10. Dins s'hi introdueixen els punxons del sincronitzador. Si el sistema està embragat, el disc sincronitzador es troba en moviment.

Els punxons que travessen la tapa i el disc lliscant s'introdueixen en aquest disc sincronitzador i es transmet el moviment cap a la tapa i cap al disc sincronitzador de suport. D'aquesta manera, els tetons transmeten el moviment cap a l'eix interior.

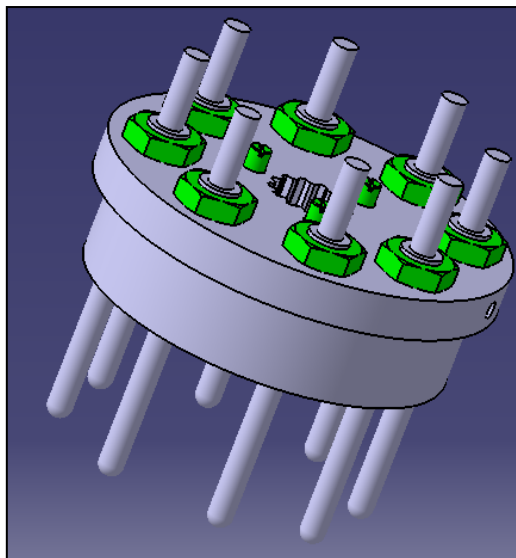


FIGURA 2.68. Casquets sincronitzadors i punxons

A la part superior del disc sincronitzador de suport un connector (31), unit mitjançant els mateixos tres passadors roscats que uneixen la tapa i el disc sincronitzador de suport.

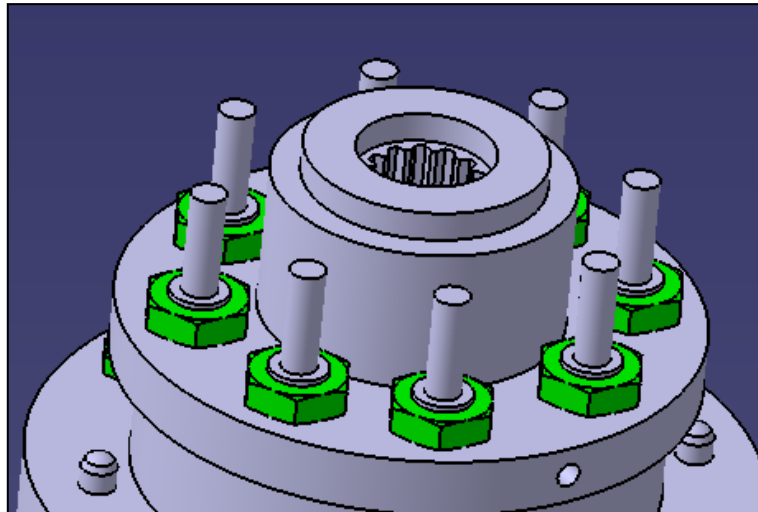


FIGURA 2.69. Tapa del disc sincronitzador

2.5.2.2.4. EIX INTERN

L'eix intern és l'eix que transmet el moviment fins la lira inferior del sistema de propulsió. Aquest rep el moviment de vaivé de la connexió superior, a la qual està unit mitjançant un estriat E.

2.5.2.2.5. EIX EXTERN

L'eix extern està format per dos eixos, el superior (15S) que està unit al disc sincronitzador superior mitjançant del estriat B, i l'inferior (15I) que està unit al disc lliscant inferior a través de l'estriat A. L'eix superior s'introdueix dins l'eix inferior fins l'estriat B. A l'hora que s'introdueix dins l'estriat B. La peça sobresurt de l'eix superior i d'aquesta forma queden units.

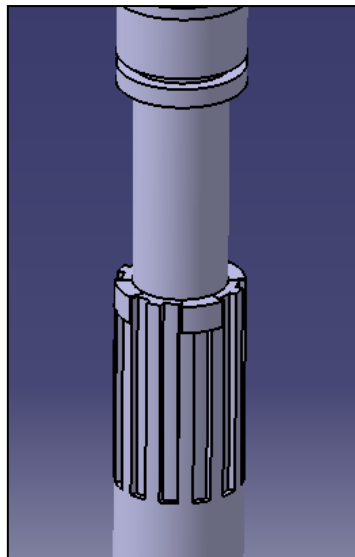


FIGURA 2.70. Unió de l'eix extern

2.5.2.2.6. VOLANT

El volant està format per un eix intern superior (26/1), el qual esta unit al connector (31) mitjançant l'estriat E que tenen tots dos en comú. A aquest eix se l'hi introdueix un coixinet mecànic de gir (26/3)

2. Memòria

amb un casquet de niló al seu interior. Aquest coixinet va ancorat a la barca. En la part inferior i superior d'aquest coixinet s'hi col·loca un anell de retenció (26/4) per mantenir-ho situat a l'eix intern superior. Aquests anells van fixats mitjançant uns cargols M5 de 8 mm de longitud. A la part superior de l'eix, la qual és quadrada, s'hi introdueix un volant.

La funció d'aquesta part és girar l'orientació de tot el sistema de propulsió, quan aquest no està embragat. Per realitzar aquesta operació, s'introdueix l'eix al connector i es gira el volant fins que s'hagi orientat el sistema de propulsió.

2.5.2.3. Sistema Propulsor

Si el sistema de connexió multidireccional es troba embragat, hi haurà transmissió del moviment de vaivé als eixos extern i intern. D'aquesta forma, el sistema de propulsió rebrà moviment.

Aquest sistema de propulsió conté una sèrie de mòduls: la lira superior, la lira inferior, el passacascos, el suport i la guia de l'extrem inferior.

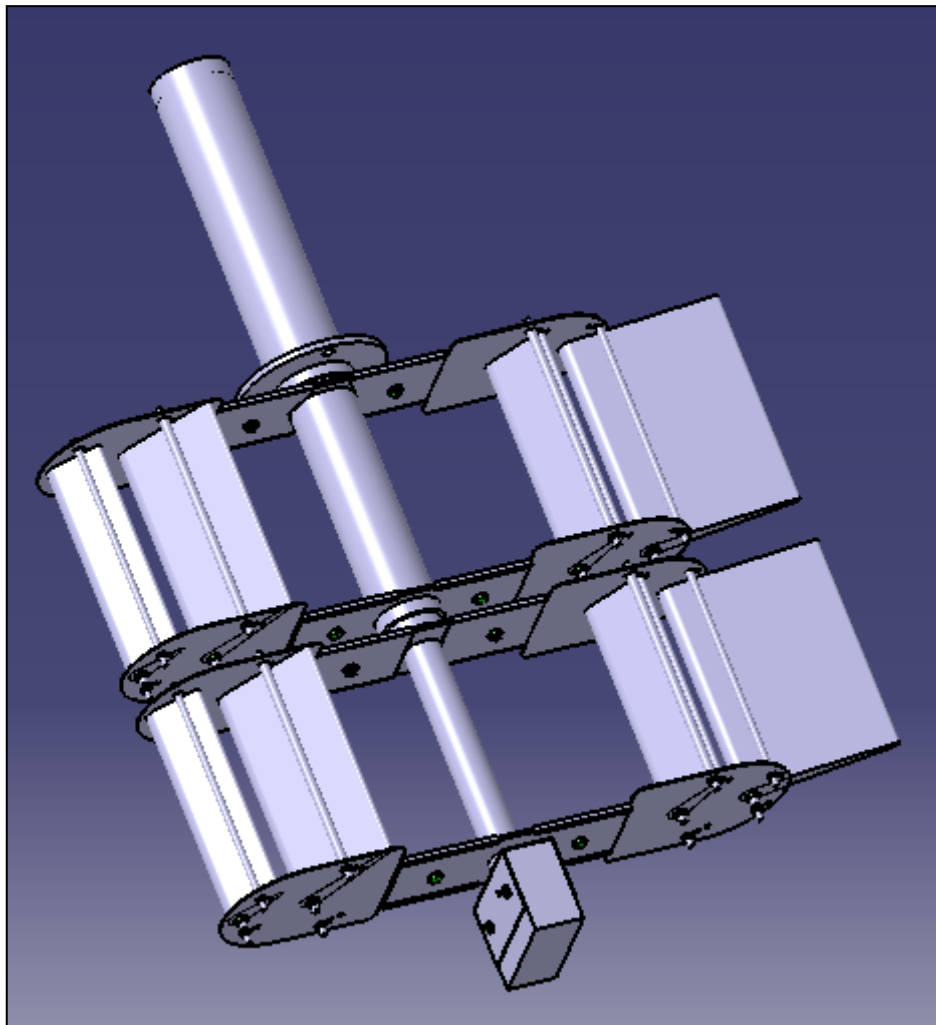


FIGURA 2.71. Sistema Propulsor

2.5.2.3.1. LIRA SUPERIOR

A la lira superior (18S) hi va introduït l'eix extern mitjançant la coincidència dels estriats que tenen les dues peces.

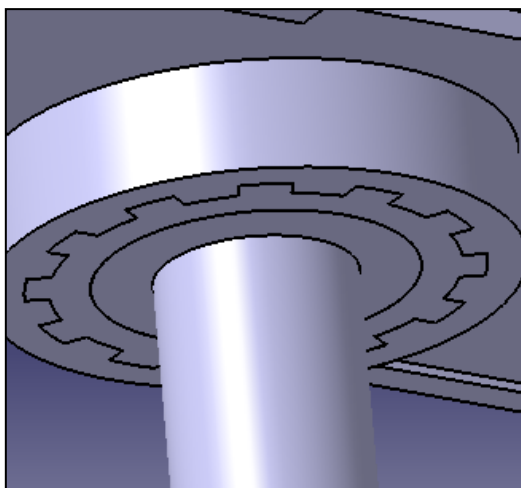


FIGURA 2.72. Unió de la lira superior (18S) amb l'eix interior

Del cos de la lira sobresurten, tant per la part superior com per la part inferior, unes plaques en les quals s'introdueixen les parts extraïbles (19) de la lira i queden unides entre elles amb cargols M6 de 10 mm de longitud i roscats amb una rosca M6.

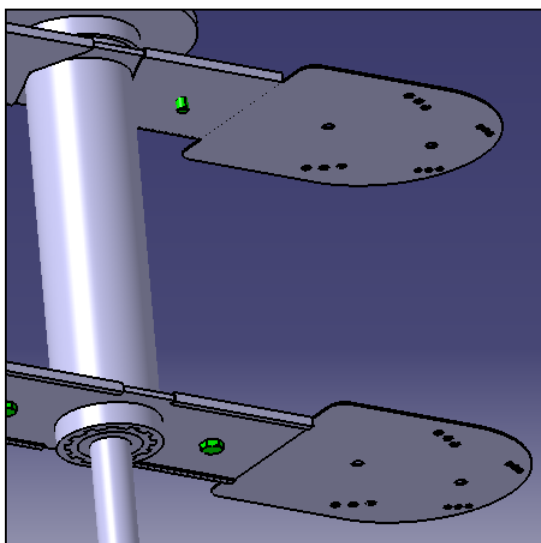


FIGURA 2.73. Plaques extraïbles de la lira (19)

A les parts extraïbles de la lira hi ha diversos forats que tenen la funció de modificar l'angle d'atac de les pales (α). En aquests forats s'hi introdueixen uns topalls (20), que són els encarregats de limitar l'angle α , tant en el cas de la pala de 60 mm de longitud com en la de 130 mm.

Aquestes barres estan formades per dues parts. La primera part s'anomena ànima i és un tub que va d'una part extraïble a l'altre. En canvi l'altre peça és una barra roscada que va introduïda dins de l'ànima i s'introdueix als forats que limiten l'angle α . Aquesta barra roscada es fixa pels seus extrems a les parts extraïbles mitjançant rosques. L'única variació d'aquestes peces a la pala de 60 mm i a la de 130 mm és el diàmetre de la barra roscada i de l'ànima. En el cas de la pala de 60mm s'utilitzen les rosques M5 i a la pala de 130 mm, unes rosques M4.

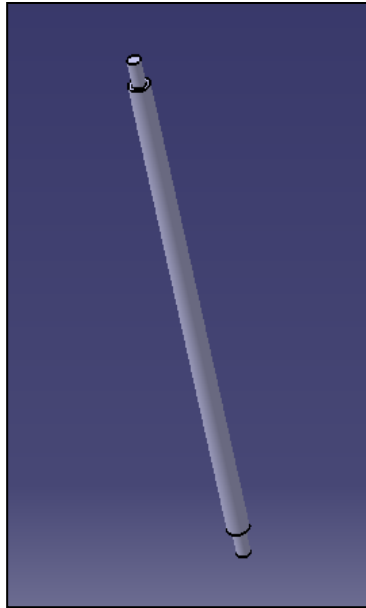


FIGURA 2.74. Topalls (20)

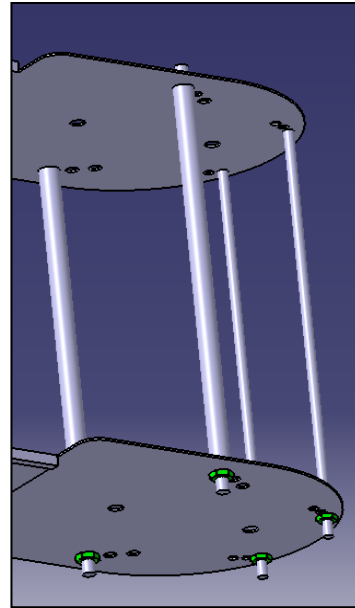


FIGURA 2.75. Situació dels topalls

També s'hi ha fixat els topalls de les pales de 90 mm i de 50 mm de longitud, els quals son els mateixos que els topalls per les pales de 130mm i de 60mm, respectivament.

Les pales (21) s'introdueixen entre les parts extraïbles de la lira a través d'uns eixos (22). Aquests eixos travessen les parts extraïbles de les lires i són fixats mitjançant rosques M6 als seus extrems.

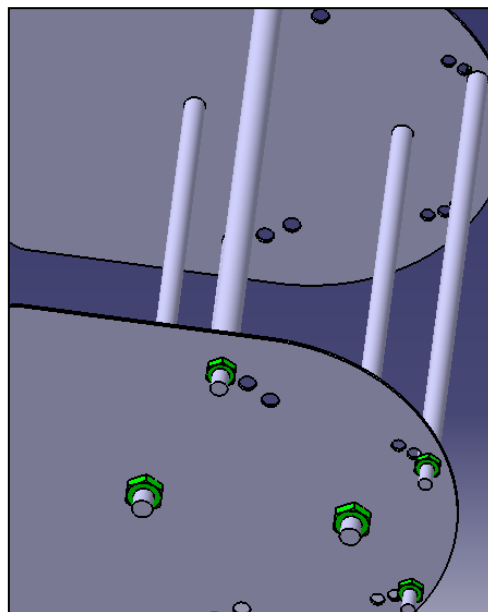


FIGURA 2.76. Eixos de les pales (22)

Les pales es situen entre els topalls, d'aquesta manera el moviment està limitat segons l'angle α que s'hagi fixat.

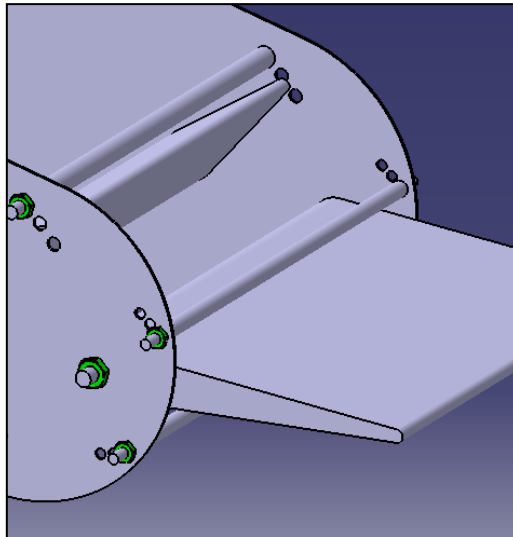


FIGURA 2.77. Pales (21)

A la unió entre la lira superior i l'eix extern i l'intern, es situa un coixinet de niló (18I/3). Així, els dos eixos segueixen mantenint la coincidència entre ells.

Per una altra banda, per separar la lira inferior y superior, s'instal·la un separador de niló (18I/2), així no hi haurà cap tipus d'interferència quan aquestes es troben en moviment.

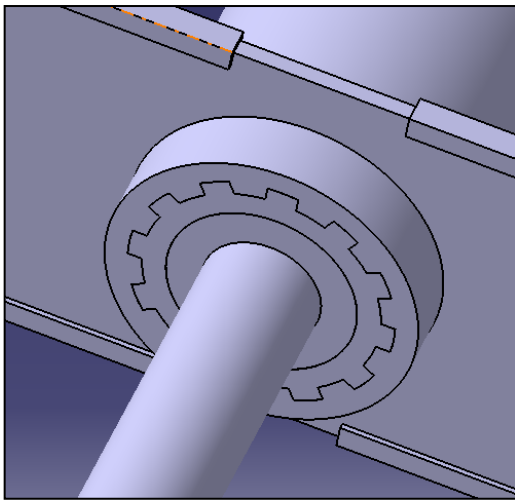


FIGURA 2.78. Unió de l'eix intern i la lira superior (18S)

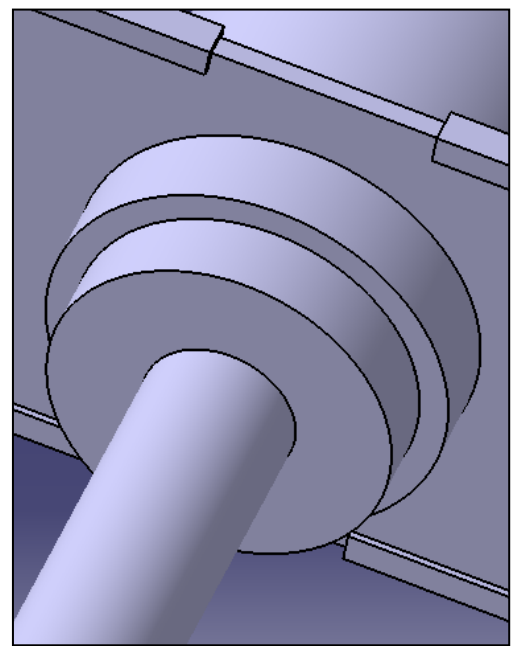


FIGURA 2.79. Separador de la lira inferior (18I) i la superior

2.5.2.3.2. LIRA INFERIOR

La lira inferior (18I) consta de les mateixes peces que la lira superior (18S): les pales, els topalls i els eixos de les pales. L'única diferència són les parts extraïbles de la lira, que només varia la part que s'introdueix al cos de la lira inferior.

2. Memòria

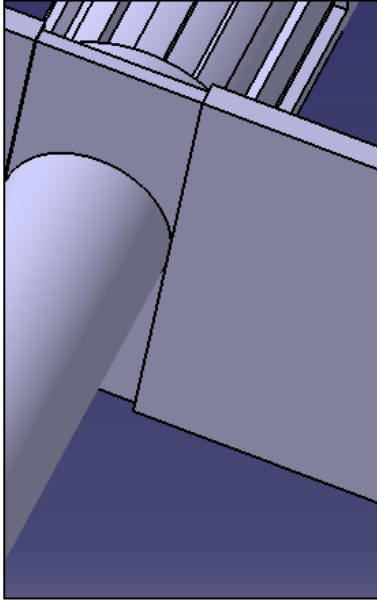


FIGURA 2.80. Part extraïble inferior



FIGURA 2.81. Part extraïble superior

La lira inferior s'introdueix a l'eix intern i giren solidaris gràcies a l'estriat que tenen totes dues parts. Gràcies a aquest estriat la transmissió de moviment es possible.

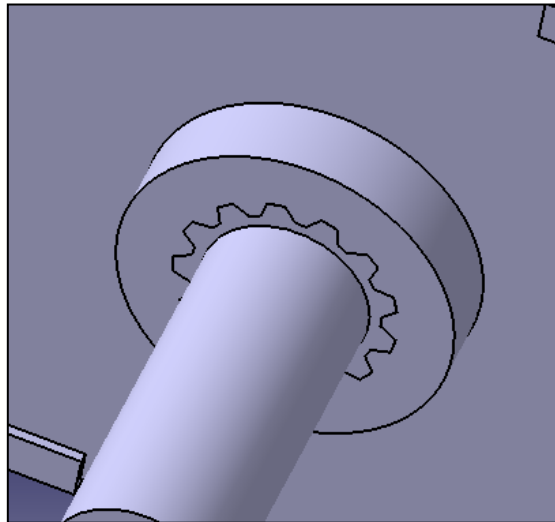


FIGURA 2.82. Unió entre l'eix intern i la lira inferior

Justament a la part inferior de la lira inferior hi ha col·locat un separador de niló, que permetrà que la lira inferior i la quilla no s'uneixin.

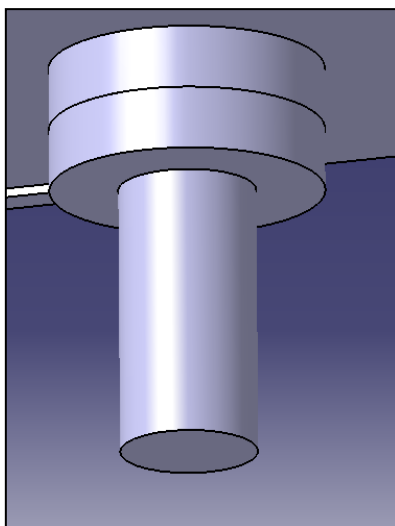


FIGURA 2.83. Separador de niló, lira inferior i quilla

2.5.2.3.3. PASSACASCOS

El passacascos va introduït entre la lira superior i el suport inferior de la connexió inferior del sistema de connexió multidireccional, i té la funció d'evitar l'entrada d'aigua a la connexió inferior. A més, per augmentar la seguretat s'hi ha introduït un reté.

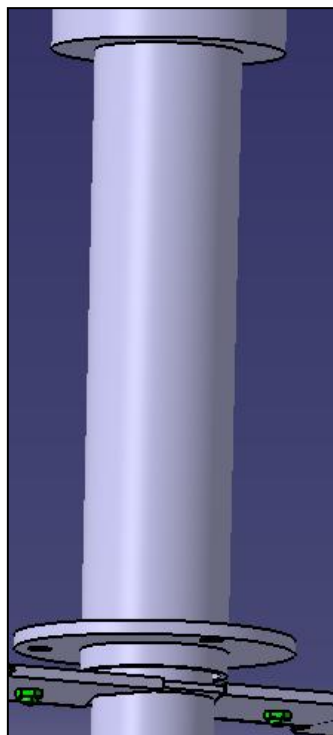


FIGURA 2.84. Passacascos

2.5.2.3.4. SUPORT I GUIA EXTREM INFERIOR

A la part inferior del sistema de propulsió hi trobem el suport - guia extrem inferior, la que va situada al final de l'eix interior.

2. Memòria

A la quilla, s'hi ha col·locat una xapa en forma de U que l'envolta i està unida amb dos cargols M5 de 50mm de longitud.

A la part inferior de l'eix intern s'hi col·loca un casquet inoxidable que va soldat a la xapa esmentada de la quilla. A més, entre el casquet i la quilla s'hi ha introduït una grassa de lubricant, tot i que en aquest extrem del eix pateix relativament poc, en sentit lateral.

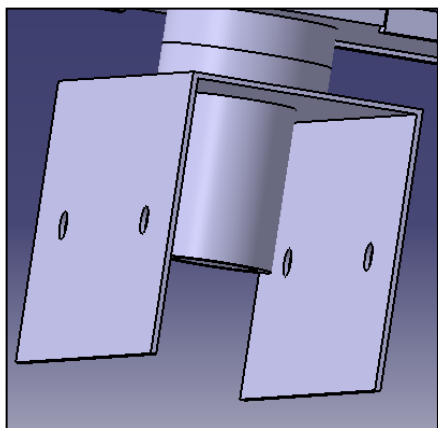


FIGURA 2.85. Xapa en forma de U que envolta la quilla

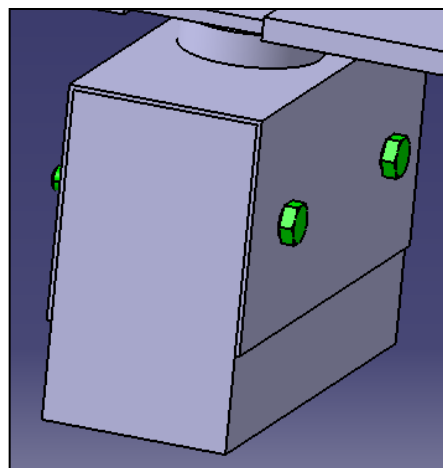


FIGURA 2.86. La quilla

2.5.3. Muntatge del model

El Sistema motriu i el Sistema de connexió multidireccional estan units mitjançant una sèrie de bieles, la superior i la inferior. Cada una de les bieles, que estan col·locades als seus respectius bolons, van connectades a les connexions superior i inferior del Sistema de connexió multidireccional.

A la part del disc boló, aquestes bieles van introduïdes a un boló. Entre aquests dos elements s'hi col·loca un rodament d'agulles. Els rodaments d'agulles són rodaments amb rodets cilíndrics, llargs i fins en relació al seu diàmetre. Són ideals en situacions que no hi ha suficient espai per col·locar un altre tipus de rodaments fixos, com es dona en el nostre cas. També són adequats per suportar grans cargues i altes velocitats.

Situant el rodament d'agulles, tenim el boló i la biela unides, però per tal que aquesta no surti, s'hi ha col·locat un tancament superior, el qual unirà el boló i la biela. Aquest tancament va unit mitjançant un cargol M6 d'una longitud de 18 mm i un tetó antiafluixament d'un diàmetre de 3 mm i de 13mm de longitud.

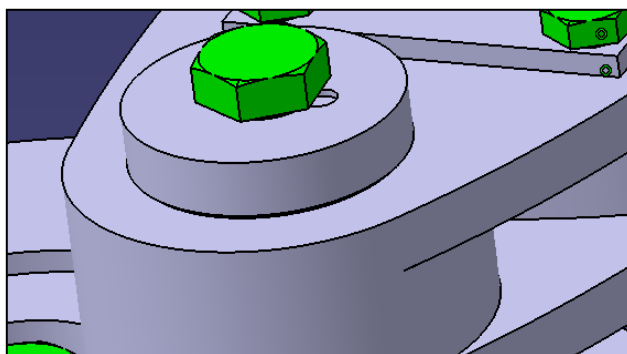


FIGURA 2.87. Tancament superior de la biela

Aquest tancament deixa una folgança d'uns 0,5 mm entre la biela.

Per l'altra banda, la unió de la biela amb el Sistema de connexió multidireccional és diferent, ja que la biela s'introdueix en un eix que s'allotja en el disc motriu. Entre aquest eix i la biela s'hi introdueix un rodament d'agulles, pel mateix motiu que la unió de la biela i el boló, ja que no disposem de suficient espai per introduir un altre tipus de rodament. A més l'eix en el qual va introduït la biela no va directament introduït al disc motriu, si no que hi ha uns coixinets d'acer a la part superior i inferior, els quals estan trempats per obtenir una major duresa i tenir una major resistència a les deformacions permanents als que poden ser sotmesos.

Aquests tipus d'unió de bieles amb el Sistema de connexió multidireccional, es dona tant en la connexió inferior com en la superior.

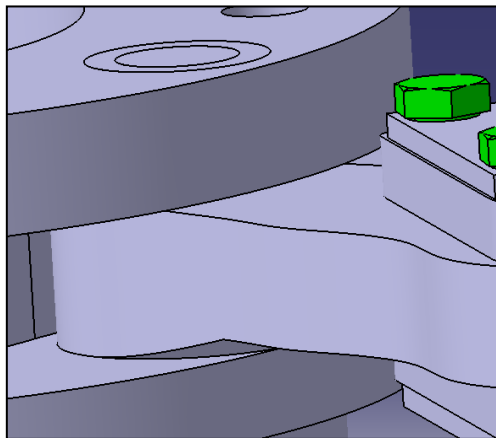


FIGURA 2.88. Unió entre la biela i el disc motriu

Una altra unió seria entre el Sistema de connexió multidireccional i el Sistema de propulsió. Aquests estan units mitjançant l'eix exterior i interior, els quals van units a les lires superior i inferior respectivament mitjançant els estriats que tenen totes dues parts.

Per acabar, el SPM va ancorat en varis punts del llagut, pels seus diferents sistemes. En el cas del Sistema motriu, el punt d'ancoratge amb la barca i que realitza de bancada, és el cos principal d'aquest.

Pel que fa al Sistema de connexió multidireccional te varis punts d'ancoratge. L'embragatge està unit al llagut a través de la barra de la creueta. L'altre punt d'ancoratge d'aquest sistema es realitza a través del passacascos, el qual esta allotjat a la part inferior del suport de la connexió inferior. El passacascos va unit al llagut mitjançant tres cargols M12 que el travessen i el deixen fix.

Finalment, l'últim punt d'ancoratge del SPM es troba al sistema propulsor; a la guia de l'extrem inferior i la quilla. Aquesta par s'introdueix directament a l'allotjament que té el llagut i d'aquesta manera queda tot el sistema de propulsió centrat.

2.5.4. Renderitzat

El renderitzat es tracta de posar el material corresponent a cada una de les peces. Aquest procés és un dels últims a realitzar durant el procés de disseny del sistema.

Cada color correspon a un material:

- Vermell: PVC
- Gris clar: Alumini
- Gris fosc: Acer
- Gris molt fosc: Niló
- Semblant a marró: Bronze
- Color blau: Fusta IPÉ pintada

2. Memòria



FIGURA 2.89. Renderitzat del SPM

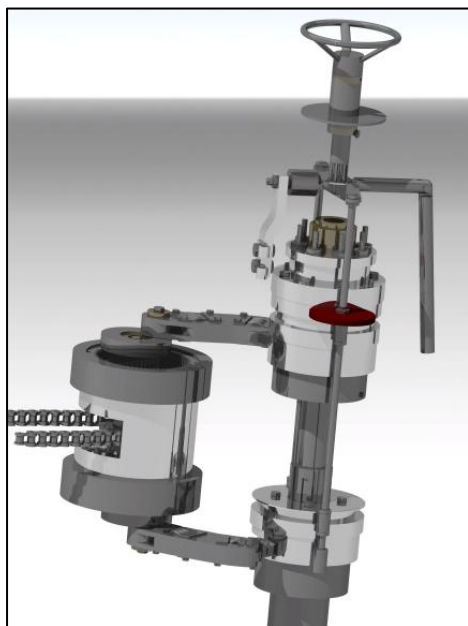


FIGURA 2.90. Sistema Connexió Multi-renderitzada

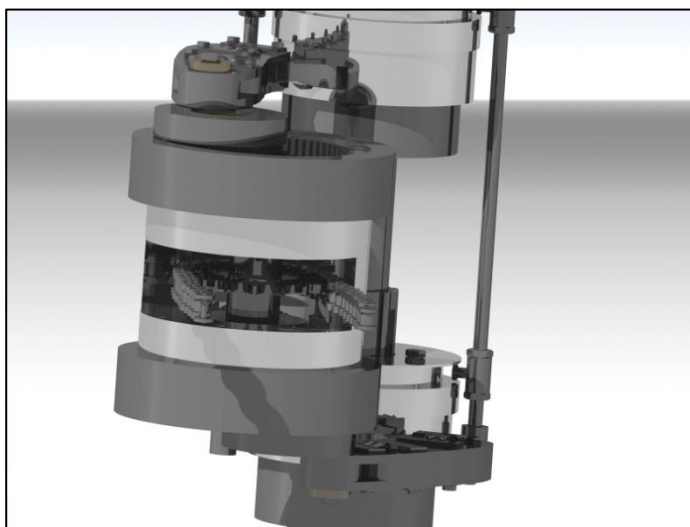


FIGURA 2.91. Sistema motriu renderitzat

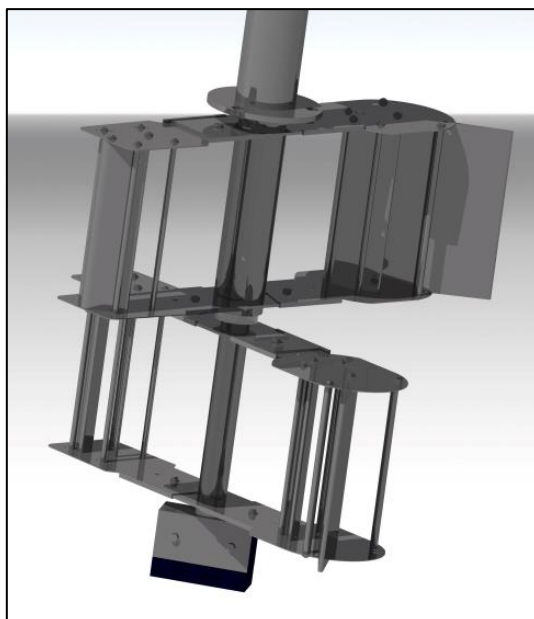


FIGURA 2.92. Sistema propulsor renderitzat

2.5.5. Creació de l'entorn

Mitjançant el programa Catia V5 R20, s'han creat escenes per situar el SPM instal·lat al llagut dins del seu entorn habitual; en alta mar.



FIGURA 2.93. Llagut navegant

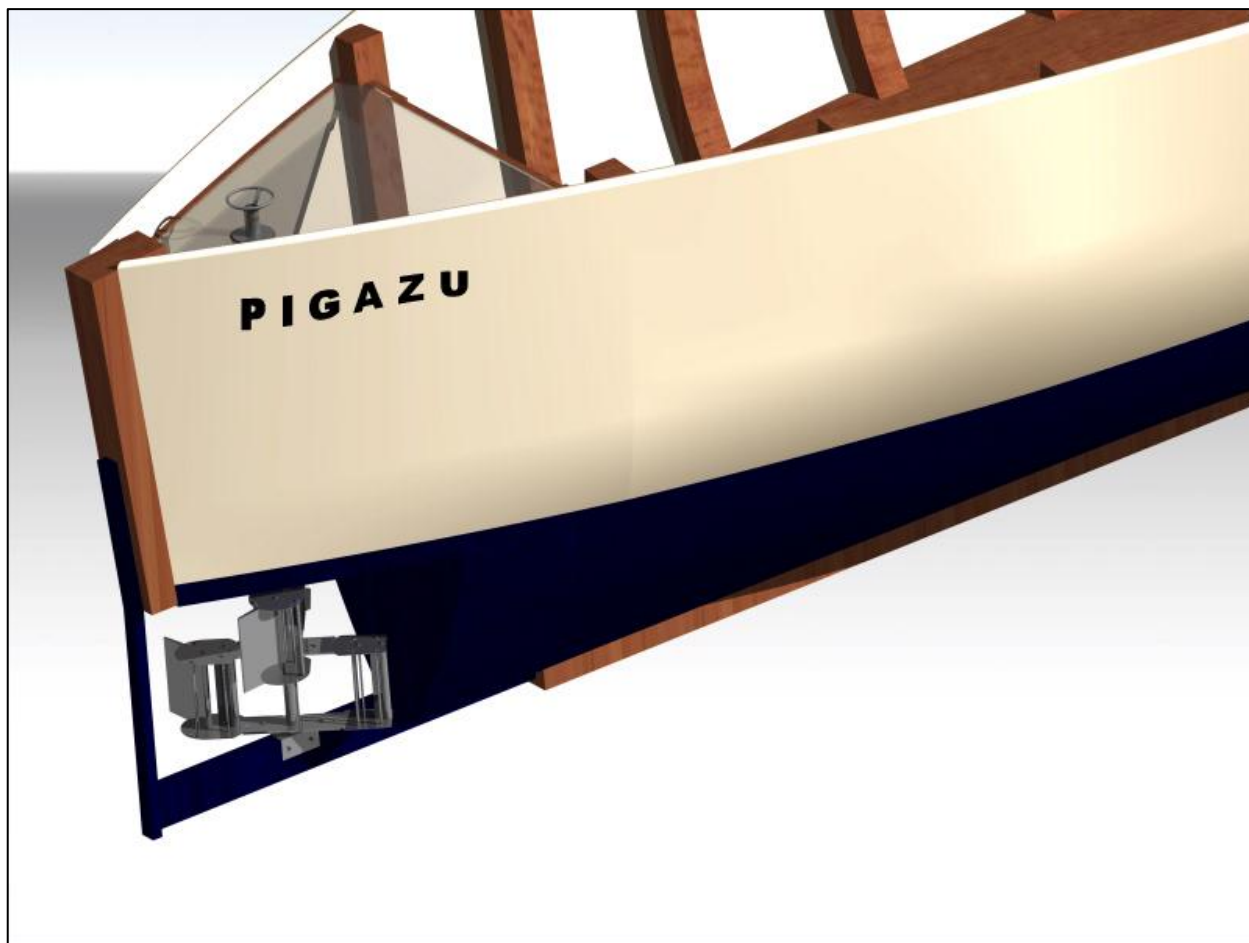


FIGURA 2.94. Detall del SPM instal·lat al llagut



FIGURA 2.95. Destall de la vista superior del SPM instal·lat al llagut

2.6. Materials

El SPM està realitzat de diversos materials que varien segons la seva funció al sistema. En general, els materials que s'han utilitzat són: l'acer 1015, l'acer 52100, l'acer inoxidable 316, l'acer 02, l'acer 6150, l'alumini 2030, l'acer cementat, el bronze E884, el Niló, el PVC i la fusta IPÉ. Les nomenclatures dels acers són segons la normativa AISI/SAE (veure glossari).

Segons les característiques de cada material s'ha elegit el material més adient per a cada peça de cada mòdul del SPM.

A les següents taules es pot veure més específicament cada peça del SPM de quin material ha estat construït.

Sistema Motriu	
Peça	Material
Semi eix Inferior	Acer 1015
Semi eix Superior	Acer 1015
Roda dentada	Acer cementat
Anell separador	Acer inoxidable 316
Cos Superior	Alumini 2030
Cos Inferior	Alumini 2030
Corona dentada	Acer 02
Suport del Sistema Motriu	Acer 1015
Disc boló	Acer 1015
Boló	Acer 52100
Engranatge Satèl·lit	Acer 02
Tancament del disc	Bronze fosforós
Eix del disc del boló	Acer 1015
Biela mascle	Acer inoxidable 316
Biela femella	Acer inoxidable 316
Tapes bieles	Acer inoxidable 316
Molles	Acer 6150

Taula 2.1. Materials del Sistema Motriu

Sistema de Connexió Multidireccional	
Peça	Material
Disc Motriu	Alumini 2030
Disc Lliscant Inferior	Alumini 2030
Disc lliscant suplement inferior	Acer inoxidable 316
Suport inferior	Acer 1015
Eix unió disc motriu	Acer inoxidable 316
Tetó	Acer 52100
Coixinet superior trempat	Acer 02
Coixinet inferior trempat	Acer 02
Barra Desembragatge	Acer inoxidable 316

2. Memòria

Porta rodaments	Acer inoxidable 316
Frontissa	Acer inoxidable 316
Barra - Embragatge	Acer inoxidable 316
Creueta	Acer inoxidable 316
Casquets Barra 24/2	Acer 1015
Subjectador Radial	PVC
Barra Frontissa	Alumini 2030
Disc motriu	Alumini 2030
Disc Sincronitzador	Bronze fosforós
Disc Sincronitzador (suport)	Alumini 2030
Suport Superior	Acer 1015
Punxo sincronitzador	Acer inoxidable 316
Casquet sincronitzador	Acer 1015
Cos disc lliscant superior	Alumini 2030
Tapa Disc lliscant	Alumini 2030
Mecanisme de gir	Bronze fosforós
Tetó	Acer 52100
Coixinet superior trempat	Acer 02
Coixinet inferior trempat	Acer 02
Passacascos	Acer inoxidable 316
Eix extern superior	Acer inoxidable 316
Eix extern inferior	Acer inoxidable 316
Eix interior	Acer inoxidable 316
Eix intern superior	Acer inoxidable 316
Coixinet Mecànic	Acer inoxidable 316
Anell de retenció	Bronze fosforós
Casquet de niló	Niló

TAULA 2.2. Materials Sistema de connexió multidireccional

Sistema Propulsor	
Peça	Material
Cos de la lira Inferior	Acer inoxidable 316
Part extraïble	Acer inoxidable 316
Barra Topalls	Acer inoxidable 316
Tub Topalls	Acer inoxidable 316
Eix pales	Acer inoxidable 316
Pales	Acer inoxidable 316
Separador 18I/1	Niló
Separador 18I/2	Niló
Eix interior coixinet	Niló
Casquet	Acer inoxidable 316
Xapa Inoxidable	Acer inoxidable 316
Quilla	Fusta IPÉ

TAULA 2.3. Materials Sistema Propulsor

2.6.1. Acer 1015

L'acer 1015 (F111) és un acer que va molt bé ser soldar, embotir o plegar. Aquest tipus d'acer és el que es sotmet a tractaments per arribar a obtenir un acer cementat (veure punt 2.6.4).

Normalment s'aplica en parts que exigeixen una bona ductilitat i tenacitat, como poden ser cargols, passadors, eixos i elements de màquines en els quals interressi que tinguin una bona resistència i una gran tenacitat.

	Acer 1015
Densitat (g·cm³)	7,85
Mòdul Elàstic (GPa)	190
Coef. Poisson	0,285
Límit Elàstic (MPa)	250
Coef. Expansió (µm/m°C)	16,5
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	130 - 170

TAULA 2.4. Propietats de l'Acer 1015

2.6.2. Acer 52100

L'acer 52100 (F131) pertany al grup dels acers aliats de gran resistència. Aquest tipus d'acer és molt resistent al desgast degut al seu alt contingut de carboni nominal 1,02%. Per aquest motiu, aquest material és especial per a la fabricació de rodaments o per a peces que requereixin una alta duresa i resistència al desgast.

	Acer 52100
Densitat (g·cm³)	7,81
Mòdul Elàstic (GPa)	210
Coef. Poisson	0,3
Límit Elàstic (MPa)	1034
Coef. Expansió (µm/m°C)	16,5
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	207

TAULA 2.5. Propietats de l'Acer 52100

2.6.3. Acer 02

L'acer 02 (F5229) conté un alt contingut en Manganès (Mn = 2%) i és de baix aliatge. Com a característiques importants hi ha la bona resistència al tall, l'alta resistència a la fisuració, la resistència al desgast i el bon comportament a la trempabilitat. A més, és un acer que es caracteritza per donar una alta duresa superficial després del trempat.

	Acer 02
Densitat (g·cm³)	7,66
Mòdul Elàstic (GPa)	190
Coef. Poisson	0,285
Límit Elàstic (MPa)	1158
Coef. Expansió (µm/m°C)	11,2
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	229

TAULA 2.6. Propietats de l'Acer 02

2.6.4. Acer cementat

L'acer cementat, és un acer de baixa quantitat de carboni al qual se li ha realitzat un tractament tèrmic anomenat cementació. Durant aquest tractament se li aporta una certa quantitat de carboni addicional a la superfície mitjançant el sistema de difusió.

Quan aquest acer se li ha realitzat aquest tractament, s'obté un acer que té una superfície de gran duresa, resistència al desgast i amb una bona tenacitat al seu nucli. Degut a aquesta bona tenacitat, l'acer absorbeix gran quantitat d'energia abans d'arribar a la ruptura total.

	Acer Cementat
Densitat (g·cm ³)	7,8
Mòdul Elàstic (GPa)	200
Coef. Poisson	0,24
Límit Elàstic (MPa)	515
Coef. Expansió (µm/m°C)	10,3
Duresa Brinell HB (Kg/mm ²)	205

TAULA 2.7. Propietats de l'Acer Cementat

2.6.5. Acer inoxidable 316

L'acer inoxidable 316 (F316) és un acer el qual se li ha addicionat una proporció de molibdè (MO) del 2% al 3% que li dona una millora de les propietats anticorrosives front a molts tipus de corrosius químics i atmosferes marines; que en el nostre cas és una característica molt important a tenir en compte.

Aquesta característica anticorrosiva es dona si no es superen els 870 °C. Per sota i per sobre de l'interval de temperatures de 420 – 860°C, l'acer inoxidable 316, té molt bon comportament. A més, presenta una bones condicions de soldabilitat i es recomana realitzar un reveniment posterior amb l'objectiu d'obtenir la més alta resistència a la corrosió.

	Acer Inoxidable 316
Densitat (g·cm ³)	8
Mòdul Elàstic (GPa)	193
Coef. Poisson	0,285
Límit Elàstic (MPa)	241
Coef. Expansió (µm/m°C)	15,9
Duresa Brinell HB (Kg/mm ²)	150

TAULA 2.8. Propietats de l'Acer Inoxidable 316

2.6.6. Acer 6150

L'acer 6150 (F1430) és un acer al Crom – Vanadi i és l'acer estàndard utilitzat per a la realització de molles que han suportar cargues elevades. Aquest acer ofereix una bona resistència al desgast.

	Acer 6150
Densitat (g·cm³)	7,75
Mòdul Elàstic (GPa)	201
Coef. Poisson	0,285
Límit Elàstic (MPa)	1165
Coef. Expansió (µm/m°C)	16,5
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	269

TAULA 2.9. Propietats de l'Acer Inoxidable 6145

2.6.7. Alumini 2030

L'alumini 2030 (L3121) s'utilitza bàsicament per la seva alta mecanibilitat. Aquest material té una característica que el diferencia de la resta d'aluminis, té una baixa dilatació. D'aquesta manera no es produeixen grans variacions en les seves dimensions al quan es sotmet a altes temperatures.

A aquestes altes temperatures, normalment hi arriba degut a la fricció que es produeix quan es mecanitza mitjançant un tornejat; que és el procés de fabricació més utilitzat amb aquest material. El procés de tornejat s'ha de realitzar a grans velocitats i amb un despeniment d'encenalls excel·lent per tal d'assegurar un bon acabat a la peça.

	Alumini 2030
Densitat (g·cm³)	2,82
Mòdul Elàstic (GPa)	73
Coef. Poisson	0,33
Límit Elàstic (MPa)	452
Coef. Expansió (µm/m°C)	23,2
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	110

TAULA 2.10. Propietats de l'Alumini 2030

2.6.8. Bronze fosforós

El bronze fosforós o bronze estàndard 884, té unes característiques físiques excel·lents, una gran mecanibilitat i una gran resistència a les tensions i als esforços.

	Bronze fosforós
Densitat (g·cm³)	8,9
Mòdul Elàstic (GPa)	90
Coef. Poisson	0,33
Límit Elàstic (MPa)	400
Coef. Expansió (µm/m°C)	17
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	80 - 225

TAULA 2.11. Propietats del Bronze Fosforós

2.6.9. PVC

El PVC (Policlorur de vinil) és un tipus de polímer termoplàstic. Les principals propietats d'aquest material són la dilatació i l'esforç mínim que té a la deformació.

2. Memòria

	PVC
Densitat (g·cm³)	1,45
Mòdul Elàstic (GPa)	0,709
Coef. Poisson	0,41
Límit Elàstic (MPa)	40
Coef. Expansió (µm/m°C)	70
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	55,4

TAULA 2.12. Propietats del Bronze Fosforós

2.6.10. Niló

El niló és un polímer sintètic que pertany al grup de les poliamides. Aquest material s'utilitza en aquells llocs on es requereixen que hi hagi una alta tenacitat, una alta rigidesa i una bona resistència a l'abració i al calor. La gran qualitat positiva que té el niló és que freqüentment pot funcionar sense cap tipus de lubricació.

	Niló
Densitat (g·cm³)	1,06
Mòdul Elàstic (GPa)	1,77
Coef. Poisson	0,39
Límit Elàstic (MPa)	68,4
Coef. Expansió (µm/m°C)	82,2
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	70 - 160

TAULA 2.13. Propietats del Bronze Fosforós

2.6.11. Fusta IPÉ

La fusta utilitzada per la fabricació de la quilla, ha de ser una fusta que pugui estar submergida i en unes condicions com les que són les de l'aigua del mar. En aquest cas s'utilitza la fusta del tipus IPÉ que té una gran resistència amb el contacte amb l'aigua i sobretot la del mar.

	Fusta IPÉ
Densitat (g·cm³)	1,05
Mòdul Elàstic (GPa)	1,96
Coef. Poisson	0,45
Límit Elàstic (MPa)	50
Coef. Expansió (µm/m°C)	29
Duresa Brinell HB (Kg/mm²)	5

TAULA 2.14. Propietats de la fusta IPÉ

2.7. Procés de fabricació

2.7.1. Processos utilitzats per la fabricació del SPM

A la següent taula es poden veure els diferents processos que s'utilitzen per la fabricació de les peces de tot el sistema de propulsió multidireccional.

PECES SISTEMA MOTRIU	Tornejat	Foradat	Electroerosió	Tall per fil	Fresat	Soldadura TIG	Rosca interna
Anell separador	✓						
Biela femella	✓	✓		✓			
Biela mascle	✓	✓		✓			
Boló	✓						✓
Corona dentada directriu	✓			✓			
Cos inferior	✓	✓					
Cos superior	✓	✓					
Disc Boló	✓						✓
Eix del Disc Boló	✓						✓
Engranatge satèl·lit	✓			✓			
Passador de la Biela	✓						
Roda dentada	✓			✓			
Semieix inferior	✓		✓				
Semieix superior	✓		✓				
Suport del Sistema Motriu	✓						
Tancament de la Biela	✓	✓					
Tancament del Disc	✓						
Tapa extraïble	✓	✓					

TAULA 2.15. Processos de fabricació de les peces del Sistema Motriu

PECES CONNEXIÓ MULTIDIRECCIONAL	Tornejat	Foradat	Electroerosió	Tall per fil	Fresat	Soldadura TIG	Rosca interna
Anell de retenció	✓				✓		
Barra de la frontissa	✓						✓
Barra de desembragatge	✓						
Barra encastada	✓						
Casquets de la barra 24/2	✓	✓					
Casquet de niló	✓						
Casquet sincronitzador	✓				✓		
Casquets trempats	✓	✓					
Coixinet mecànic de gir	✓	✓				✓	
Creueta	✓	✓				✓	✓
Disc lliscant superior	✓	✓					✓
Disc lliscant inferior	✓	✓					✓
Disc lliscant inf. (suplement)	✓	✓					
Disc motriu	✓						✓
Disc sincronitzador	✓	✓					
Disc sincronitzador (suport)	✓						✓
Eix extern inferior	✓						
Eix extern superior	✓						

2. Memòria

Eix intern	✓				✓		
Eix intern superior	✓						
Eix unió	✓						
Mecanisme de gir connector	✓	✓	✓				
Passacascos	✓	✓				✓	
Presoner	✓						
Portarodaments	✓	✓					
Punxó sincronitzador	✓						
Subjectador radial barra 24/2	✓						
Suport inferior	✓						
Suport superior	✓						✓
Tapa Disc lliscant superior	✓	✓	✓				✓
Tetó	✓						
Volant	✓					✓	

TAULA 2.16. Processos de fabricació de les peces de la Connexió Mutidireccional

PECES SISTEMA PROPULSIÓ	Tornejat	Foradat	Electroerosió	Tall per fil	Fresat	Soldadura TIG	Rosca interna
Barra roscada M4	✓						
Barra roscada M5	✓						
Casquet inoxidable	✓	✓					
Cos de la lira inferior	✓	✓				✓	
Cos de la lira superior	✓	✓				✓	
Eix interior del coixinet	✓	✓					
Eix de les pales	✓						
Extraïble inferior de la Popa	✓	✓					
Extraïble inferior de la Proa	✓	✓					
Extraïble superior de la Popa	✓	✓					
Extraïble superior de la Proa	✓	✓					
Pala de 50 mm	✓						
Pala de 60 mm	✓						
Pala de 90 mm	✓						
Pala de 130 mm	✓						
Quilla	✓						
Separador 18I-1	✓	✓					
Separador 18I-2	✓	✓					
Tub D4-6	✓	✓					
Tub D5-8	✓	✓					
Xapa inoxidable	✓	✓					

TAULA 2.17. Processos de fabricació de les peces del Sistema Propulsor

Tot i així, hi ha algunes peces que són comercial i per tant, ja s'han obtingut directament del mercat i no

s'han sotmès a cap canvi de forma. A la següent taula es mostren aquestes peces.

Peces comercials
Molles (4 unitats)
Presoners del Boló (2 unitats)
Tetons antiafluixament (4 unitats)
Cargols hexagonals (25 unitats)
Femelles hexagonals (83 unitats)
Passador (16 unitats)
Passadors roscats (3 unitats)
Rodaments de boles (8 unitats)
Rodaments d'agulles (10 unitats)
Anell de retenció (1 unitat)

TAULA 2.18. Llista de les peces comercials

2.7.1.1. Generació d'engranatges

Els engranatges son rodes amb dents que encaixen i permeten transmetre el moviment o la potencia d'un arbre a un altre, podent ser paral·lels, concurrents o encreuats. Normalment els engranatges o la gran majoria d'ells, es realitzen per extrusió, per troquelat o mitjançant motlles.

Aquest mecanitzat permet obtenir qualsevol tipus d'engranatge en totes les dimensions desitjades i amb la precisió que es fabrica és la suficient per la majoria d'aplicacions, incloent les transmissions dels automòbils.

Pel que fa al cas de l'engranatge satèl·lit del sistema motriu; tan sols se li fa un tornejat perquè només es modifiquen algunes parts d'un engranatge comercial.

2.7.2. Tipus de processos de fabricació

2.7.2.1. Tornejat

El tornejat és una operació de mecanitzat que s'utilitza molt per generar superfícies de revolució, com les formes cilíndriques i les còniques externes.

El moviment de l'eina és un moviment d'avanç; és a dir, realitza un moviment de desplaçament, mentre que la peça va girant en direcció al moviment de tall. Per tant, el moviment de penetració i l'arrencada d'encenalls el fa l'eina.

La màquina utilitzada per aquest tipus de procés de fabricació s'anomena torn. A l'actualitat, de torns n'hi ha de varis tipus però el més utilitzat i els que s'usa per a la fabricació de les peces del SPM; és el torn horitzontal.

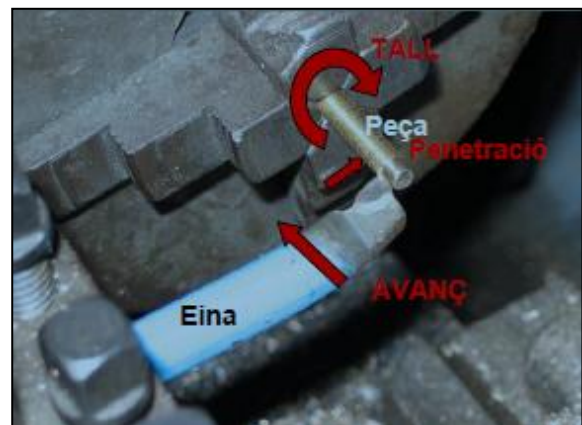


FIGURA 2.96. Moviment de l'eina i la peça en un torn

El torn és una de les màquines que pot realitzar més processos de fabricació depenent la posició de l'eina

2. Memòria

i de la peça. A la figura 2.X. es mostren varis exemples d'aquestes diferents posicions.

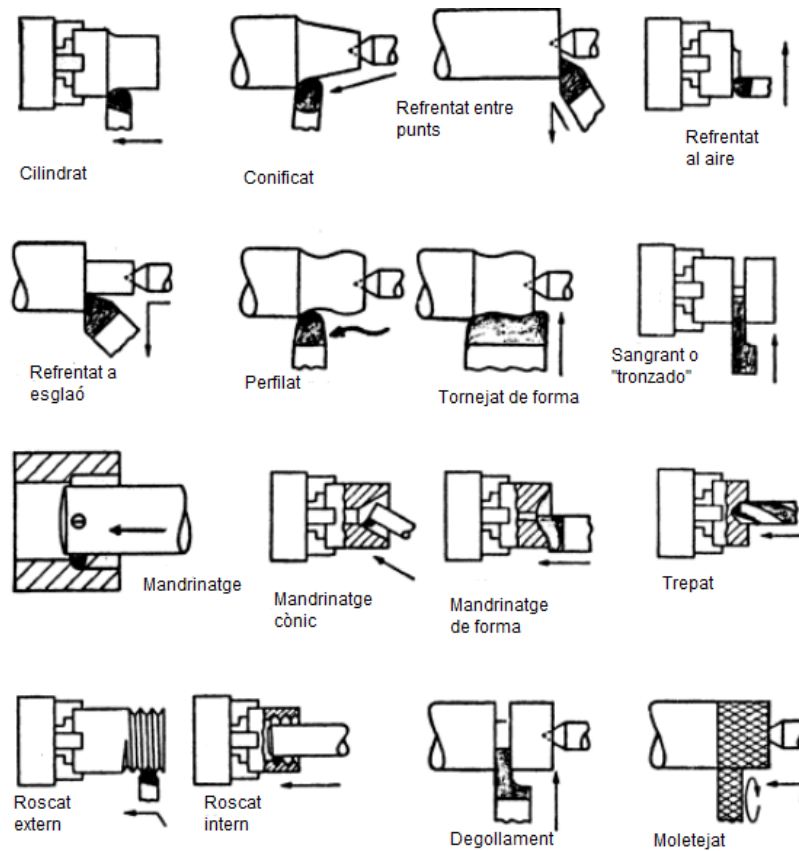


FIGURA 2.97. Tornejat cilíndric, refrentat, mandrinat i operacions afines. Les fletxes indiquen el moviment de l'eina en relació a la peça.

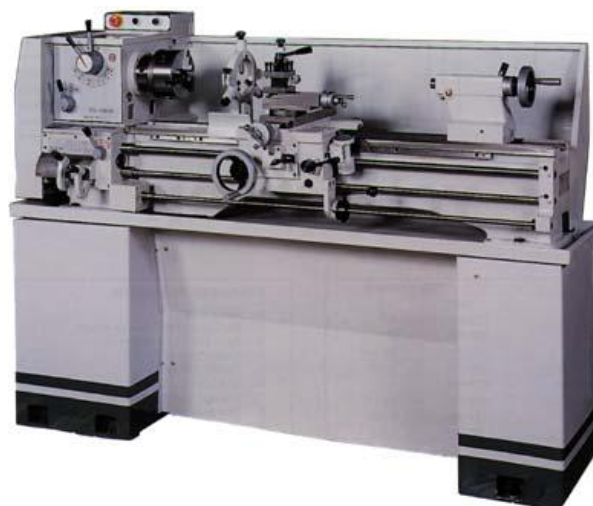


FIGURA 2.98. Torn horitzontal

2.7.2.2. Foradat

El foradat, es molt probable que la forma produïda en major nombre d'ocasions no sigui una altre que la superfície cilíndrica interna, és a dir, un forat. La característica més important d'aquest procés és que s'obté un bon acabat superficial.

En aquest tipus de procés, l'eina gira i avança mentre la peça es manté fixa. Per tant, l'eina és qui realitza el moviment del tall i el seu avanç. A causa del contacte entre l'eina i la peça és genera un calor addicional. Per aquest motiu, poden sorgir dificultats importants a l'hora de l'evacuació de calor.

Les màquines més utilitzades per realitzar forats són el trepant i la mandrinadora. Tot i que en ocasions també es pot utilitzar el torn o la fresadora. En el cas de la fabricació de les peces del SPM, normalment s'ha utilitzat un trepant vertical.



FIGURA 2.99. Moviment de foradat



FIGURA 2.100. Trepant de columna

2.7.2.3. Electroerosió

El procés d'electroerosió s'utilitza per obtenir peces que tenen un contorn irregular. Consisteix en la generació d'un arc elèctric entre una peça i un elèctrode en un medi dielèctric per arrencar partícules de la peça fins arribar aconseguir reproduir en ella la formes del elèctrode. Tant la peça com l'elèctrode han de ser conductors perquè pugui formar l'arc elèctric que provoca l'arrencada del material.

En aquest cas, l'eina és l'elèctrode que fa el moviment de desplaçament junt amb la peça per arribar a aconseguir un bon acabat.

Aquest mètode és el de major precisió i qualitat per el tall de tot tipus de metall, tant en estat normal com en qualsevol duresa, sense produir cap tipus d'alteració. Té la possibilitat de treballar des de l'alumini fins al metall més dur.

Hi ha dos tipus de processos d'electroerosió: el de penetració, on l'elèctrode fa un buidat; i el de fil, que genera la forma de la peça. Aquest últim tipus és l' utilitzat per a la fabricació de les peces del SPM.

La màquina utilitzada per realitzar peces amb el tipus d'electroerosió amb tall per fil, és la maquina de tall per fil. Aquesta màquina fa ús del sistema d'electroerosió i permet obtenir els components amb toleràncies molt ajustades. Amb aquest tipus de màquines es pot tractar materials fràgils i a més es pot obtenir peces amb una geometria complexa. A més amb aquesta disminuïm la possibilitat de ruptura o deformació de les peces fràgils o per minimitzar el risc de modificació de les propietats de les peces a treballar.

2. Memòria

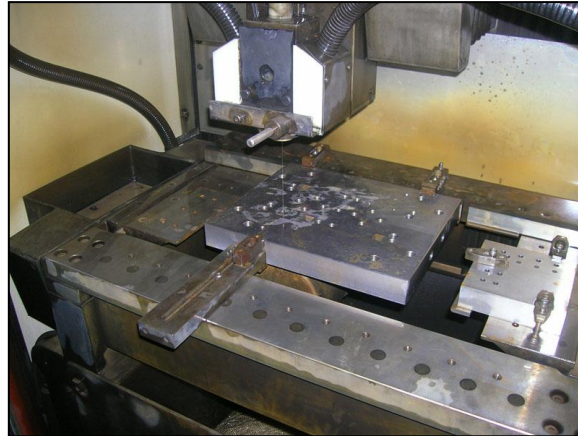


FIGURA 2.101. Procés d'electroerosió per tall de fil

2.7.2.4. Fresat

El fresat és una operació de mecanitzat bàsic mitjançant el qual es genera progressivament, una superfície. Bàsicament s'utilitza per obtenir peces amb una superfície plana mitjançant un procés d'acabat i de desbast.

El moviment d'avanç el realitza la peça que es desplaça mentre l'eina es troba fixa realitzant un moviment rotatori mentre realitza el tall. Moltes vegades la superfície buscada s'aconsegueix amb una sola passada de la peça o de l'eina i, donat la seva bona qualitat en l'acabat superficial, el fresat s'adapta especialment bé a la producció en sèrie.

Hi ha varis tipus de fresat, com: el frontal, el cilíndric, el ranurat i el de contorn.

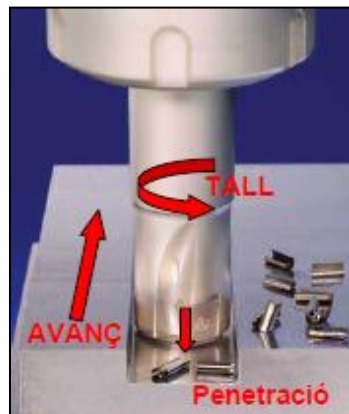


FIGURA 2.102. Moviment de l'eina i de la peça en el fresat

La màquina encarregada de fresar és la fresadora, la qual és una màquina elèctrica utilitzada per arrancar encenalls de metall mitjançant el moviment de les eines rotatives de diversos fils de tall denominats fresa.



FIGURA 2.103. Fresadora

2.7.2.5. Soldadura

La soldadura és un procés en el qual dos materials, habitualment metalls, s'uneixen permanentment per fusió localitzada, resultant d'una combinació adequada de condicions de pressió, temperatura i metal·lúrgiques.

Un tipus important de soldadura és la soldadura per arc elèctric, des del moment en que la electricitat es va convertir en una realitat comercial, es va saber que l'arc elèctric que salta entre dos elèctrodes és un focus calòric concentrat que la seva temperatura s'aproximava als 3900°C.

Entre aquest tipus de soldadura hi ha la soldadura TIG, la qual és una soldadura per arc elèctric.

Originalment va ser creada per soldar magnesi. Fa ús d'uns elèctrodes de wolframi subjectes a un porta elèctrodes especial a través del qual es subministra un gas inerta amb un caudal per formar una protecció inerta al voltant del arc i el toll de metall fos, defensant-los així de l'atmosfera. La soldadura TIG s'aplica a certs tipus de metalls, com l'alumini, els acers dolços, l'acer inoxidable, el ferro, les foses, el coure, el níquel i el manganès; entre altres. És el tipus de soldadura més utilitzada per la unió de metalls d'espessors a partir de 0,5 mm, ja que s'obté una bona qualitat i una bon acabat de la soldadura.

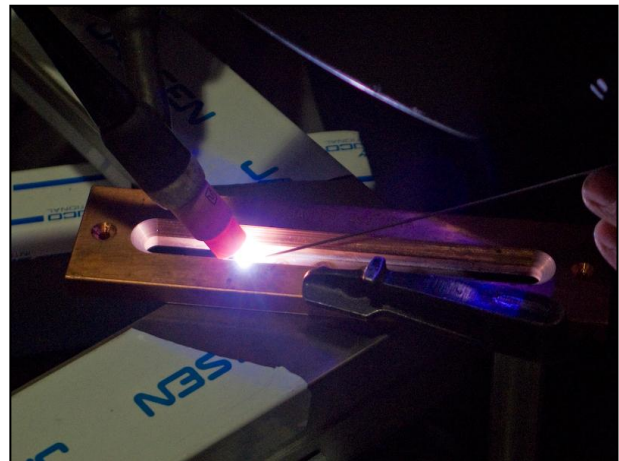


FIGURA 2.104. Soldadura del tipus TIG

2.7.2.6. Roscat

La conformació d'una rosca és una de les operacions més importants, ja que a les màquines s'acostuma a instal·lar una gran quantitat de cargols.

Una rosca és un ressaltat helicoidal de secció uniforme atropellat sobre una superfície cilíndrica externa i interna, o bé un ressaltat atropellat en forma de espiral cònica sobre una superfície troncocònica externa o interna.

2. Memòria

Hi ha vaires tècniques per la realització de rosques, les quals son el tall, la rodadura i el modelat. Tot i així, la tècnica més utilitzada per la realització de rosques és la rodadura. Aquesta permet obtenir rosques externes i internes però requereix materials dúctils i es un procés menys flexible que el tall; per aquest motiu, es limita essencialment a peces normalitzades i senzilles.

2.8. Proves realitzades de la patent

2.8.1. Dispositiu utilitzat per la realització de les proves

Per dur a terme les tres sèries de proves de l'estudi del rendiment del SPM, s'ha utilitzat un dispositiu que subjecta les pales o l'hèlix; depenen el tipus de propulsió que s'estigui estudiant.

Aquest dispositiu consta d'una planxa fet d'un material flotant on hi ha col·locat el sistema propulsor (les pales o l'hèlix) en un extrem submergit i a l'extrem contrari hi ha col·locat un contrapès de 15 kg per tal que el dispositiu quedi en equilibri.

A més, sobre la planxa flotant hi ha situat el motor elèctric monofàsic de corrent alterna; les seves característiques són: 1500W, 220V i 1000rpm de velocitat màxima. Mitjançant un variador de freqüència; es regula la velocitat del dispositiu per poder prendre les diferents mesures de les proves.

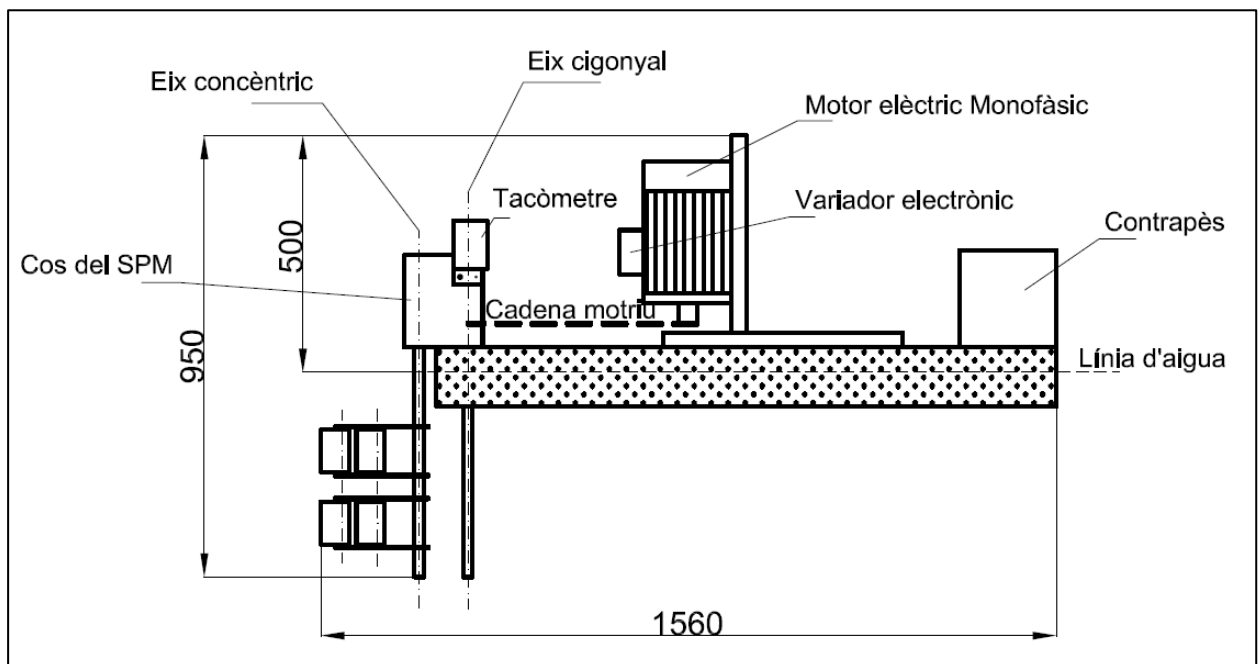


FIGURA 2.105. Esquema en alçat del dispositiu de proves

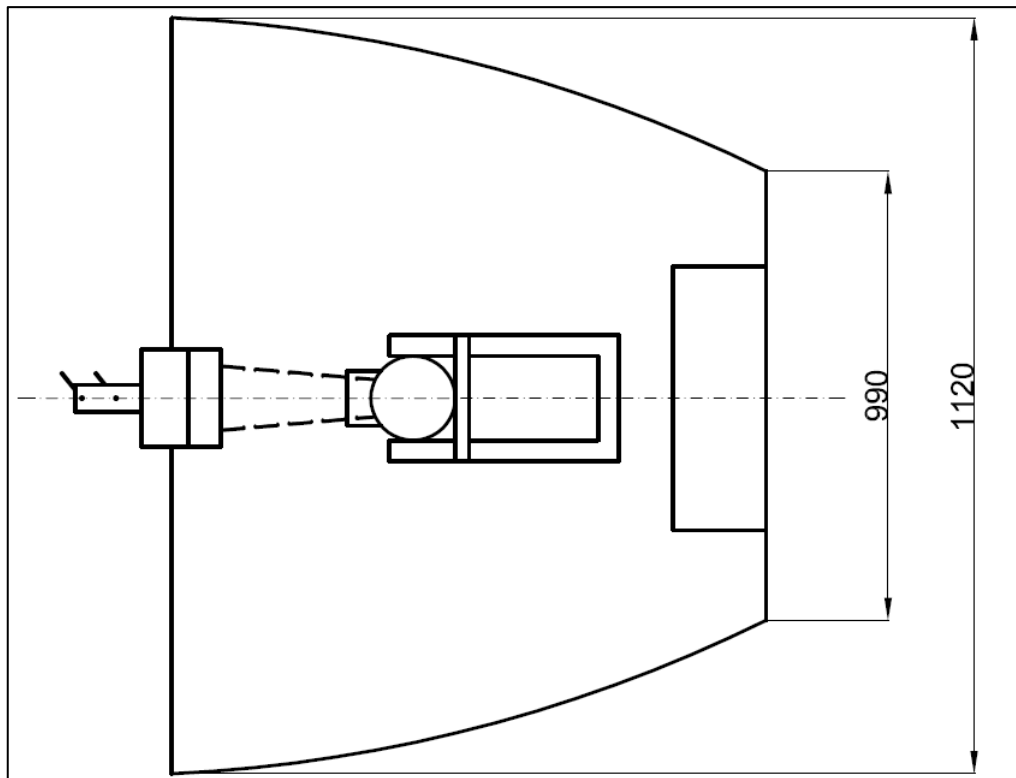


FIGURA 2.106. Esquema en planta del dispositiu de proves

2.8.2. Primera sèrie de proves: Estàtiques

2.8.2.1. Descripció

Les primeres proves realitzades s'han dut a terme amb el primer prototip de propulsió ja esmentat a l'apartat 2.8.1. Aquest prototip s'ha instal·lat en una piscina i s'ha amarrat a terra per tal de realitzar les proves d'una forma estàtica.

La finalitat principal és la de comparar els rendiments de les pales amb tres hèlixs convencionals de mercat (tipus A, B i C).

Aquesta sèrie es pot separar en dues fases ben marcades.

A la primera fase, el dispositiu només consta d'un eix i una lira. Ràpidament, un s'adona que el camí correcte és arribar a aconseguir anul·lar les components laterals generades per les pales i que es tradueixen en balancejos cada vegada més violents a mida que s'augmenta la velocitat de batuda de les pales. Per aquest motiu, s'ha realitzat la segona fase d'aquesta primera sèrie de proves.

A la segona fase, s'han utilitzat dos eixos concèntrics. Tot i així, han seguit sortint resultats totalment incoherents.

Per aquest motiu de resultats no coherents s'ha decidit no tenir en compte aquesta sèrie de proves. S'ha arribat a la conclusió que el motiu de la incoherència, és perquè no es s'ha tingut en compte la igualtat de superfícies. És a dir, la superfície total de les pales utilitzades no és la mateixa que la de les pales de l'hèlix comparada. Per aquest motiu s'ha realitzat una segona sèrie de proves amb igualtat de superfícies.

2. Memòria

2.8.2.2. *Procediment*

El procediment d'aquesta primera sèrie de proves; tan en la primera fase com en la segona; ha sigut molt simple i sense tenir-se gairebé res en compte.

Bàsicament s'ha tractat de mesurar la força d'empenta produïda per les tres hèlixs convencional de mercat (A, B i C) i la de les diferents combinacions de pales de diferents mides.

Per tal d'arribar a obtenir els valors dels diferents rendiments segons la velocitat; s'han realitzat cinc passos:

1. Mitjançant un variador electrònic de velocitat per motor de corrent alterna (veure glossari) s'ha variat la velocitat del motor.
2. Amb la utilització d'un tacòmetre digital òptic (veure glossari) s'ha mesurat la velocitat a la qual funciona l'eix concèntric del sistema propulsor on hi ha col·locades les pales.
3. Un cop el sistema ha estat funcionat a una velocitat constant (segons la imposada al primer punt), s'ha mesurat la potència que consumeix el sistema; primer sense les pales o l'hèlix per poder mesurar la Potència Activa Perduda, i després amb les pales o l'hèlix unit per mesurar la Potència Activa Bruta.
4. A més, mitjançant un dinamòmetre digital (veure glossari) s'ha mesurat els kilograms de força produïts pel sistema.
5. Amb tots aquests valors, s'ha calculat la Potència Activa Neta (Potència Activa Bruta – Potència Activa Perduda) que és necessària pel càlcul del rendiment (kg d'empenta / W de Potència Activa Neta).

Aquests sis passos s'han realitzat amb els diferents tipus d'hèlixs i les diferents combinacions de pales per poder dur a terme un ampli estudi comparatiu.

2.8.2.3. *Resultats*

Després de la realització de les dues fases de la primera sèrie de proves, només s'han les de la segona fase. Per tant, de la primera fase no han quedat resultats per poder valorar.

En aquesta segona fase s'han realitzat dotze fitxes amb taules de valors combinant diferents posicions de les pales amb diferents valors de l'alçada de les pales. Totes les proves d'aquesta sèrie s'han realitzat amb la mateixa distància de l'eix concèntric a l'eix de la pala més externa, 180 mm.

A continuació es mostren tres d'aquestes taules amb les seves gràfiques, les que s'han considerat al seu moment que són les més importants i rellevants pel que fa a la valoració dels rendiments. La resta de les taules es troben a l'annex E.

2.8.2.3.1. HÈLIXS A, B I C

L'hèlix del tipus A és una hèlix de 270 mm de radi exterior i de 23220 mm² de superfícies total resultant de la suma de les superfícies de les seves tres pales.

L'hèlix del tipus B té un radi exterior de 190 mm i una superfície de 11739 mm² que és la resultant de la suma de les seves tres pales.

L'hèlix del tipus C fa 170 mm de radi exterior i la suma de les superfícies de les seves dues pales fa un total de 6758 mm².

REFERÈNCIA		RENDIMENTS HÈLIXS A, B, C												DATA	Nº							
Rendiments Hèlixs														11/09/2007	Prova							
APLICACIÓ		SUPERFÍCIES HÈLIXS EQUIVALENTS A PALES																				
HÈLIXS	PALES	HÈLIXS						PALES														
X		A	3 Pales grans	23220 mm²	h 115	20930 mm²																
SPM		B	3 Pales mitjanes	11439 mm²	h 73	13140 mm²																
Proves rendiments de les hèlixs		C	2 pales de plàstic	6758 mm²	h 37	6882 mm²																
PARÀMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12	
HÈLIX A	Potència Activa Bruta (W)	135	178	217	267	328	413	536	663	854	952											
	Potència Activa Perduda (W)	133	166	191	213	231	249	269	284	294	306	313	324	345	349	350	354	369	373	439	422	
	Potència Activa Neta (W)	2	12	26	54	97	164	267	379	560	646											
	Empenta (Kg)	0,36	0,86	1,5	2,32	3,26	4,65	6,17	7	9,35	10,5											
	Velocitat (rpm)	93	135	180	222	266	315	358	404	448	498											
HÈLIX B	Potència Activa Bruta (W)	133	166	192	216	235	258	279	295	312	328	351	373	399	425	456	489	537	548	587		
	Potència Activa Perduda (W)	133	166	191	213	231	249	269	284	294	306	313	324	345	349	350	354	369	373	439	422	
	Potència Activa Neta (W)	0	0	1	3	4	9	10	11	18	22	38	49	54	76	106	135	168	175	148		
	Empenta (Kg)	0	0,05	0,14	0,26	0,37	0,54	0,7	0,9	1,21	1,47	1,81	2,06	2,45	2,64	3,26	3,68	4,5	4,62	4,94		
	Velocitat (rpm)	94	134,4	179,6	222,8	265,5	311,5	354,1	397,3	440	487,2	537,1	583,1	633,2	680,8	730	781	838	893	937		
HÈLIX C	Potència Activa Bruta (W)	133	166	191	213	231	252	273	290	308	330	352	370	397	424	459	498	519	524	529		
	Potència Activa Perduda (W)	133	166	191	213	231	249	269	284	294	306	313	324	345	349	350	354	369	373	439	422	
	Potència Activa Neta (W)	0	0	0	0	0	3	4	6	14	24	39	46	52	75	109	144	150	151	90		
	Empenta (Kg)	0	0	0	0	0,08	0,2	0,35	0,58	0,62	0,72	0,85	1,1	1,46	1,49	1,79	2,14	2,41	2,49	2,75		
	Velocitat (rpm)	95	137	179	221	261	312	357	397	442	488	539	583	632	682	733	781	837	881	937		

NOTA: Potències actives acumulades per 1 minut

TAULA 2.19. Dades de les tres hèlixs A, B i C utilitzades a la 1ª sèrie de proves

2. Memòria

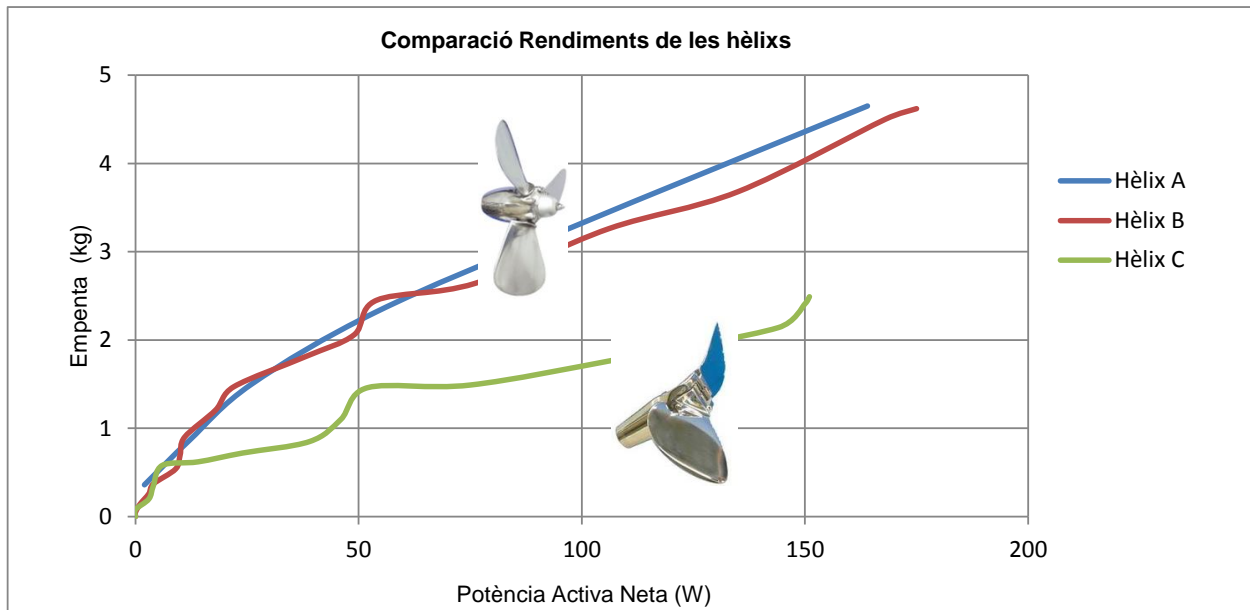


FIGURA 2.107. Gràfica dels rendiments de les hèlixs del tipus A, B i C de la primera sèrie de proves.

Al comparar els rendiments dels tres tipus d'hèlixs mitjançant una gràfica, s'arriba a la conclusió que l'hèlix amb menys superfície i per tant, amb el menor radi exterior, és l'hèlix que té menys rendiment. Aquesta hèlix és la del tipus C.

En canvi, l'hèlix del tipus A és la que té més superfície i per tant, més rendiment. Tot i així no s'ha de deixar de prendre atenció en que l'hèlix del tipus B s'aproxima bastant a l'hèlix A pel que fa als seus valors de rendiments.

2.8.2.3.2. CONJUNT DE PALES B1-75-160 AMB ELS TRES TIPUS D'HÈLIXS

El conjunt de pales B1-75-160 està compost per un total de quatre pales, on dues estan situades a la lira superior en un mateix extraïble i les altres dues a la lira inferior també en un mateix extraïble. Segons la nomenclatura B1, tan a la lira superior com a la lira inferior; tenen la pala interior més gran que l'exterior. (veure punt 2.8.5)

Segons el segon número de la referència, el 75; les pales tenen una alçada de 75 mm. Pel que fa al número 160 del final, es refereix a que la distància des de l'eix concèntric fins a l'eix de la pala més externa és de 160 mm.

A la següent taula es poden veure els diferents valors obtinguts dels tres angles d'atac (AA20, 2235 i AA50) del conjunt de pales B1-75-160.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																	Nº Prova		1ª / 1ª (Fase 2)	
B1 - 75 - 160		h 35	h 75	h 117	L 100	L 160	L 180	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	2g		
APLICACIÓ		PALES																				
HÈLIXS		X																				
SPM		DATA																				
1ª Sèrie de proves - Fase 2		26/08/2007																				
PARÀMETRES		2 1'2	3	3 1'2	4	4 1'2	5	5 1'2	6	6 1'2	7	7 1'2	8	8 1'2	9	9 1'2	10	10 1'2	11	11 1'2		
AA 20°	Potència Activa Neta (W)	107	158	183	203	225	249	281	307	336	376	426	480	554	642							
	Empenta (Kg)	0	0,04	0,20	0,28	0,52	0,80	1,14	1,52	1,60	2,14	3	3,24	3,80	4,30							
	Velocitat (rpm)	46,2	64	85,1	103,5	124,8	147,3	168,3	187,3	207,7	230,2	254,1	274,3	298	321,8							
AA 35°	Potència Activa Neta (W)	126	156	183	210	239	273	310	353	413	480	589	674	621								
	Empenta (Kg)	0,04	0,12	0,20	0,42	0,76	1,02	1,68	2	2,54	2,86	4,06	4,90	5,74								
	Velocitat (rpm)	45,1	64,5	84,7	105,5	125,7	147,4	166,9	187,7	208,9	230,5	254,9	275	299,8								
AA 50°	Potència Activa Neta (W)	129	161	189	220	257	300	361	425	499	637	655	PI									
	Empenta (Kg)	0,06	0,12	0,30	0,64	1,08	1,46	2,20	2,58	3,22	3,96	5,08										
	Velocitat (rpm)	46	63,4	85,7	104,7	126,8	147,4	168,9	188,2	208,5	231	254,1										

TAULA 2.20. Dades de la 1ª sèrie de proves, fase 2. Fitxa 1ª/1ª

2. Memòria

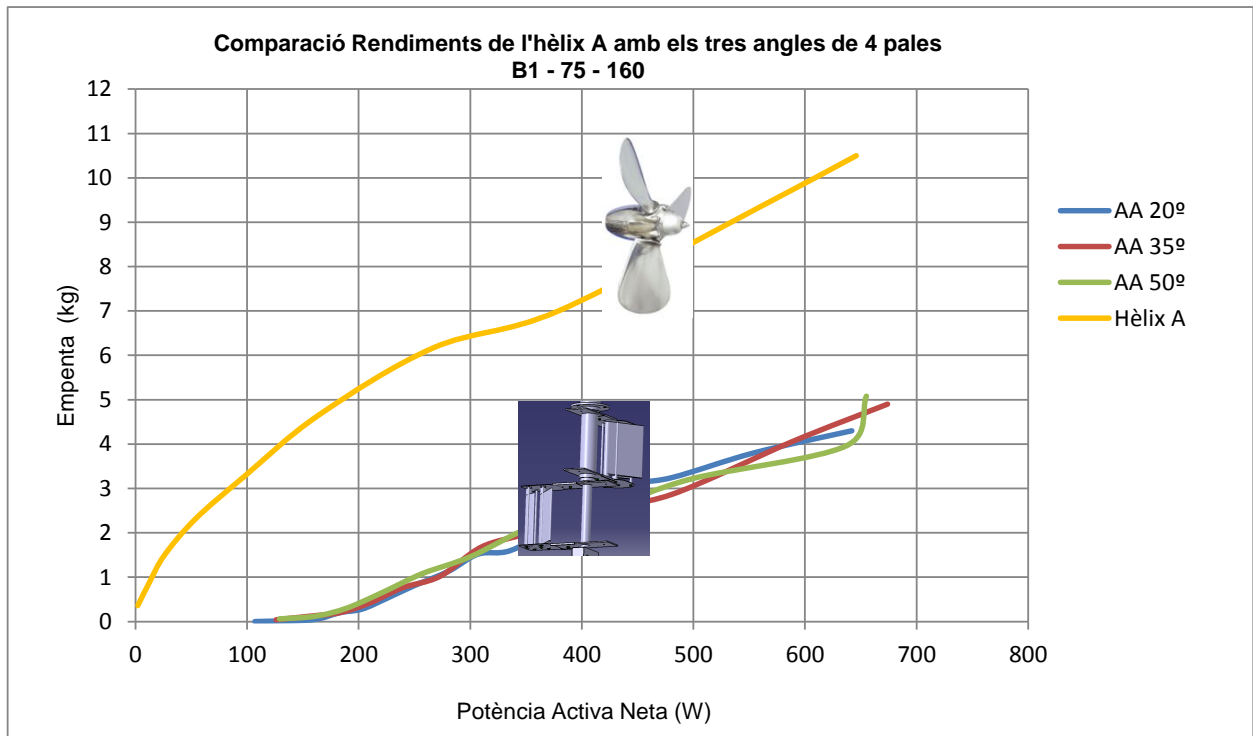


FIGURA 2.108. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales B1-75-160 de la primera sèrie de proves.

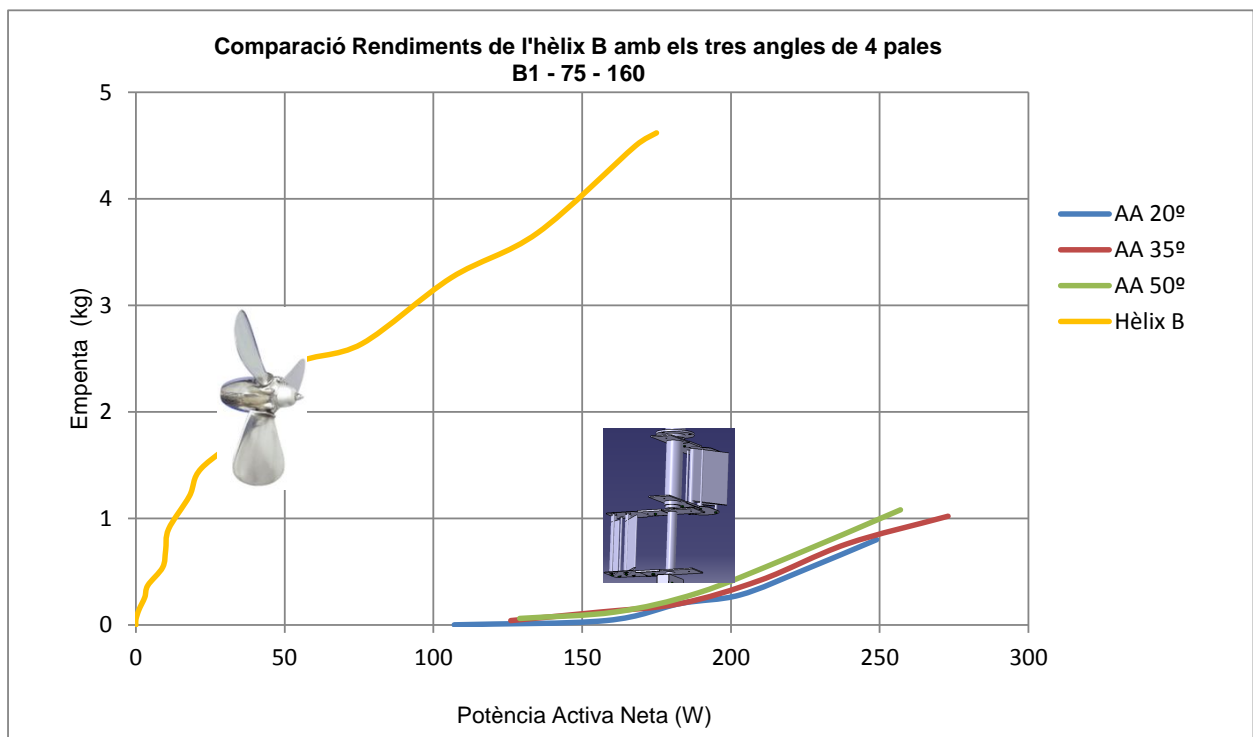


FIGURA 2.109. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix B amb els tres angles del conjunt de pales B1-75-160 de la primera sèrie de proves

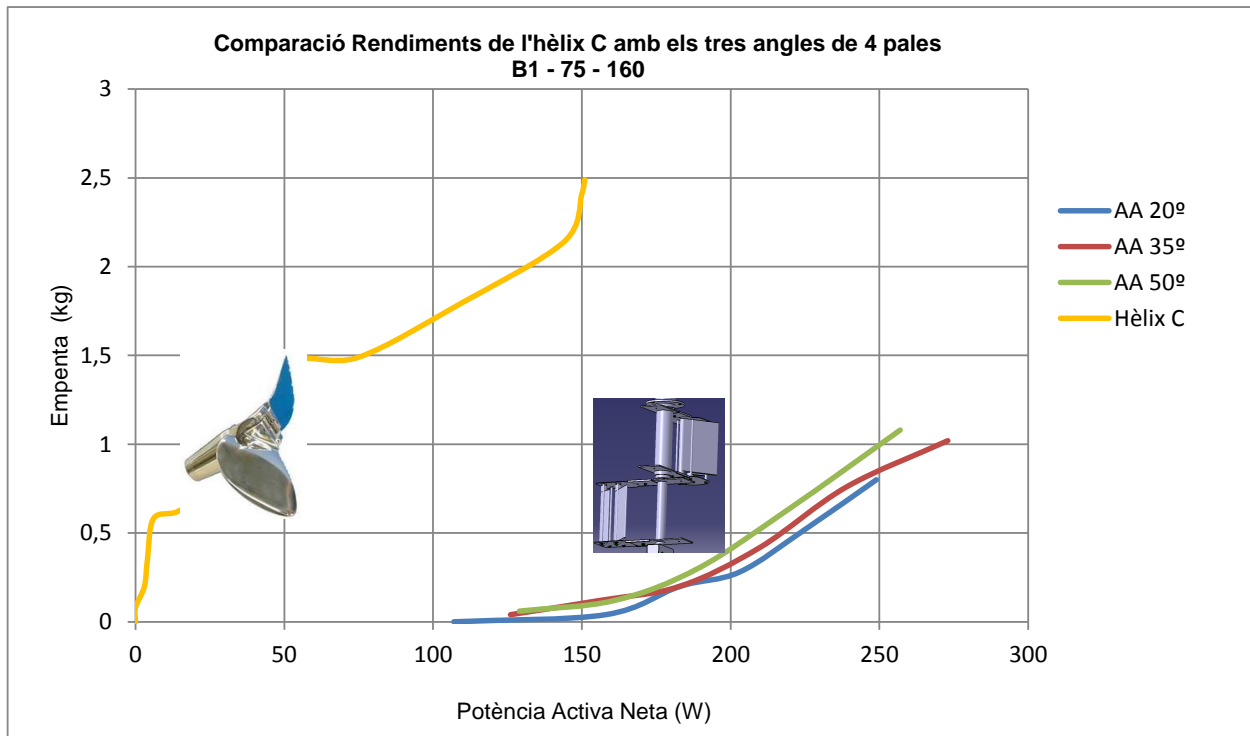


FIGURA 2.110. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales B1-75-160 de la primera sèrie de proves

Per a qualsevol de les tres comparacions, els tres tipus d'hèlix superen al sistema de pales B1-75-160 pel que fa a la seva rendibilitat.

Els tipus d'hèlix A és el que té valors més pròxims al conjunt de pales B1-75-160 que la resta de tipus d'hèlixs. Tot i així, els valors no s'acosten.

En referència a la comparació dels tres angles diferents del sistema de pales; els tres tenen un rendiment molt semblant però l'angle d'atac de 50° té més rendibilitat que els altres dos. L'angle que té menys rendiment és el de 20°.

2.8.2.3.3. CONJUNT DE PALES B2-35-160 AMB ELS TRES TIPUS D'HÈLIXS

El conjunt de pales B2-35-160 està compost per un total de quatre pales, on dues estan situades a la lira superior en un mateix extraïble i les altres dues a la lira inferior també en un mateix extraïble. Segons la nomenclatura B2, tan a la lira superior com a la lira inferior; tenen la pala interior més petita que l'exterior. (veure punt 2.8.5)

Segons el segon número de la referència, el 35; les pales tenen una alçada de 35 mm. Pel que fa al número 160 del final, es refereix a que la distància des de l'eix concèntric fins a l'eix de la pala més externa és de 160 mm.

A la següent taula es poden veure els diferents valors obtinguts dels tres angles d'atac (AA20, 2235 i AA50) del conjunt de pales B2-35-160.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																	Nº Prova	1ª / 5ª (Fase 2)
B2 - 35 - 160																				
APLICACIÓ																				
HÈLIXS																				
PALES																				
X																				
SPM																				
1ª Sèrie de proves - Fase 2																				
PARÀMETRES																				
AA 20º	Potència Activa Neta (W)	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2
	Empenta (Kg)	130	157	182	202	223	243	276	301	326	363	412	462	532	597	616				
	Velocitat (rpm)	0,05	0,10	0,16	0,32	0,34	0,46	0,70	0,78	1,08	1,26	1,66	2,20	2,26	2,74	2,92				
AA 35º	Potència Activa Neta (W)	44,9	63,4	84,6	104,1	125,1	147,4	167,8	186,7	206,2	230	254,1	276	299	320	345,2				
	Empenta (Kg)	122	148	174	199	226	253	289	320	384	417	488	560	668	673					
	Velocitat (rpm)	0,06	0,09	0,19	0,36	0,42	0,58	0,70	1,14	1,24	1,72	1,98	2,40	2,92	3,38					
AA 50º	Potència Activa Neta (W)	44,3	63	84,5	104,5	125,5	147,7	167,5	187,4	207,8	230,5	253,7	274,4	299,6	321,9					
	Empenta (Kg)	129	160	186	210	240	279	324	366	412	594	587	615							
	Velocitat (rpm)	0,07	0,12	0,20	0,30	0,48	0,76	0,96	1,20	1,70	1,98	2,36	2,78							
		44,8	64,4	85,1	104,1	124,1	148,9	168,4	188,3	208,5	231,1	253,5	275,1							

TAULA 2.21. Dades de la 1ª sèrie de proves, fase 2. Fitxa 1ª/5ª

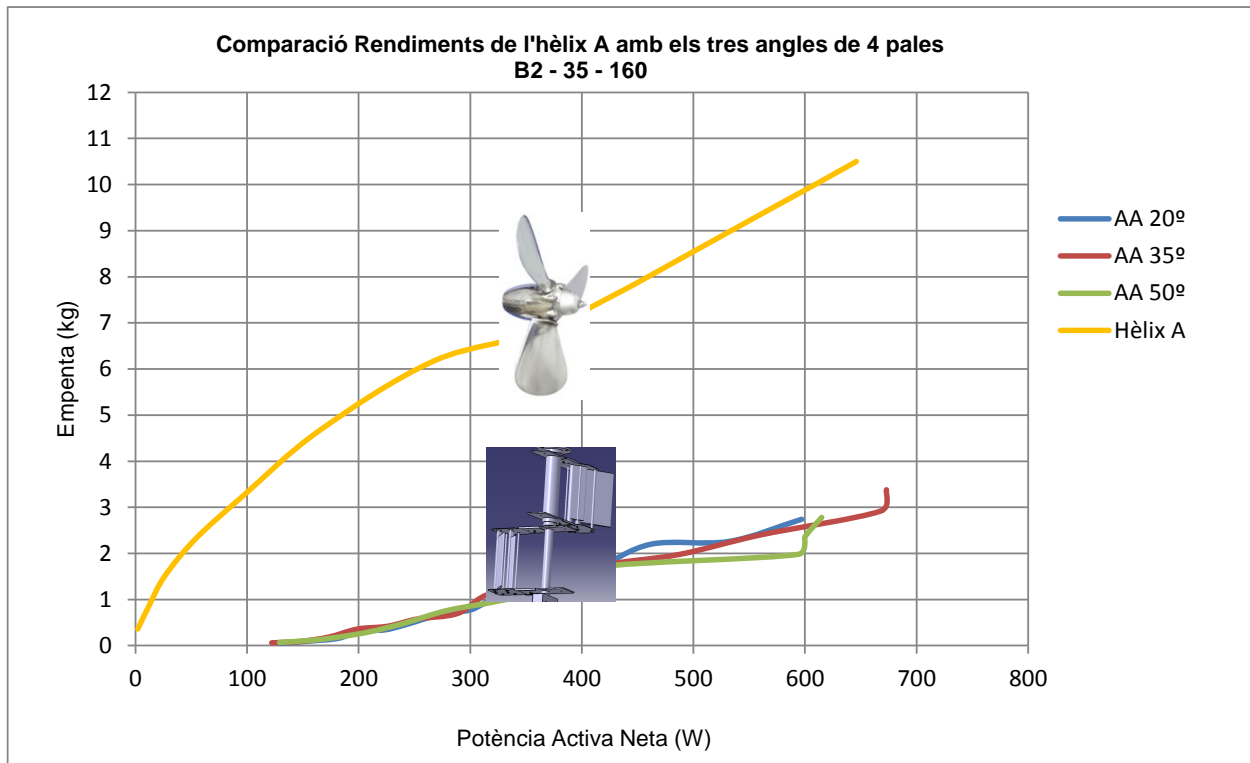


FIGURA 2.111. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales B2-35-160 de la primera sèrie de proves

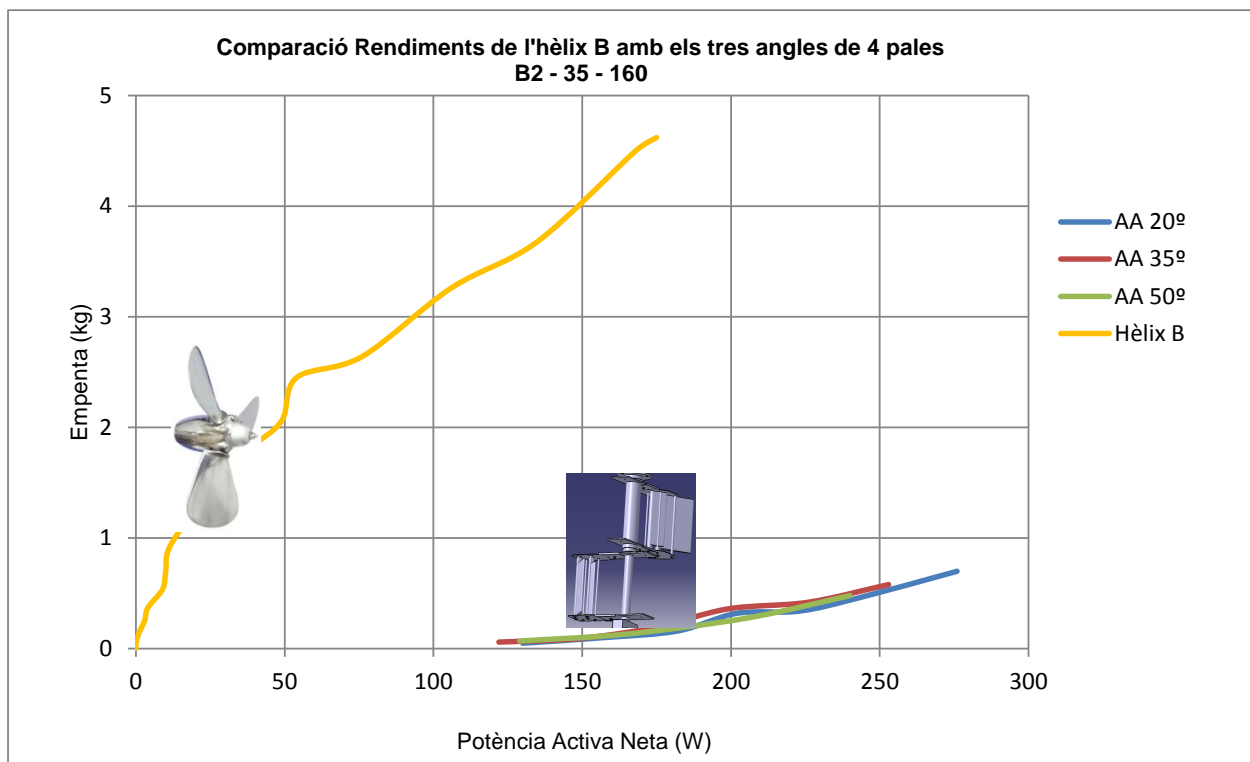


FIGURA 2.112. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix B amb els tres angles del conjunt de pales B2-35-160 de la primera sèrie de proves

2. Memòria

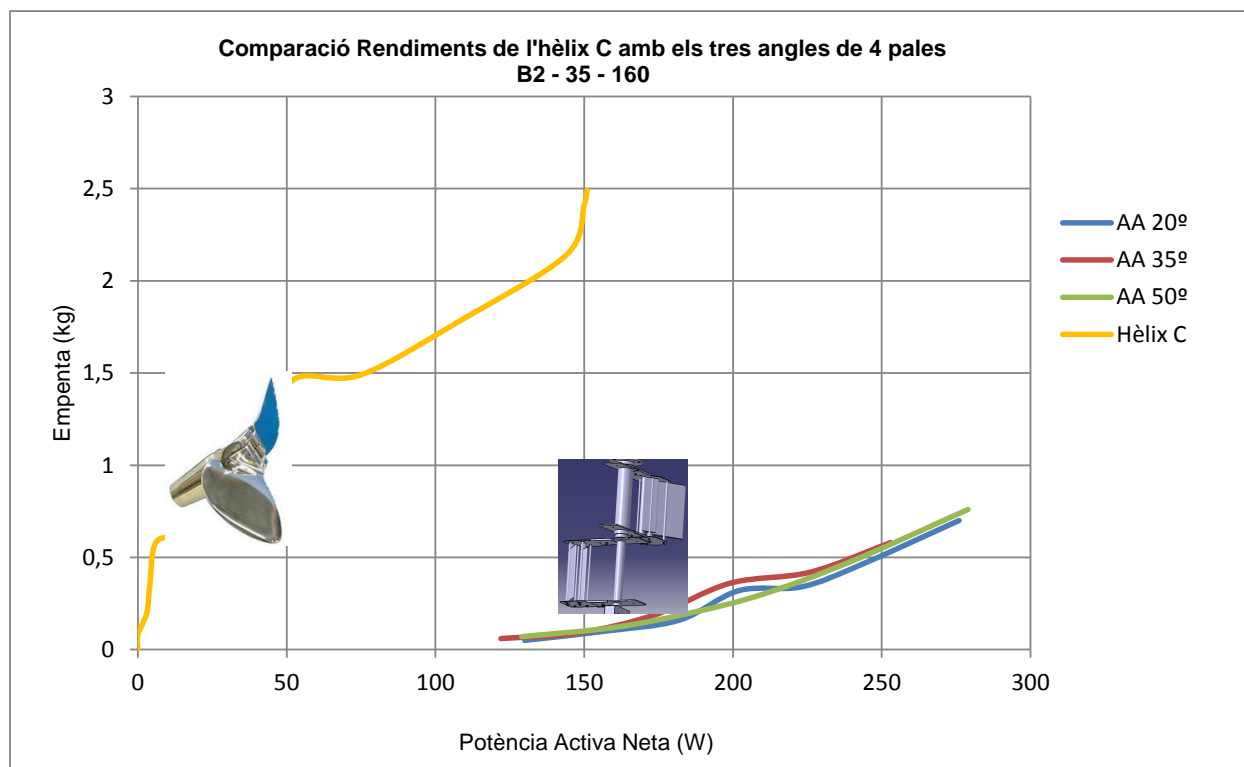


FIGURA 2.113. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales B2-35-160 de la primera sèrie de proves

Com a l'apartat anterior, per a qualsevol de les tres comparacions; els tres tipus d'hèlixs superen al sistema de pales B2-35-160 pel que fa a la seva rendibilitat.

Els tipus d'hèlix A és el que té valors més pròxims al conjunt de pales B2-35-160 que la resta de tipus d'hèlixs. Tot i així, els valors no s'acosten.

En referència a la comparació dels tres angles diferents del sistema de pales; els tres tenen un rendiment molt semblant i és complicat definir exactament quin dels tres angles dóna millor rendibilitat al sistema. Tot i així, es podria dir que l'angle d'atac de 35° sembla que sigui el que té una mica de millor rendibilitat.

2.8.2.3.4. CONJUNT DE PALES A3-117-160 AMB ELS TRES TIPUS D'HÈLIXS

El conjunt de pales A3-117-160 està compost per un total de quatre pales, on dues estan situades a la lira superior en un mateix extraïble i les altres dues a la lira inferior també en un mateix extraïble. Segons la nomenclatura A3, tan a la lira superior com a la lira inferior; tenen la pala interior més gran que l'exterior. La diferència que hi ha entre aquests tipus de pales i el de l'apartat 2.8.2.3.2 (on es comparava el conjunt de pales B1-75-160) és que en aquest cas, les pales són senceres i les del apartat anterior tenen menys alçada i s'uneixen amb els extraïbles mitjançant unes metxes (veure punt 2.8.5).

Segons el segon número de la referència, el 117; les pales tenen una alçada de 117 mm. Pel que fa al número 160 del final, es refereix a que la distància des de l'eix concèntric fins a l'eix de la pala més externa és de 160 mm.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																Nº Prova		1ª / 11ª (Fase 2)																					
A3 - 117 - 160		h 35		h 75		h 117		L 100		L 160		L 180		A1		A2		A3		A4		B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		2g			
APLICACIÓ		hèlixs		PALES		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X			
SPM		DATA		28/08/2007																																					
1ª Sèrie de proves - Fase 2		2 1/2		3		3 1/2		4		4 1/2		5		5 1/2		6		6 1/2		7		7 1/2		8		8 1/2		9		9 1/2		10		10 1/2		11		11 1/2			
PARÀMETRES		123		146		170		193		219		250		294		325		364		418		484		566																	
Potència Activa Neta (W)		0,16		0,34		0,68		1,02		1,10		1,80		2,32		2,84		4,08		4,74		5,36		6,20																	
Empenta (Kg)		44,8		64,5		85,1		104,2		124,2		147,2		168,1		186,9		208,6		230,2		255,3		274,6																	
Velocitat (rpm)		124		154		182		210		249		293		346		413		466		601		658		703																	
Potència Activa Neta (W)		0,21		0,46		0,72		1,10		1,76		2,36		3,22		3,94		4,92		6,02		6,66		7,18																	
Empenta (Kg)		44,9		64,9		85,1		104,3		125		148,7		167,7		189,2		209,7		231,4		254,8		274,6																	
Velocitat (rpm)		126		157		186		230		271		326		410		511		658		703		758		803																	
Potència Activa Neta (W)		0,19		0,42		1,04		1,48		2,04		2,86		3,60		4,24		6,32		7,18		7,18		7,18																	
Empenta (Kg)		43,2		64,5		82,9		104,5		124,7		146,1		167,7		189,5		209,8		231,8		254,8		274,6																	
Velocitat (rpm)		43,2		64,5		82,9		104,5		124,7		146,1		167,7		189,5		209,8		231,8		254,8		274,6																	

TAULA 2.22. Dades de la 1ª sèrie de proves, fase 2. Fitxa 1ª/11ª

2. Memòria

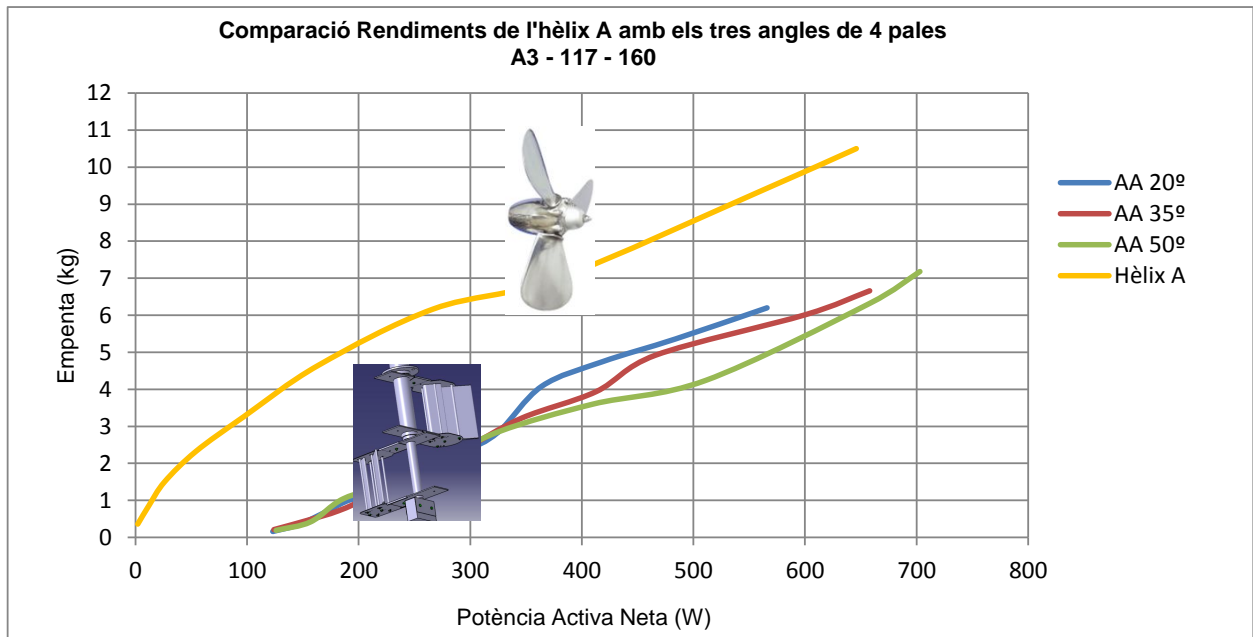


FIGURA 2.114. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales A3-117-160 de la primera sèrie de proves

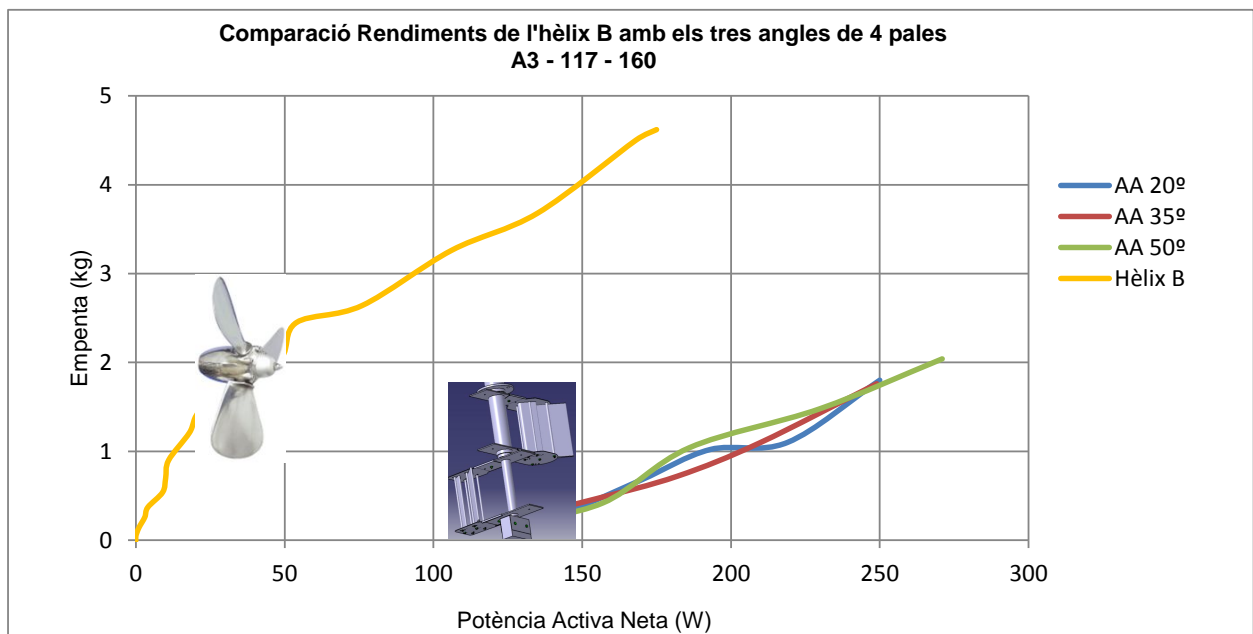


FIGURA 2.115. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix B amb els tres angles del conjunt de pales A3-117-160 de la primera sèrie de proves

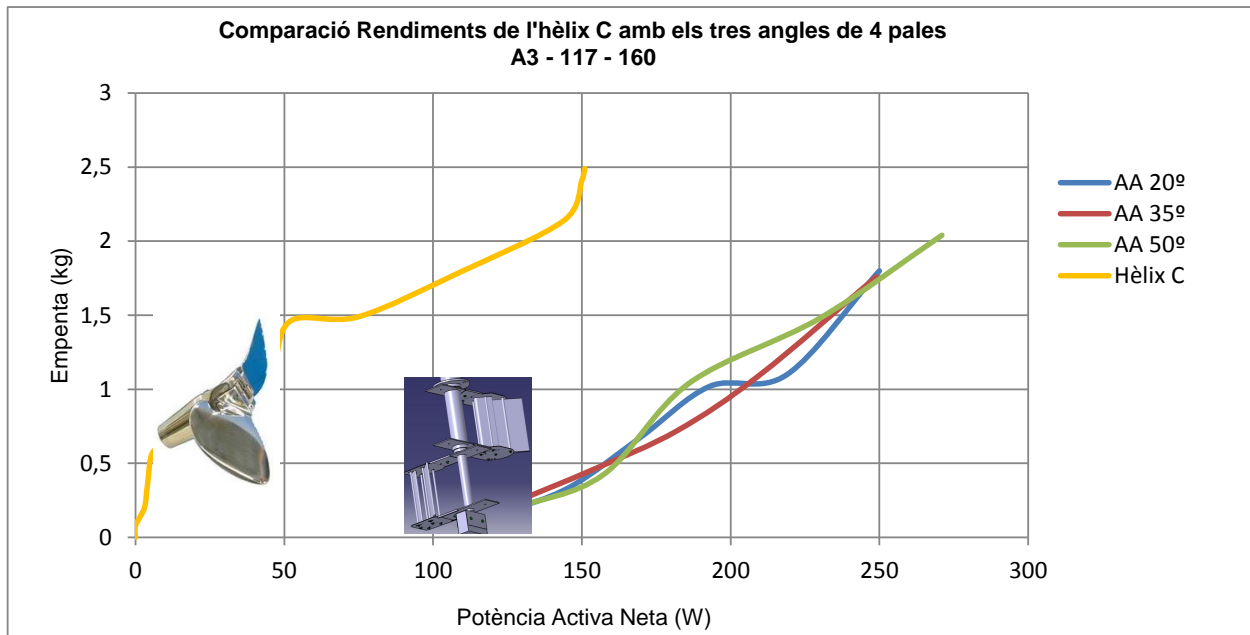


FIGURA 2.116. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales A3-117-160 de la primera sèrie de proves

Com en els dos apartats anteriors, per a qualsevol de les tres comparacions; els tres tipus d'hèlixs superen al sistema de pales A3-117-160 pel que fa a la seva rendibilitat.

Els tipus d'hèlix A és el que té valors més pròxims al conjunt de pales A3-117-160 que la resta de tipus d'hèlixs. Tot i així, els valors no s'acosten.

En referència a la comparació dels tres angles diferents del sistema de pales; els tres tenen un rendiment molt semblant i és complicat definir exactament quin dels tres angles dona millor rendibilitat al sistema. En alguns punts, a l'inici; la corba de l'Angle d'atac de 35° està per sobre de les altres dues però a mida que la corba va creixent; es va posant per sota de les altres dues corbes del altres dos angles.

El que sí que es pot veure en aquest tipus de conjunt de pales és que les tres corbes dels tres angles diferents, creixen més ràpid que no pas les corbes dels dos conjunts anteriors analitzats.

2.8.2.3.5. ÀNGLES D'ATAC AA20, AA35 I AA50 DE LES PALES

L'angle d'atac indica el valor de l'angle en què han treballat les pales. Aquest angle pren com a referència l'extraïble un van col·locades les pales i es fixa mitjançant uns petits passadors que fan que la pala no es mogui de l'angle fixat.

A continuació es valoren els diferents conjunts de pales comparant-los amb el mateix angle per arribar a saber quin és el millor angle i la millor posició de les pales per treballar; segons aquesta primera sèrie de proves.

2. Memòria

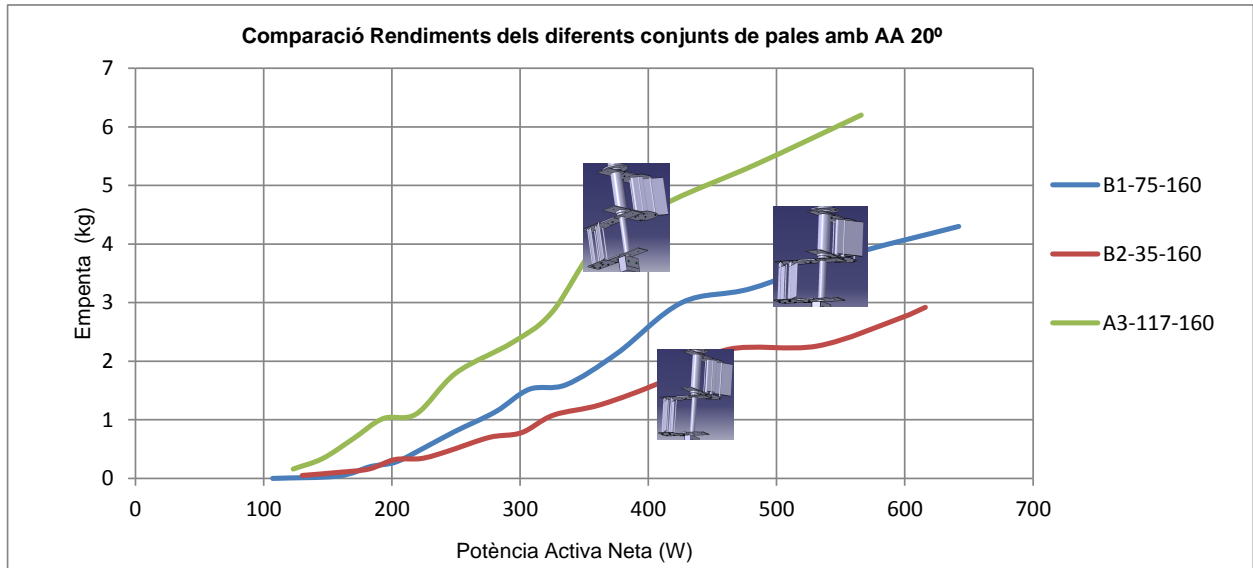


FIGURA 2.117. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 20° de la primera sèrie de proves

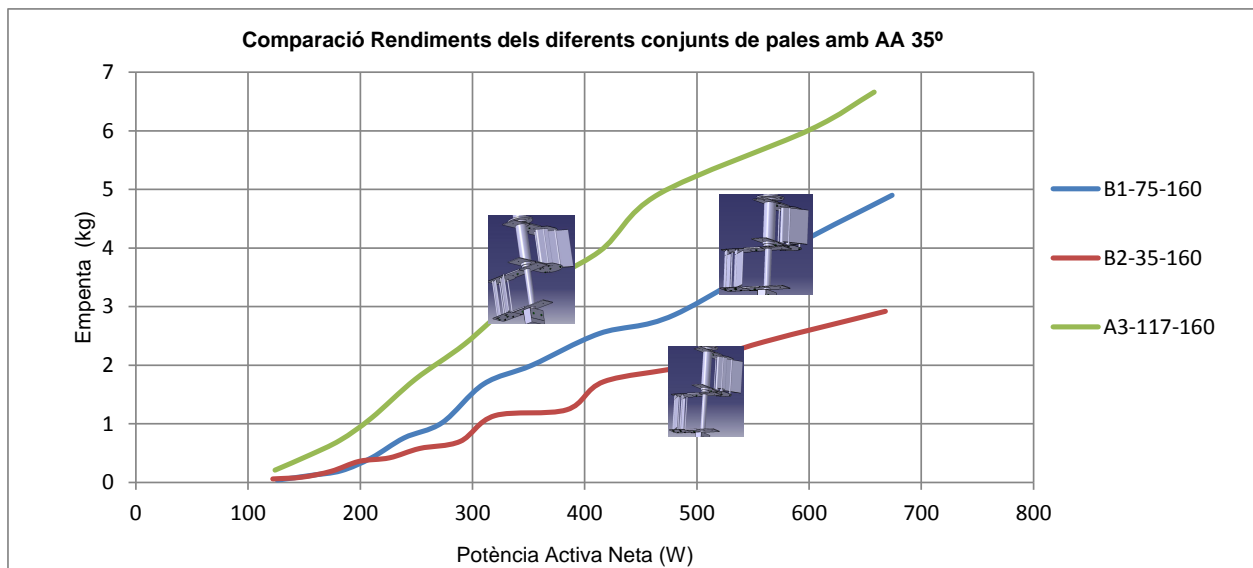


FIGURA 2.118. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 35° de la primera sèrie de proves

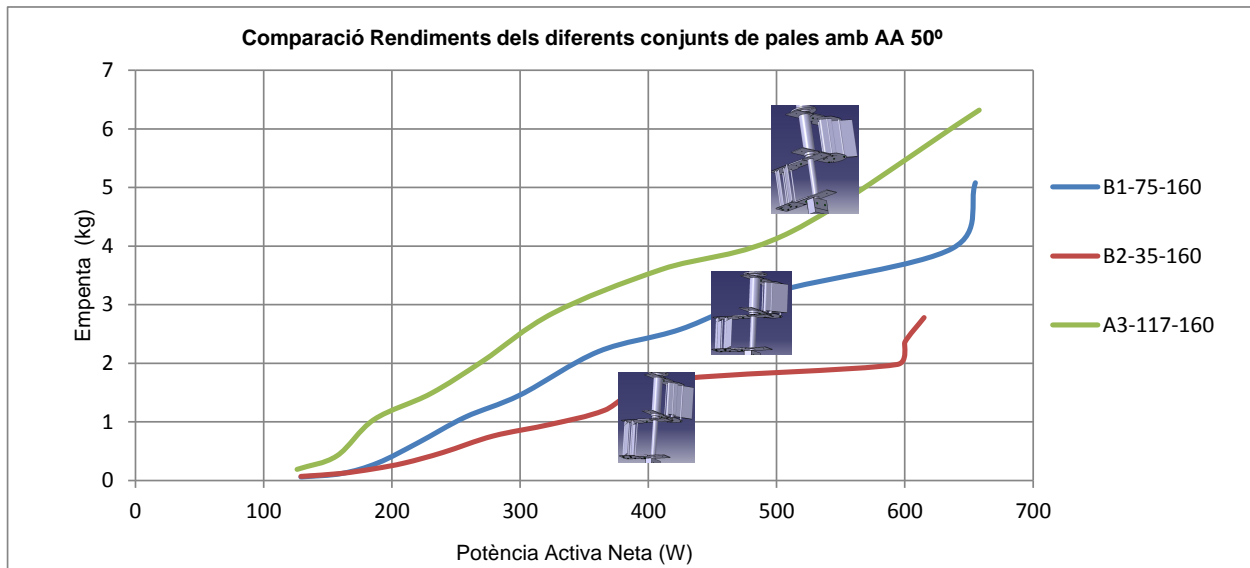


FIGURA 2.119. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 50° de la primera sèrie de proves

Als tres casos dels tres angles diferents, el conjunt de pales que mostra millor rendiment és el A3-117-160. En canvi, el conjunt de pales que té menys rendiment p a qualsevol dels tres angles; és el conjunt B2-35-160.

El fet és pel tema de les superfícies de les pales. El conjunt de pales A3-117-160 és el que té més superfície, ja que és el que té l'alçada major comparat amb les pales dels altres dos conjunts. Per tant, té major superfície de batuda; ja que totes les pales tenen una mateixa amplada.

El mateix passa amb el conjunt B2-35-160, que és el conjunt que té una alçada menor de pales i per tant; és el conjunt que dóna menys resultats positius.

2.8.2.3.6. EL TIPUS D'HÈLIX AMB MAJOR RENDIMENT I EL CONJUNT DE PALES MÉS RENTABLE

Segons l'apartat 2.8.2.3.1, l'hèlix de major rendiment és la del tipus A que no per casualitat és l'hèlix amb major superfície.

El mateix passa amb el conjunt de pales A3-117-160; al ser el conjunt amb més superfície; és el que dóna millor rendiment.

Per tant, cal comparar aquesta hèlix amb aquest conjunt de pales per arribar a la conclusió de quin sistema és el millor en referència al seu rendiment.

2. Memòria

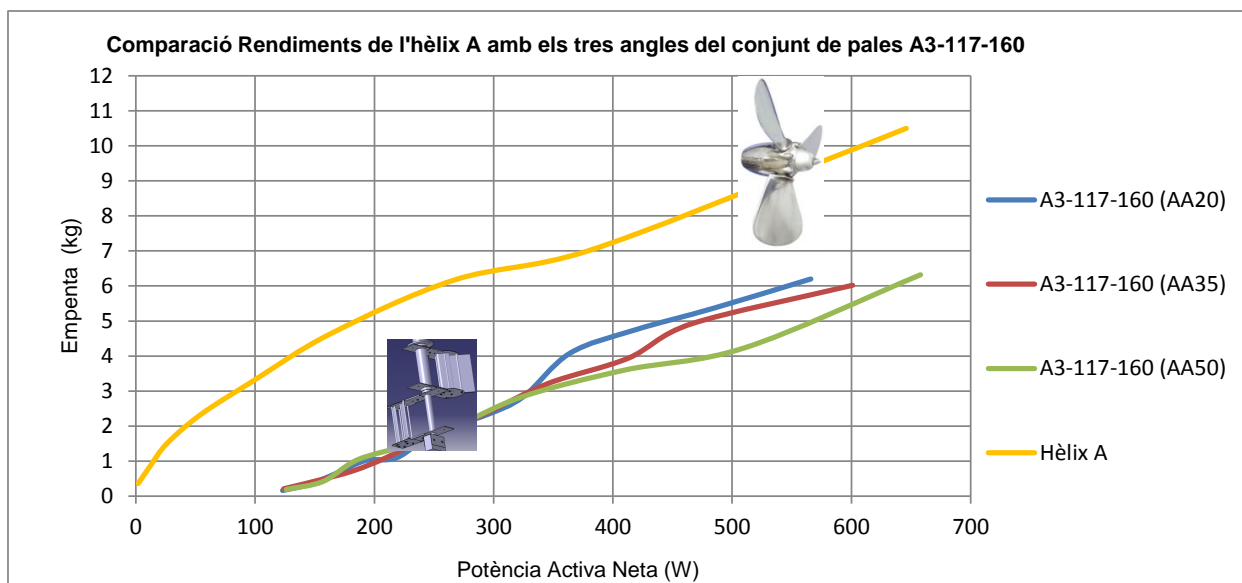


FIGURA 2.120. Gràfica comparativa dels rendiments de l'hèlix A amb el conjunt de pales A3-117-160

Si es compara l'hèlix A que és la que dona més rendiment de les tres hèlixs possibles, segueix sent molt millor pel que fa al seu rendiment comparat amb els rendiments dels tres angles dels conjunts de pales A3-117-160.

Respecte als tres angles del conjunt de pales, a l'inici de la carbó; els tres angles tenen un rendiment molt semblant però quan la potència va augmentant, les corbes es separen més i es pot veure que l'angle més favorable és el de 20° i el menys favorable és el de 50°.


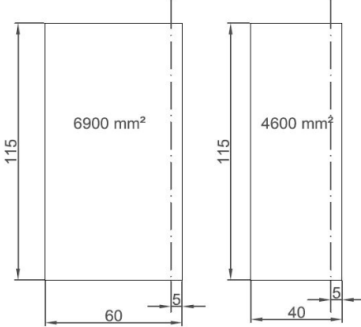

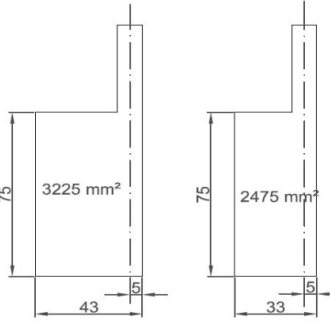

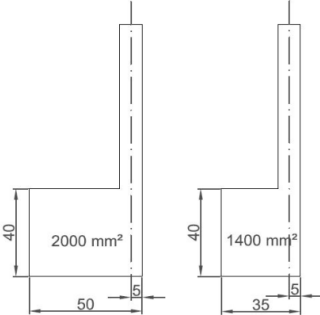
2.8.3. Segona sèrie de proves: Igualtat superficial

2.8.3.1. Descripció

La segona sèrie de proves s'ha realitzat amb el mateix dispositiu utilitzat en l'anterior sèrie, amarrat a terra i dins d'una piscina.

La premissa principal que s'ha adoptat per realitzar aquesta segona sèrie de proves s'anomena Igualtat superficial. Es tracta que en cada combinació de pales, la suma de les superfícies d'aquestes muntades al dispositiu, sigui igual a la suma de les superfícies de les pales de les hèlixs que s'han de comparar (A, B i C). (TAULA 2.23 i Annex D)

Aquestes proves, només han estat pensades per obtenir una sèrie d'empentes per comparar amb els consums. En l'estudi dels rendiments del sistema s'ha utilitzat, per saber en cada moment i per cada combinació de pales concreta, l'energia consumida i la corrent d'arrencada obtinguda. Finalment, s'ha tractat de buscar la relació del consum vers la propulsió.

EQUIVALÈNCIES SUPERFICIALS - 2ª SERIE DE PROVES				
Tipus hèlix	Superfície hèlix	Tipus pales	nº pales	Superfície pales
A 	23220 mm ²		2 jocs de pales = 4 pales	23000 mm ²
B 	11439 mm ²		2 jocs de pales = 4 pales	11400 mm ²
C 	6758 mm ²		2 jocs de pales = 4 pales	6800 mm ²

TAULA 2.23. Comparació de les superfícies de les hèlixs amb les pales utilitzades a la 2ª sèrie de proves

El sistema proposat per aquesta sèrie de proves treballa amb dos eixos (FIGURA 2.121) concèntrics que giren en sentits oposats per tal d'anul·lar entre sí les components laterals no desitjades generades per les pales. Cada un d'aquest eix porta una lira solidària a l'entrada del sistema.

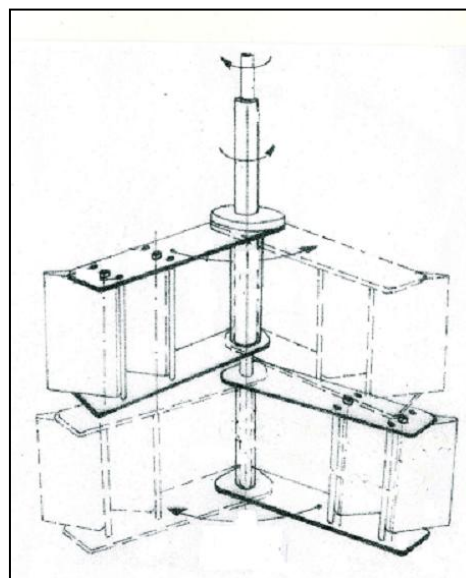


FIGURA 2.121. Perspectiva esquemàtica de dos eixos concèntrics amb les seves lires i pales.

2. Memòria

2.8.3.2. *Procediment*

El procediment d'aquesta segona sèrie de proves ha seguit el mateixos passos que el procediment de la primera sèrie de proves (apartat 2.8.2.2). En primer lloc s'ha mesurat el consum del sistema i l'empenta generada per tal d'obtenir el rendiment final.

Amb totes aquestes dades, s'han omplert tot un seguit de taules amb tot de combinacions possibles de lires i de pales (veure Annex E).

Les dades de les fitxes 2^a/1 a la 2^a/24, s'han obtingut utilitzant pales rectangulars amb la sortida recta muntades al dispositiu per proves de rendiments de les pales; amb una sola pala a cada lira o amb dues pales per lira.

En canvi, les dades de les fitxes 2^a/25 a la 2^a/35, s'han obtingut utilitzant pales rectangulars amb sortida en "cua de peix" (en forma de V).

2.8.3.3. *Resultats*

El principal error comès en aquesta sèrie de proves és que s'ha realitzat dins d'una piscina; és a dir dins d'un volum limitat d'aigua. Si s'observen les gràfiques resultants, un se n'adona ràpidament que a partir d'un punt anomenat PI (Punt d'Inflexió) que es troba a cada gràfica; la corba canvia de sentit. És a dir, a partir d'aquest punt els rendiments es disparen de forma clarament favorable; una cosa inaplicable a la realitat.

Aquest fet del canvi de sentit de la corba de rendiment és degut a que a altes velocitats, l'aigua expulsada per les pales quedava acotxada a la paret de la piscina, endarrerint la recirculació de l'aigua. Aquest fet provocava que a mida que s'augmentava la velocitat de batuda de les pales, disminueix el consum relatiu d'energia i a la vegada augmenta la força d'empenta. Evidentment, en aigües lliures no hi ha un mur sòlid que provoqui aquest efecte; per aquest motiu, s'ha decidit dur a terme una tercera sèrie de proves en aigües lliures.

Per tant, els valors de la segona sèrie només són vàlids fins al punt PI.

2.8.3.3.1. CONJUNT DE PALES A2-115-160 AMB L'HÈLIX A

El conjunt de pales A2-115-160 està compost per un total de quatre pales, on dues estan situades a la lira superior en un mateix extraïble i les altres dues a la lira inferior també en un mateix extraïble. Segons la nomenclatura A2, tan a la lira superior com a la lira inferior; tenen la pala interior més petita que l'exterior. De la mateixa manera com a l'apartat 2.8.2.3.4 on el conjunt de pales té la nomenclatura A3, les pales són senceres i no tenen necessitat d'una metxa per tal d'unir-se a l'extraïble.

Segons el segon número de la referència, el 115; les pales tenen una alçada de 115 mm. Pel que fa al número 160 del final, es refereix a que la distància des de l'eix concèntric fins a l'eix de la pala més externa és de 160 mm.

En referència a la seva superfície total és de 23000 mm², per aquest motiu, aquest sistema es compara amb l'hèlix del tipus A que té una superfície total de 23220 mm².

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																		Nº Prova	2ª / 10
A2 - 115 - 160																				B6	
APLICACIÓ																				B7	
HÈLIXS																				B8	2g
X																					
SPM																					
2ª Sèrie de proves																					
DATA																					
02/10/2007																					
PARÀMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	
AA 20º	Potència Activa Bruta (W)	125	151	174	196	221	256	291	326	361	418	490	570	678	685	617					
	Potència Activa Perduda (W)	124	149	171	191	211	230	254	275	295	318	345	380	418	466	520					
	Potència Activa Neta (W)	1	2	3	5	10	26	37	51	66	100	145	190	260	219	97					
	Empenta (Kg)	0,14	0,31	0,60	0,78	1,32	1,80	2,52	3,56	3,72	4,88	5,68	7,10	7,90	9,20	10,20					
AA 35º	Velocitat (rpm)	43,9	63,9	84,1	103,1	122,6	146,8	166,5	187,6	206,1	230	254,1	275,5	299,2	321,2	347,8					
	Potència Activa Bruta (W)	127	157	185	217	248	297	358	428	506	623	636	568	474	PI						
	Potència Activa Perduda (W)	120	147	169	188	211	233	261	286	312	345	386	431	487							
	Potència Activa Neta (W)	7	10	16	29	37	64	97	142	194	277	250	137	-13							
AA 50º	Empenta (Kg)	0,20	0,50	0,82	1,42	1,98	2,60	3,76	4,54	5,14	6,56	8,20	11,08	12,00							
	Velocitat (rpm)	43,7	63,2	83,6	104,2	122,9	146,9	167,6	188	207,6	231,6	255,2	277,3	302,4							
	Potència Activa Bruta (W)	125	160	186	215	260	336	424	534	590	655	572									
	Potència Activa Perduda (W)	122	153	176	199	221	246	277	305	335	377	435									
AA 50º	Potència Activa Neta (W)	3	7	10	16	39	90	147	229	255	278	137									
	Empenta (Kg)	0,27	0,60	1,06	1,62	2,52	2,96	4,30	5,84	6,92	8,02	10,00									
	Velocitat (rpm)	44,7	64,4	85	104	123,4	148,7	169,2	190	210	233,5	256,8									

TAULA 2.24. Dades de la 2ª sèrie de proves. Fitxa 2ª/10

2. Memòria

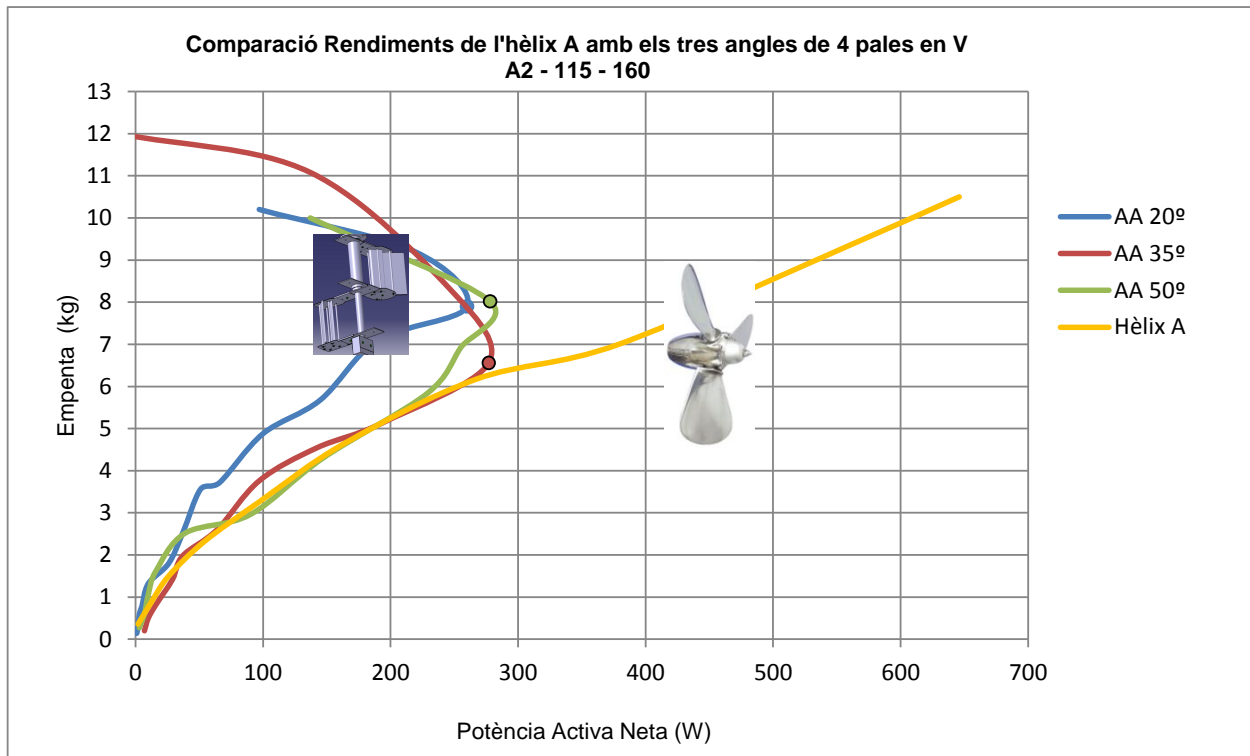


FIGURA 2.122. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales A2-115-160 de la segona sèrie de proves

A la comparació del rendiment de l'hèlix A amb el sistema de pales A2-115-160 es pot apreciar que en general el conjunt de pales té més rendiment que l'hèlix A.

L'angle de 20° del conjunt de pales és el que té més rendiment i el que en té menys és el conjunt de pales que està a 50°. Fins i tot, el sistema amb aquest últim angle de 50°; té menys rendiment que l'hèlix comparada.

2.8.3.3.2. CONJUNT DE PALES A2-115-180 AMB L'HÈLIX A

El conjunt de pales A2-115-180 és el mateix que el conjunt anterior però l'única diferència és la distància des de l'eix concèntric fins a l'eix de la pala més externa, que en aquest cas és de 180 mm.

En referència a la seva superfície total és de 23000 mm², la mateixa que la del conjunt de l'aparat anterior. Per aquest motiu, aquest sistema també es compara amb l'hèlix del tipus A que té una superfície total de 23220 mm².

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																Nº Prova	2ª / 12		
A2 - 115 - 180		h 40	h 75	h 115	L 100	L 160	L 180	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	2g	
APLICACIÓ				X			X		X												
HÈLIXS																					
PALES																					
X																					
SPM		NOTA: 4 Pales en V																			
2ª Sèrie de proves																					
PARÀMETRES																					
AA 20º		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	
Potència Activa Bruta (W)		126	157	180	201	229	261	307	349	398	473	562	669	686,00	650						
Potència Activa Perduda (W)		124	155	177	195	216	241	264	288	310	340	373	414	465,00	521						
Potència Activa Neta (W)		1	2	3	6	13	20	43	61	88	133	189	255	221,00	129						
Empenta (Kg)		0,16	0,37	0,71	1,02	1,60	1,88	3,10	3,68	4,76	5,22	7,18	9,06	9,80	11,5						
Velocitat (rpm)		44,8	62,8	83,6	103,6	123,6	144,4	167,2	186,7	208,2	230,7	253,9	276								
AA 35º		127	159	185	219	263	323	398	486	660	710	631	530	PI							
Potència Activa Bruta (W)		126	157	181	205	229	257	288	318	348	395	452	502								
Potència Activa Perduda (W)		1	2	4	14	34	66	110	168	312	315	179	28								
Potència Activa Neta (W)		0,26	0,58	1,00	1,50	2,26	3,46	4,18	5,36	7,22	7,96	9,56	11,50								
Empenta (Kg)		43,3	63,4	83,8	103,3	123,5	147	168	188,2	210,0	231,8	253,8	276,1								
Velocitat (rpm)		122	158	196	243	297	382	503	644	707	755	PI									
AA 50º		120	143	167	190	213	241	280	318	375	418										
Potència Activa Bruta (W)		2	15	29	53	84	141	223	326	332	337										
Potència Activa Perduda (W)		0,30	0,71	1,34	2,24	2,70	3,96	5,06	6,46	7,34	9,95										
Potència Activa Neta (W)		44,1	63,3	83,8	104,8	123,9	146,7	168,7	190	210,2	232										
Empenta (Kg)																					
Velocitat (rpm)																					

TAULA 2.25. Dades de la 2ª sèrie de proves. Fixa 2ª/12

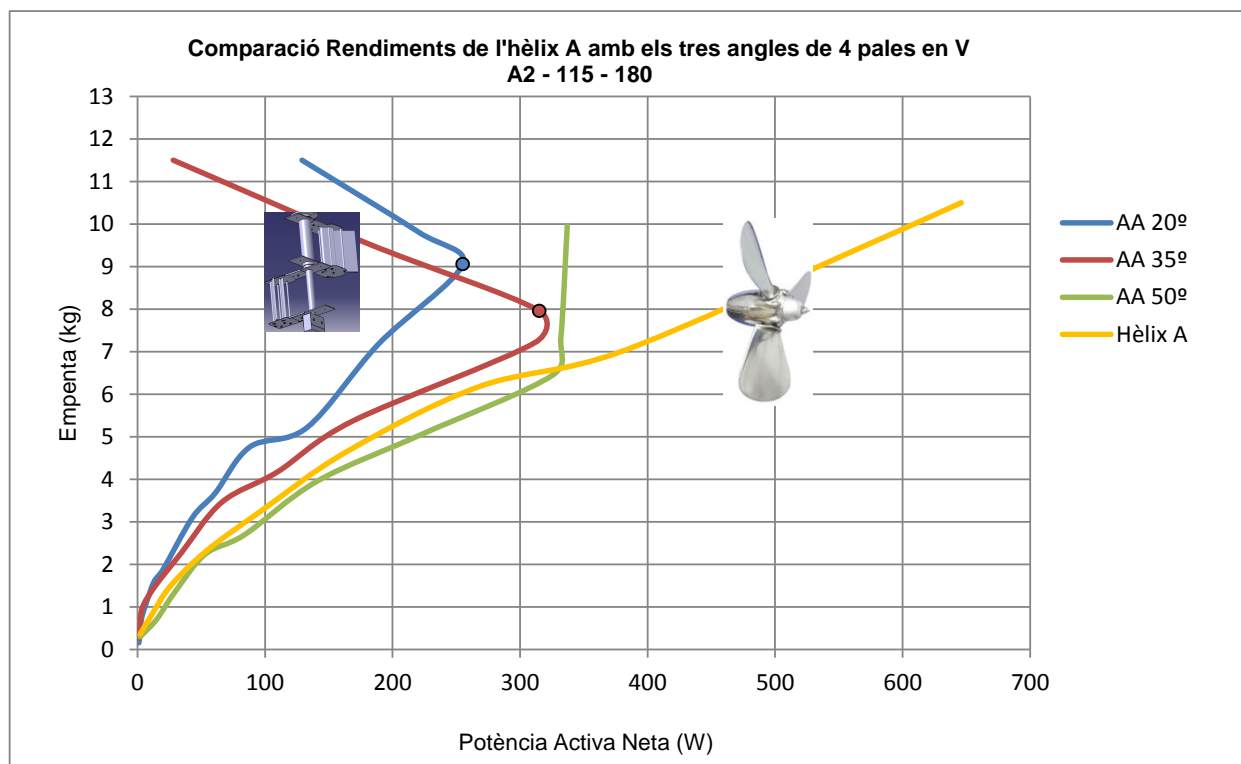


FIGURA 2.123. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix A amb els tres angles del conjunt de pales A2-115-180 de la segona sèrie de proves

En aquest cas, el sistema de pales A2-115-180 també té un rendiment major que l'hèlix A. L'angle de 20° és el que té un major rendiment i l'angle de 50° és el que el té pitjor; fins i tot una mica per sota del rendiment de l'hèlix A.

2.8.3.3.3. CONJUNT DE PALES 2g-75-180 AMB L'HÈLIX C

El conjunt de pales 2g-75-180 està compost per un total de dues pales, on una està situada a la lira superior i l'altra està a la lira inferior també en un mateix extraïble. Segons la nomenclatura 2g, significa que en comptes de quatre pales n'hi ha dues. En aquest cas, aquest tipus de posició de les pales és el mateix que el del tipus B2 però sense les pales interiors. Per tant, les dues pales són les més grans.

Segons el segon número de la referència, el 75; les pales tenen una alçada de 75 mm. Pel que fa al número 180 del final, es refereix a que la distància des de l'eix concèntric fins a l'eix de la pala més externa és de 180 mm.

En referència a la seva superfície total és de 6800 mm², per aquest motiu, aquest sistema es compara amb l'hèlix del tipus C que té una superfície total de 6758 mm².

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																Nº Prova	2ª / 16			
2g - 75 - 180		h 40	h 75	h 115	L 100	L 160	L 180	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	2g		
APLICACIÓ							X															
HÈLIXS																						
PALES			X																			
X																					X	
SPM		NOTA: 2 Pales de 75 X 45 (6750 mm²) amb posició de B2 amb les paletes internes grans																				
2ª Sèrie de proves																						
PARÀMETRES																						
AA 20º	Potència Activa Bruta (W)	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2		
	Potència Activa Perduda (W)	126	153	175	199	219	234	253	288	317	350	401	452	525	623	618	589	586				
	Potència Activa Neta (W)	125	151	172	192	210	234	260	284	284	310	340	379	420	470	531	574	580				
	Empenta (Kg)	1	2	3	7	9	19	28	33	33	40	61	73	105	153	87	15	6				
	Velocitat (rpm)	0,08	0,15	0,35	0,52	0,70	0,89	1,52	1,79	1,79	2,04	2,54	3,16	3,26	5,02	5,26	6,28	6,84				
	Potència Activa Bruta (W)	45,2	63,6	83,6	103,7	123,6	146,8	168,2	186,6	206,4	229,8	250,1	273,6	298	321,2	347,1	369					
	Potència Activa Perduda (W)	123	152	181	207	236	274	314	359	408	497	599	628	574	PI							
	Potència Activa Neta (W)	123	151	176	197	217	241	271	295	328	356	398	446	513								
	Empenta (Kg)	0	1	5	10	19	33	43	64	80	141	201	182	61								
	Velocitat (rpm)	0,10	0,21	0,43	0,67	0,96	1,46	1,84	2,56	2,96	3,52	4,70	5,34	6,48								
AA 35º	Potència Activa Bruta (W)	44,5	63,1	83,9	103,8	124,8	147,3	166,3	187,4	207,4	230,3	255,2	276	299,9								
	Potència Activa Perduda (W)	128	162	184	211	247	297	353	419	509	626	625	575	540								
	Potència Activa Neta (W)	126	159	180	202	227	249	282	313	350	400	460	529	612								
	Empenta (Kg)	2	3	4	9	20	48	71	106	159	226	165	46	-108								
AA 50º	Potència Activa Bruta (W)	0,13	0,31	0,57	0,91	1,42	1,90	2,30	3,30	3,80	5,12	6	7,22	7,96								
	Velocitat (rpm)	43,9	63,4	82,8	103,2	123,4	147,4	168	188,2	208,7	231,7	255,6	277	300								

TAULA 2.26. Dades de la 2ª sèrie de proves. Fixa 2ª/16

2. Memòria

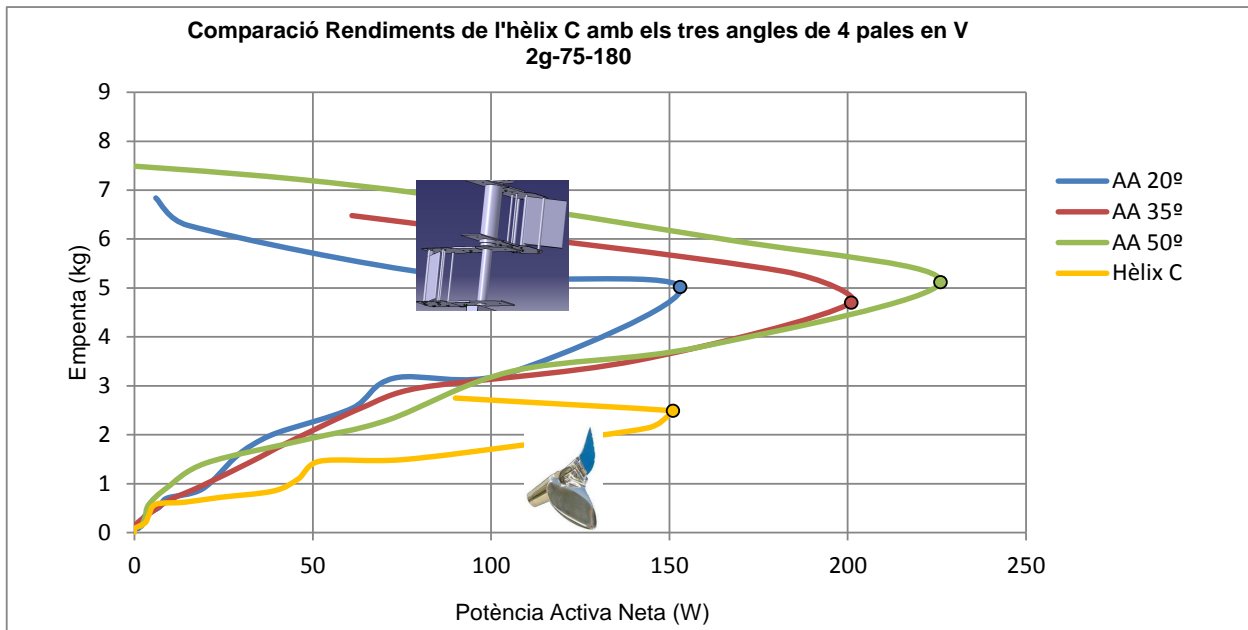


FIGURA 2.124. Gràfica comparativa del rendiment de l'hèlix C amb els tres angles del conjunt de pales 2g-75-180 de la segona sèrie de proves

En aquest cas, es veu amb claredat que el sistema de pales per qualsevol dels tres angles té millor rendiment que l'hèlix del tipus C.

Pel que fa al sistema de pales, l'angle de 20° és el que té millor rendiment; en contra, l'angle de 50° és el que en té menys. Tot i així, els tres angles no tenen una gran diferència respecte als seus valors de rendiments.

2.8.3.3.4. ÀNGLES D'ATAC AA20, AA35 I AA50 DE LES PALES

A continuació es valoren els diferents conjunts de pales comparant-los amb el mateix angle per arribar a saber quin és el millor angle i la millor posició de les pales per treballar; segons aquesta segona sèrie de proves.

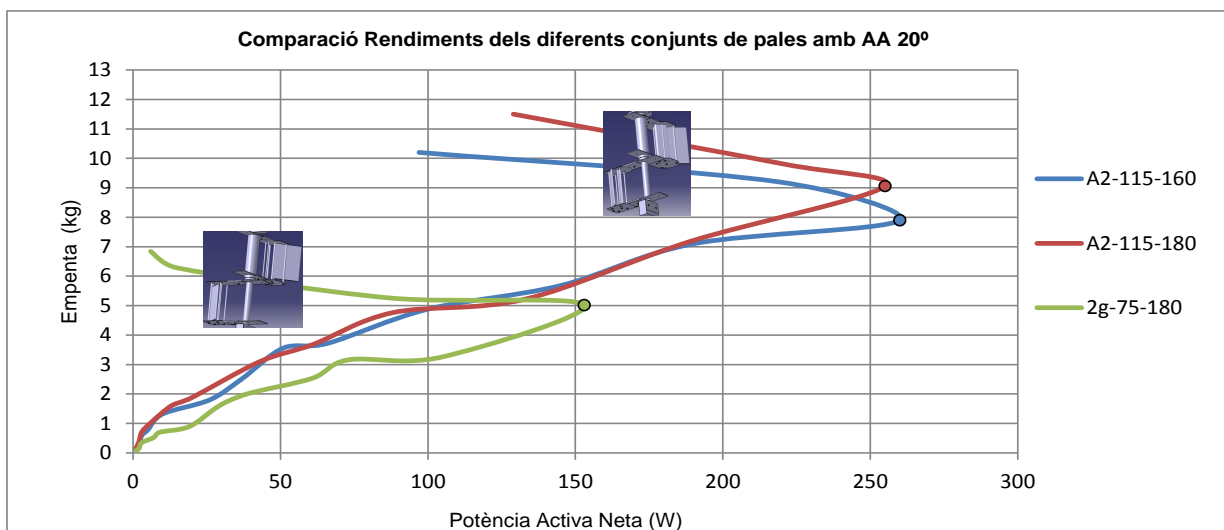


FIGURA 2.125. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 20° de la segona sèrie de proves

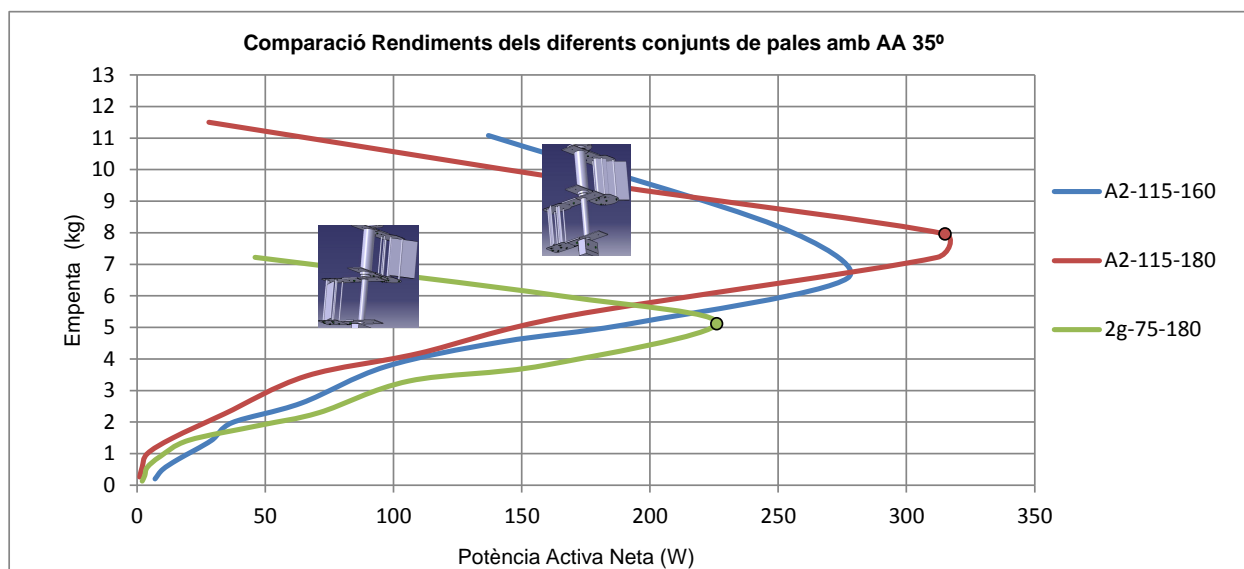


FIGURA 2.126. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 35° de la segona sèrie de proves

2. Memòria

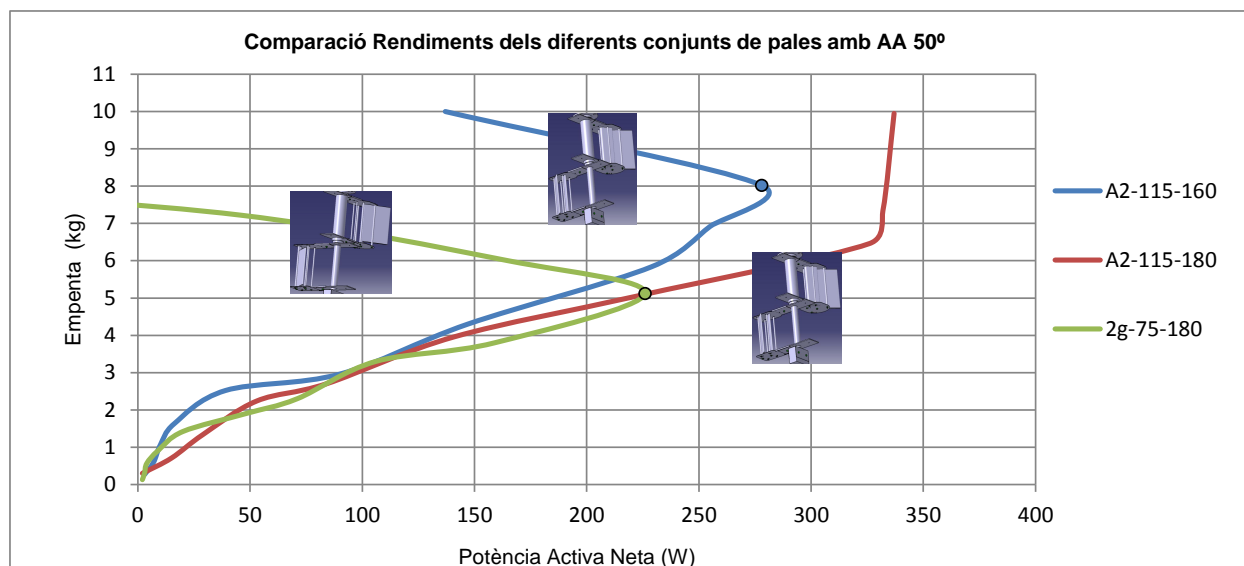


FIGURA 2.127. Gràfica comparativa dels rendiments dels tres conjunts de pales a 50° de la segona sèrie de proves

En primer lloc, no s'ha d'oblidar que en aquesta sèrie de proves els resultats només es tenen en compte fins als punt PI de la corba (lloc on aquesta canvia de direcció favorablement). Tenint en compte això, ens podem fixar que en els tres tipus d'angles no sempre té millor rendiment un mateix tipus de conjunt de pales.

Pel que fa a l'angle de 20°, hi ha dos conjunts de pales que gairebé tenen un mateix rendiment; són els conjunts A2-115-160 i A2-115-180. Tot i així, el conjunt A2-115-180 mostra una millora de rendiment cap al final de la corba. En canvi el conjunt de pales 2g-75-180 queda molt per sota dels altres dos, pel que fa al rendiment. Això és degut a que aquest últim sistema de pales té la meitat de pales que els altres dos sistemes i com a conseqüència té menys superfície.

Si ens centrem als resultats obtinguts amb la comparació de l'angle de 35°, el conjunt amb més rendiment és el A2-115-180 i el que en té menys segueix sent el 2g-75-180. Quedant entre mig la corba del conjunt A2-115-160. Com al cas anterior, el conjunt 2g-75-180 té menys superfície i per tant, rendeix menys.

Finalment, pel que fa a l'angle de 50°, el conjunt que mostra millor rendiment és el A2-115-160 i el que menys segueix sent el 2g-75-180. Per tant, el conjunt A2-115-180 queda pel mig dels altres dos conjunts però s'aproxima més al primer conjunt. Com els dos casos anteriors, el conjunt que té menys rendiment és degut a que té menys superfície.

2.8.3.3.5. EL TIPUS D'HÈLIX AMB MAJOR RENDIMENT I EL CONJUNT DE PALES MÉS RENTABLE

Per poder comparar l'hèlix que té més rendiment amb el conjunt de pales més rendible; cal comparar l'hèlix A (vista a la primera sèrie de proves que és la que dona més rendiment) el conjunt de cada angle que ha demostrat tenir més rendiment.

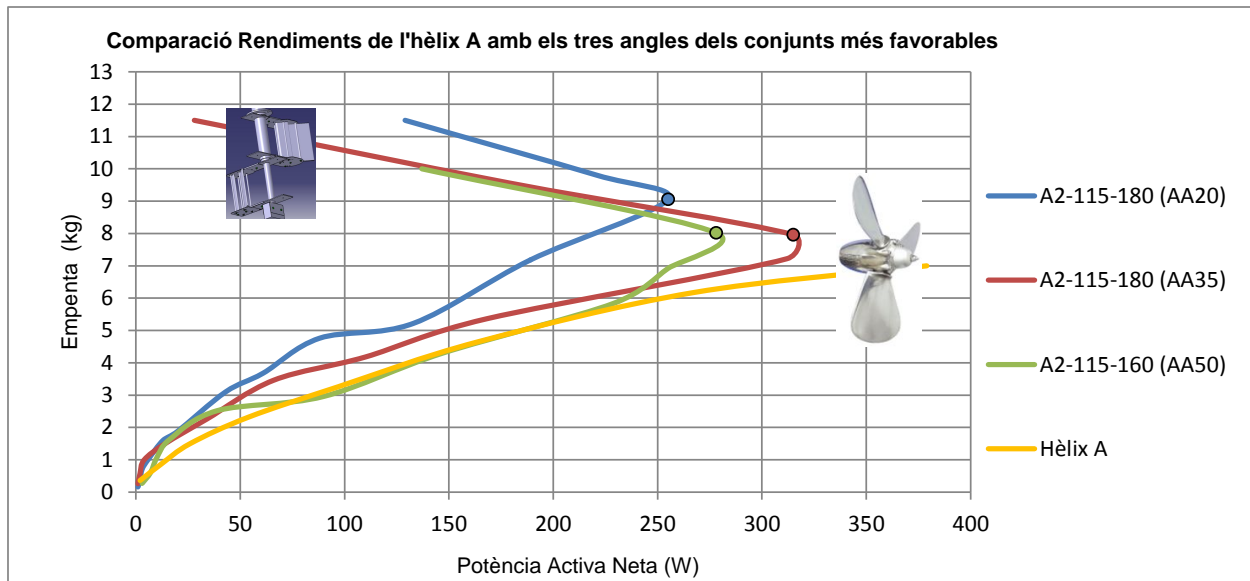


FIGURA 2.128. Gràfica comparativa dels rendiments de l'hèlix A amb els tres angles dels conjunts més favorables

Si ens fixem amb les corbes de la gràfica fins als respectius punts PI, es veu amb claredat que el conjunt que té millor rendiment és el A2-115-180 quan funciona amb un angle de 20°. També es pots veure demostrat que l'angle de 50° és el menys favorable pel que fa als seus valors de rendiments.

L'hèlix A queda per sota del conjunt de pales més rentable però té un rendiment molt semblant al del conjunt menys rentable, el A2-115-160 quan funciona a 50°.

2.8.4. Tercera sèrie de proves: Proves en aigües lliures

2.8.4.1. Descripció

La finalitat principal i més important d'aquestes proves és la de conèixer els rendiments energètics del sistema en aigües lliures per poder-los comparar amb els d'una hèlix equiparable.

Partint de la base que els recursos per poder realitzar les proves eren molt limitats, s'ha volgut ser molt exhaustiu i per tant s'ha limitat a buscar la possible existència d'indicis raonables que puguin suggerir la conveniència d'obrir noves línies d'investigació més profundes.

Després de realitzar totes les proves de la segona sèrie es va creure convenient fer aquesta tercera sèrie perquè es van trobar aquests indicis raonables anomenats al paràgraf anterior; un canvi de sentit important a tenir en compte de la corba de rendiment causat pel fet de realitzar la segona sèrie de proves en un recinte limitat de volum; dins d'una piscina.

Per aquest motiu, la tercera sèrie de proves s'ha dut a terme en aigües marines lliures; com si de la realitat es tractés; lluny de qualsevol obstacle que pogués interferir en la circulació lliure de l'aigua.

La principal premissa d'aquesta sèrie de proves no s'ha tractat de l'igualtat de superfícies (tal i com s'ha realitzat a la segona sèrie), sinó trobar la combinació de pales que guanyi directament pel que fa al rendiment, a una hèlix comercial de desplaçament (en aquest cas s'ha utilitzat una hèlix comercial de 8'' de diàmetre exterior).

2. Memòria

El sistema proposat en aquesta sèrie permet canviar fàcilment varis paràmetres , com:

- Variar de forma independent per cada pala, el seu angle d'atac per tal d'endurir-lo o bé suavitzar-lo.
- Canviar les pales per d'altres d'amplades diferents.
- Modificar el radi d'escombrada de les pales.
- Treballar simultàniament amb una o dues pales a cada lira.

En aquesta sèrie de proves s'han utilitzat quatre tipus diferents de pales amb característiques superficials diferents.

A continuació, es mostra un esquema de les diferents mides de cada tipus de pala.

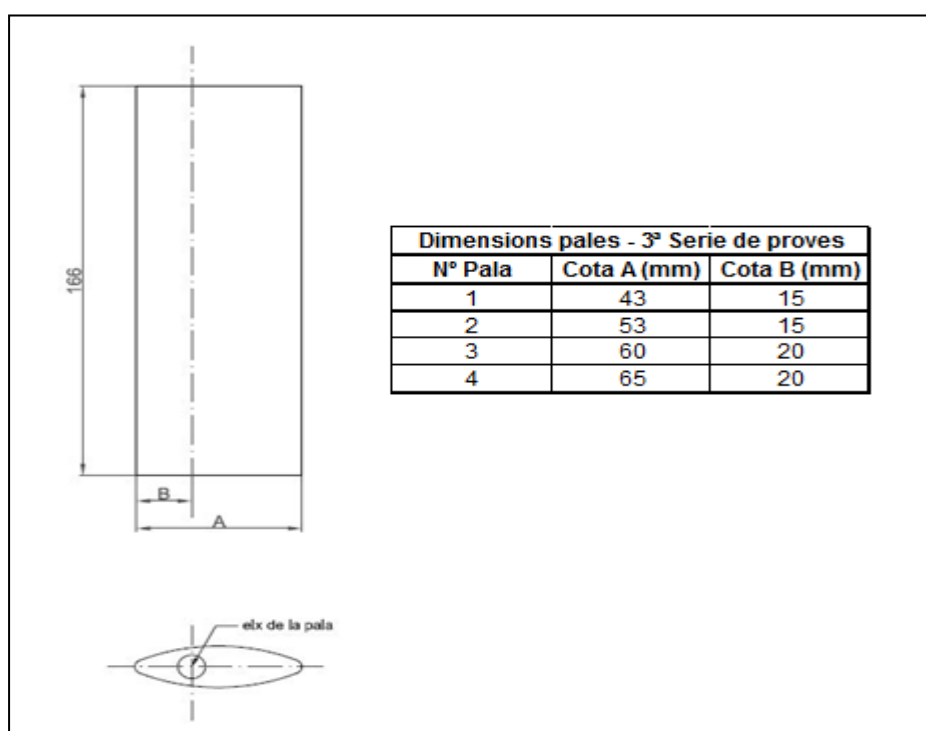


FIGURA 2.129. Dibuix i taula de les superfícies dels quatre tipus de pales utilitzades a la 3ª sèrie de proves

2.8.4.2. Procediment

El procediment d'aquesta sèrie de proves es tracta del mateix procediment que el de la segona sèrie de proves però comparant tan sols una hèlix de 8'' de diàmetre exterior. (veure apartat 2.8.3.2).

Totes les dades agafades durant la tercera sèrie de proves, s'han anat anotant en unes taules com les de la segona sèrie. (veure Annex E).

La diferència d'aquestes dades agafades, en relació a les de la segona sèrie és que en aquest cas s'han fet les proves de les posicions més comprometedores en comptes de fer mediacions exhaustives com s'ha fet a la segona sèrie de proves.

Les dades de les fitxes 3ª/1 a la 3ª/6, s'han obtingut muntant al dispositiu, dues lires amb capacitat fins a quatre pales cada una i orificis per poder escollir entre varies opcions de l'angle d'atac per cada pala. A les fitxes 3ª/7 i 3ª/8 de l'Annex E, es poden veure els orificis dels diferents possibles angles.

2.8.4.3. Resultats

2.8.4.3.1. HÈLIX DE 8"

L'hèlix de 8" és la comparada en aquesta tercera sèrie de proves. Aquesta hèlix és una comercial de mercat i es compara a tots els conjunts de les pales que s'utilitzen per aquesta sèrie.

A continuació es mostra la seva corba de rendiment i després es justifiquen els resultats mitjançant la taula de valors preses a les proves.

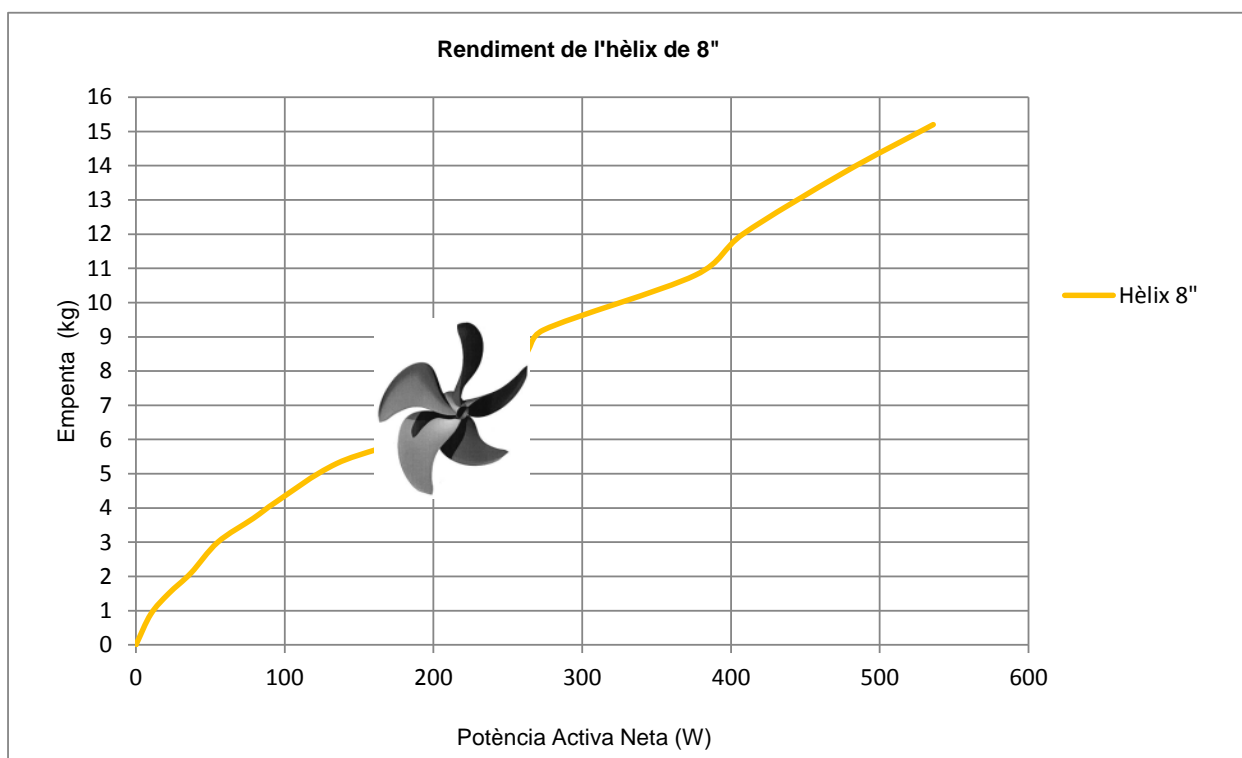


FIGURA 2.130. Gràfica del rendiment de l'hèlix convencional de 8" de la tercera sèrie de proves

REFERÈNCIA		RENDIMENTS HÈLIX DE DESPLAÇAMENT DE 8"												DATA		Nº					
Rendiments Hèlix de 8"														Agost del 2010		Prova					
APLICACIÓ																					
HÈLIXS	PALES																				
X																					
SPM																					
Proves rendiments de les hèlixs																					
NOTA: Potències actives acumulades per 1 minut																					
HÈLIX 8"		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12
Potència Activa Bruta (W)						249	281	317	354	389	420	475	550	624	684	798	832	929	992		
Potència Activa Perduda (W)						239	259	280	299	310	325	340	354	364	410	422	424	453	456		
Potència Activa Neta (W)						10	22	37	55	79	95	135	196	260	274	376	408	476	536		
Empenta (Kg)						0,9	1,5	2,1	3	3,7	4,2	5,3	6,3	8,4	9,2	10,8	12	13,8	15,2		
Velocitat (rpm)						90	68,18	56,76	54,55	46,84	44,21	39,26	32,14	32,31	33,56	28,72	29,41	29	28,36		

TAULA 2.27. Dades de l'hèlix de 8" comparada amb les pales de la 3ª sèrie de proves

2.8.4.3.2. CONJUNT DE QUATRE PALES PER LIRA

A la primera fitxa d'aquesta tercera sèrie de proves (3^a/1) es compara l'hèlix de 8" ja comentada anteriorment amb cinc opcions d'un mateix conjunt de pales. Totes les cinc opcions estan formades per quatre pales a cada lira (superior i inferior).

L'opció A del conjunt té un total de quatre pales, les quals; cada una d'elles té un angle d'atac propi i està situada a una distància concreta de l'eix concèntric de gir.

- Pala 1: és la més interna a l'eix concèntric i està a 76 mm de distància d'aquest. Aquesta pala treballa amb un angle d'atac de 55°
- Pala 2: la segona pala està situada a 126 mm de distància i treballa amb un angle de 45°.
- Pala 3: aquesta pala ocupa la tercera posició amb una distància de 186 mm des de l'eix concèntric i treballa amb un angle d'atac de 35°.
- Pala 4: la pala més externa situada a l'extraïble de la lira està a 246 mm de distància i treballa amb un angle d'atac de 25°.

L'opció B del conjunt té les quatre pales amb el mateix angle d'atac de 25° i la distància entre el seu eix i l'eix concèntric depèn de la posició de cada una sobre l'extraïble. Les quatre pales estan a la mateixa distància que l'opció A: la pala 1 està a 76 mm, la pala 2 està a 126 mm, la 3 està a 186 mm i finalment; la pala 4 està a 246 mm.

L'opció C del conjunt de pales té les quatre pales a 35° i les distàncies de les quatre pales a l'eix concèntric de rotació són les mateixes que a les dos opcions anteriors; la A i la B.

L'opció D té les quatre pales a 45° i les distàncies de l'eix de cada pala fins l'eix concèntric són les mateixes que les opcions anteriors.

Finalment, l'opció E té les quatre pals a 55° i les distàncies també són les mateixes que a les opcions anteriors.

A la següent taula es poden veure els valors de les cinc opcions obtinguts durant la realització de les proves.

Mitjançant la gràfica on es mostren els rendiments de cada tipus de conjunt de pales; es pot comparar els rendiments d'aquestes amb el rendiment de l'hèlix de 8".

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES													Nº Prova	3ª / 1					
4 Pales a cada lira																					
APLICACIÓ		NOTES I CARACTERÍSTIQUES													DATA						
HÈLIXS	PALES	Angle		Opció A		Opció B		Opció C		Opció D		Opció E		NOTA 1: 4 pales (Tipus 1, 2, 3 i 4) a cada lira amb un total de 8 pales		02/10/2007					
	X	246 mm		*		246 mm		35°		45°		55°									
SPM		Radi recur.		246 mm		246 mm		246 mm		246 mm		246 mm									
3ª Sèrie de proves		* Angles progressius 55°, 45°, 35° i 25°																			
PARÀMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	
Opció A	Potència Activa Bruta (W)	0	189	297	468	897	1194	1235													
	Potència Activa Perduda (W)	0	156	195	240	316	577	430													
	Potència Activa Neta (W)	0	33	102	228	581	617	805													
	Empenta (Kg)	0	6	7	9	14	15	16													
	Rendiment (gr/W)	0	181,8	68,63	39,47	24,1	24,31	19,88													
Opció B	Potència Activa Bruta (W)	0	195	506	1236																
	Potència Activa Perduda (W)	0	156	240	430																
	Potència Activa Neta (W)	0	39	266	806																
	Empenta (Kg)	0	4,5	8	13																
	Rendiment (gr/W)	0	115,4	30,08	16,13																
Opció C	Potència Activa Bruta (W)	0	207	505	1169	1160	1226														
	Potència Activa Perduda (W)	0	156	240	851	577	430														
	Potència Activa Neta (W)	0	51	265	318	583	796														
	Empenta (Kg)	0	5	6	8	10	13														
	Rendiment (gr/W)	0	98	41,5	40,9	22,3	16,93														
Opció D	Potència Activa Bruta (W)	0	221	272	490	620	742	952													
	Potència Activa Perduda (W)	0	156	162	180	220	240	252													
	Potència Activa Neta (W)	0	65	110	310	400	502	700													
	Empenta (Kg)	0	9	10	11	12	13	14													
	Rendiment (gr/W)	0	138,5	62	48	33	25,9	24													
Opció E	Potència Activa Bruta (W)	0	274	1233	1053																
	Potència Activa Perduda (W)	0	156	430	240																
	Potència Activa Neta (W)	0	118	803	813																
	Empenta (Kg)	0	8	12	13																
	Rendiment (gr/W)	0	67,8	14,94	15,99																

TAULA 2.28. Dades del sistema de 4 pales per lira de la 3ª sèrie de proves. Fitxa 3ª/1

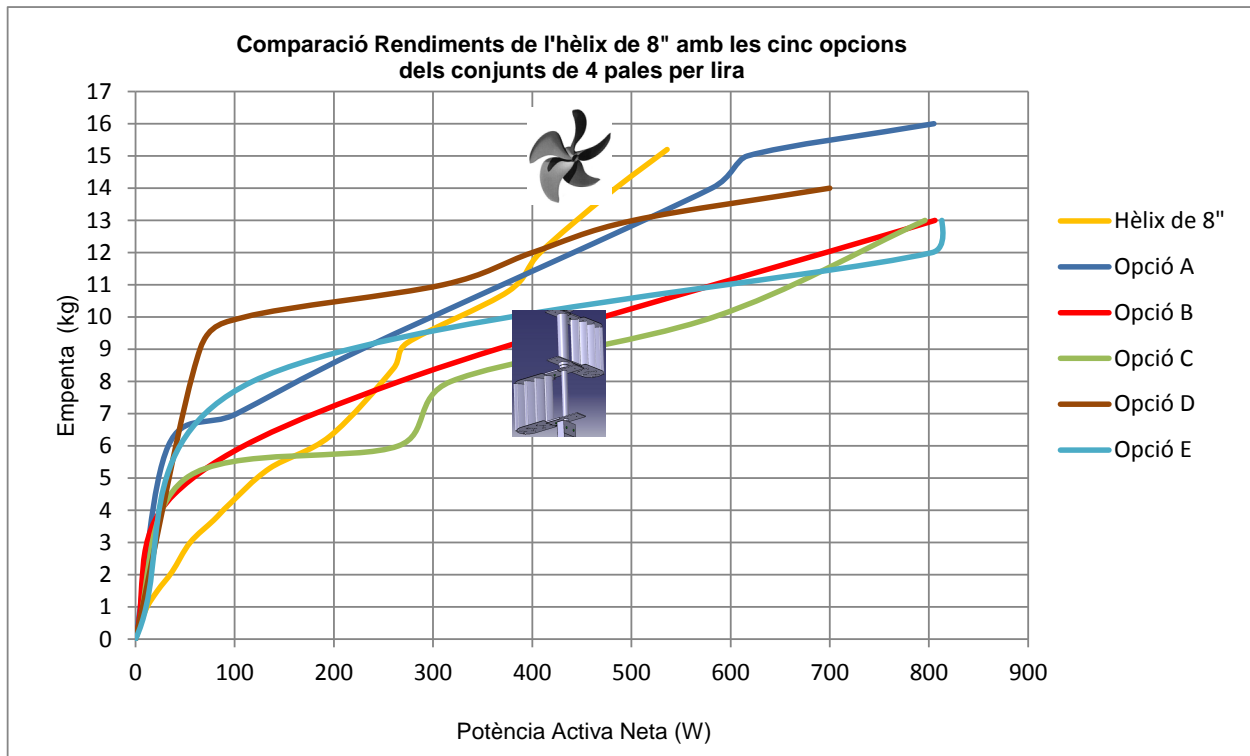


FIGURA 2.131. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb tres opcions del conjunt de 4 pales per lira. Fitxa 3^a/1

A l'inici de les corbes, les cinc opcions de les pales (A, B, C, D i E) estan sobreposades i per tant; tenen gairebé el mateix rendiment; és en aquest punt on es diferencia el rendiment de l'hèlix per sota dels rendiments dels conjunts de pales.

En canvi, a mida que les corbes van creixent; es van creuant entre elles i finalment es veu com la corba del rendiment de l'hèlix supera les corbes de les cinc opcions diferents de les pales.

Si ens centrem només amb els rendiments dels cinc conjunts de les pales, la que té millor rendiment és el conjunt de pales de l'opció A i la que en té menys és l'opció E.

2.8.4.3.3. CONJUNT DE TRES PALES PER LIRA

En aquest conjunt de sistemes de pales, només hi ha un tipus de sistema de pales que tingui tres pales a cada lira; amb un total de 6 pales a tot el sistema.

L'única opció que hi ha, l'opció A, està composta per tres pales a cada lira. En aquest cas, la pala que s'anomenava amb el número 4, ja no hi és. Per tant les pales queden de la següent manera:

- Pala 1: és la més interna a l'eix concèntric i està a 76 mm de distància d'aquest. Aquesta pala treballa amb un angle d'atac de 25°
- Pala 2: la segona pala està situada a 126 mm de distància i també treballa amb un angle de 25°.
- Pala 3: aquesta pala ocupa la tercera posició amb una distància de 186 mm des de l'eix concèntric i treballa amb un angle d'atac de 25°.

Per tant, es pot veure que les tres pales treballen al mateix angle de 25° i cada una ocupa una posició diferent fixada per l'extraïble de la lira.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES											Nº Prova	3ª / 3							
3 pales per lira																					
APLICACIÓ		NOTES I CARACTERÍSTIQUES																			
HÈLIXS	PALES	Opció A	Pala 1	Pala 2	Pala 3																
	X	Angle	25°	25°	25°																
SPM		Radi recur.	76 mm	126 mm	186 mm																
3ª Sèrie de proves		NOTA: 3 pales a cada lira amb un total de 6 pales											DATA								
		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	
Opció A	Potència Activa Bruta (W)	0	177	365	1166	930															
	Potència Activa Perduda (W)	0	156	240	851	430															
	Potència Activa Neta (W)	0	21	125	315	500															
	Empenta (Kg)	0	2	5	8	9															
	Rendiment (gr/W)	0	95,24	40	25,4	18															

TAULA 2.29. Dades del sistema de 3 pales per lira de la 3ª sèrie de proves. Fitxa 3ª/2

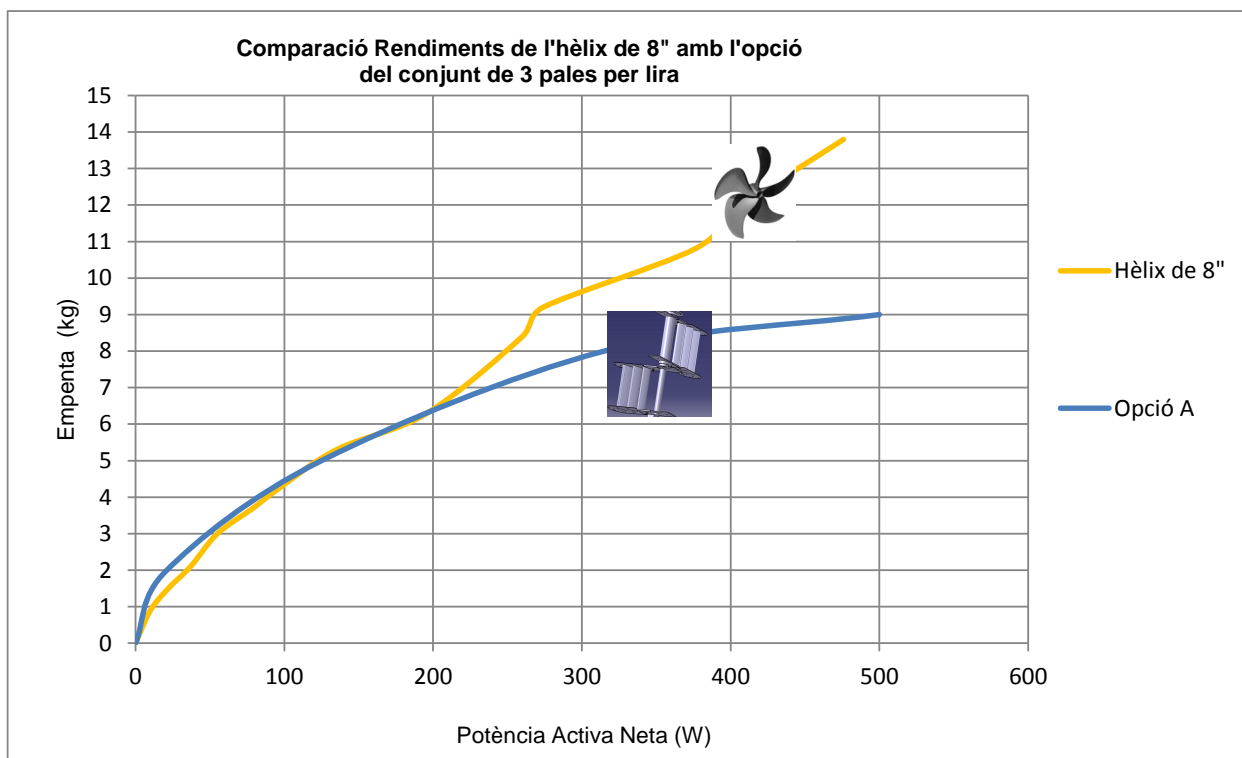


FIGURA 2.132. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb l'opció del conjunt de 3 pales per lira. Fitxa 3^a/2

Des d'un bon inici, la corba de rendiment de les pales es troben per sobre de la corba de l'hèlix però a mida que les corbes van creixent; es pot veure que l'hèlix de 8'' té més rendiment que l'opció del sistema de pales.

2.8.4.3.4. CONJUNT DE DUES PALES PER LIRA

En aquest conjunt de pales també hi ha només una opció, la A. Aquesta opció consta d'un total de dues pales (una a cada lira).

La pala més pròxima a l'eix concèntric és l'anomenada pala 1 i té un radi de gir de 140 mm, una amplada de pala de 52 mm i treballa a 20° d'angle d'atac.

La pala més llunyana a l'eix concèntric s'anomena pala 2 i té un radi de gir de 240 mm, una amplada de 65 mm i també treballa amb un angle d'atac de 20°.

A la següent taula es pot veure els resultats obtinguts a les proves i després, mitjançant la gràfica dels resultats es pot comparar els rendiments de l'opció A amb l'hèlix de 8''.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES											Nº Prova	3ª / 3						
2 pales per lira																				
APLICACIÓ		NOTES I CARACTERÍSTIQUES																		
HÈLIXS	PALES	Opció A	Pala 1	Pala 2	NOTA: 2 pales a cada lira amb un total de 4 pales											DATA				
	X	Angle	20°	20°												09/10/2007				
3ª Sèrie de proves		Radi recur.	140 mm	240 mm																
		Amplada	52 mm	65 mm																
PARÀMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2
Optó A	Potència Activa Bruta (W)	0	254	338	587	862	1277	1317	1343											
	Potència Activa Perduda (W)	0	183	216	252	320	396	667	503											
	Potència Activa Neta (W)	0	71	122	335	542	650	840	881											
	Empenta (Kg)	0	4	7	11	12	13	14	15											
	Rendiment (gr/W)	0	56,34	57,38	32,84	22,14	20	16,67	17,03											

TAULA 2.30. Dades del sistema de 2 pales per lira de la 3ª sèrie de proves. Fitxa 3ª/3

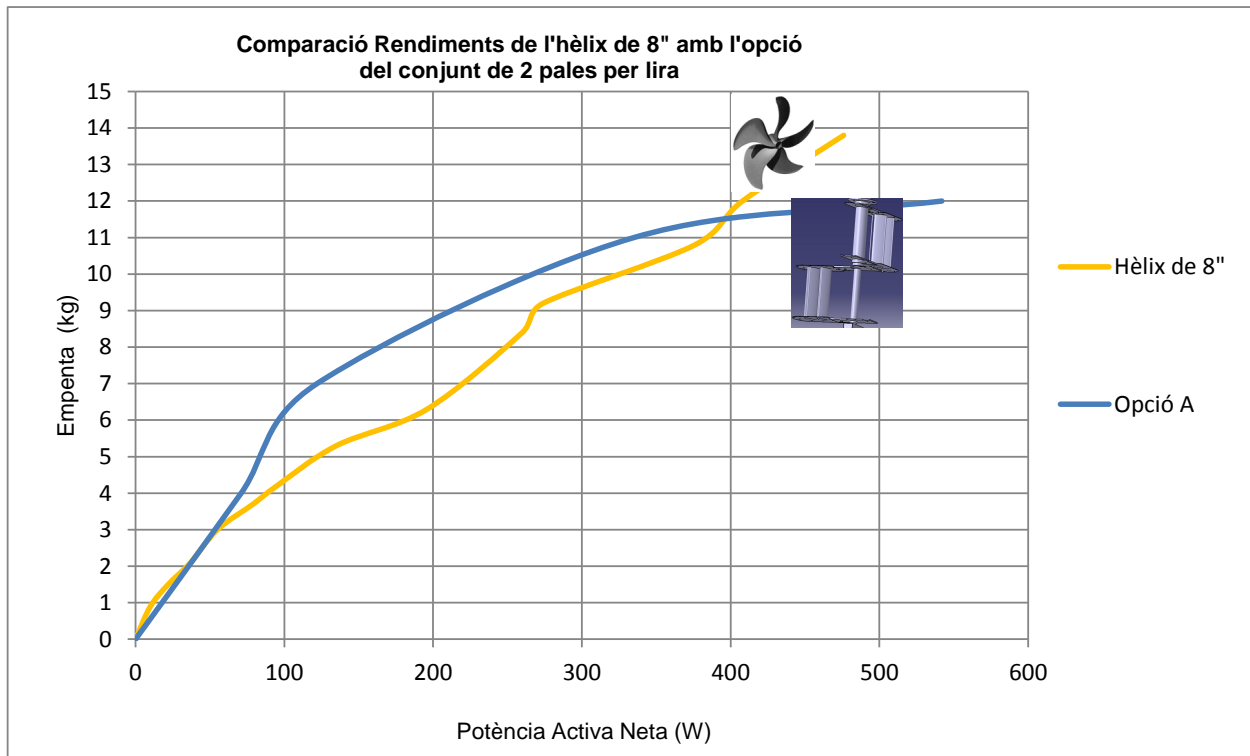


FIGURA 2.133. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb tres opcions del conjunt de 2 pales per lira. Fitxa 3³/3

En aquest cas, l'opció del sistema de pales té un rendiment inferior que l'hèlix de 8''. Tot i així, a l'inici de les corbes, la del sistema de pales es troba per sobre de la corba de rendiment de l'hèlix de 8''. Però finalment, es comprova que l'hèlix té un comportament més favorable.

2.8.4.3.5. CONJUNT D'UNA PALA PER LIRA

Aquest sistema de pales està compost per una pala a cada lira, amb un total de 2 lires a tot el sistema. Hi ha un total de set opcions i combinacions diferents.

L'opció A té cada pala a una distància de 140 mm, té 60 mm d'amplada i treballa amb un angle d'atac de 20°.

L'opció B també té la pala a una distància de 140 mm i treballant amb un angle de 20° però l'amplada d'aquesta és de 65 mm.

L'opció C té les pales separades 180 mm i situades amb un angle de 20° i l'amplada de cada pala és de 52 mm.

L'opció D també té les pales separades 180 mm i treballen amb un angle de 20°, i l'amplada de cada pala és de 60 mm.

L'opció E també té les pales a 180 mm i amb un angle de 20°; igual que les dues opcions anteriors. La diferència d'aquesta és que cada pala té una amplada de 65 mm.

L'opció F té les pales situades a una distància de 140 mm, treballen amb un angle de 20° i l'amplada d'aquestes és de 52 mm.

L'opció G té les pales amb la mateixa amplada que l'opció anterior, de 52 mm i treballen amb el mateix angle de 20°. La diferència és la distància de la pala a l'eix concèntric que en aquest cas és de 240 mm.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES												Nº Prova	3ª / 4						
1 Pala a cada lira																					
APLICACIÓ		NOTES I CARACTERÍSTIQUES																			
HÈLIXS	PALES	Angle	Opció A	Opció B	Opció C	Opció D	Opció E	Opció F	Opció G												
	X		20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°								
SPM		Radi recur.	140 mm	140 mm	180 mm	180 mm	180 mm	180 mm	140 mm	240 mm											
3ª Sèrie de proves		Amplada	60 mm	65 mm	52 mm	60 mm	65 mm	52 mm	52 mm	52 mm			DATA								
PARÀMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	
Opció A	Potència Activa Bruta (W)	0	193	232	286	373	470	585	814	1426	1881										
	Potència Activa Perduda (W)	0	183	216	252	320	396	503	667	1091	1330										
	Potència Activa Neta (W)	0	10	16	34	53	74	82	147	335	551										
	Empenta (Kg)	0	1,3	2,2	2,7	3	3,2	4	4,6	6	7										
	Rendiment (gr/W)	0	130	137,5	79,41	56,6	43,24	48,78	31,29	17,91	12,7										
Opció B	Potència Activa Bruta (W)	0	193	234	289	369	476	583	823	1430	1541										
	Potència Activa Perduda (W)	0	183	216	252	320	396	503	667	1091	1030										
	Potència Activa Neta (W)	0	10	18	37	49	80	80	156	339	511										
	Empenta (Kg)	0	1,3	2	2,4	3	3,3	4,4	5,2	6,2	7										
	Rendiment (gr/W)	0	130	111,1	64,86	61,22	41,25	55	33,33	18,29	13,7										
Opció C	Potència Activa Bruta (W)	0	208	268	364	489	592	813	1402	1520											
	Potència Activa Perduda (W)	0	189	234	275	332	427	553	1017	1007											
	Potència Activa Neta (W)	0	19	34	89	157	165	260	385	513											
	Empenta (Kg)	0	0,68	2	3	4	5	5,2	6	7											
	Rendiment (gr/W)	0	35,79	58,82	33,71	25,48	30,3	20	15,58	13,65											

TAULA 2.31. Dades de les tres primeres opcions del sistema d'1 pala per lira de la 3ª sèrie de proves. Fitxa 3ª/4

PARÀMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	
Opció D	Potència Activa Bruta (W)	0	226	268	354	496	521	687	895	1025											
	Potència Activa Perduda (W)	0	208	220	262	334	326	390	493	501											
	Potència Activa Neta (W)	0	18	48	92	162	195	297	402	524											
	Empenta (Kg)	0	1	2	4	5	5,4	6	6,3	7											
Opció E	Rendiment (gr/W)	0	55,56	41,67	43,48	30,86	27,69	20,2	15,67	13,36											
	Potència Activa Bruta (W)	0	218	276	364	530	610	731	936	1056											
	Potència Activa Perduda (W)	0	189	234	275	332	394	403	468	502											
	Potència Activa Neta (W)	0	29	42	89	198	216	328	468	554											
Opció F	Empenta (Kg)	0	2	2,5	4	6	6,6	7	7,2	8											
	Rendiment (gr/W)	0	68,97	59,52	44,94	30,3	30,56	21,34	15,38	14,44											
	Potència Activa Bruta (W)	0	229	299	426	566	712	829	1023												
	Potència Activa Perduda (W)	0	184	230	267	299	398	410	498												
Opció G	Potència Activa Neta (W)	0	45	69	159	267	314	419	525												
	Empenta (Kg)	0	3	4	5	6	6,4	7	8												
	Rendiment (gr/W)	0	125	62	163,6	22,47	20,38	16,71	15,24												
	Potència Activa Bruta (W)	0	238	308	438	522	633	877	1019												
Opció G	Potència Activa Perduda (W)	0	189	234	275	299	319	458	501												
	Potència Activa Neta (W)	0	49	74	163	223	314	419	518												
	Empenta (Kg)	0	3	4,5	5	6	7	7,4	8												
	Rendiment (gr/W)	0	61,2	60,8	30,7	26,91	22,29	17,66	15,44												

TAULA 2.33. Dades de les quatre últimes opcions del sistema d'1 pala per lira de la 3ª sèrie de proves.

2. Memòria

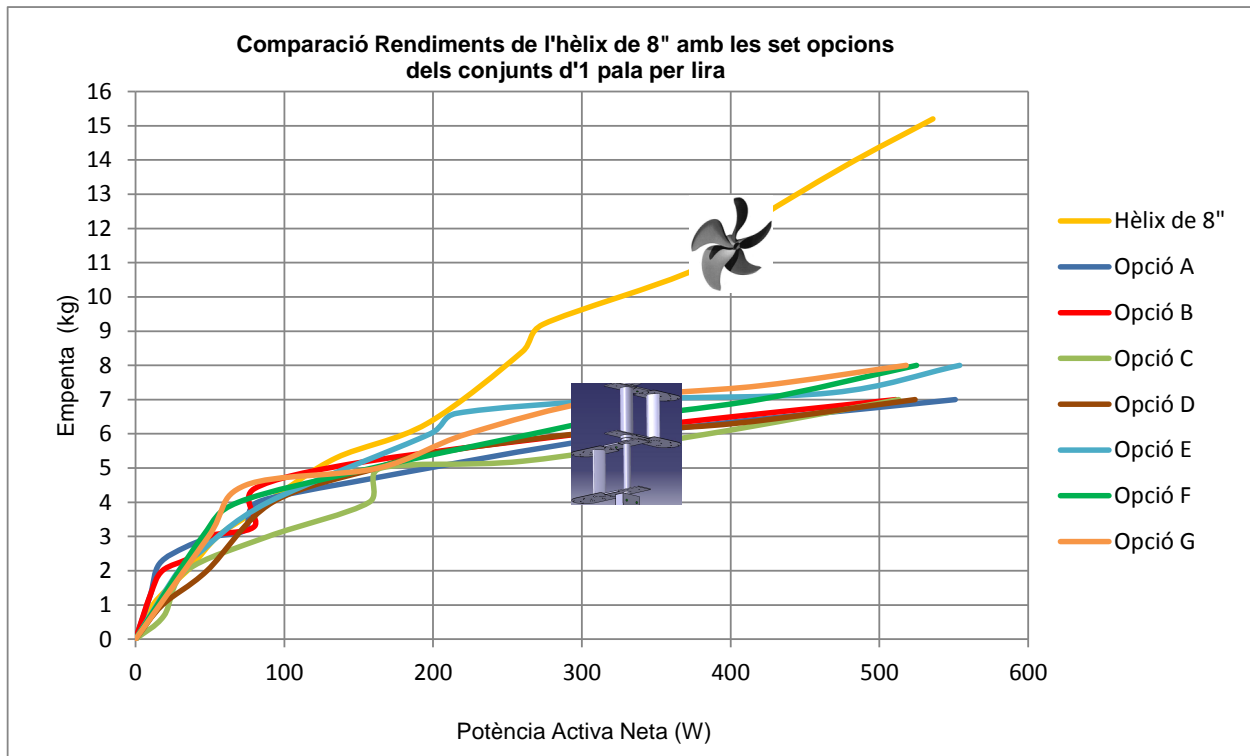


FIGURA 2.134. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb dues opcions del conjunt d'1 pala per lira. Fitxa 3³/₄

A l'inici de totes les corbes comparades, ens trobem davant d'una acumulació de totes les corbes. Però a partir de la franja dels 200W de potència, la corba de l'hèlix de 8'' ascendeix favorablement mostrant un millor rendiment. En canvi, la resta de les corbes de rendiment del sistema de pales, segueixen un recorregut no tan ascendent i durant tot el camí van sobreposades. Tot i així, es pot arribar a reconèixer la corba del sistema de pales que té més rendiment, la qual és la de l'opció G.

2.8.4.3.6. L'HÈLIX DE 8'' AMB EL CONJUNT DE PALES MÉS RENTABLE

Finalment, cal comprar l'hèlix de 8'' amb els quatre sistemes més favorables i amb més rendiments de l'apartat anterior.

Pel que fa al conjunt de sistemes de 4 pales, el més favorable és l'opció A. El mateix passa amb el conjunt de 3 pales i de 2; que com que només hi ha una opció, evidentment és la millor. Finalment, pel que fa al conjunt de sistemes d'1 pala per lira, l'opció amb més rendiment és la G.

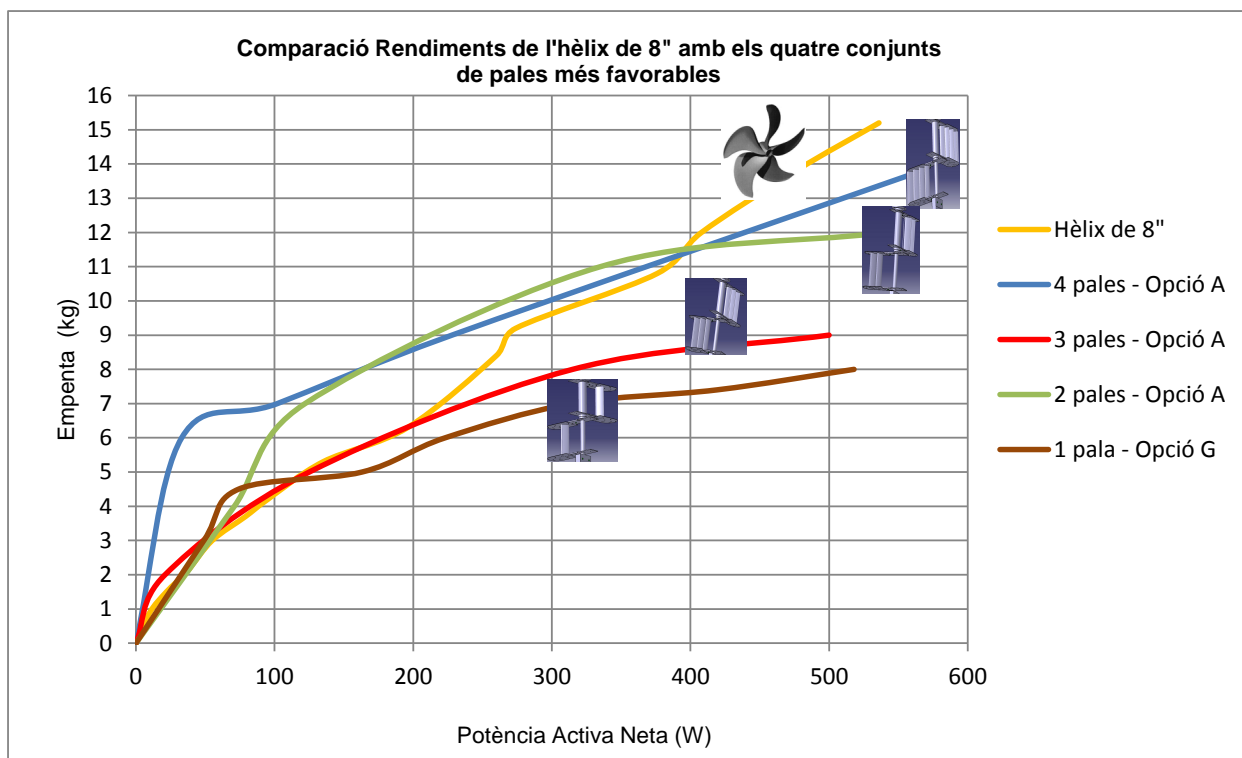


FIGURA 2.135. Gràfica de comparació del rendiment de l'hèlix de 8'' amb les quatre opcions més favorables dels sistemes de pales

Des d'un bon inici, els sistemes de 4 pales i de 2 pales són més favorables que l'hèlix i que els altres dos sistemes. Tot i així, a partir del 400 W de potència, es pot veure com l'hèlix de 8'' té un rendiment més elevat que qualsevol dels altres quatre sistemes. Pel que fa als sistemes de 4 pales i d'1; en tot moment estan per sota de les altres corbes ja comentades.

2.8.5. Simbologia de les taules i les gràfiques resultants

Per tal de poder introduir totes les dades necessàries a les fitxes per poder estudiar els resultats obtinguts; es van utilitzar tot un seguit de símbols que cal aclarir.

A les següents figures es mostren tres exemples de taules on s'expliquen els diferents significats dels símbols.

REFERÈNCIA		RENDIMENT PALES																				Nº Prova		2ª / 10	
① A2 - 115 - 160																						②			
APLICACIO ③																									
HELIXS																									
PALES																									
X																									
SPM																									
2ª Sèrie de proves		NOTA: 4 Pales en V																							
DATA																									
02/10/2007																									
PARÀMETRES ⑤		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2					
⑧ Potència Activa Bruta (W)		125	151	174	196	221	256	291	326	361	418	490	570	678	685	617									
Potència Activa Perduda (W)		124	149	171	191	211	230	254	275	295	318	345	380	418	466	520									
⑩ Potència Activa Neta (W)		1	2	3	5	10	26	37	51	66	100	145	190	260	219	97									
⑪ Empenta (Kg)		0,14	0,31	0,60	0,78	1,32	1,80	2,52	3,56	3,72	4,88	5,68	7,10	7,90	9,20	10,20									
④ Velocitat (rpm)		43,9	63,9	84,1	103,1	122,6	146,8	166,5	187,6	206,1	230	254,1	275,5	299,2	321,2	347,8									
Potència Activa Bruta (W)		127	157	185	217	248	297	358	428	506	623	636	568	474	PI										
⑨ Potència Activa Perduda (W)		120	147	169	188	211	233	261	286	312	345	386	431	487											
Potència Activa Neta (W)		7	10	16	29	37	64	97	142	194	277	250	137	-13											
Empenta (Kg)		0,20	0,50	0,82	1,42	1,98	2,60	3,76	4,54	5,14	6,56	8,20	11,08	12,00											
⑫ Velocitat (rpm)		43,7	63,2	83,6	104,2	122,9	146,9	167,6	188	207,6	231,6	255,2	277,3	302,4											
Potència Activa Bruta (W)		125	160	186	215	260	336	424	534	590	655	572													
Potència Activa Perduda (W)		122	153	176	199	221	246	277	305	335	377	435													
Potència Activa Neta (W)		3	7	10	16	39	90	147	229	255	278	137													
Empenta (Kg)		0,27	0,60	1,06	1,62	2,52	2,96	4,30	5,84	6,92	8,02	10,00													
Velocitat (rpm)		44,7	64,4	85	104	123,4	148,7	169,2	190	210	233,5	256,8													
Potència Activa Bruta (W)																									
Potència Activa Perduda (W)																									
Potència Activa Neta (W)																									
Empenta (Kg)																									
Velocitat (rpm)																									

TAULA 2.34. Taula 1 de simbologia. A cada símbol li acompanya un número de referència

REFERÈNCIA		RENDIMENTS HÈLIXS A, B, C												DATA		N°						
Rendiments Hèlixs														11/09/2007		Prova						
APLICACIÓ		RENDIMENTS HÈLIXS A, B, C												DATA		N°						
HELIXS	PALES	SUPERFÍCIES HÈLIXS EQUIVALENTS A PALES												DATA		N°						
X		HELIXS						PALES						DATA		N°						
		3 Pales grans	23220 mm ²	h 115	20930 mm ²		3 Pales mitjanes	11439 mm ²	h 73	13140 mm ²		2 Pales de plàstic	6758 mm ²	h 37	6882 mm ²							
SPM		NOTA: Potències actives acumulades per 1 minut																				
Proves rendiments de les hèlixs		6																				
PARAMETRES		2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12	
HELIX A	Potència Activa Bruta (W)	135	178	217	267	328	413	536	663	854	952											
	Potència Activa Perduda (W)	133	166	191	213	231	249	269	284	294	306	313	324	345	349	350	354	369	373	439	422	
	Potència Activa Neta (W)	2	12	26	54	97	164	267	379	560	646											
	Empenta (Kg)	0,36	0,86	1,5	2,32	3,26	4,63	6,17	7	9,35	10,5											
	Velocitat (rpm)	93	135	180	222	266	315	358	404	448	498	PI									PI	
HELIX B	Potència Activa Bruta (W)	133	166	192	216	235	258	279	295	312	328	351	373	399	425	456	489	537	548	587		
	Potència Activa Perduda (W)	133	166	191	213	231	249	269	284	294	306	313	324	345	349	350	354	369	373	439	422	
	Potència Activa Neta (W)	0	0	1	3	4	9	10	11	18	22	38	49	54	76	106	135	168	175	148		
	Empenta (Kg)	0	0,05	0,14	0,26	0,37	0,54	0,7	0,9	1,21	1,47	1,81	2,06	2,45	2,64	3,26	3,68	4,5	4,62	4,94		
	Velocitat (rpm)	94	134,4	179,6	222,8	265,5	311,5	354,1	397,3	440	487,2	537,1	583,1	633,2	680,8	730	781	838	893	937		
HELIX C	Potència Activa Bruta (W)	133	166	191	213	231	252	273	290	308	330	352	370	397	424	459	498	519	524	529		
	Potència Activa Perduda (W)	133	166	191	213	231	249	269	284	294	306	313	324	345	349	350	354	369	373	439	422	
	Potència Activa Neta (W)	0	0	0	0	0	3	4	6	14	24	39	46	52	75	109	144	150	151	90		
	Empenta (Kg)	0	0	0	0	0,08	0,2	0,35	0,58	0,62	0,72	0,85	1,1	1,46	1,49	1,79	2,14	2,41	2,49	2,75		
	Velocitat (rpm)	95	137	179	221	261	312	357	397	442	488	539	583	632	682	733	781	837	881	937		

TAULA 2.36. Taula 3 de simbologia. A cada símbol li acompanya un número de referència

- **Referència del tipus de sistema de pales (1):** Indica el nom donat al sistema de pales estudiat a la corresponent taula. El codi està compost per lletres i números agrupats en tres grups i separats per un guió mig entre ells. Cada xifra té un significat diferent i es pot diferenciar el sistema de pales segons la posició d'aquestes, la seva longitud i la distància des del seu eix concèntric.

Exemple per 4 pales (2 per lira): A2-115-180

A2: Posició longitudinal de les pales.

115: L'alçada de les pales en mm.

180: La distància des de l'eix concèntric a l'eix de la pala més externa.

- **Posició longitudinal de les pales.** Indica la disposició relativa de la pales o les pales a la seva lira corresponent. Hi ha un total de tretze símbols diferents que mostren la posició de les pales: A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8 i 2g.

Cada una de les posicions té un dibuix esquemàtic de quatre requadres. Els requadres de color negre signifiquen que són les pales petites i els requadres de color blanc signifiquen que són les pales grans. Les que es troben al costat esquerre són les pales més externes del sistema i les del costat dret són les més internes i més pròximes a l'eix concèntric.

La diferència entre el grup de pales amb la lletra A i el grup de pales amb la lletra B és que el grup A correspon a pales totalment rectangulars. En canvi, el grup B correspon a les pales que no són totalment rectangulars; és a dir són més curtes que les del grup anterior i tenen una metxa (pal) que sobresurt i fa d'eix de la pala.

A1: El tipus de pala A1 conté dues lires, una superior i una inferior; les quals cada una d'elles té una pala interior gran i una pala exterior petita. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, les dues de l'esquerra són de color negre i les dues de la dreta són de color blanc. (FIGURA 2.136)

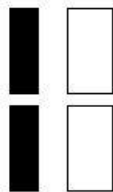


FIGURA 2.136. Esquema del sistema de pales del tipus A1

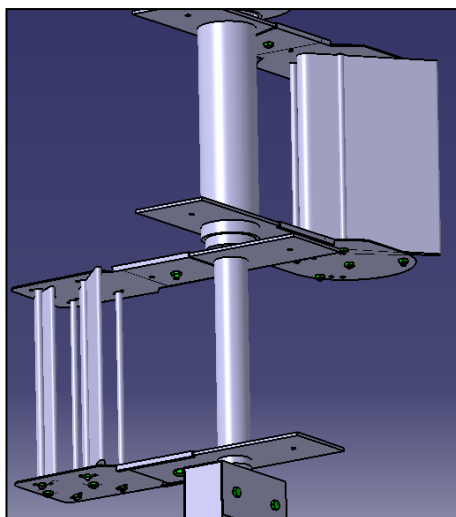


FIGURA 2.137. Dibuix del sistema de pales del tipus A1

2. Memòria

A2: El tipus de pala A2 conté dues lires, una superior i una inferior; les quals cada una d'elles té una pala interior petita i una pala exterior gran. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, les dues de l'esquerra són de color blanc i les dues de la dreta són de color negre. (FIGURA 2.138)

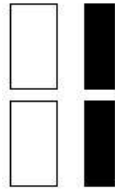


FIGURA 2.138. Esquema del sistema de pales del tipus A2

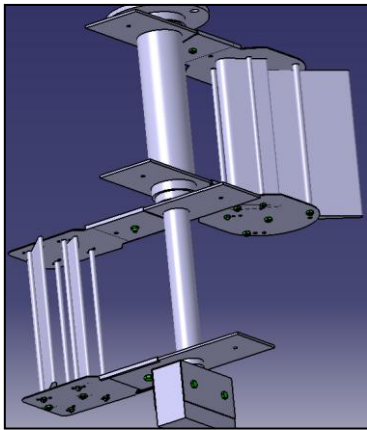


FIGURA 2.139. Dibuix del sistema de pales del tipus A2

A3: El tipus de pala A3 conté dues lires, una superior i una inferior. La lira superior té una pala exterior gran i una d'interior petita; en canvi, la lira inferior té una pala exterior petita i una d'interior gran. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, la pala superior esquerra i la pala inferior dreta són de color blanc i les altres dues són de color negre. (FIGURA 2.140)

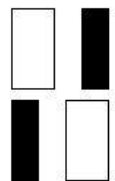


FIGURA 2.140. Esquema del sistema de pales del tipus A3

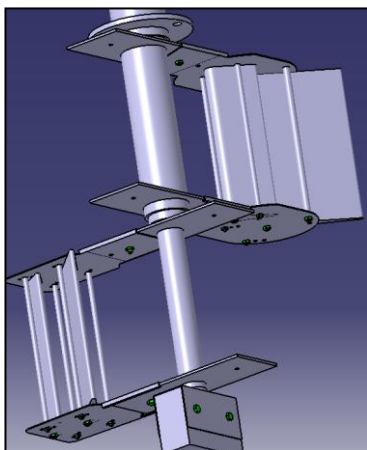


FIGURA 2.141. Dibuix del sistema de pales del tipus A3

A4: El tipus de pala A4 conté dues lires, una superior i una inferior. La lira superior té una pala exterior petita i una d'interior gran; en canvi, la lira inferior té una pala exterior gran i una d'interior petita. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, la pala superior esquerra i la pala inferior dreta són de color negre i les altres dues són de color blanc. (FIGURA 2.142)

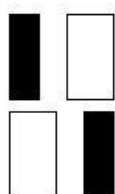


FIGURA 2.142. Esquema del sistema de pales del tipus A4

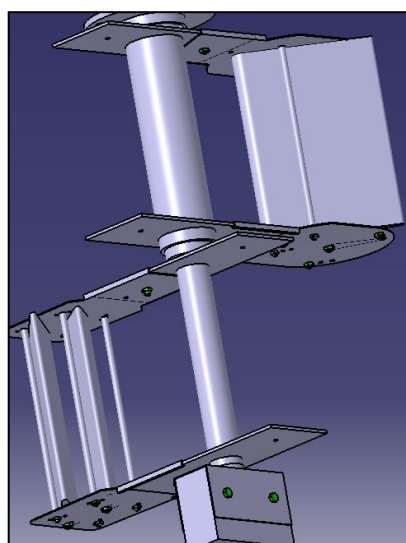


FIGURA 2.143. Dibuix del sistema de pales del tipus A4

B1: El tipus de pala B1 conté dues lires, una superior i una inferior; les quals cada una d'elles té una pala interior gran i una pala exterior petita. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, les dues de l'esquerra són de color negre i les dues de la dreta són de color blanc. Les dues pales superiors tenen les metxes cap avall i les dues pales inferiors les tenen cap amunt. (FIGURA 2.144)

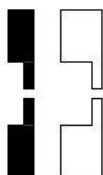


FIGURA 2.144. Esquema del sistema de pales del tipus B1

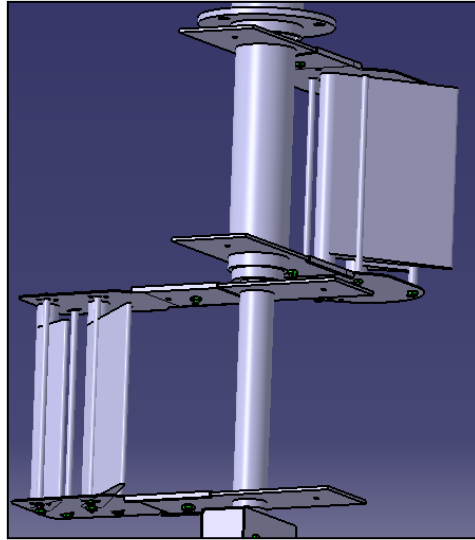


FIGURA 2.145. Dibuix del sistema de pales del tipus B1

B2: El tipus de pala B2 conté dues lires, una superior i una inferior; les quals cada una d'elles té una pala interior petita i una pala exterior gran. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, les dues de l'esquerra són de color blanc i les dues de la dreta són de color negre. Les dues pales superiors tenen les metxes cap avall i les dues pales inferiors les tenen cap amunt. (FIGURA 2.146)

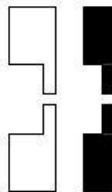


FIGURA 2.146. Esquema del sistema de pales del tipus B2

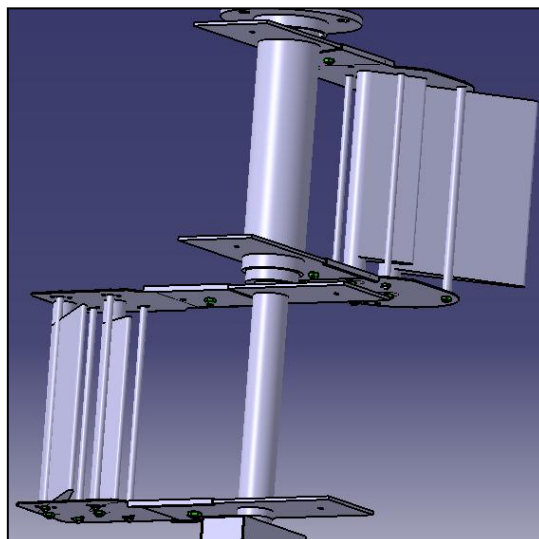


FIGURA 2.147. Dibuix del sistema de pales del tipus B2

B3: El tipus de pala B3 conté dues lires, una superior i una inferior. La lira superior té una pala exterior petita i una d'interior gran; en canvi, la lira inferior té una pala exterior gran i una d'interior petita. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, la pala superior

esquerra i la pala inferior dreta són de color negre i les altres dues són de color blanc. Les dues pales superiors tenen les metxes cap avall i les dues pales inferiors les tenen cap amunt. (FIGURA 2.148)

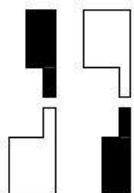


FIGURA 2.148. Esquema del sistema de pales del tipus B3

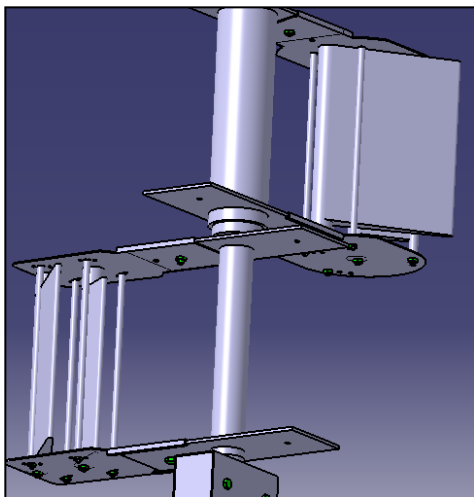


FIGURA 2.149. Dibuix del sistema de pales del tipus B3

B4: El tipus de pala B4 conté dues lires, una superior i una inferior. La lira superior té una pala exterior gran i una d'interior petita; en canvi, la lira inferior té una pala exterior petita i una d'interior gran. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, la pala superior esquerra i la pala inferior dreta són de color blanc i les altres dues són de color negre. Les dues pales superiors tenen les metxes cap avall i les dues pales inferiors les tenen cap amunt. (FIGURA 2.150)

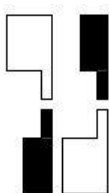


FIGURA 2.150. Esquema del sistema de pales del tipus B4

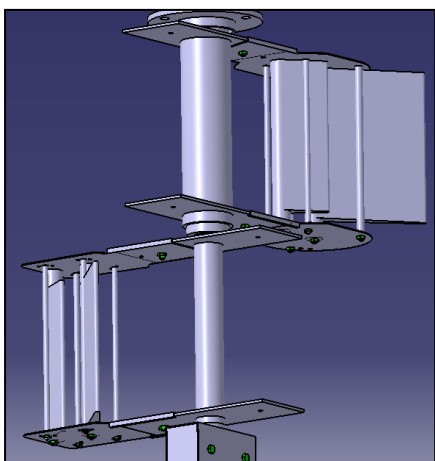


FIGURA 2.151. Dibuix del sistema de pales del tipus B4

2. Memòria

B5: El tipus de pala B5 conté dues lires, una superior i una inferior; les quals cada una d'elles té una pala interior gran i una pala exterior petita. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, les dues de l'esquerra són de color negre i les dues de la dreta són de color blanc. Les dues pales superiors tenen les metxes cap amunt i les dues pales inferiors les tenen cap avall. (FIGURA 2.152)

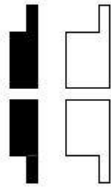


FIGURA 2.152. Esquema del sistema de pales del tipus B5

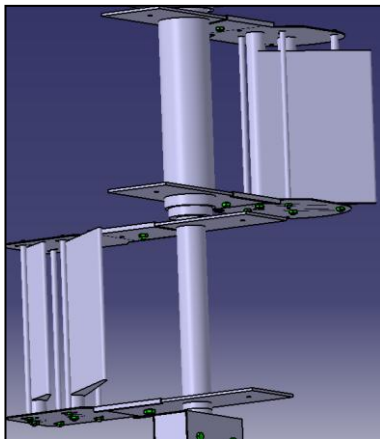


FIGURA 2.153. Dibuix del sistema de pales del tipus B5

B6: El tipus de pala B6 conté dues lires, una superior i una inferior; les quals cada una d'elles té una pala interior petita i una pala exterior gran. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, les dues de l'esquerra són de color blanc i les dues de la dreta són de color negre. Les dues pales superiors tenen les metxes cap amunt i les dues pales inferiors les tenen cap avall. (FIGURA 2.154)

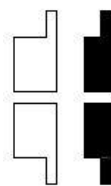


FIGURA 2.154. Esquema del sistema de pales del tipus B6

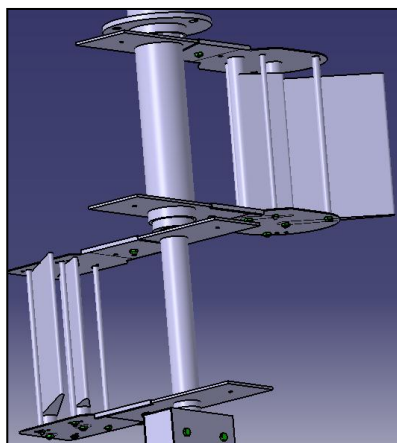


FIGURA 2.155. Dibuix del sistema de pales del tipus B6

B7: El tipus de pala B7 conté dues lires, una superior i una inferior. La lira superior té una pala exterior gran i una d'interior petita; en canvi, la lira inferior té una pala exterior petita i una d'interior gran. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, la pala superior esquerra i la pala inferior dreta són de color blanc i les altres dues són de color negre. Les dues pales superiors tenen les metxes cap amunt i les dues pales inferiors les tenen cap avall. (FIGURA 2.156)

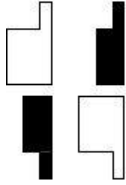


FIGURA 2.156. Esquema del sistema de pales del tipus B7

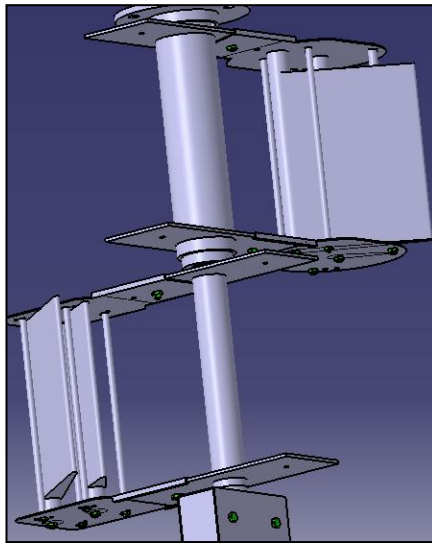


FIGURA 2.157. Dibuix del sistema de pales del tipus B7

B8: El tipus de pala B8 conté dues lires, una superior i una inferior. La lira superior té una pala exterior petita i una d'interior gran; en canvi, la lira inferior té una pala exterior gran i una d'interior petita. El seu dibuix esquemàtic correspon amb quatre pales de les quals, la pala superior esquerra i la pala inferior dreta són de color negre i les altres dues són de color blanc. Les dues pales superiors tenen les metxes cap amunt i les dues pales inferiors les tenen cap avall. (FIGURA 2.158)

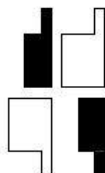


FIGURA 2.158. Esquema del sistema de pales del tipus B8

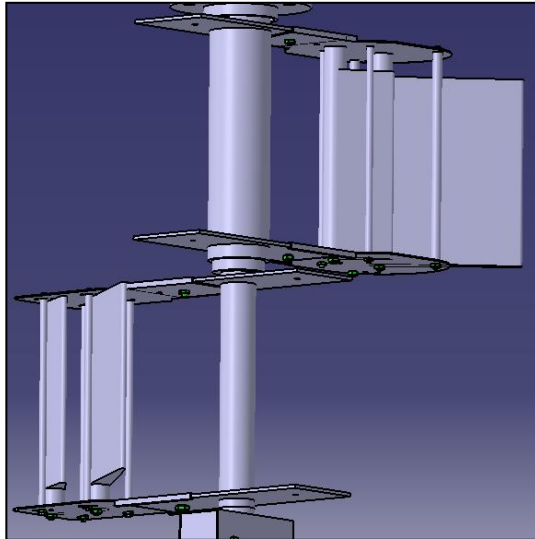


FIGURA 2.159. Dibuix del sistema de pales del tipus B8

2g: El tipus 2g conté dues lires de les quals cada una conté 1 pala. Aquest tipus es representa amb el símbol de qualsevol dels 12 anteriors tipus però amb les pales ausents tatxades amb una creu. Un exemple és el tipus 2g-75-180 de la fitxa 2^a/16 de la segona sèrie de proves. En aquest cas, aquest tipus de posició de les pales és el mateix que el del tipus B2 però sense les pales interiors. Per tant, el seu dibuix esquemàtic és de dues pales exteriors (una a cada lira) de color blanc i les metxes amb la mateixa direcció que el tipus ja esmentat: la metxa de la pala superior va cap avall i la de la metxa inferior va en direcció cap amunt. (FIGURA 2.160)

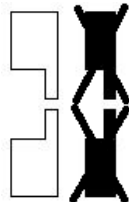


FIGURA 2.160. Esquema del sistema de pales del tipus 2g

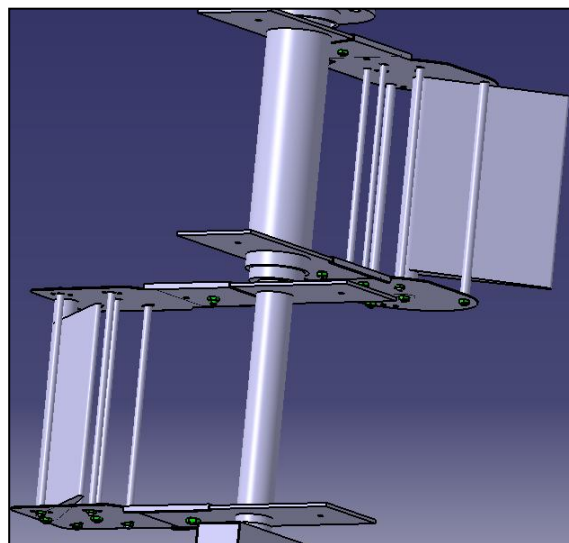


FIGURA 2.161. Dibuix del sistema de pales del tipus 2g

- **Alçada de les pales.** Indica l'alçada total de les pales utilitzades a les proves. A la 1^a sèrie i a la 2^a, les pales utilitzades sempre són de la mateixa alçada, per aquest motiu es pot posar el seu valor a la referència del nom. En aquestes dues series hi ha un total de tres mesures estàndards per a la 1^a sèrie: 35mm, 75mm i 117mm; i tres mesures més estàndards per a la 2^a sèrie: 40mm, 75mm i 115mm.

En canvi, en el cas de la 3^a sèrie de proves s'utilitzen pales de diferents mesures i en aquest cas no hi ha títol de referència i a cada fitxa hi ha senyalat les mides de cada pala utilitzada.

- **Distància de l'eix concèntric a l'eix de la pala més externa.** Indica la longitud en mil·límetres del radi de l'eix geomètric de la pala més externa. És a dir, el radi de gir de la pala externa. El radi de la pala interna és de 60 mm menys, que és la distància entre els centres geomètrics dels eixos de cada pala.

Pel que fa a la 3^a sèrie, les fitxes no segueixen l'ordre de simbologia per especificar el tipus de pales utilitzats, tal i com es fa a la 1^a i a la 2^a sèrie.

A la 3^a sèrie, s'utilitzen quatre tipus de conjunts diferents, segon el nombre de pales que s'utilitzen. A qualsevol dels quatre tipus hi ha dues lires, una de superior i una altra d'inferior.

8 pales: Aquest tipus de sistema de pales està compost per un total de 8 pales; 4 pales a cada lira. Cada una d'aquestes pales té un radi diferent; segons la distància des de l'eix concèntric d'on està situada de l'extraïble. (veure Annex D, la figura de l'extraïble).

A més, a cada pala, segons la posició que ocupa; li corresponen unes dimensions diferents

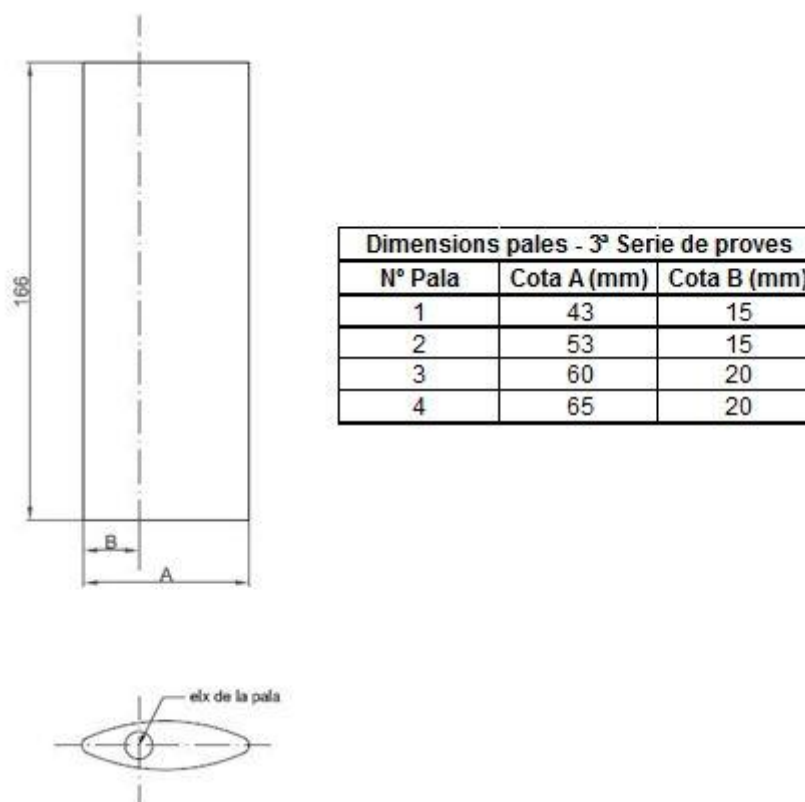


FIGURA 2.162. Dimensions de les pales de la 3^a sèrie de proves segons la seva posició a l'extraïble

2. Memòria

Aquest tipus de disposició de pales es va utilitzar per a la realització de les fitxes 3^a/1 i 3^a/2.

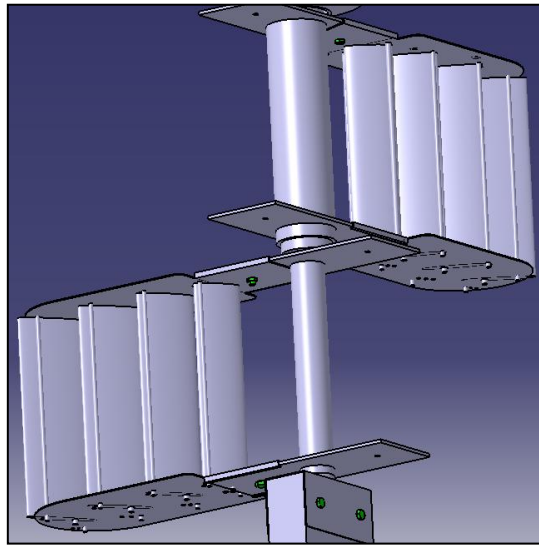


FIGURA 2.163. Dibuix del sistema de pales del tipus 8 pales

6 pales: Aquest tipus de sistema de pales està compost per un total de 6 pales; 3 pales a cada lira. Cada una d'aquestes pales té un radi diferent; segons la distància des de l'eix concèntric d'on està situada de l'extraïble. (veure Annex D la figura de l'extraïble). La diferència que hi ha entre aquest tipus i l'anterior; és que en aquest cas, la pala del tipus 4 (la més exterior) no hi és en cap de les dues lires. Aquest tipus de disposició de pales es va utilitzar per a la realització d'una opció de la fitxa 3^a/2.

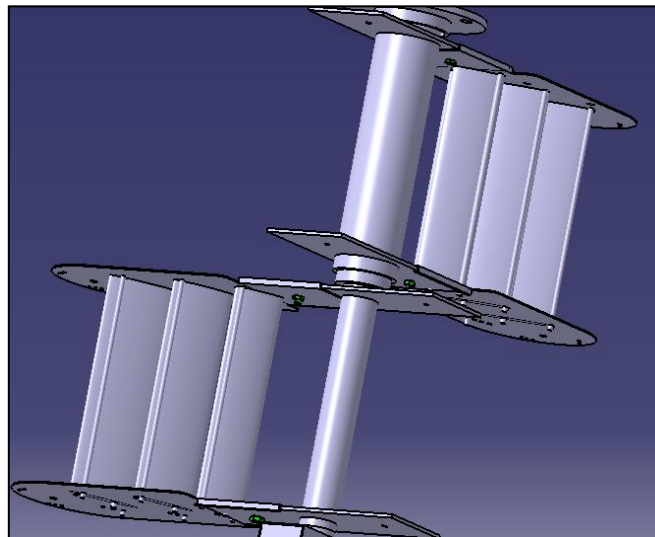


FIGURA 2.164. Dibuix del sistema de pales del tipus 6 pales

4 pales: Aquest tipus de sistema de pales està compost per un total de 4 pales; 2 pales a cada lira. Cada una d'aquestes pales té un radi diferent; la pala més interior i més pròxima a l'eix concèntric està situada a 140 mm i la més externa està situada a 240 mm de l'eix concèntric. Aquest tipus de disposició de pales es va utilitzar per a la realització d'una opció de la fitxa 3^a/5.

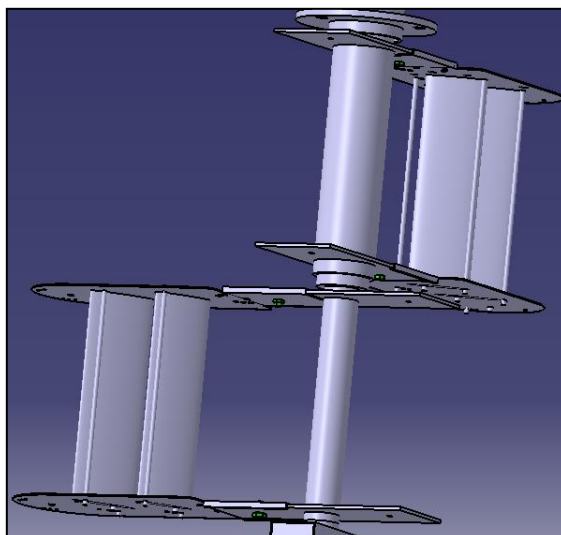


FIGURA 2.165. Dibuix del sistema de pales del tipus 4 pales

2 pales: Aquest tipus de sistema de pales està compost per un total de 2 pales; 1 pala a cada lira. Dins d'aquest tipus hi ha 3 models diferents utilitzats que es diferencien segon la distància on estan situades les pales de l'eix concèntric. Un model té la pala a una distància de 140 mm, l'altre la té a 180 mm i l'última la té a 240 mm.

Aquest tipus de disposició de pales es va utilitzar per a la realització de la fitxa 3^a/3, la 3^a/4 i la 3^a/5.

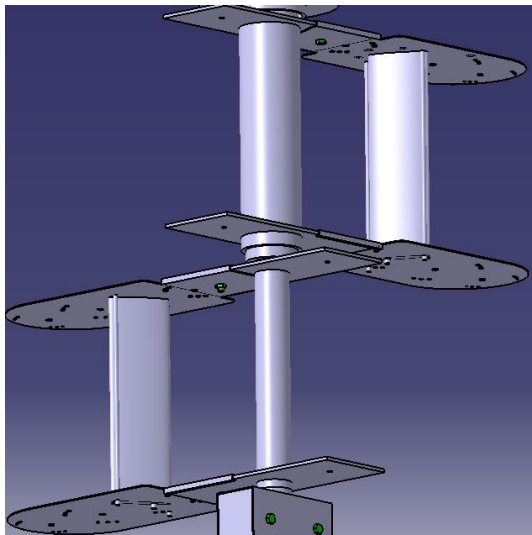


FIGURA 2.166. Dibuix del sistema de pales del tipus 2 pales amb radi de 140 mm

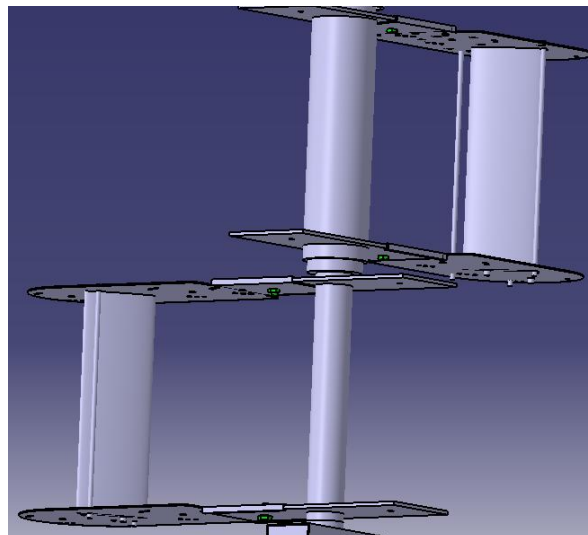


FIGURA 2.167. Dibuix del sistema de pales del tipus 2 pales amb radi de 180 mm

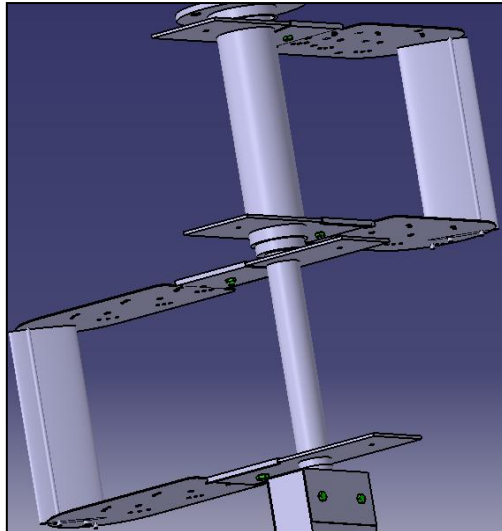


FIGURA 2.168. Dibuix del sistema de pales del tipus 2 pales amb radi de 240 mm

- **Número de fitxa (2):** El número de cada fitxa està situat a l'extrem superior dret i està compost per un número ordinal i un de cardinal, separats per una barra obliqua (/).

El primer número indica la sèrie a la qual pertany la fitxa i el segon indica el número de fitxa que és dins de la sèrie estudiada. Per exemple, la fitxa 2^a/6 pertany a la segona sèrie de proves i és la número sis d'aquesta sèrie.

A la segona sèrie de proves les fitxes es divideixen en dos tipus: les fitxes característiques i les comparatives. Tan les del primer tipus com les del segon, formen part de l'estudi del mateix tipus de sistema de pales però amb la diferència que en el primer tipus s'estudien les característiques dels diferents tipus d'angles de les pales i el segon tipus de fitxes es comparen les pales amb l'hèlix corresponent segons l'equivalència superficial.

Les fitxes característiques s'anomenen tal i com s'ha explicat al segon paràgraf d'aquest punt; en canvi, a les fitxes comparatives s'hi afegeix una lletra b al darrera de tot. Per exemple, en el cas esmentat anteriorment, la fitxa comparativa s'anomena 2^a/6b.

- **Aplicació (3):** L'aplicació està indicada a la part superior esquerra de la fitxa. Hi ha dues opcions: hèlix o pales. Aquest paràmetre serveix per aclarir de quin tipus s'està fent l'estudi del rendiment; d'una hèlix o bé d'un conjunt de pales.

- **AA: L'angle d'atac de les pales (4):** Indica l'angle d'atac al què han treballat les pales sobre l'aigua. El seu valor depèn directament de la posició radial dels topes de la pala corresponent i és el responsable del resultat de l'empenta de cada pala. Hi ha quatre tipus possibles d'angles d'atac: 20°, 35°, 50° i 65°.

- **Paràmetres (5):** A la línia de sobre els valors agafats a les proves, hi ha tot un seguit de paràmetres que comencen amb el número 2 ½ i tenen una correlació de 2½, 3, 3½, 4, ... , fins l' 11½.

Aquests valors són les seqüències de posicions del potenciòmetre del variador electrònic de freqüència de la corrent enviada al motor elèctric de 2CV i que controla les seves revolucions. A cada valor li correspon a un número concret de revolucions del motor, i per tant; les de les batudes de les llines.

Aquestes revolucions són llegides mitjançant el tacòmetre digital òptic.

- **Potència Activa Acumulada (6):** Aquest paràmetre es refereix a la potència llegida a l'analitzador de xarxa elèctrica que hi ha situat a l'entrada del dispositiu de proves per llegir la potència bruta (quan hi ha les pales posades) i la potència perduda (quan no hi ha les pales posades).

Quan a l'apartat dedicat a l'anotació de notes hi ha escrit "potència activa acumulada d' 1 minut" es refereix que aquesta potència ja esmentada es llegeix cada minut i s'anoten els valors de la potència bruta o de la perduda. Aquesta decisió de prendre notes cada minut, s'hi va arribar després de varies proves i finalment es va acordar que cada minut era el temps òptim per obtenir els millors resultats.

- **Superfícies (7):** Aquest paràmetre apareix a les taules de les hèlixs i indica les superfícies de les hèlixs i les de les pales per tal de comparar els dos elements segons l'equivalència superficial.

A la fitxa s'indica amb una taula a la part superior i hi apareixen els valors en mil·límetres de la superfícies de cada hèlixs i el sumatori de les superfícies de les pales segons al grup al qual pertanyen. Les hèlixs estan separades segons el tipus que són (A, B o C) i les pales es separen segons l'alçada de cada una (amb la lletra h).

- **Potència Activa Bruta (8):** Indica el valor total en Watts de l'energia elèctrica mitja consumida per minut pel dispositiu complert a una determinada velocitat (en rpm). És a dir, inclou l'energia consumida per la màquina en sí i l'energia consumida per generar l'empenta de tot el sistema.

Aquest paràmetre apareix a les taules característiques.

- **Potència Activa Perduda (9):** És el consum energètic propi de la màquina sense pales ni hèlix. El valor d'aquest tipus de potència també es dona en Watts i es calculen cada minut a una determinada velocitat (en rpm).

Aquest paràmetre també apareix a les taules característiques.

- **Potència Activa Neta (10):** Aquesta potència és la diferència de les dues anteriors. És a dir, és la potència utilitzada per determinar el rendiment del dispositiu i es dona amb Watts.

$$\text{Potència Activa Neta} = \text{Potència Activa Bruta} - \text{Potència Activa Perduda}$$

Aquest paràmetre apareix als dos tipus de fitxes: les característiques i les comparatives; ja que és el paràmetre necessari per calcular el rendiment, el qual es compara entre les pales i les hèlixs.

- **Empenta (11):** Indica el valor de l'empenta generada per les pales en kg de força. Aquest paràmetre s'obté directament del dinamòmetre digital connectat al dispositiu i s'indica als dos tipus de fitxes.

- **Velocitat angular (12):** La velocitat angular es defineix com la velocitat de rotació de les pales o de l'hèlix. Es calcula mitjançant el valor de l'angle girat per unitat de temps i les seves unitats segons el sistema internacional, són els radiants per segon (rad/s).

Als tres tipus de fitxes (on hi apareix aquest paràmetre), aquest valor té com a unitats les revolucions per minut (rpm), el qual ens el dona directament el variador electrònic de freqüència.

2. Memòria

- **Rendiment (13):** El rendiment es pot definir com l'eficiència energètica del dispositiu i expressa la relació, per cada valor de rpm, entre la força de propulsió (kg) generada per les pales i l'energia activa neta (W) consumida per aconseguir aquesta propulsió.

A les fitxes (les dels tipus comparatives) utilitzades a les proves, la unitat utilitzada per definir el rendiment és grams per Watts (gr/W). Per tant, abans de realitzar la diferència, cal passar l'empenta a grams, ja que es calcula amb kilograms.

$$\text{Rendiment} = \text{Empenta} / \text{Potència Activa Neta}$$

- **Velocitat lineal (14):** Indica la velocitat lineal que descriu un punt de diàmetre mig, en el cas d'una hèlix; o l'extrem del radi equivalent mig de les pales, per al cas del sistema proposat. Aquest paràmetre s'obté mitjançant el càlcul dels metres recorreguts cada unitat de temps. Per calcular-lo cal multiplicar la velocitat angular (rpm) pel radi de l'hèlix o de les pales i pel terme 2π per arribar a obtenir la velocitat lineal amb metres per mil·límetres (m/mm).

Per al cas de les hèlix, el radi ja ve donat a les característiques de cada una. El problema sorgeix quan es vol calcular la velocitat lineal del dispositiu ja que cal calcular un radi equivalent a totes les pales que componen el dispositiu. (veure Annex D – Càlcul del Radi Equivalent).

Per calcular el radi equivalent s'ha de seguir el següent esquema:

L'exemple utilitzat per calcular el radi equivalent és el de les pales de la segona sèrie que es comparen amb l'hèlix C, on la pala de l'esquerra s'anomena 1 i la pala de la dreta s'anomena 2.

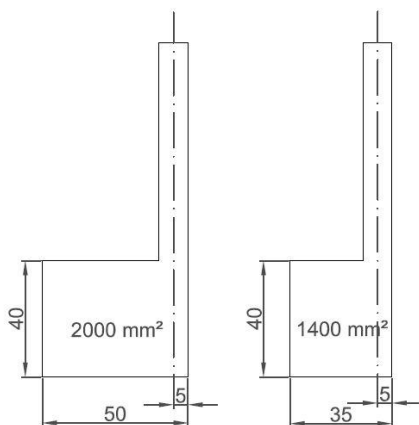


FIGURA 2.169. Pales utilitzades a l'exemple del càlcul del Radi Equivalent

Si es fa una representació gràfica de la posició de les pales en una vista superior, es pot veure que la pala 2 té un radi de 160 mm des del centre de rotació i la pala 1 té un radi de 100mm des del mateix punt. Per tant, hi ha una distància de 60 mm entre les dues pales. (FIGURA 2.170)

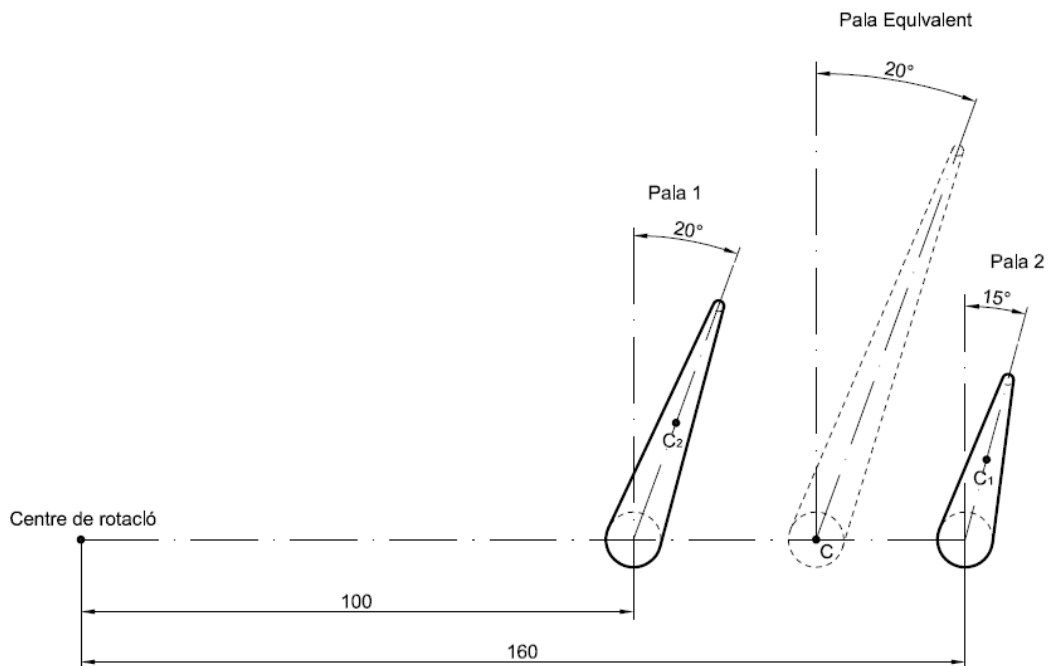


FIGURA 2.170. Representació gràfica de la vista superior de les dues pales i de la pala equivalent

La idea bàsica que s'aplica per poder trobar el radi equivalent és la de buscar la distància que hi ha des del centre de rotació fins al punt C (punt que es busca) en el suposat cas que només hi hagués una pala (de superfície igual al sumatori de les superfícies de les dues pales) situada entre mig de les dues ja existents. Si fos el cas que les dues pales tinguessin la mateixa superfície, el fet de trobar aquest punt C resultaria molt senzill perquè aquest es trobaria al punt mig; és a dir, a 30 mm de distància de cada pala.

Per trobar aquest punt C, en primer lloc s'ha de trobar la distància entre els punts C_1 i el C_2 , i per trobar aquesta distància, primer s'han de trobar aquests punts corresponents que són a la meitat de la base de la pala. Per tant,

$$C_1 = \frac{(50 - 5)}{2} = \frac{45}{2} = 22,5$$

$$C_2 = \frac{(35 - 5)}{2} = \frac{30}{2} = 15$$

Aleshores, es representen aquests punts en un sistema de vectors en un pla (X, Y) situant el centre de l'eix de la pala 1 com a punt d'origen (0, 0).

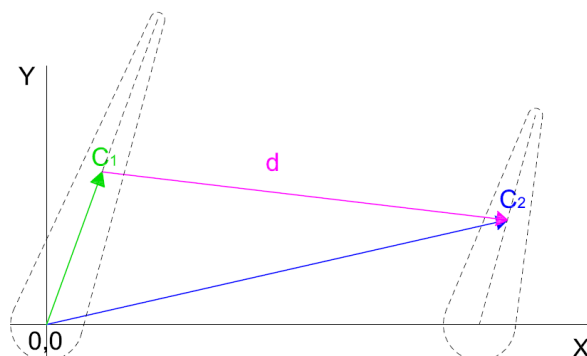


FIGURA 2.171. Representació vectorial dels punts

2. Memòria

Per trobar els valors de les coordenades dels punts C_1 i C_2 , s'utilitzen les formes trigonomètriques dels angles.

Per la pala 1:

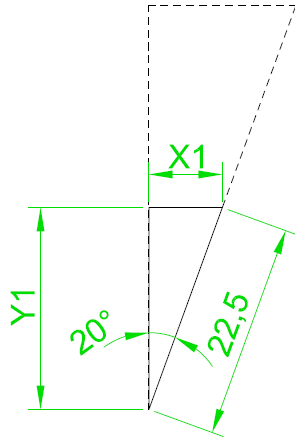


FIGURA 2.172. Triangle equivalent a la pala 1

On:

X_1 : Catet oposat respecte l'angle de 20° (coordenada de l'eix X de la pala 1)

Y_1 : Catet contigu respecte l'angle de 20° (coordenada de l'eix Y de la pala 1)

$$\left. \begin{aligned} \sin 20 &= \frac{X_1}{22,5} \rightarrow X_1 = \sin 20 \cdot 22,5 = 7,695 \\ \cos 20 &= \frac{Y_1}{22,5} \rightarrow Y_1 = \cos 20 \cdot 22,5 = 21,143 \end{aligned} \right\} C_1 = (7,695, 21,143)$$

Per la pala 2:

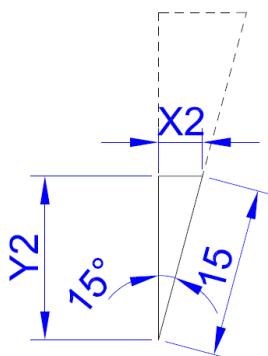


FIGURA 2.173. Triangle equivalent a la pala 2

On:

X_2 : Catet oposat respecte l'angle de 15°

Y_2 : Catet contigu respecte l'angle de 15° (coordenada de l'eix Y de la pala 2)

$$\left. \begin{aligned} \sin 15 &= \frac{x_2}{15} \rightarrow X_2 = \sin 15 \cdot 15 = 3,882 \\ \cos 15 &= \frac{Y_2}{15} \rightarrow Y_2 = \cos 15 \cdot 15 = 14,486 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} C_2 &= (60 + 3,882, 14,489) = \\ &= (63,882, 14,489) \end{aligned}$$

En aquest cas de la pala 2, la coordenada X no és el resultat directe de l'operació; sinó que se li ha de sumar la distància entre els punts C_1 i C_2 (60 mm).

Per determinar el valor de la distància entre els dos punts que s'han trobat anteriorment, cal fer un càlcul vectorial.

$$\vec{d} = C_2 - C_1 = (63,882, 14,489) - (7,695, 21,143) = (56,187, -6,654)$$

Si es fa el mòdul del vector de la distància, es troba el valor de la longitud de la línia que uneix els punts C_1 i C_2 .

$$|\vec{d}| = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} = \sqrt{(56,187)^2 + (-6,654)^2} = 56,5796 \text{ mm} \cong 56,58 \text{ mm}$$

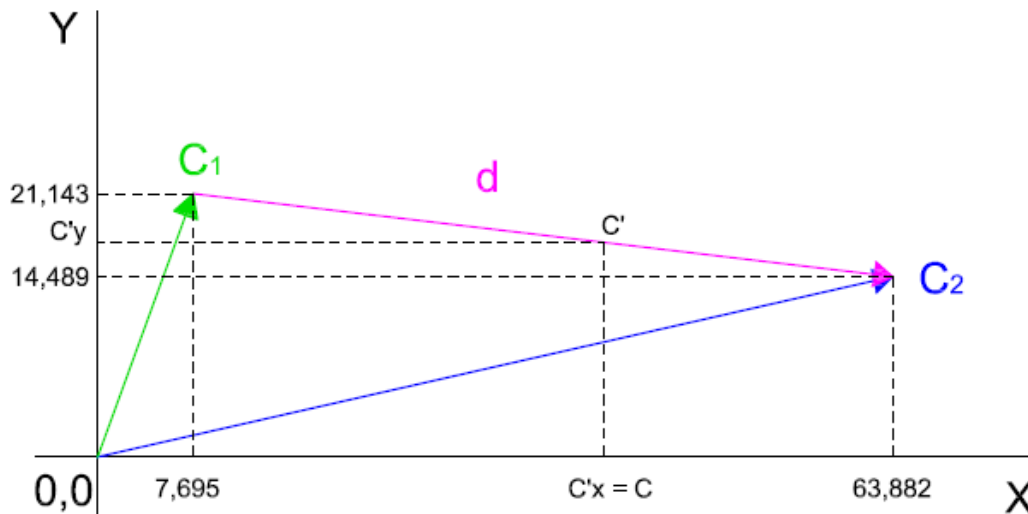


FIGURA 2.174. Representació vectorial amb els valors dels punts

Un cop ja s'ha trobat el valor de la distància, s'ha de plantejar el següent raonament:

Sí fos el cas que en comptes de dues pales només n'hi hagués una de superfície igual a la suma de les altres dues (és a dir, 3400 mm^2), aquesta equivaldria a tota la distància d trobada. Però com que n'hi ha dues de diferent superfície, cal buscar quin % d'aquesta distància li pertoca a cada pala. D'aquesta manera es trobarà la posició del punt C.

2. Memòria

Per tal de trobar aquest %, s'ha de fer una regla de tres on:

$$S_T = S_1 + S_2 = 2000 \text{ mm}^2 + 1400 \text{ mm}^2 = 3400 \text{ mm}^2$$

On:

S_T : Superfície total de la pala equivalent

S_1 : Superfície de la pala 1

S_2 : Superfície de la pala 2

$$\left. \begin{array}{l} 3400 \text{ mm}^2 \rightarrow 56,5796 \text{ mm} \\ 2000 \text{ mm}^2 \rightarrow d_1 \end{array} \right\} d_1 = \frac{2000 \cdot 56,5796}{3400} = 33,282 \text{ mm}$$

Per tant,

$$d_2 = d - d_1 = 56,5796 - 33,282 = 23,297 \text{ mm}$$

On:

d : distància entre els punts C_1 i C_2 .

d_1 : distància entre el punt C_1 i C' .

d_2 : distància entre el punt C_2 i C' .

En aquest instant ja es sap que el punt C' (punt sobre la recta d) es troba a 33,282 mm del punt C_1 i a 23,297 mm del punt C_2 .

Tot i així, falta saber on està aquest punt C sobre la línia que uneix els dos eixos de les pales (la que té una longitud de 60 mm). Aquest punt C equival a la coordenada X del punt C' . Per tal de trobar aquest punt C s'ha d'aplicar trigonometria.

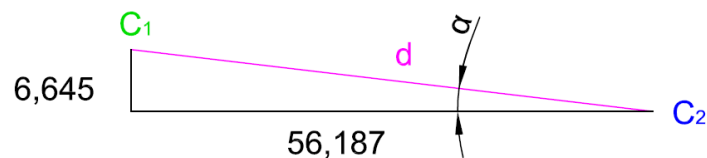


FIGURA 2.175. Triangle representatiu per trobar l'angle α

Al primer pas s'ha de trobar el valor de l'angle α :

$$\sin \alpha = \frac{C_{1y} - C_{2y}}{d} = \frac{21,143 - 14,489}{56,5796} = \frac{6,654}{56,5796} = 0,1176$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,1176 = 6,754^\circ$$

Al segon pas, amb l'angle trobat al punt anterior; es pot calcular la coordenada X i la Y del punt C'. Només fa falta trobar la coordenada X, ja que és la distància que es busca des d'un bon inici.

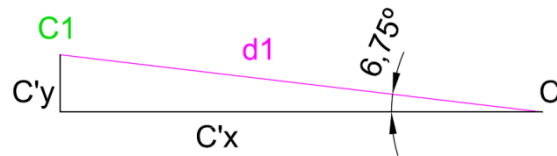


FIGURA 2.176. Triangle representatiu per trobar la distància C'_x

Per calcular la coordenada X (punt C') s'ha d'utilitzar la trigonometria.

$$\cos \alpha = \frac{C'_x}{d_1} \rightarrow C'_x = \cos \alpha \cdot d_1 = \cos 6,754 \cdot 33,282 = 33,051$$

Finalment, per obtenir el resultat del radi equivalent des de l'eix concèntric, cal sumar-li al resultat el valor de la distància del radi de la pala 1.

$$R_e = R_{C_1} + C'_x = 100 + 33,051 = 133,051 \text{ mm}$$

$$R_e = 133,051 \text{ mm}$$

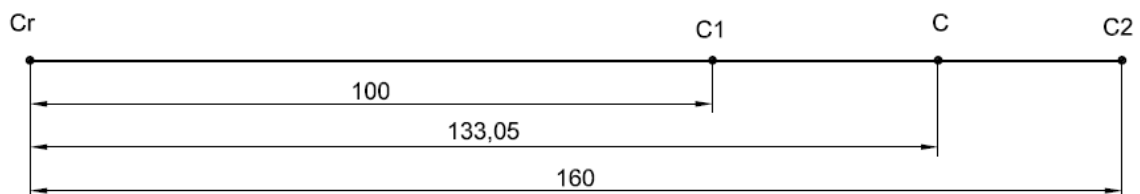


FIGURA 2.177. Distància del punt C des del Centre de rotació

- **Punt d'Inflexió (15):** El punt d'inflexió del rendiment és el punt a partir del qual el rendiment es dispara de forma clarament favorable. A les fitxes, aquest punt està marcat amb una línia vertical més gruixuda i amb les inicials PI també del mateix tipus. Per tal de saber on es troba aquest punt a les fitxes, es mira la línia del paràmetre de la potència activa neta i quan aquesta en comptes de créixer numèricament, decreix el seu valor; allà és on hi ha el punt PI. En canvi a les gràfiques és més senzill de veure, ja que és el punt on la corba canvia clarament de direcció i a més, aquest està marcat amb una circumferència.

A la segona sèrie de proves, on hi apareix aquest paràmetre del PI; només es tenen en compte els valors dels rendiments fins a arribar a aquest punt. El valors posteriors al punt d'inflexió no es consideren correctes ja que hi va sorgir un error de càlcul important (ja comentat anteriorment).

2.9. Anàlisis de tensions i deformacions

2.9.1. Anàlisi estàtic

2.9.1.1. Sistema Motriu

L'anàlisi de les tensions d'aquest mòdul s'ha dividit en els diferents conjunts que el formen, els quals són: la biela inferior, la biela superior, el cos principal, el disc boló inferior, el disc boló superior i l'eix principal del sistema motriu.

2.9.1.1.1. BIELA INFERIOR

Per obtenir que les condicions de contorn s'assemblin en un major grau a la realitat s'utilitza un passador.

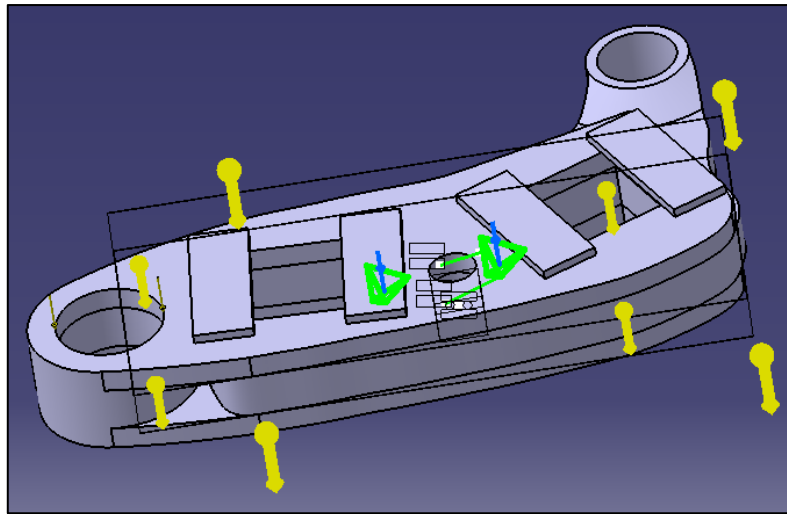


FIGURA 2.178. Condicions de contorn de la biela inferior

- Anàlisi de Von Mises

Un cop realitzat l'anàlisi s'observa que aquesta peça treballa a la zona elàstica ja que la tensió màxima de Von Mises és de 0,4955 MPa i aquesta tensió no sobrepassa el límit elàstic. Aquesta màxima tensió es dona a la unió entre el boló i la biela.

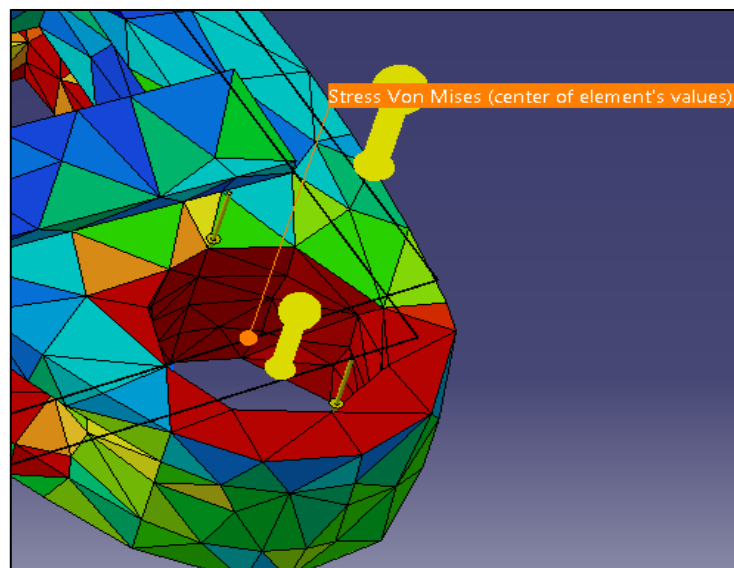


FIGURA 2.179. Anàlisi de Von Mises de la biela inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió s'obté a la unió de la biela mascle i la femella, a la cara inferior. Aquesta tensió màxima és de 0,4405 MPa.

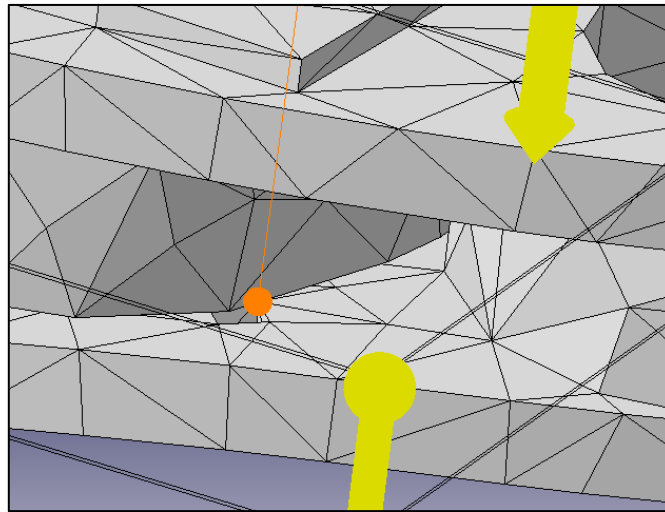


FIGURA 2.180. Tensió màxima de la biela inferior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació s'obté a la biela femella, a la seva part inferior, tot i que aquesta és de 0,0018315 mm i per tant, es pot considerar petita.

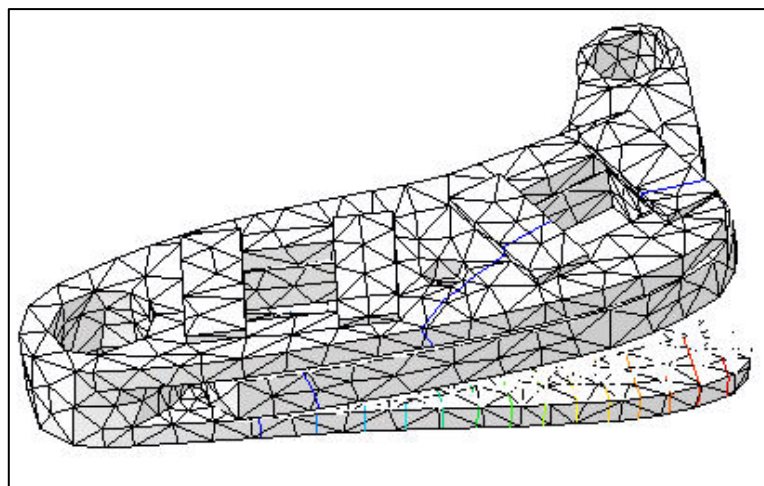


FIGURA 2.181. Màxima deformació de la biela inferior

2.9.1.1.2. BIELA SUPERIOR

Les condicions de contorn de la biela superior són les mateixes que les utilitzades en el cas de la biela inferior.

2. Memòria

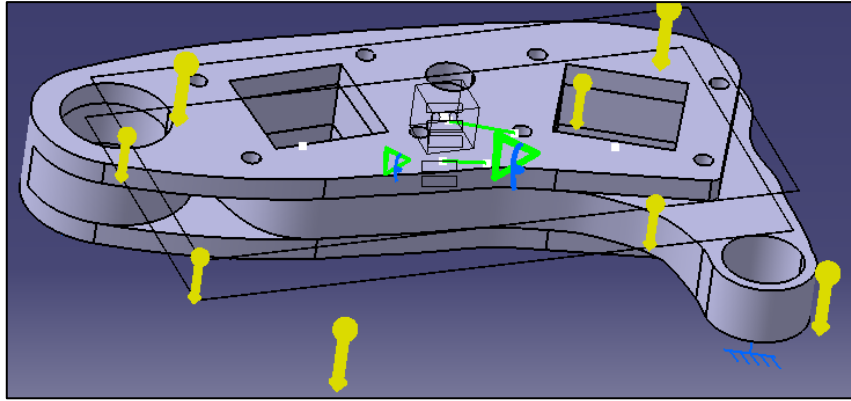


FIGURA 2.182. Condicions de contorn de la biela superior

- **Anàlisi De Von Mises**

En aquest cas s'observa com la màxima tensió de Von Mises és de 0,49342 MPa i no supera el límit elàstic del material de la biela, per tant, aquesta peça treballa a la zona elàstica. La màxima tensió està a la biela femella, a la cara inferior d'aquesta.

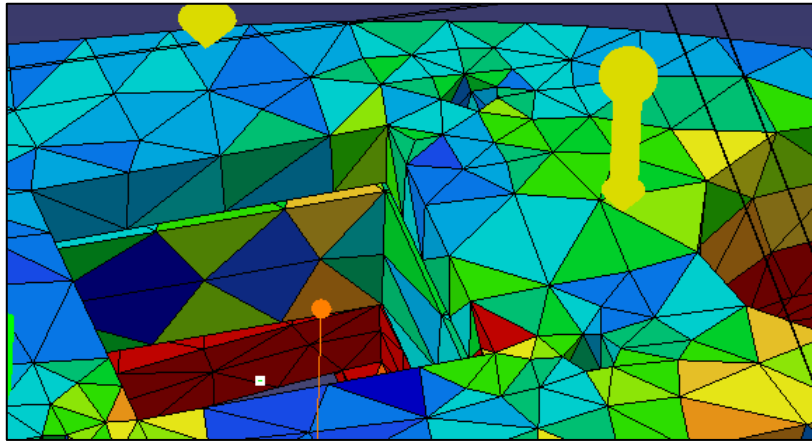


FIGURA 2.183. Anàlisi de Von Mises de la biela superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió que és de 0,419 MPa es troba a la unió de la biela mascle i la femella.

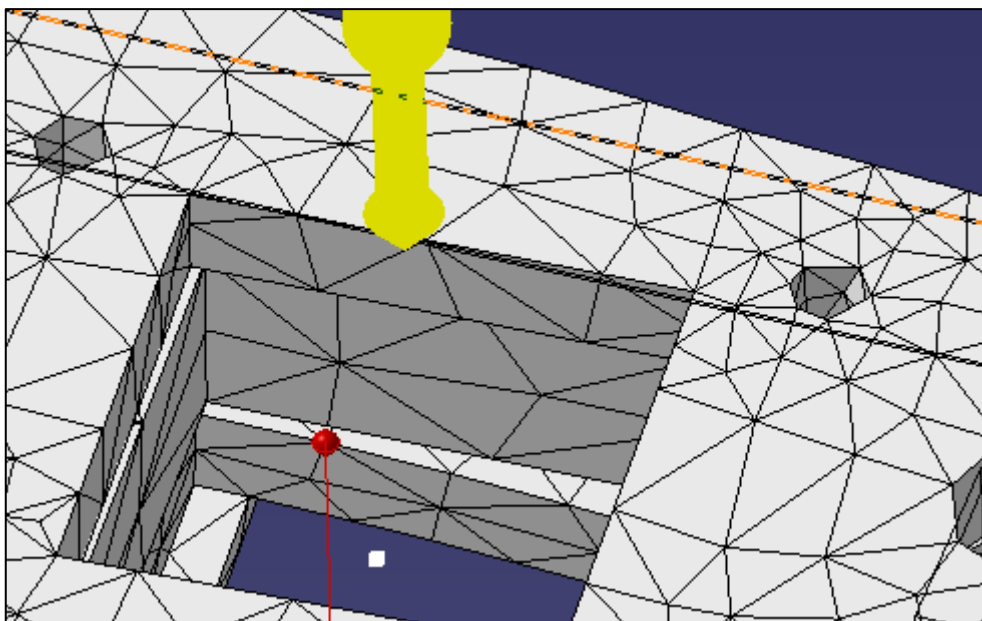


FIGURA 2.184. Tensió màxima de la biela superior

- **Anàlisi de deformacions**

La deformació màxima que s'obté es troba a la biela femella i és de 0,00225 mm. Aquesta deformació es considera petita.

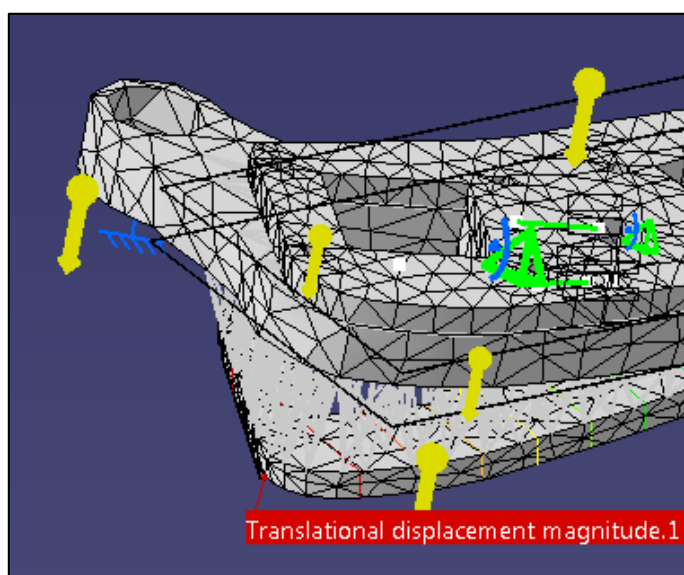


FIGURA 2.185. Màxima deformació de la biela superior

2.9.1.1.3. COS PRINCIPAL

Per poder realitzar la simulació s'ha tingut que aplicar uns passadors per poder aplicar les condicions de contorn, d'aquesta manera s'aproxima a la realitat.

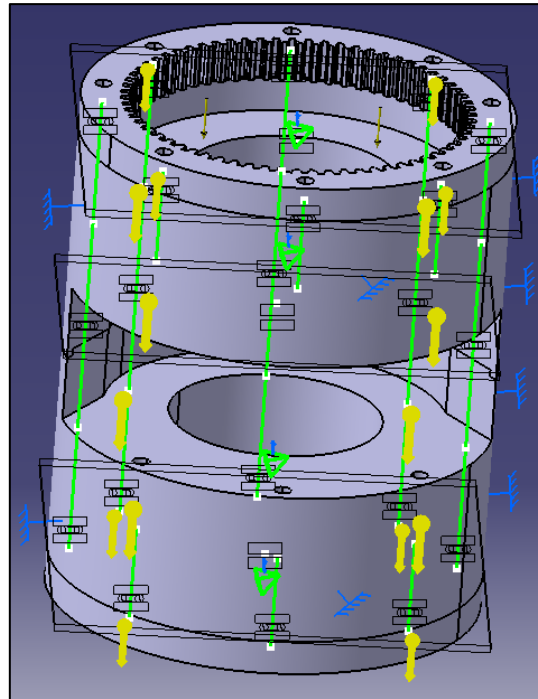


FIGURA 2.186. Condicions de contorn cos principal

- **Anàlisi De Von Mises**

La tensió màxima de Von Mises es dona a la unió de la Corona dentada directriu i el cos superior, aquest valor és de 0.0216 MPa. Tenint en compte el material del qual estan fetes aquestes peces, la tensió màxima que es produeix no supera el límit elàstic, per tant es segueix treballant a la zona elàstica d'aquest material.

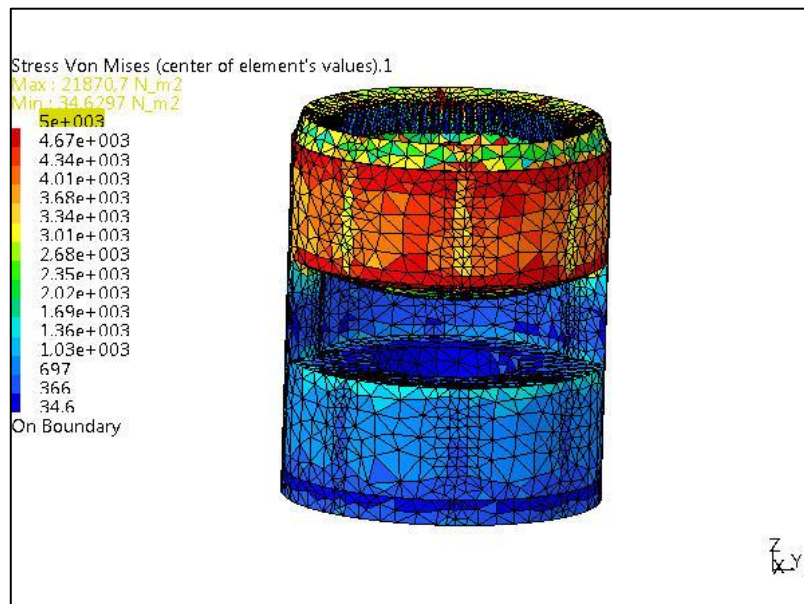


FIGURA 2.187. Anàlisi de Von Mises cos principal

- **Anàlisi de la tensió màxima**

Realitzant l'anàlisi s'ha obtingut que el valor de màxima tensió és de 0.02656 MPa.

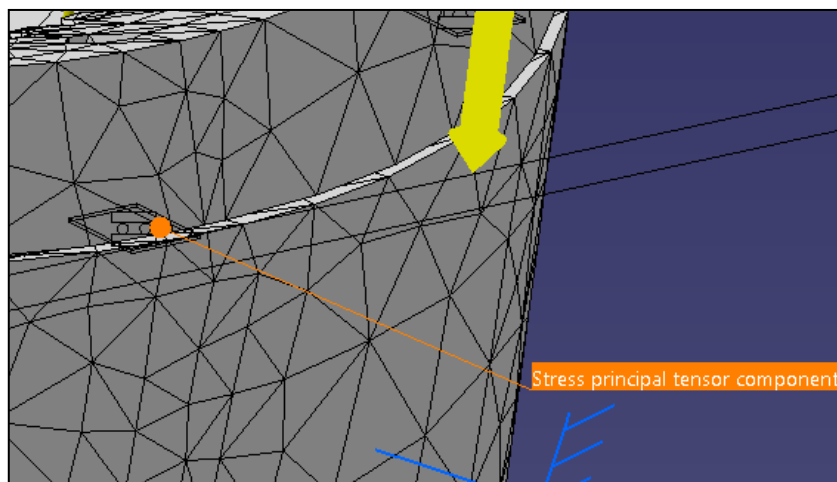


FIGURA 2.188. Tensió màxima del cos principal

- **Anàlisi de la deformació màxima**

La màxima deformació que es produeix al cos principal és de $4,84048e^{-6}$ mm. Aquesta deformació és molt petita.

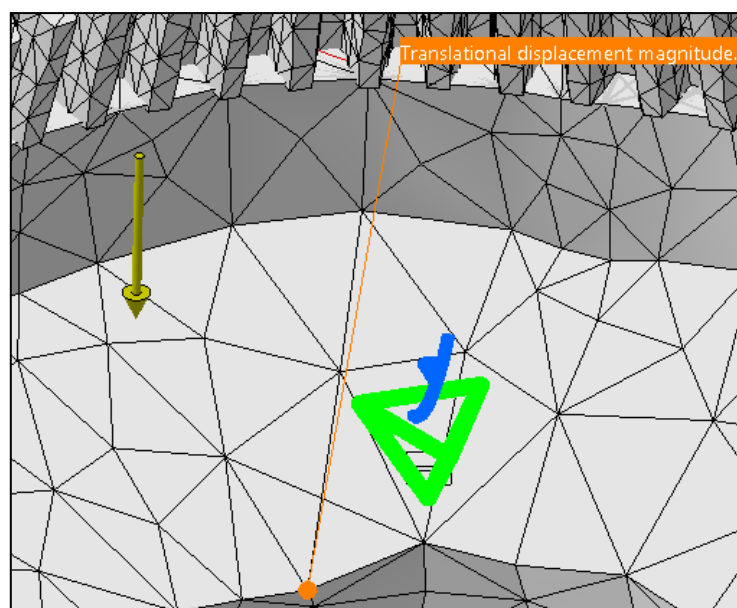


FIGURA 2.189. Màxima deformació del cos principal

2.9.1.1.4. DISC BOLÓ INFERIOR

Per realitzar les condicions de contorn que s'aproximin més a la realitat s'ha aplicat uns cargols que uneixen dues peces i uns passadors.

2. Memòria

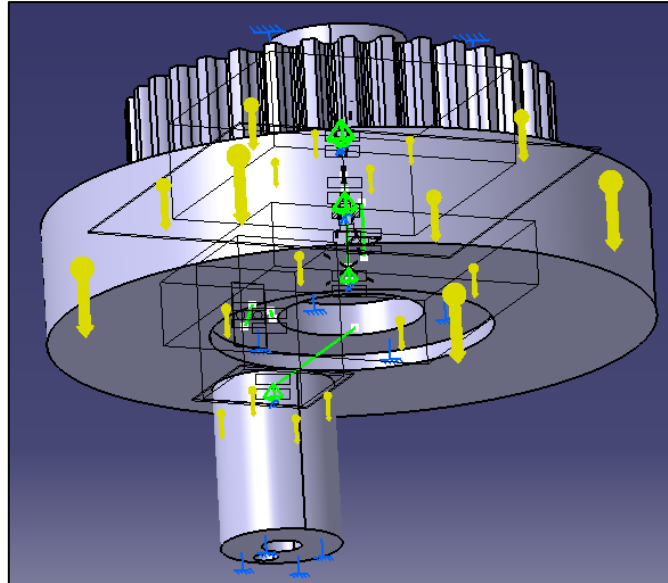


FIGURA 2.190. Condicions de contorn del disc boló inferior

- **Anàlisi de Von Mises**

Un cop s'ha realitzat la simulació, s'observa que la màxima tensió de Von Mises és de 0,0188 MPa. Amb aquesta tensió de Von Mises no es sobrepassa el límit elàstic de cap material que forma el disc boló inferior. Per tant, totes les peces treballen a la zona elàstica.

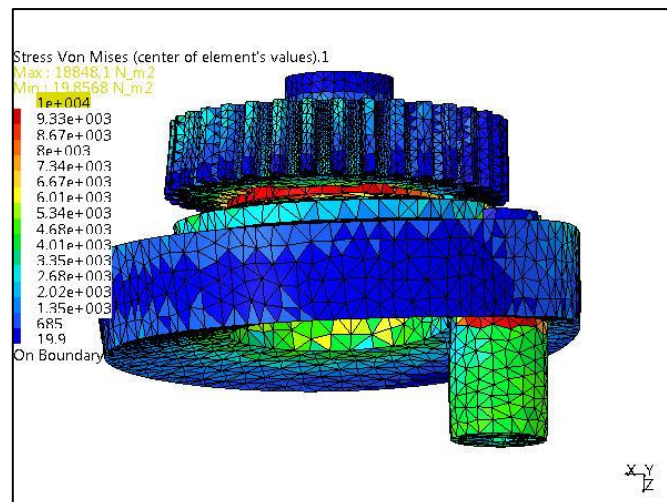


FIGURA 2.191. Anàlisi de Von Mises del disc boló inferior

- **Anàlisi de tensió màxima**

Al realitzar l'anàlisi, obtenim la màxima tensió que es dona en el disc boló inferior, i aquesta tensió és de 0,0196 MPa.

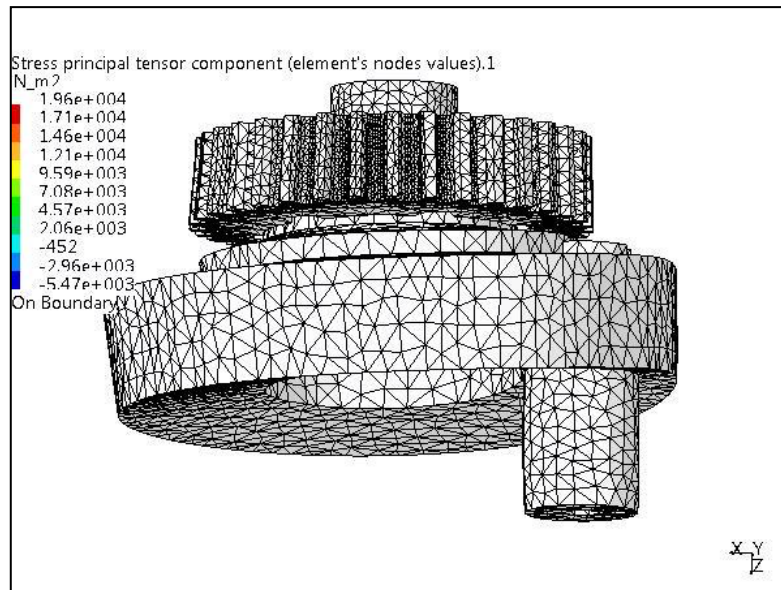


FIGURA 2.192. Tensió màxima del disc boló inferior

- **Anàlisi de deformacions**

En el disc boló inferior la màxima deformació que es produeix és molt petita, és $1,835e^{-6}$ mm.

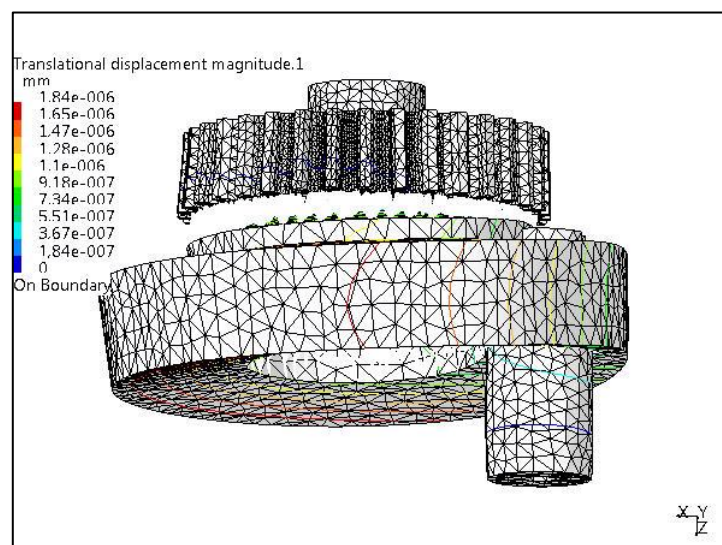


FIGURA 2.193. Màxima deformació del disc boló inferior

2.9.1.1.5. DISC BOLÓ SUPERIOR

El disc boló superior, esta unit a través d'un passador i un cargol, i d'aquesta manera les condicions de contorn s'aproximen a la realitat.

2. Memòria

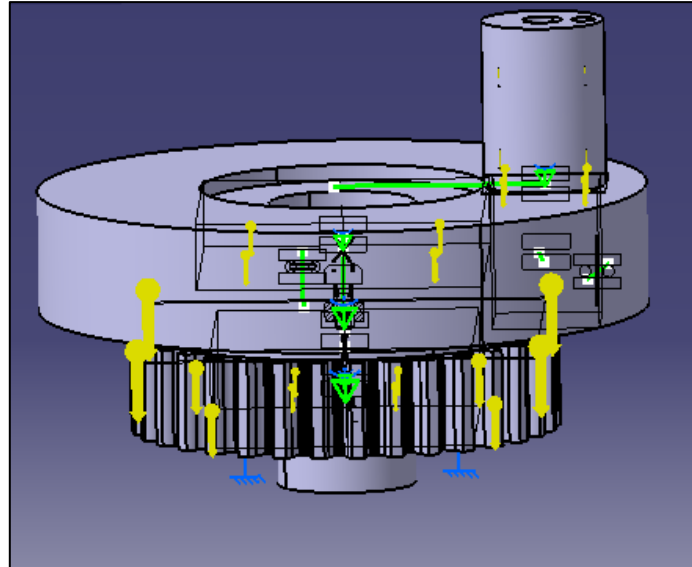


FIGURA 2.194. Condicions de contorn disc boló superior

- **Anàlisi de Von Mises**

Al realitzar l'anàlisi s'obté la màxima tensió de Von Mises que és de 0,078 MPa. Amb aquesta tensió es segueix treballant a la zona elàstica, ja que no es supera el límit elàstic de cap material que compon el disc boló superior.

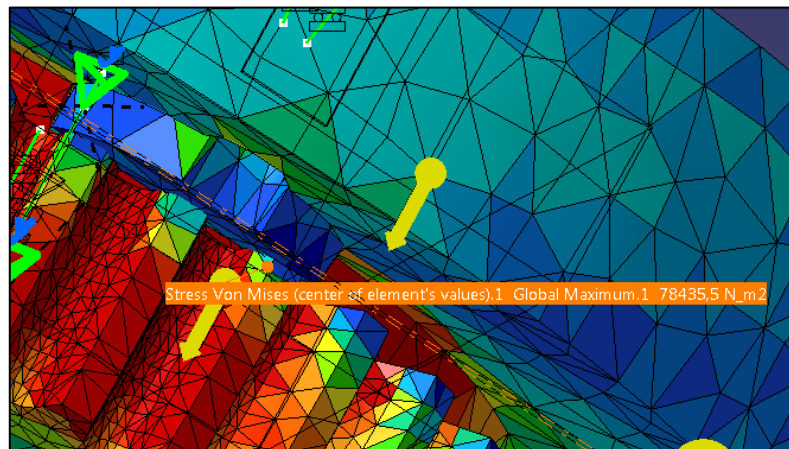


FIGURA 2.195. Anàlisi de Von Mises del disc boló superior

- **Anàlisi de tensió màxima**

En l'anàlisi s'obté que la màxima tensió és de 0,0408 MPa.

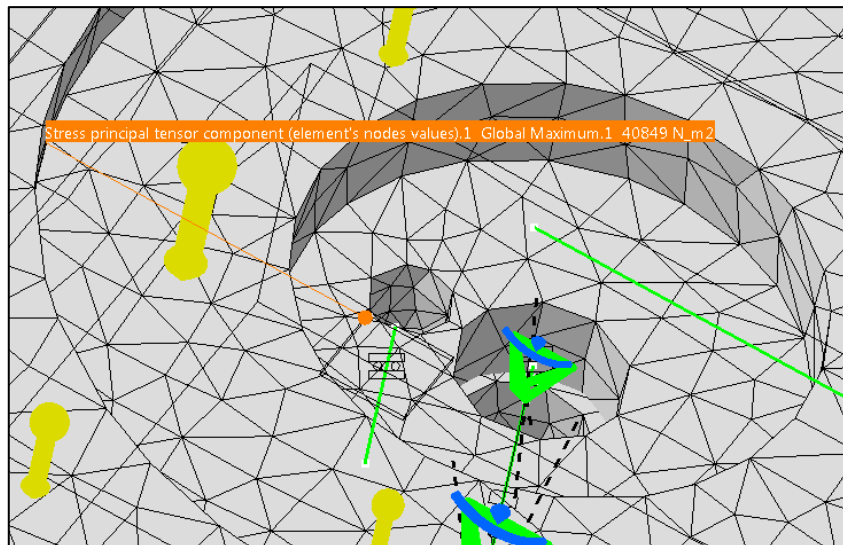


FIGURA 2.196. Tensió màxima del disc boló superior

- **Anàlisi de deformacions**

S'observa que la màxima deformació que s'obté és de $1,27588e^{-5}$ mm, per tant es pot considerar petita. Aquesta màxima deformació es dona al boló.

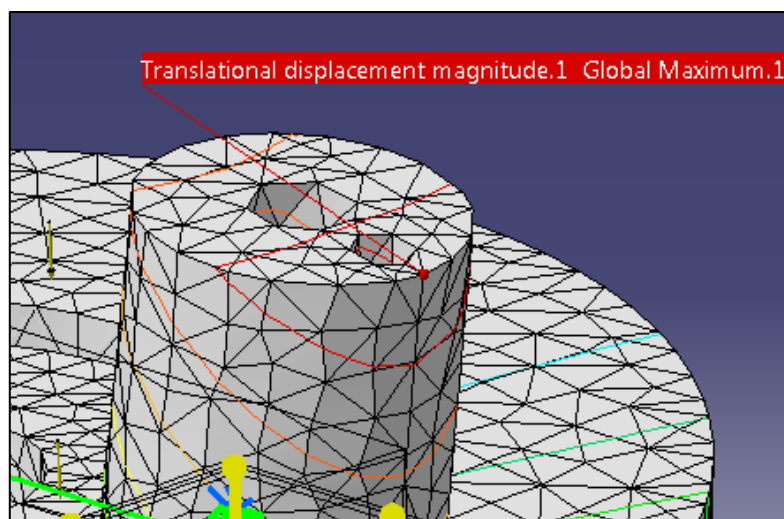


FIGURA 2.197. Màxima deformació del disc boló superior

2.9.1.1.6. EIX PRINCIPAL DEL SISTEMA MOTRIU

En aquest cas s'han unit les tres peces que la formen mitjançant un passador, d'aquesta manera les condicions de contorn són les més semblants a la realitat.

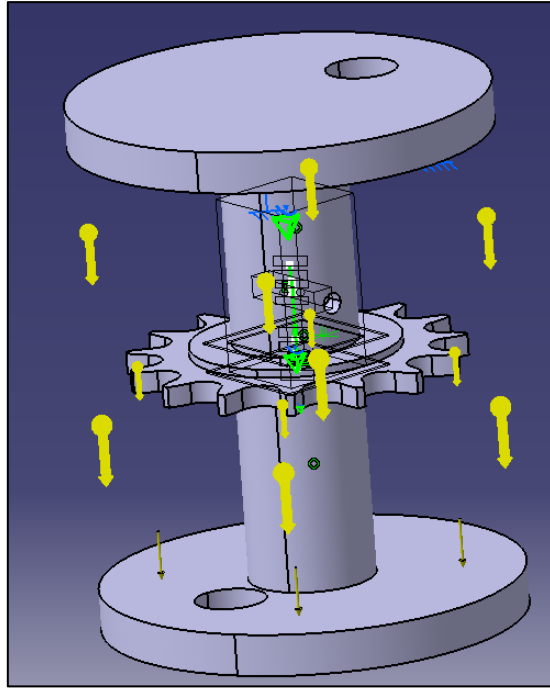


FIGURA 2.198. Condicions de contorn eix principal del sistema motriu

- **Anàlisi De Von Mises**

En aquest conjunt la tensió màxima de Von Mises es dona en el semi eix superior, i aquesta és de 93 GPa. Aquesta tensió no supera el límit elàstic, d'aquesta manera es segueix treballant a la zona elàstica.

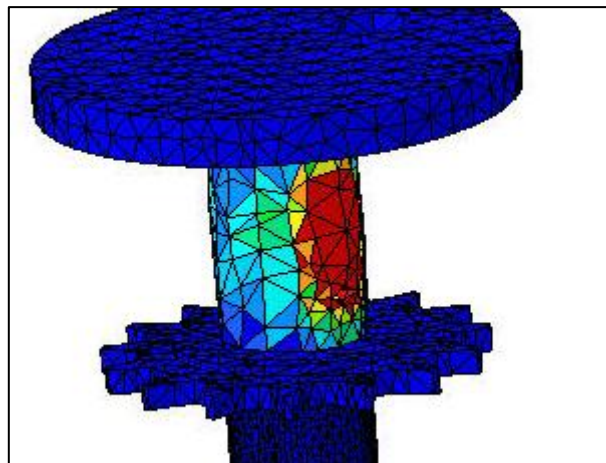


FIGURA 2.199. Anàlisi de Von Mises de l'eix principal

- **Anàlisi De la tensió màxima**

La màxima tensió que es té és de $1,205e^2$ GPa.

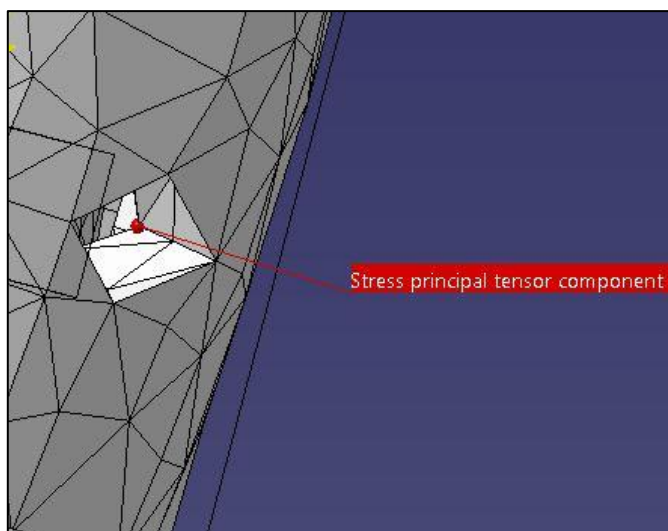


FIGURA 2.200. Tensió màxima de l'eix principal

- **Anàlisi de deformacions**

En aquest cas la deformació màxima que s'observa és de 1,50388 mm i es dona al semi eix superior.

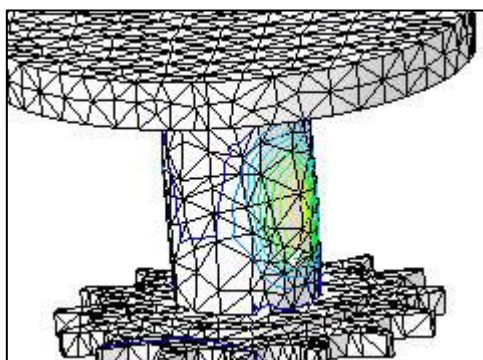


FIGURA 2.201. Màxima deformació de l'eix principal

2.9.1.2. Sistema Connexió Multidireccional

Aquest sistema també s'ha dividit en diversos conjunt alhora de realitzar la simulació. Aquest conjunts són: la connexió inferior, la connexió superior, l'eix extern, l'eix intern i el passacascos.

2.9.1.2.1. CONNEXIÓ INFERIOR

A la connexió inferior s'ha utilitzat uns cargols perquè les condicions de contorn siguin el més semblant a la realitat.

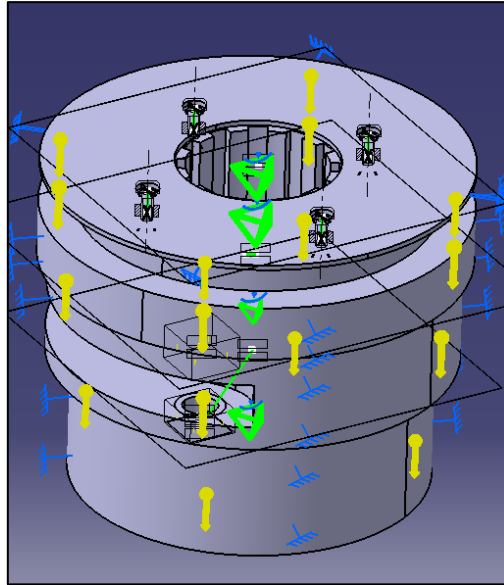


FIGURA 2.202. Condicions de contorn de la connexió inferior

- **Anàlisi de Von Mises**

En l'anàlisi s'observa que la màxima tensió de Von Mises es dona al casquet trempat inferior de la unió de la biela amb la connexió multidireccional inferior i que aquesta és de 92,578 GPa.

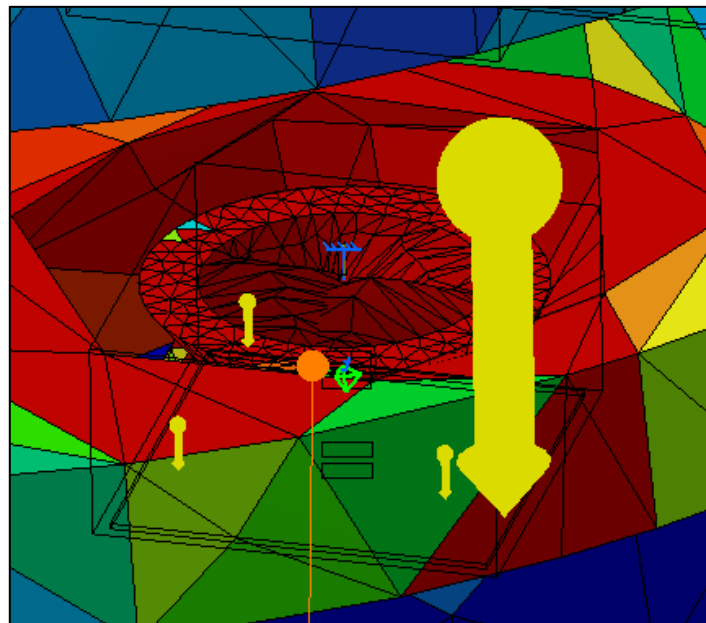


FIGURA 2.203. Anàlisi de Von Mises de la connexió inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La tensió màxima obtinguda és de 49,8931 GPa, que també es troba al casquet trempat inferior.

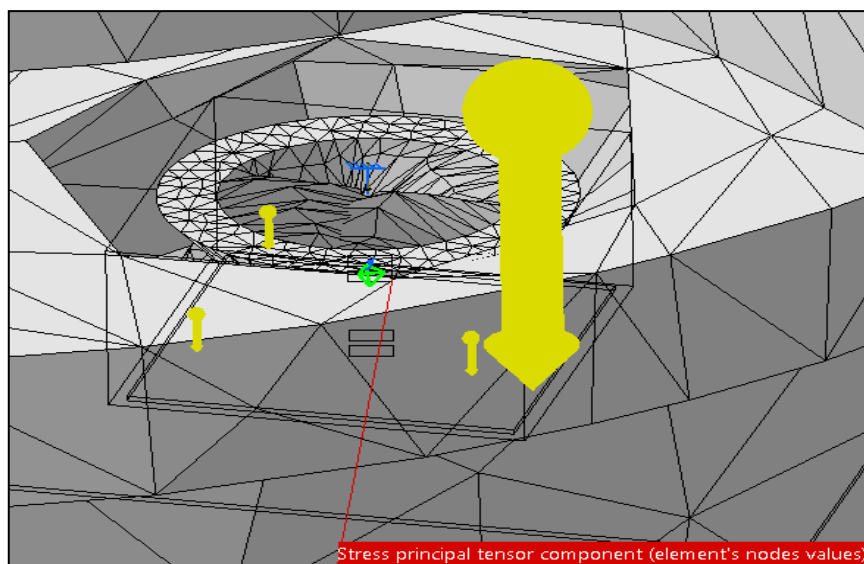


FIGURA 2.204. Tensió màxima de la connexió inferior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació obtinguda en aquest conjunt és de 0,45263mm.

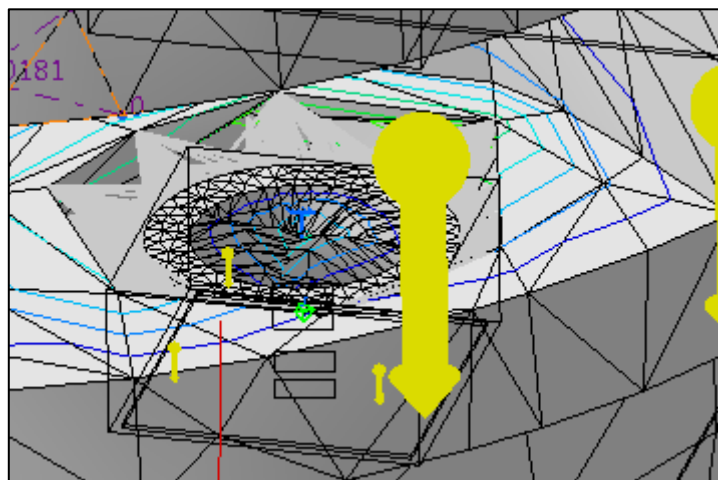


FIGURA 2.205. Màxima deformació de la connexió inferior

2.9.1.2.2. CONNEXIÓ SUPERIOR

En aquest cas les condicions de contorn que s'han introduït per obtenir un cas real uns passadors i uns cargols que uneixen les diverses peces.

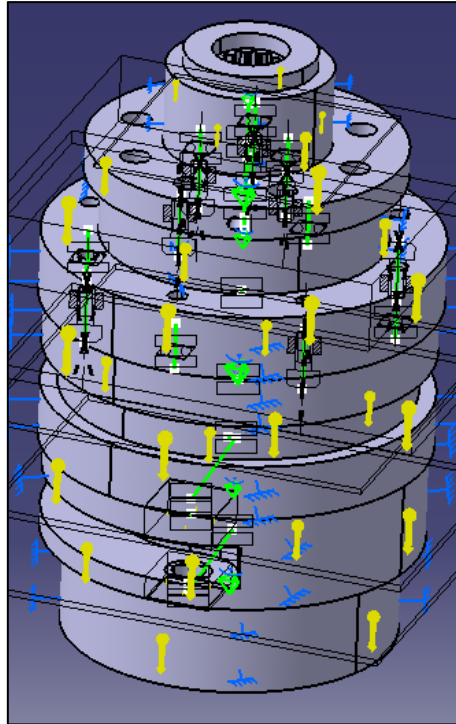


FIGURA 2.206. Condicions de contorn de la connexió superior

- **Anàlisi de Von Mises**

La tensió màxima en aquest cas s'obté a la unió de la biela i el sistema de connexió superior i el seu valor és de 40,999 GPa. Amb aquest valor aquest conjunt treballa a la zona elàstica, ja que en cap cas supera el límit elàstic del material on es troba la màxima tensió.

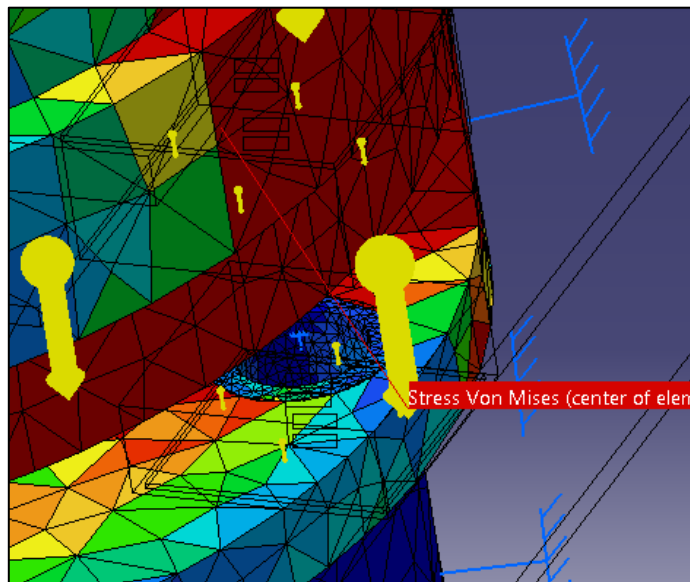


FIGURA 2.207. Anàlisi de Von Mises de la connexió superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió obtinguda és de 11,1742 MPa.

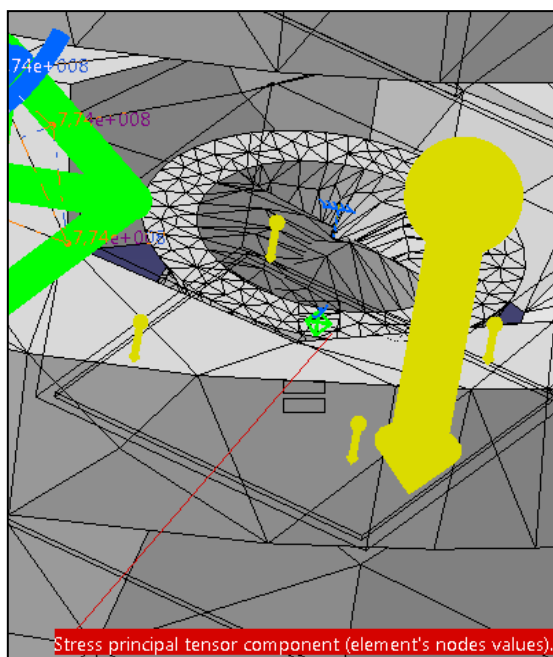


FIGURA 2.208. Tensió màxima de la connexió superior

- **Anàlisi de deformacions**

La deformació màxima que obtenim és de 0,4376 mm.

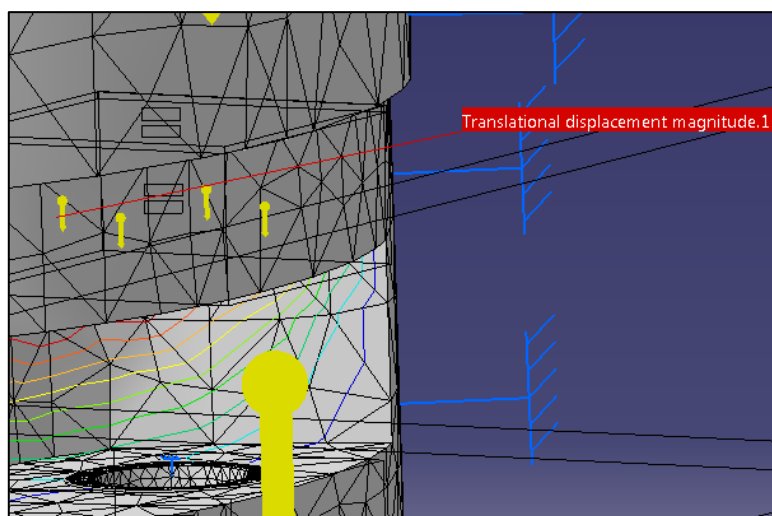


FIGURA 2.209. Màxima deformació de la connexió superior

2.9.1.2.3. EIX EXTERN

Per realitzar l'anàlisi s'han realitzat les condicions de contorn per obtenir un cas real. A més s'ha aplicat el pes que rep aquest eix del sistema de connexió superior.

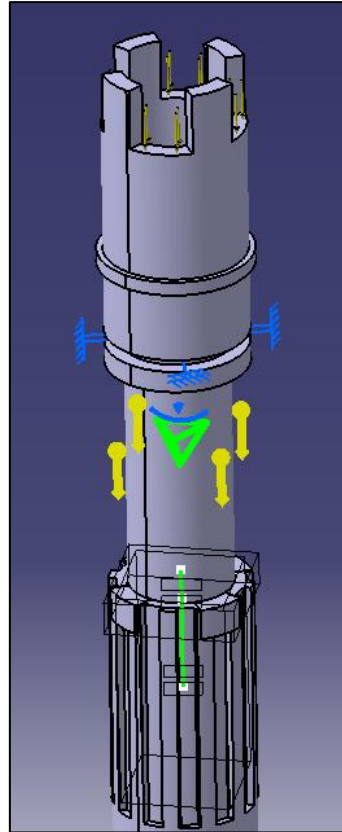


FIGURA 2.210. Condicions de contorn de l'eix extern

- **Anàlisi de Von Mises**

Els resultats obtinguts en l'anàlisi són que la màxima tensió de Von Mises és de 0,06437MPa i aquesta es dona en el semi eix extern inferior.

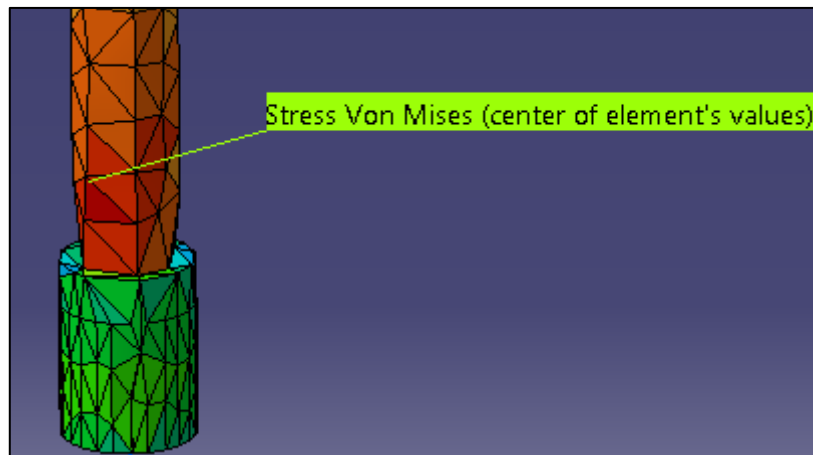


FIGURA 2.211. Anàlisi de Von Mises de l'eix extern

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió que experimenta l'eix extern és de 0,05514 MPa.

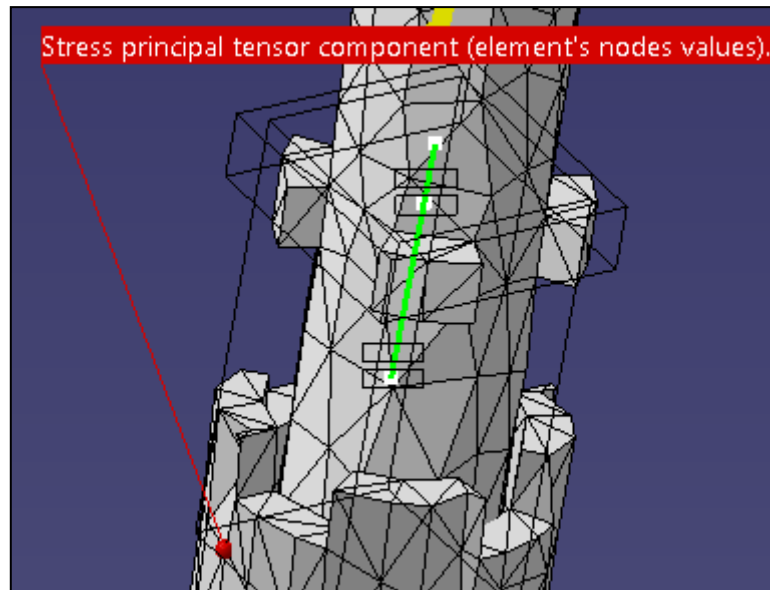


FIGURA 2.212. Tensió màxima de l'eix extern

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació que s'obté és de 0,000101 mm, per tant es pot considerar que la deformació que experimenta l'eix extern és petita.

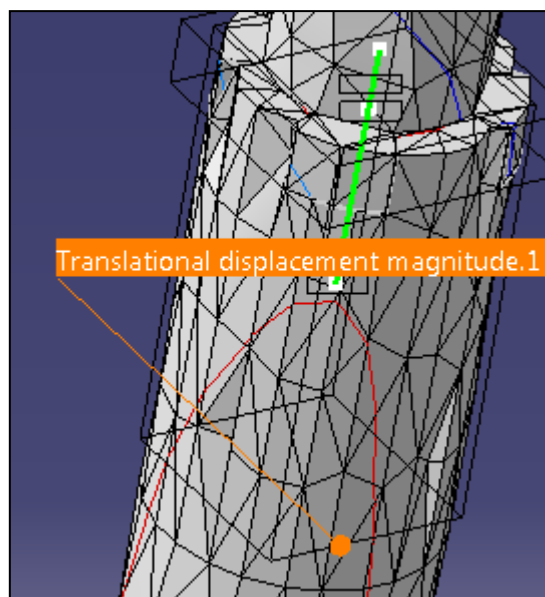


FIGURA 2.213. Màxima deformació de l'eix extern

2.9.1.2.4. EIX INTERN

L'eix intern, en aquest cas, només hi actua la força de la gravetat, per tant les condicions de contorn aplicades per trobar un cas real només s'ha indicat el seu recolzament.

2. Memòria

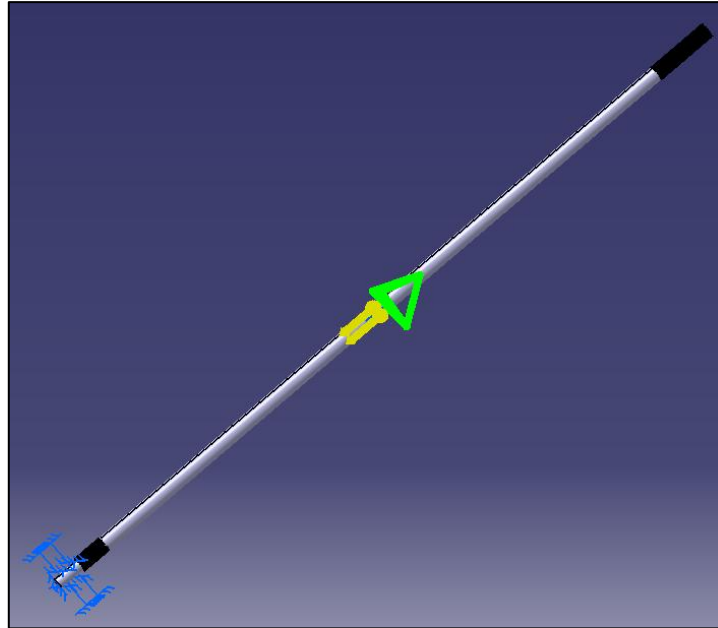


FIGURA 2.214. Condicions de contorn de l'eix intern

- **Anàlisi de Von Mises**

El punt de l'eix intern on la tensió de Von Mises és màxima es troba a la part inferior d'aquest i el seu valor és de 0,0815 MPa. Amb aquesta tensió es confirma que l'eix intern treballa a la zona elàstica.

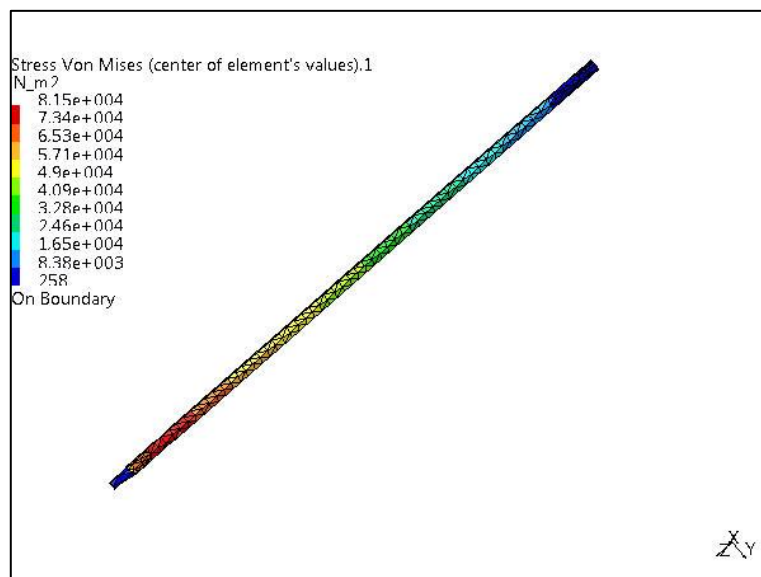


FIGURA 2.215. Anàlisi de Von Mises de l'eix intern

- **Anàlisi de la tensió màxima**

El punt on es troba la tensió màxima és a la part inferior d'aquest, justament on es recolza, i el valor és de 0,0078267 MPa.

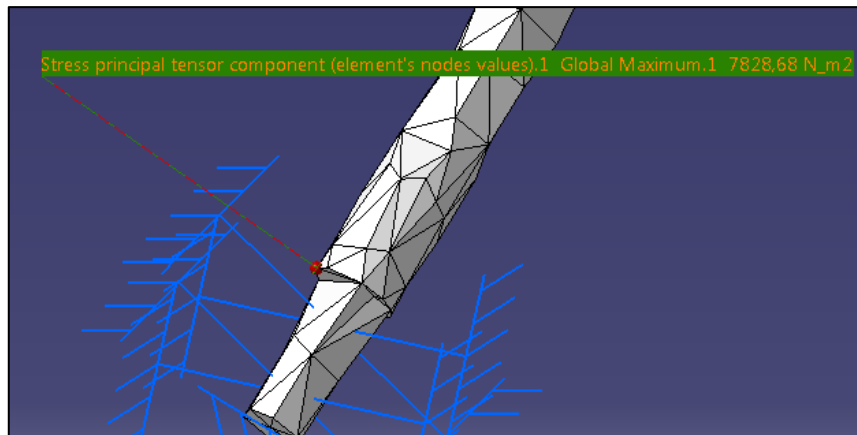


FIGURA 2.216. Tensió màxima de l'eix intern

- **Anàlisi de deformacions**

En aquest cas la màxima deformació és de 0,00023496 mm, la qual és molt petita.

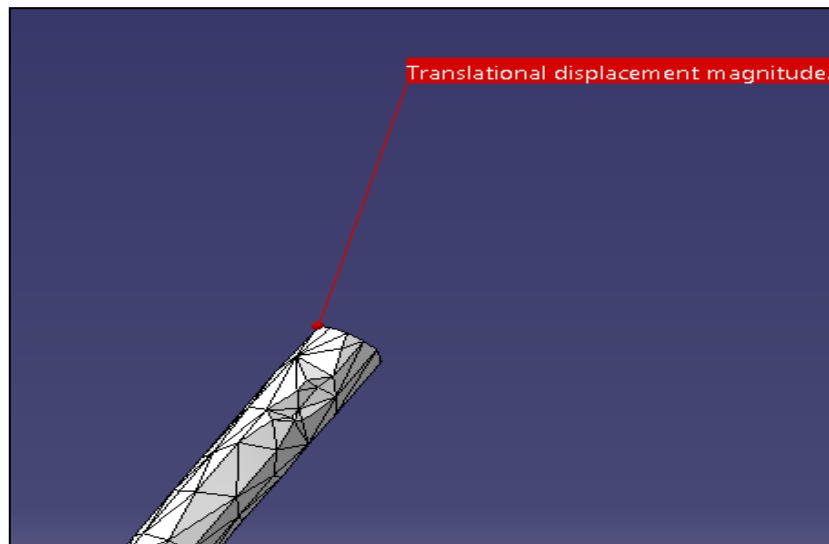


FIGURA 2.217. Màxima deformació de l'eix intern

2.9.1.2.5. PASSACASCOS

Per obtenir un cas real s'ha aplicat una condició de contorn, la qual és l'encastament que té a la seva part inferior amb el llagut. Al passacascos hi va recolzat la connexió inferior, per tant, aquest rebrà la força produïda pel pes de la connexió inferior.

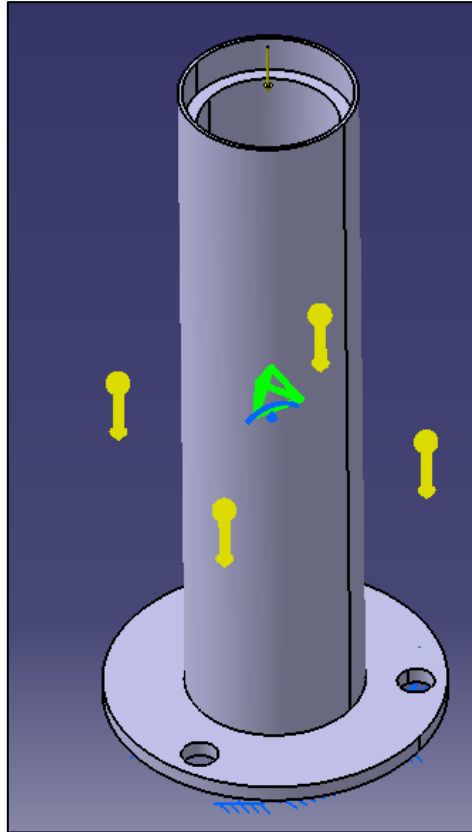


FIGURA 2.218.Condicions de contorn
passa cascos

- **Anàlisi de Von Mises**

La màxima tensió de Von Mises es troba a la part superior del passacascos, justament on es recolza la connexió inferior, i el seu valor és 0,0833 MPa. Per tant es treballa a la zona elàstica del material utilitzat.

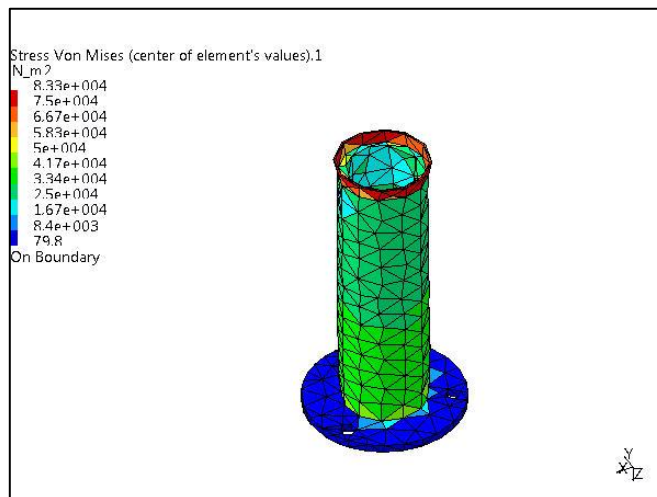


FIGURA 2.219. Anàlisi de Von Mises del passa cascos

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió que experimenta el passacascos és de 0,0177 MPa. Aquesta es dona a la part superior del passacascos.

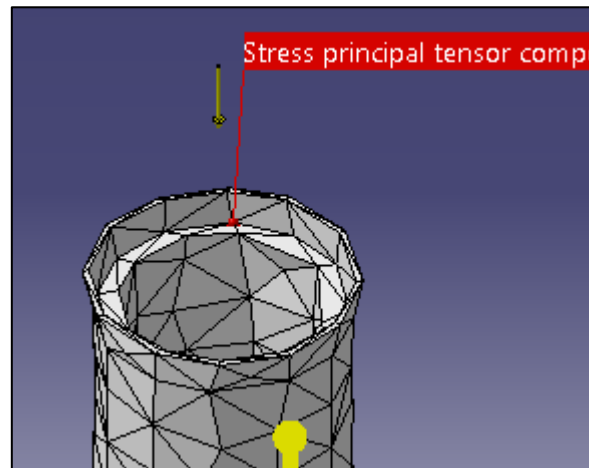


FIGURA 2.220. Tensió màxima del passa cascós

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació es troba a l'extrem superior del passacascos, i el seu valor és de $4,9485 \times 10^{-5}$ mm, per tant és una deformació petita.

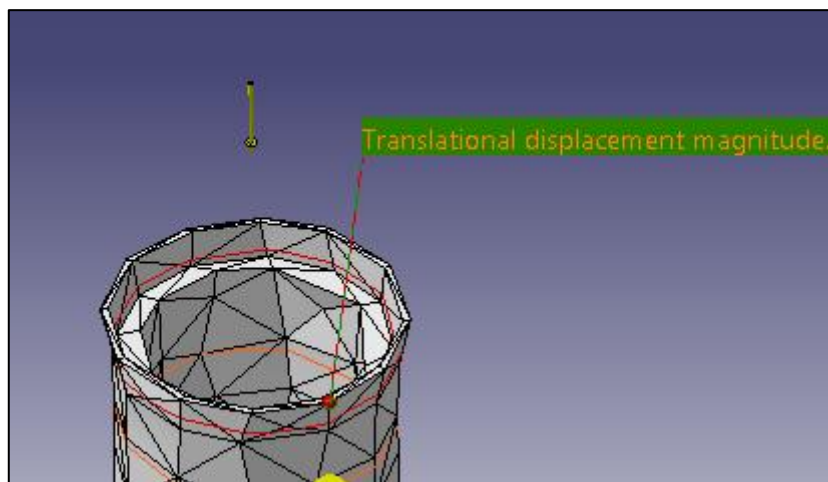


FIGURA 2.221. Màxima deformació del passa cascós

2.9.1.3. Sistema Propulsor

El sistema propulsor per la realització de l'anàlisi també s'ha dividit en dos conjunts. Aquests conjunts són la lira inferior i la lira superior.

2.9.1.3.1. LIRA INFERIOR

La lira inferior rep, a més de la força que es genera de la lira superior, també es transmet la de l'eix intern i la de connexió superior i de l'eix extern. En aquest cas s'ha fet ús de passadors, cargols i eixos per obtenir unes condicions de contorn per que sigui real.

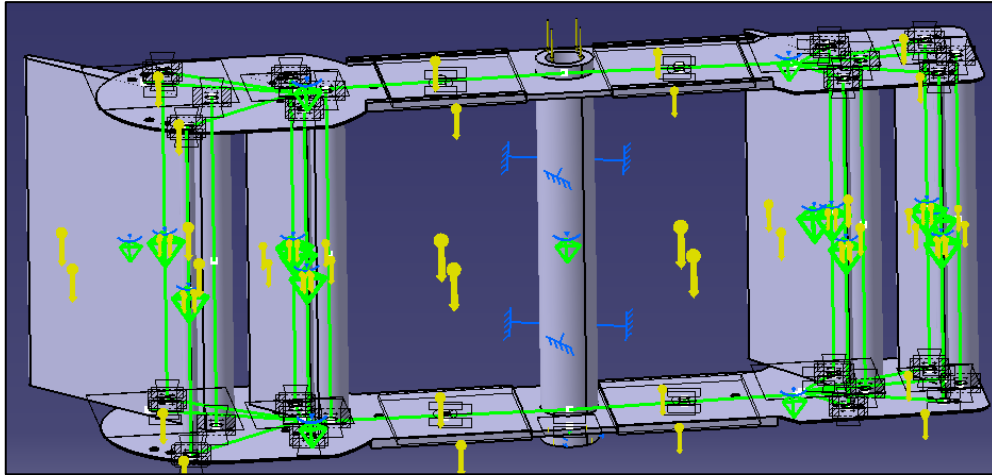


FIGURA 2.222. Condicions de contorn de la lira inferior

- **Anàlisi de Von Mises**

El màxim valor obtingut de les tensions de Von Mises és de 10,12 MPa, aquesta màxima tensió es troba a la part de l'extraïble de la popa superior. Amb aquesta tensió es pot observar com treballa a la zona elàstica, ja que no se supera el valor del límit elàstic.

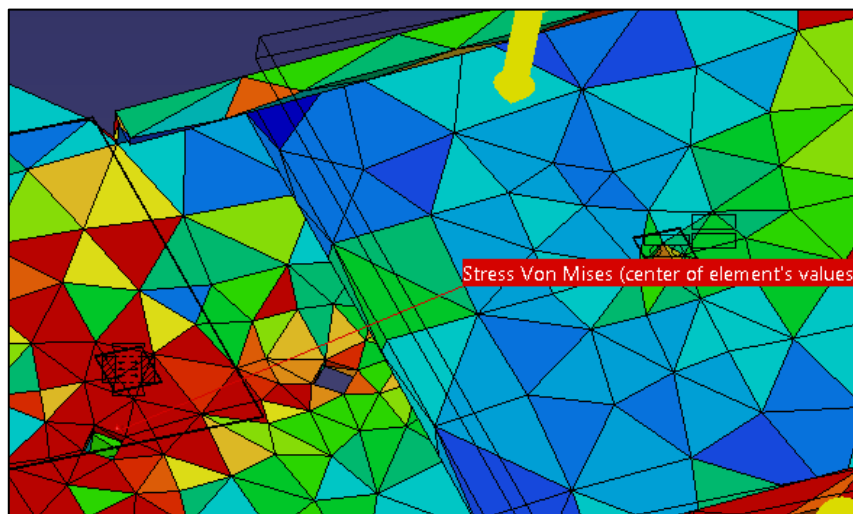


FIGURA 2.223. Anàlisi de Von Mises de la lira inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

Aquesta tensió màxima es troba a l'extraïble de popa superior, al forat de l'eix de la pala més extern, i el seu valor és de 7,4278 MPa.

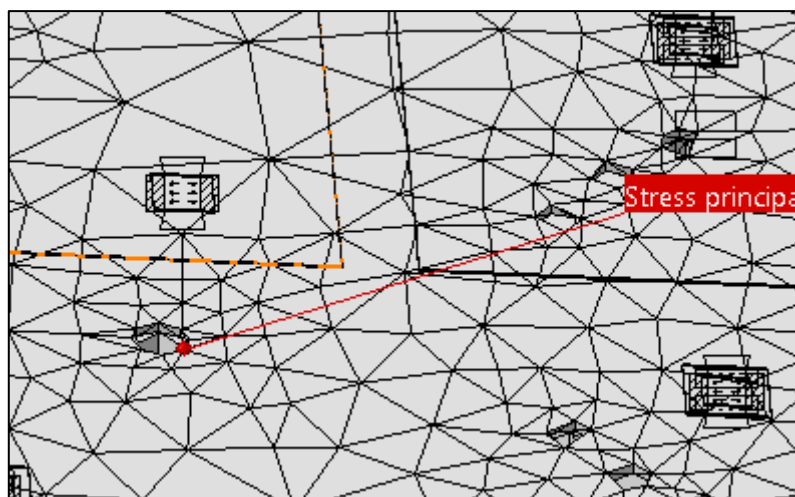


FIGURA 2.224. Tensió màxima de la lira inferior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació de la lira inferior es troba en un dels extrems de la part extraïble de la popa inferior. Aquesta deformació és de 0,0109 mm, la qual és una deformació petita.

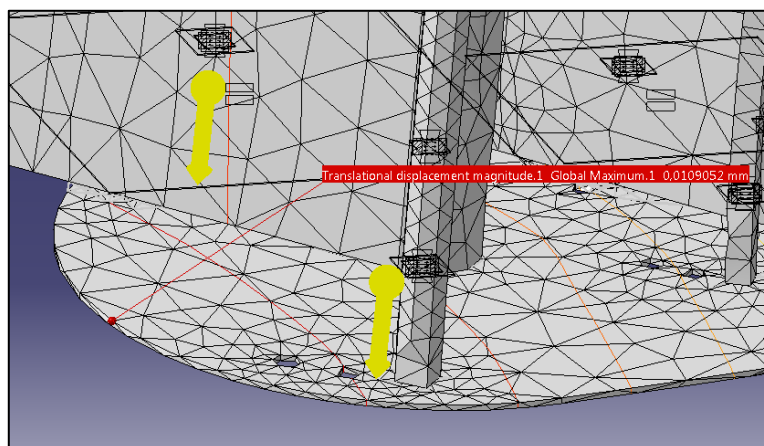


FIGURA 2.225. Màxima deformació de la lira inferior

2.9.1.3.2. LIRA SUPERIOR

Per trobar les condicions de contorn que s'aproximin a la realitat s'ha fet ús de passadors, eixos i cargols. En aquest cas, la lira superior rep tota la força del pes que es genera a la connexió superior i la de l'eix extern.

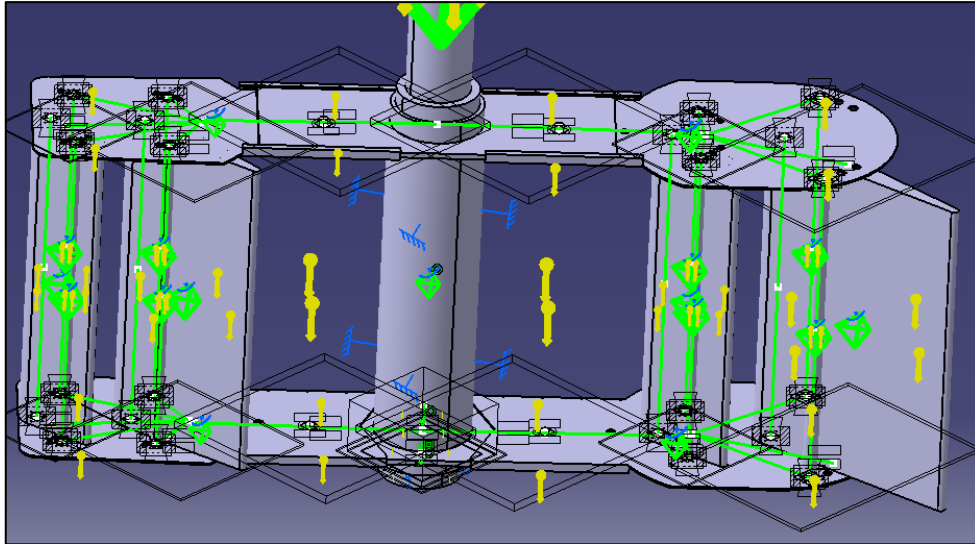


FIGURA 2.226. Condicions de contorn de la lira superior

- **Anàlisi de Von Mises**

Es pot observar que aquest conjunt treballa a la zona elàstica degut a que la tensió màxima de Von Mises obtinguda és de 7,466 MPa i aquesta és inferior al límit elàstic del material pel qual està formada.

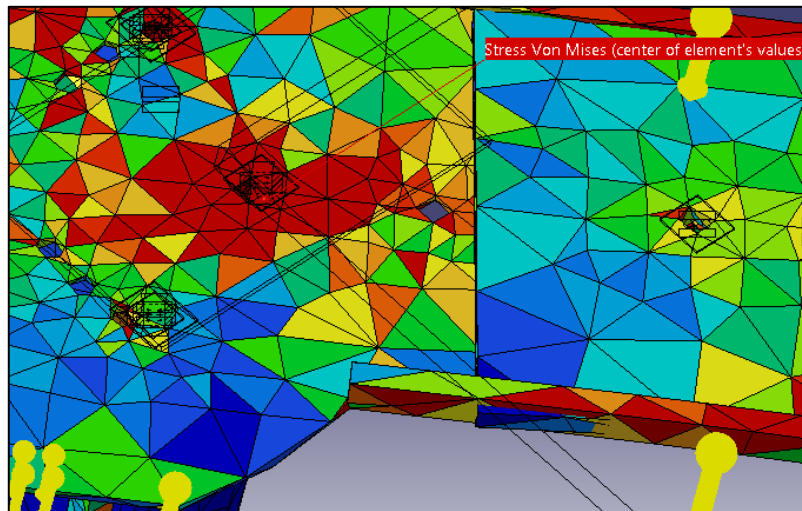


FIGURA 2.227. Anàlisi de Von Mises de la lira superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

Es troba que la tensió màxima es produeix a l'extraïble de la proa inferior i que el seu valor és de 7,5625 MPa.

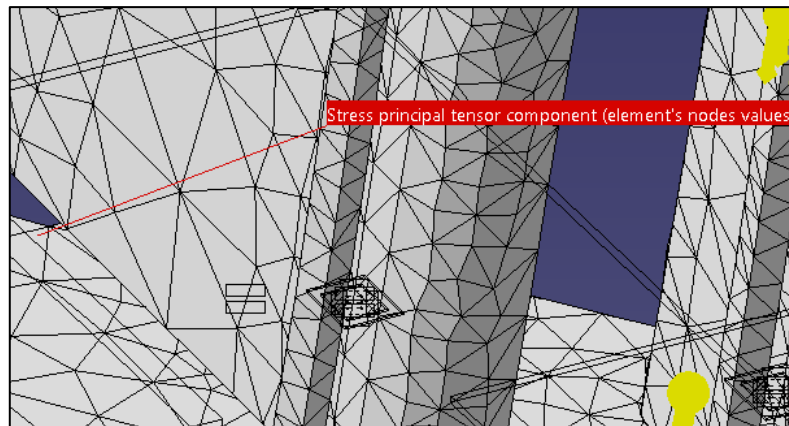


FIGURA 2.228. Tensió màxima de la lira superior

- **Anàlisi de deformacions**

A la pala de longitud 130 mm s'obté la màxima deformació, la qual és de 0,011355 mm que es pot considerar com una deformació petita.

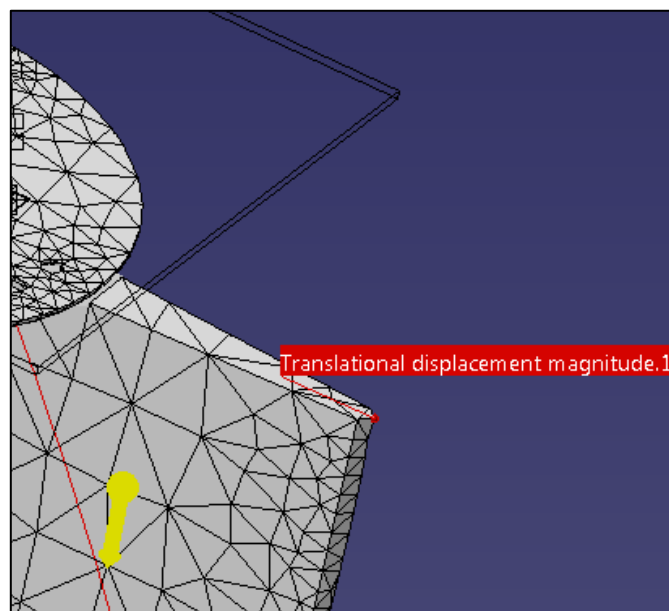


FIGURA 2.229. Màxima deformació de la lira superior

2.9.2. Anàlisi Dinàmic

El motor que alimenta el SPM és un motor elèctric de 4 CV a 220V, que gira a 1500 rpm. Aquest proporciona un moment a l'eix principal del sistema motriu de 18,72932 N·m.

$$1500 \text{ rpm} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev.}} = 50\pi \text{ rad/s}$$

2. Memòria

$$M = \frac{P}{w} = \frac{4x735,49875 W}{50\pi \frac{rad}{s}} = 18,72932 N \cdot m$$

2.9.2.1. Sistema Motriu

L'anàlisi de les tensions d'aquest mòdul s'han dividit en els diferents conjunts que el formen, les quals son el cos principal, disc boló inferior i superior.

2.9.2.1.1. EIX PRINCIPAL

L'eix principal rep el moment directament del motor a través de la roda dentada.

- **Anàlisi de Von Mises**

S'observa en l'anàlisi que la màxima tensió de Von Mises es produeix al semi eix superior i pren un valor de 93,0035 GPa. Amb aquest valor no es supera el límit elàstic, per tant, s'ha treballat en la zona elàstica del material.

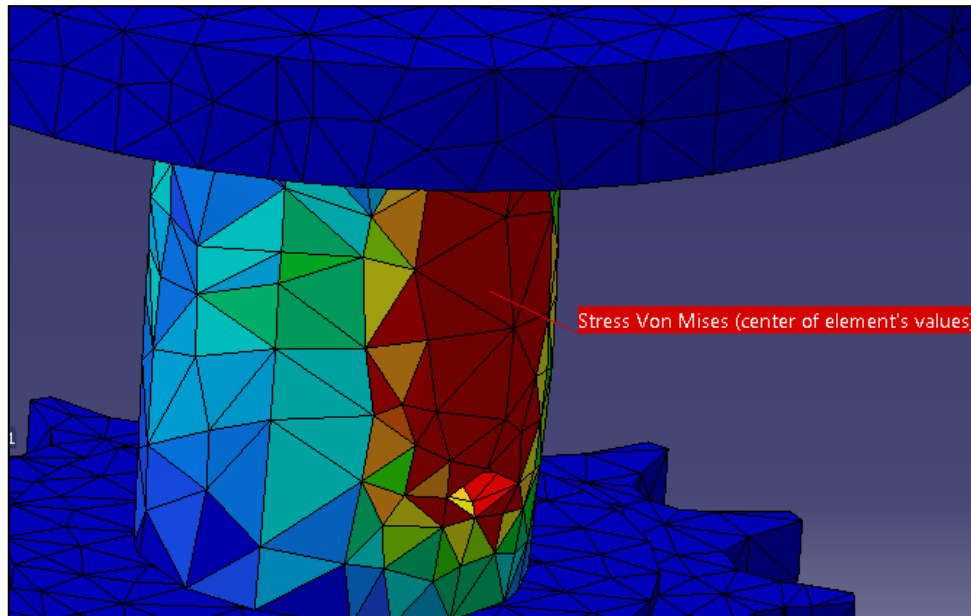


FIGURA 2.230. Anàlisi de Von Mises de l'eix principal

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió és de 24,4089 GPa i es produeix al semi eix superior.

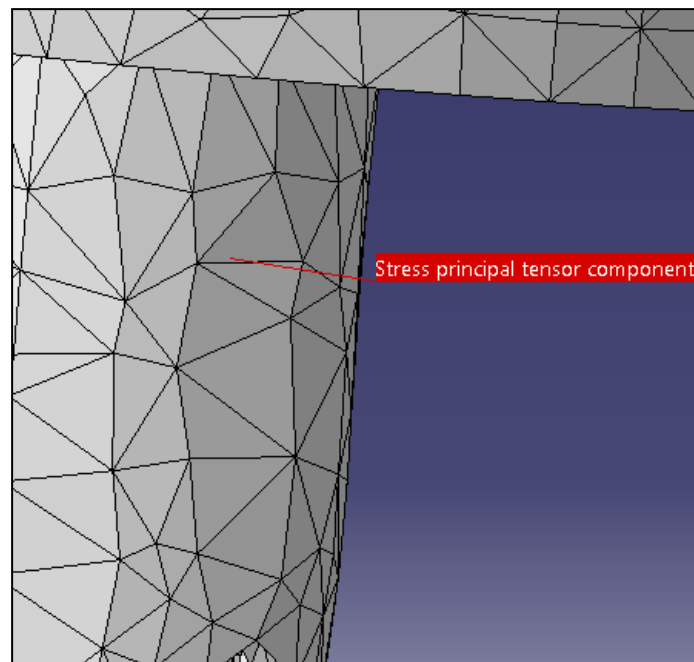


FIGURA 2.231. Tensió màxima de l'eix principal

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació s'observa que es produeix al semi eix superior i pren un valor de 1,50389 mm.

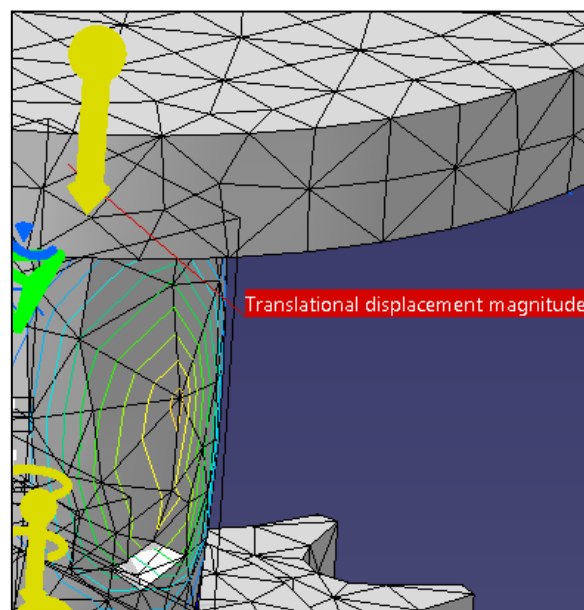


FIGURA 2.232. Màxima deformació de l'eix principal

2.9.2.1.2. DISC BOLÓ SUPERIOR

El disc boló inferior s'han col·locat unes condicions de contorn per obtenir un cas real. A més el disc boló inferior se li transmet el moment que prové del motor mitjançant el eix principal.

- **Anàlisi de Von Mises**

La màxima tensió de Von Mises es troba a l'eix que uneix el disc boló amb el semi eix superior del eix principal i és de 49,4148 MPa. S'observa que amb aquesta tensió màxima la peça ha treballat en la zona elàstica.

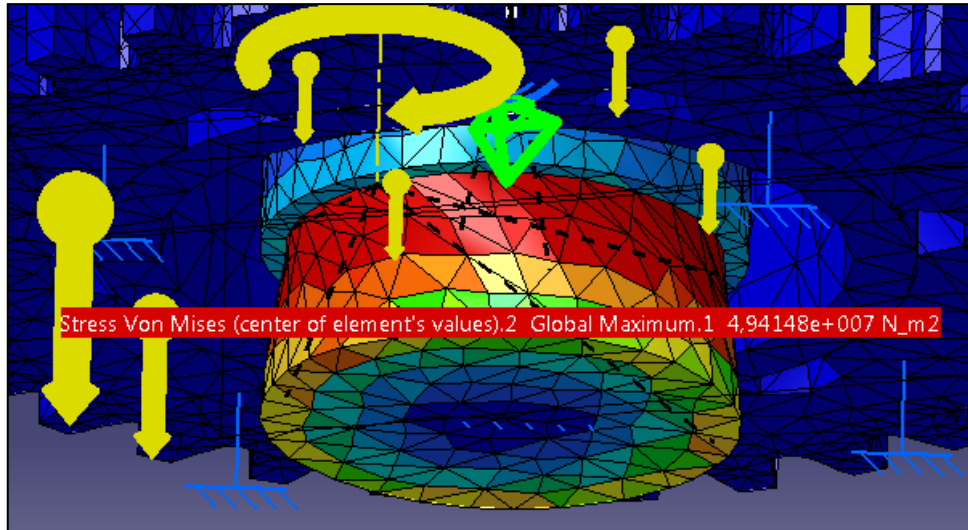


FIGURA 2.233. Anàlisi de Von Mises del disc boló superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

Observem que la màxima tensió és produïda a l'eix d'unió i pren un valor de 36,7774 MPa.

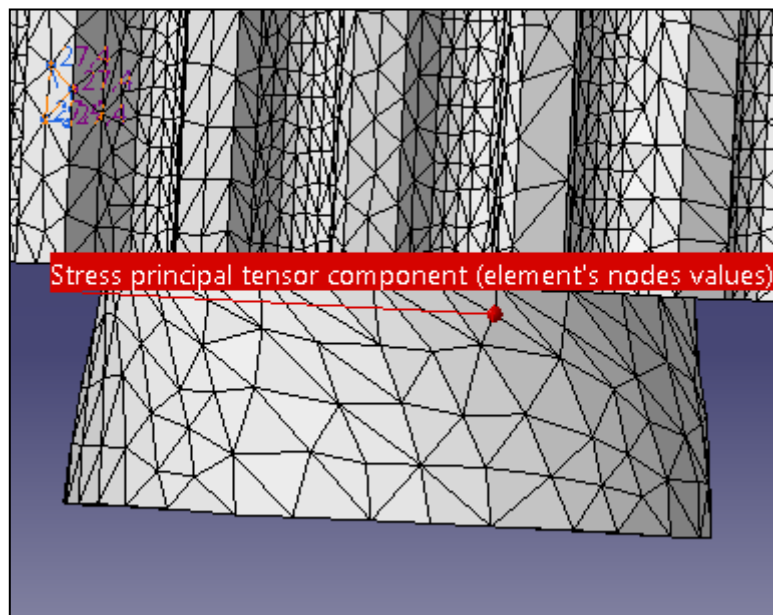


FIGURA 2.234. Tensió màxima del disc boló superior

- **Anàlisi de deformacions**

S'observa com la màxima deformació que té un valor de 0,002052 mm i aquest s'ha considerat com una deformació petita.

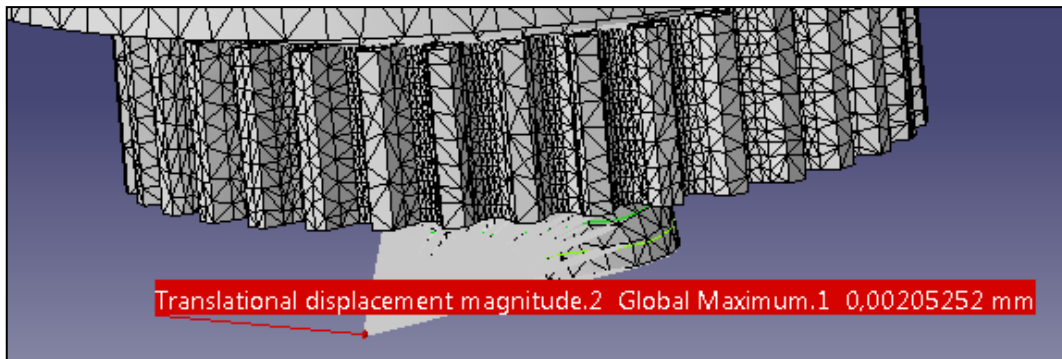


FIGURA 2.235. Màxima deformació del disc boló superior

2.9.2.1.3. DISC BOLÓ INFERIOR

El disc boló superior s'han col·locat unes condicions de contorn per obtenir un cas real. A més el disc boló inferior se li transmet el moment que prové del motor mitjançant el eix principal.

- **Anàlisi de Von Mises**

Un cop s'ha fet l'anàlisi s'observa com el punt on tenim la tensió màxima de Von Mises és troba a l'eix que uneix el disc boló inferior i el semi eix inferior, aquest valor és de 49,3778 MPa. Amb aquest valor el disc boló inferior ha treballat en zona elàstica, ja que el màxim no supera el valor del límit elàstic del material de l'eix d'unió.

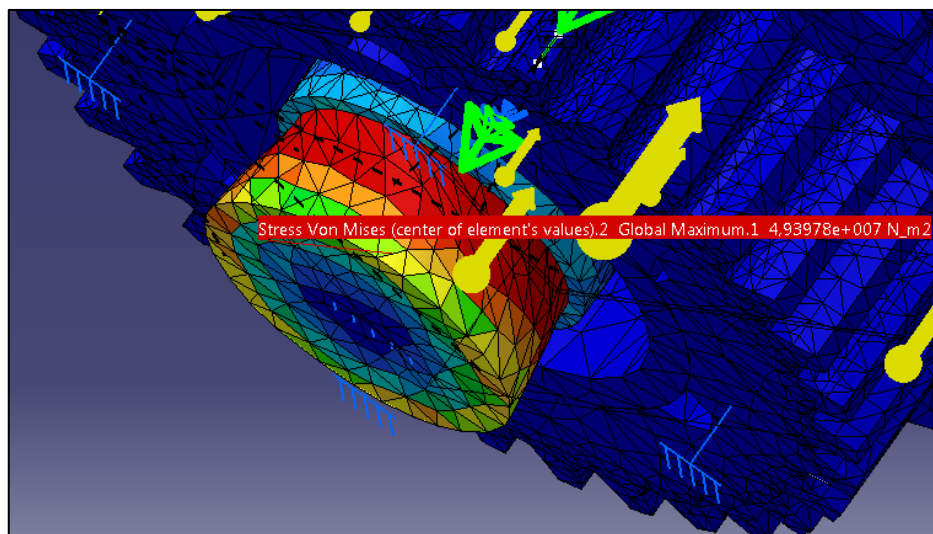


FIGURA 2.236. Anàlisi de Von Mises del disc boló inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió és de 36,7774 MPa i s'observa que es troba a l'eix d'unió entre el disc boló inferior i el semi eix inferior.

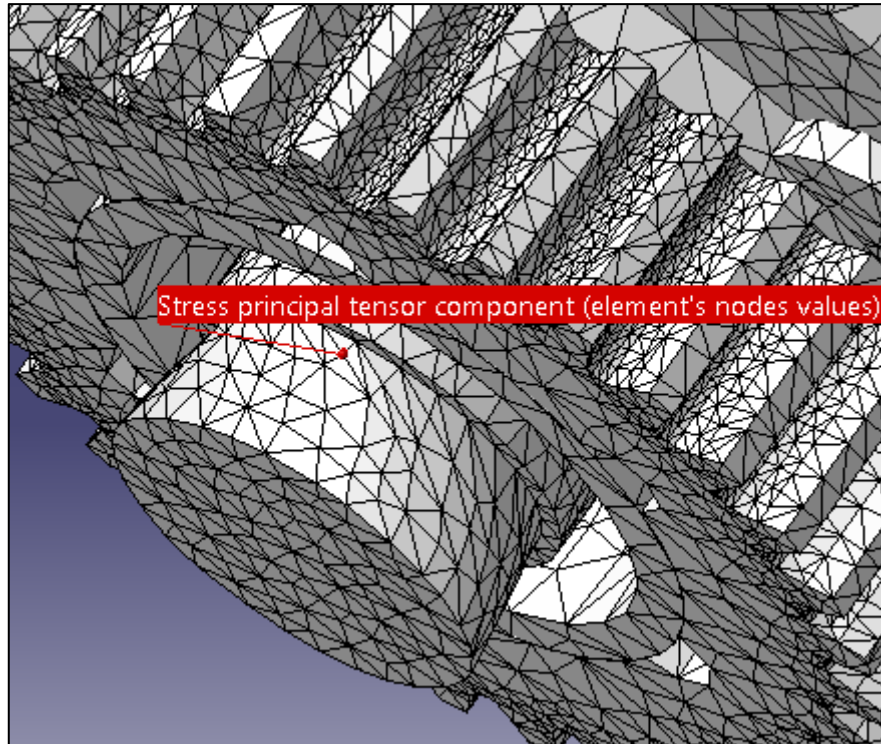


FIGURA 2.237. Tensió màxima del disc boló superior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació que experimenta el disc boló és de 0,002052 mm, el qual es s'ha considerat com un desplaçament petit.

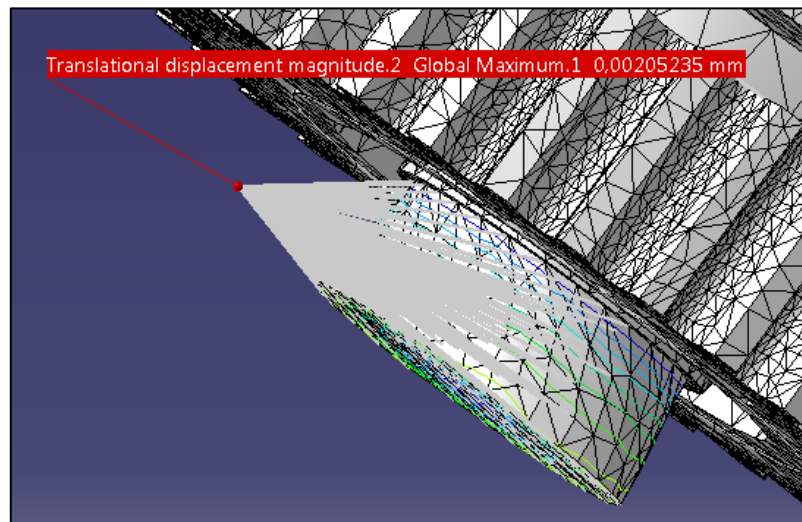


FIGURA 2.238. Màxima deformació del disc boló superior

2.9.2.1.4. BIELLA SUPERIOR

- **Anàlisi de Von Mises**

Realitzat l'anàlisi s'observa que la màxima tensió de Von Mises es produeix a la unió de la biella mascle amb el disc motriu de la connexió superior i pren un valor de 10,6936 MPa, per tant, s'ha treballat en la zona elàstica ja que no superem el límit elàstic.

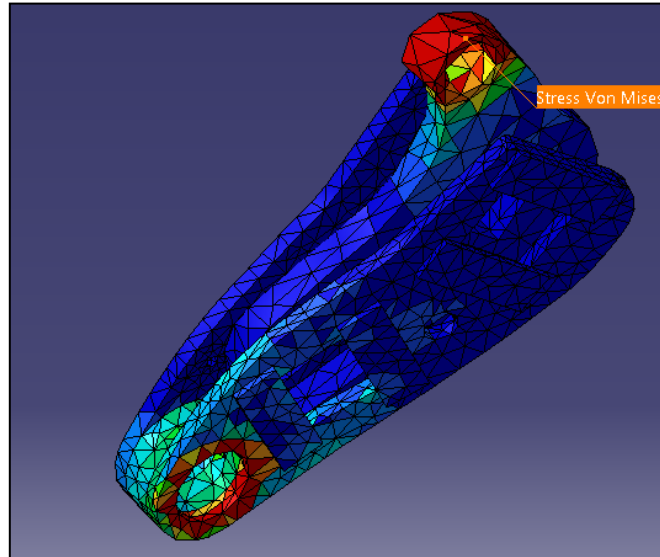


FIGURA 2.239. Anàlisi de Von Mises de la biella superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió es troba a la unió de la biella mascle amb el disc motriu de la connexió superior amb un valor de 11,2863 MPa.

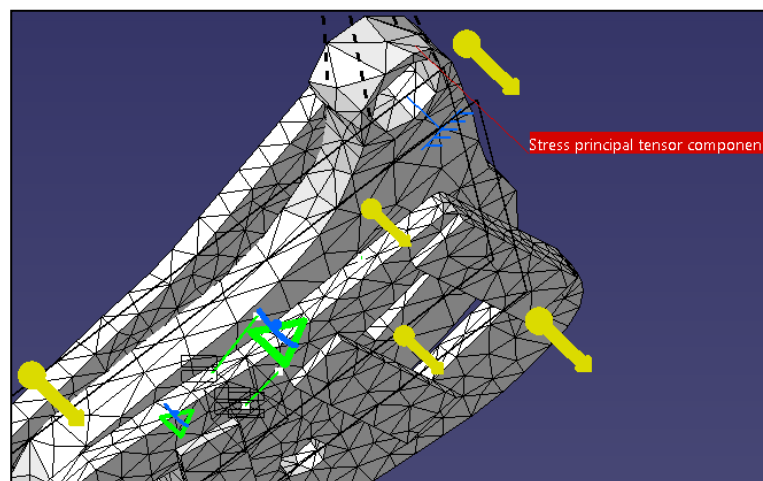


FIGURA 2.240. Tensió màxima de la biella superior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació es produeix a la unió de la biella mascle amb la connexió superior del sistema de connexió multidireccional i pren un valor de 0,0033626 mm.

2. Memòria

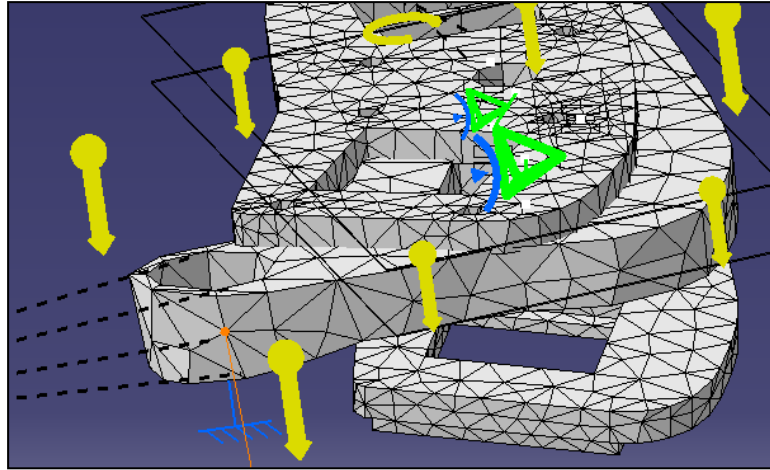


FIGURA 2.241. Màxima deformació de la biela superior

2.9.2.1.5. BIELA INFERIOR

- **Anàlisi de Von Mises**

La màxima tensió de Von Mises que s'obté a l'anàlisi és de 16,1567 MPa i es troba a la unió de la biela mascle amb el disc motriu de la connexió inferior. Aquesta màxima tensió no supera el límit elàstic del material per tant s'ha treballat en la zona elàstica.

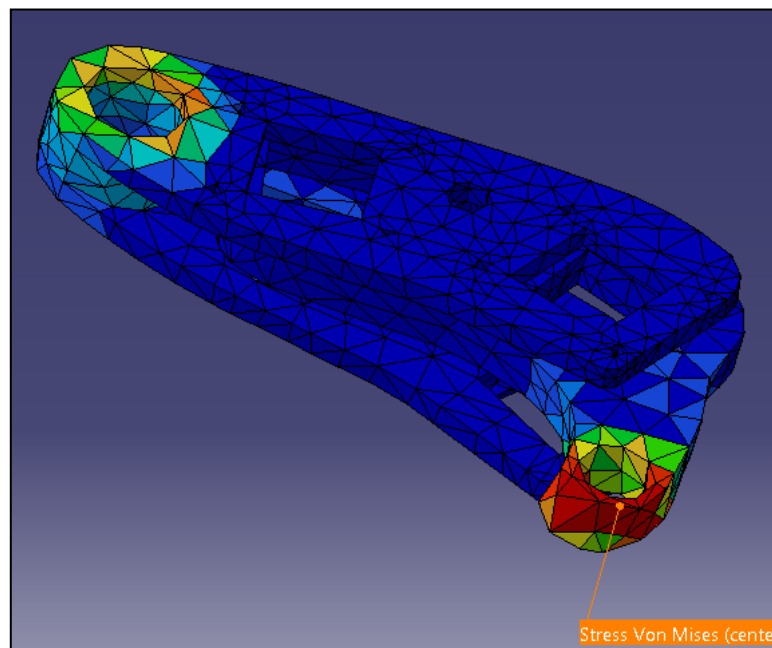


FIGURA 2.242. Anàlisi de Von Mises de la biela inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

A l'anàlisi s'observa que la màxima tensió s'obté a la unió de la biela mascle amb el disc motriu i pren un valor de 13,1841 MPa.

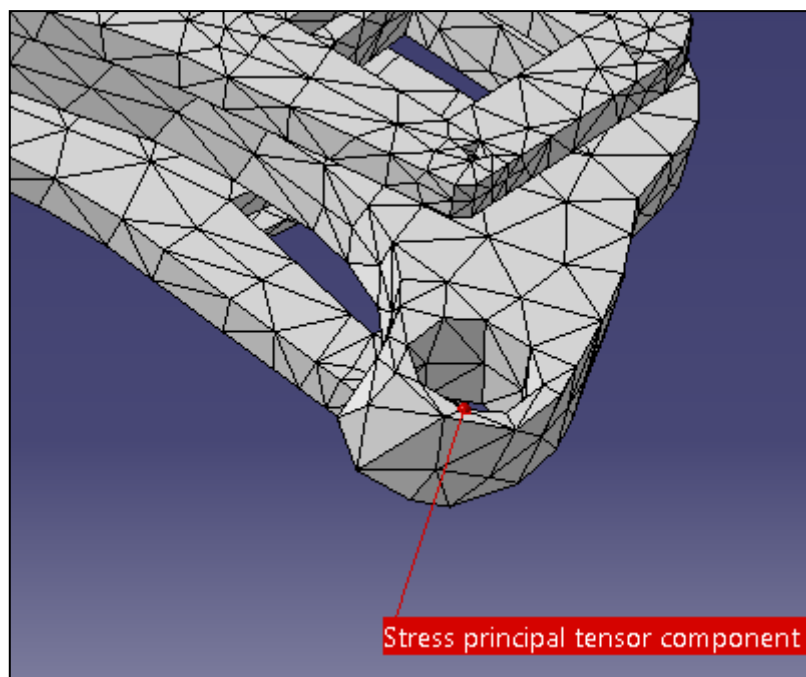


FIGURA 2.243. Tensió màxima de la biela inferior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació pren un valor de 0,0039126 mm, que es dona a la unió de la biela mascle amb el disc motriu de la connexió inferior, aquesta deformació és petita.

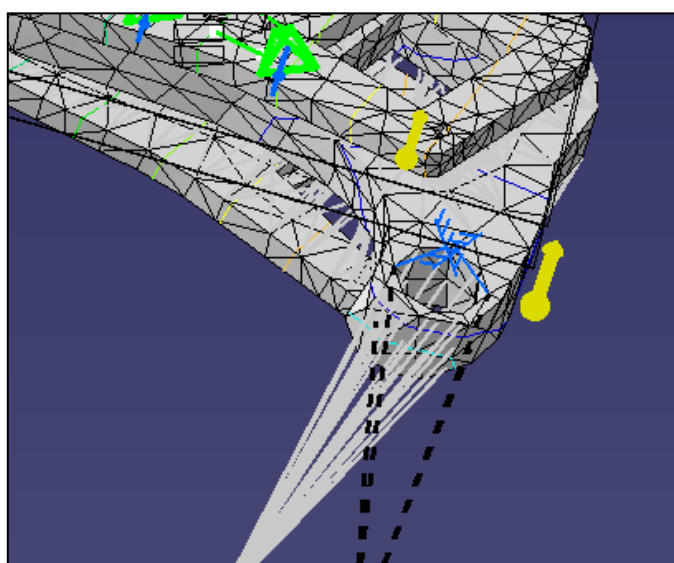


FIGURA 2.244. Màxima deformació de la biela inferior

2. Memòria

2.9.2.2. Sistema Connexió Multidireccional

2.9.2.2.1. CONNEXIÓ INFERIOR

- **Anàlisi de Von Mises**

En l'anàlisi s'observa que la tensió màxima de Von Mises és 92.5802 GPa i es produeix al casquet temprat inferior del disc motriu. Aquest valor obtingut no supera el límit elàstic del material per tant s'ha treballat en la zona elàstica.

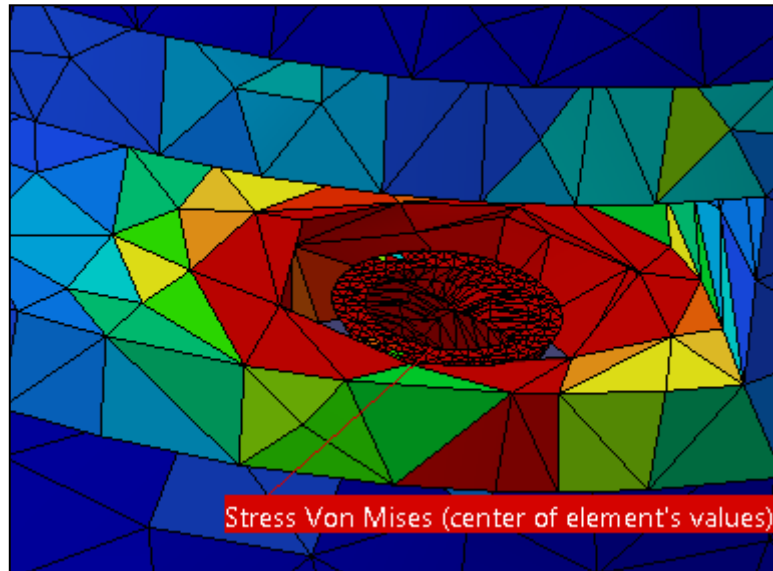


FIGURA 2.245. Anàlisi de Von Mises de la connexió inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió s'observa que es produeix al casquet temprat inferior del disc motriu i pren un valor de 88,0178 GPa.

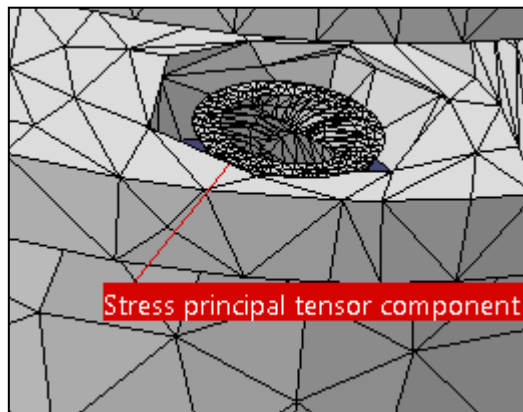


FIGURA 2.246. Tensió màxima de la connexió inferior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació és de 0,4526 mm. Aquesta deformació es forma al casquet temprat inferior del disc motriu.

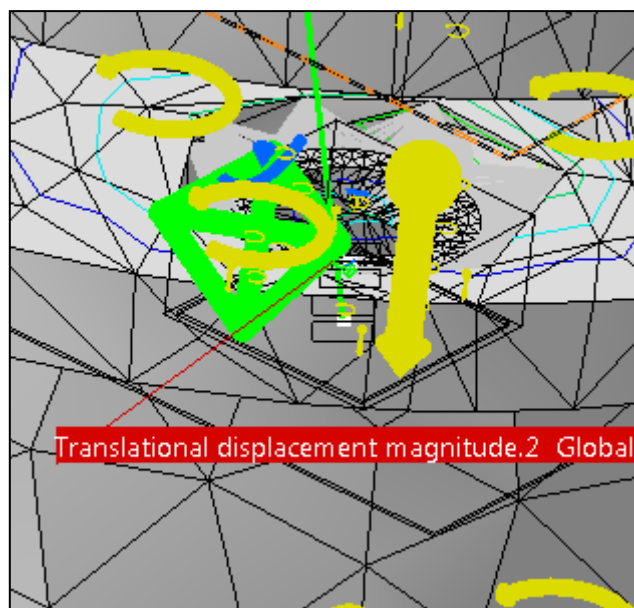


FIGURA 2.247. Màxima deformació de la connexió inferior

2.9.2.2.2. CONNEXIÓ SUPERIOR

- **Anàlisi de Von Mises**

La tensió màxima de Von Mises pren un valor de 40,9993 GPa i esta situada al disc motriu superior. Aquest valor no sobrepassa el límit elàstic d'aquest material, per tant, s'ha estat treballant en la zona elàstica.

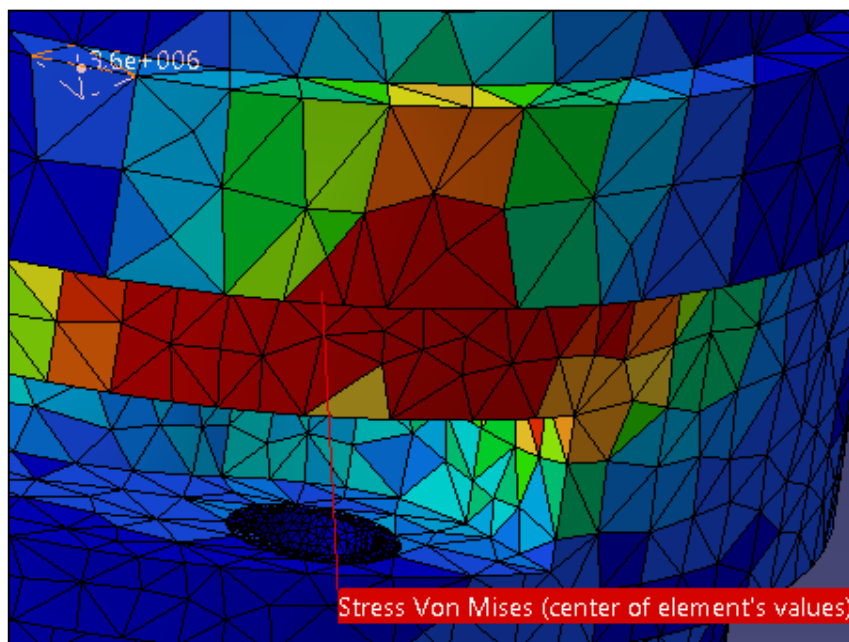


FIGURA 2.248. Anàlisi de la connexió superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La tensió màxima és de 11,175 GPa i es troba al disc motriu superior.

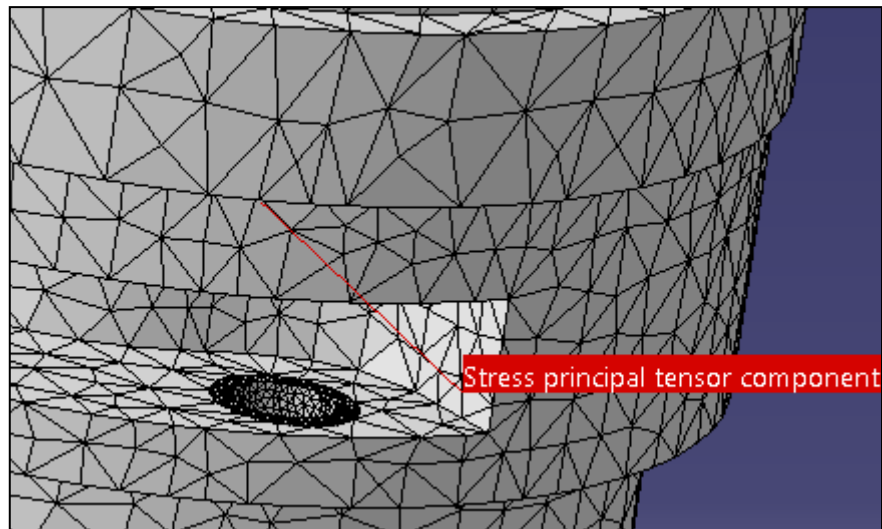


FIGURA 2.249. Tensió màxima de la connexió superior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació és de 0,437611 mm i es produeix al casquet temprat superior del disc motriu superior.

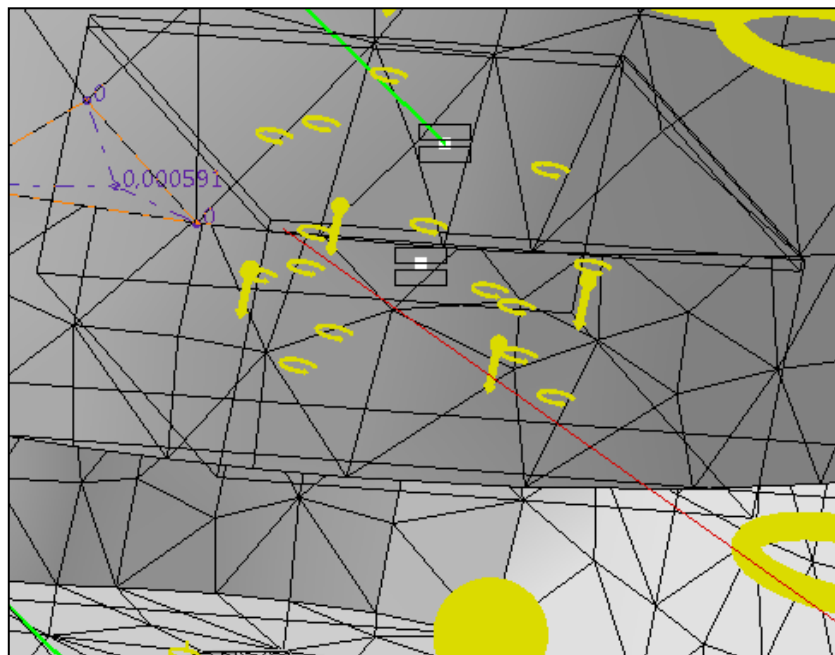


FIGURA 2.250. Màxima deformació de la connexió superior

2.9.2.2.3. EIX EXTERN

- **Anàlisi de Von Mises**

A l'anàlisi s'observa que la tensió màxima de Von Mises és de 4,4699 MPa i aquest punt màxim es troba a la unió del semi eix inferior i superior del eix extern. Amb aquest valor de la tensió màxima de Von Mises s'ha treballat en la zona elàstica, ja que aquest no sobrepassa el límit elàstic del material.

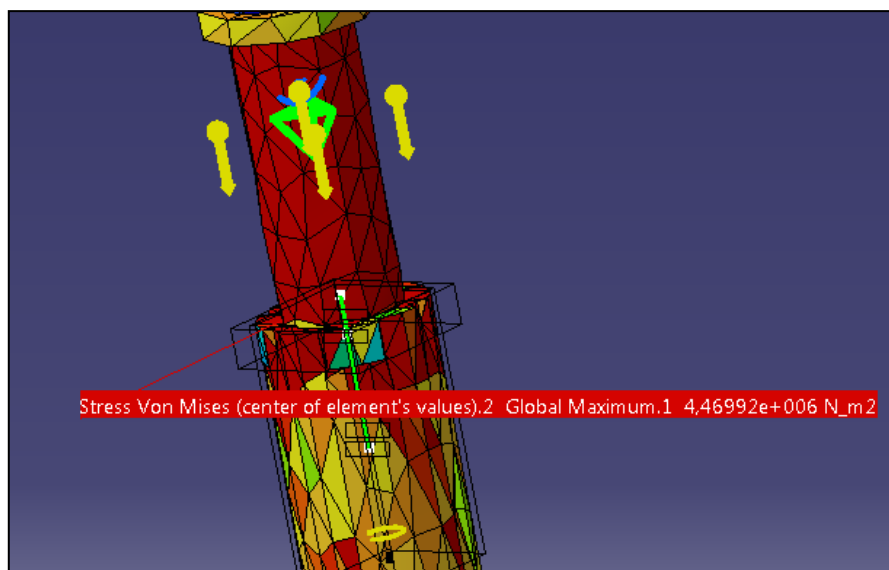


FIGURA 2.251. Anàlisi de Von Mises de l'eix extern

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La tensió màxima és de 4,6418 MPa i es troba a la unió dels semi eixos inferior i superior que formen l'eix extern.

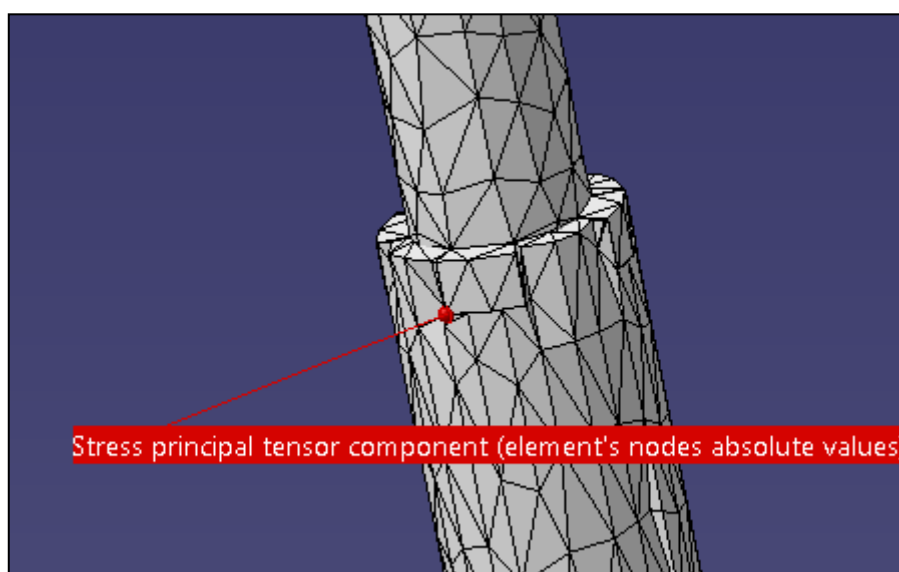


FIGURA 2.252. Tensió màxima de l'eix extern

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació es troba al semi eix inferior del eix extern i pren un valor de 0,002923 mm, el qual es considera petit.

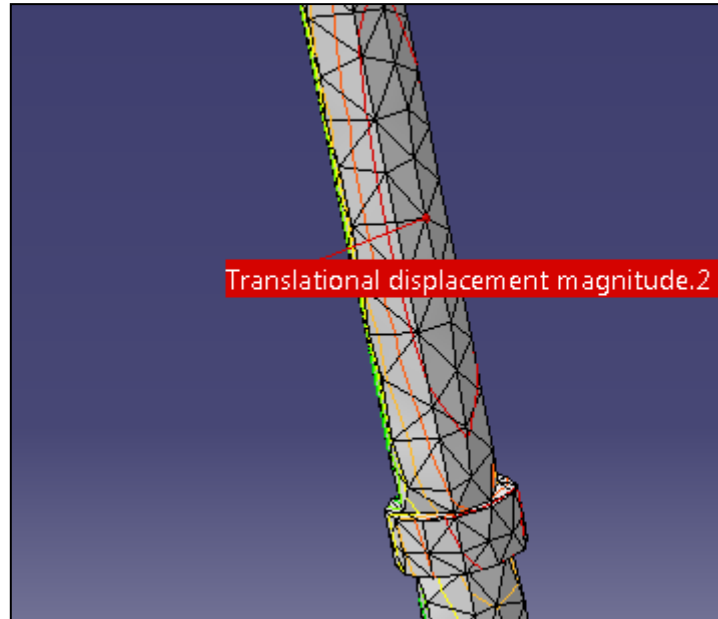


FIGURA 2.253. Màxima deformació de l'eix extern

2.9.2.2.4. EIX INTERN

- **Anàlisi de Von Mises**

En l'anàlisi s'observa que la tensió màxima de Von Mises és de 0.004482 MPa i que es troba a la part superior de l'eix. Amb aquest valor de la tensió màxima de Von Mises s'observa que s'ha treballat en la zona elàstica, ja que no s'ha sobrepassat el límit elàstic.

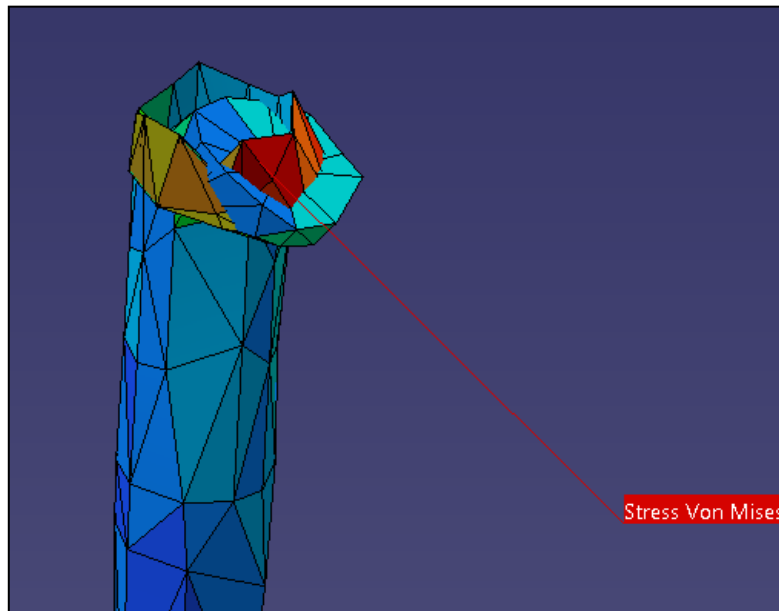


FIGURA 2.254. Anàlisi de Von Mises de l'eix intern

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La màxima tensió la trobem a la part superior del eix i pren el valor de 0,05945 MPa.

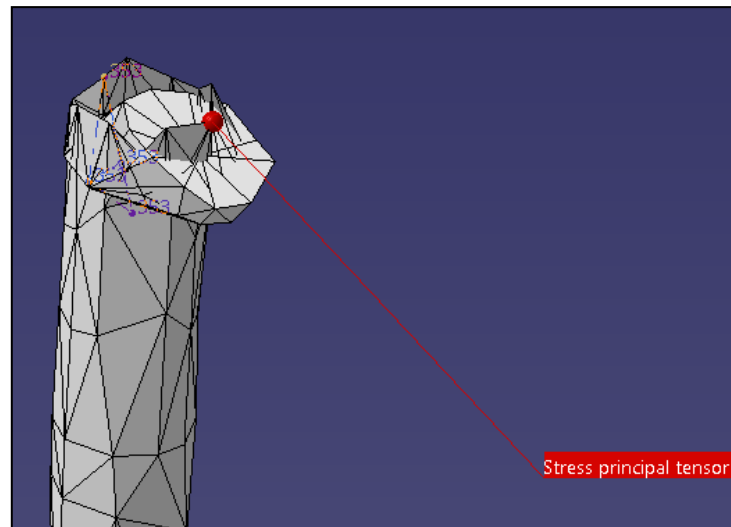


FIGURA 2.255. Tensió màxima de l'eix intern

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació que s'observa és de $2,7047e^{-7}$ mm i que s'ha produït a la part inferior d'aquest eix. Aquesta deformació és molt petita.

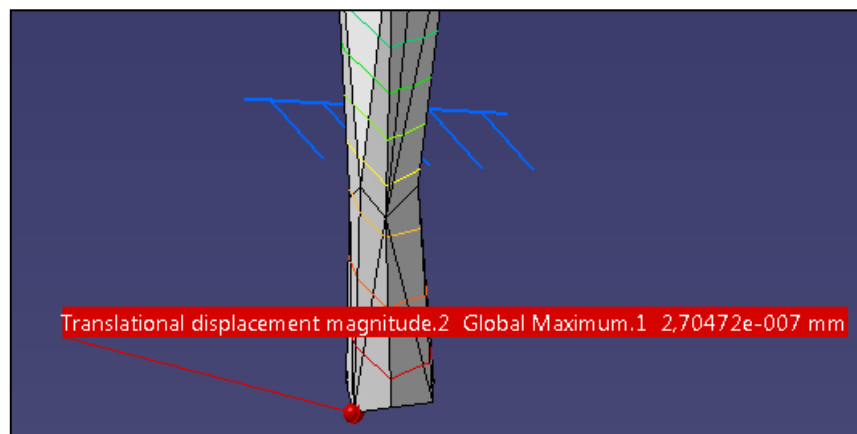


FIGURA 2.256. Màxima deformació de l'eix intern

2.9.2.2.5. PASSACASCOS

- **Anàlisi de Von Mises**

A l'anàlisi s'observa que la tensió màxima de Von Mises és de 0,4634 MPa i es troba a la part superior del passacascos. Aquesta tensió és inferior al límit elàstic, per tant, s'ha treballat en la zona elàstica.

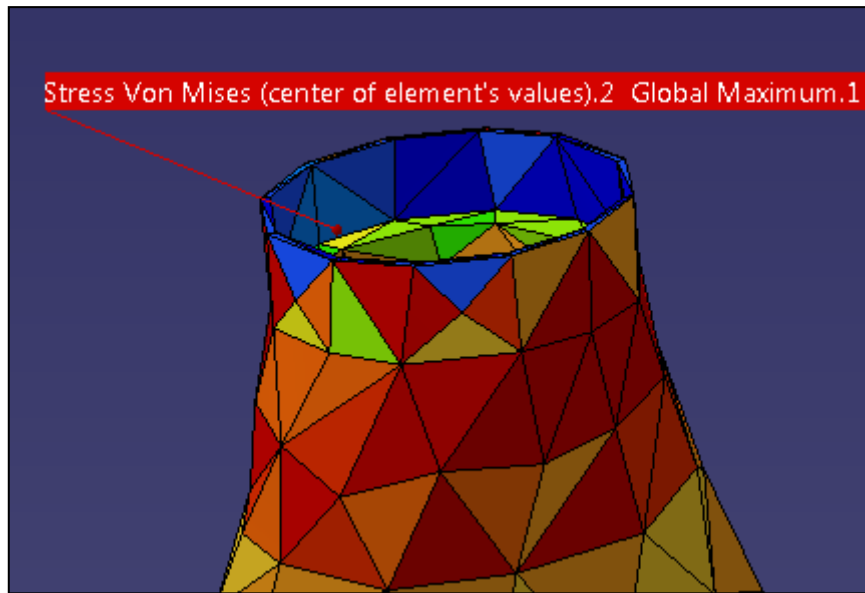


FIGURA 2.257. Anàlisi de Von Mises del passa cascos

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La tensió màxima és dona a la part inferior del passacascos i pren el valor de 0,453 MPa.

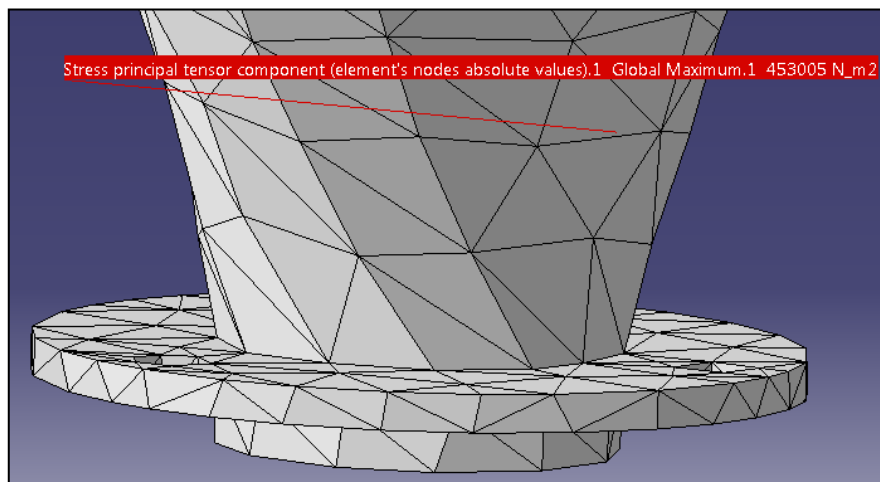


FIGURA 2.258. Tensió màxima del passa cascos

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació és de 0,0001856 mm, la qual és molt petita.

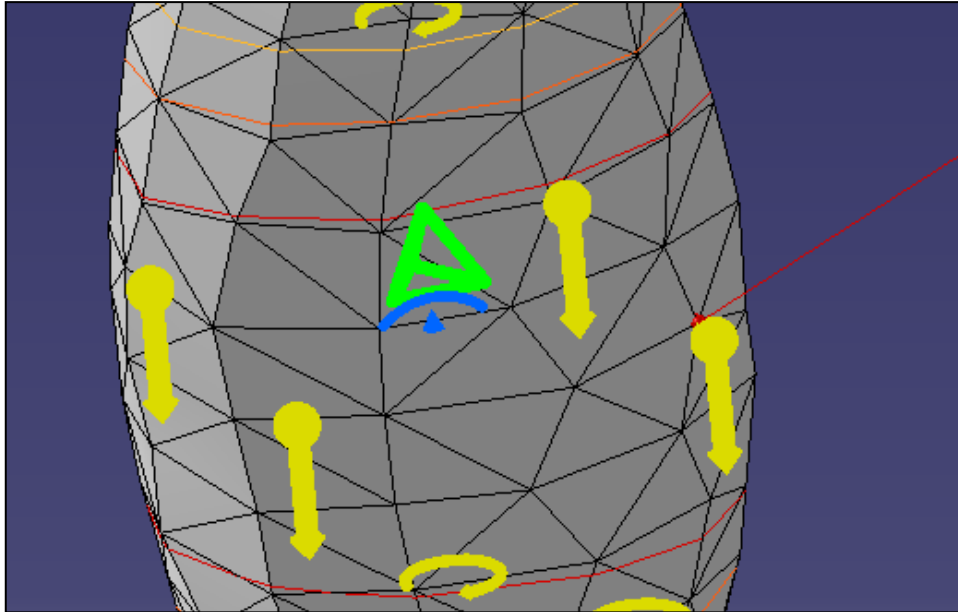


FIGURA 2.259. Màxima deformació del passa cascos

2.9.2.3. Sistema Propulsor

2.9.2.3.1. LIRA INFERIOR

- **Anàlisi de Von Mises**

L'anàlisi ens indica que la tensió màxima de Von Mises és de 10,118 MPa i que es troba a l'extraïble de popa superior. Aquest valor no sobrepassa el límit elàstic, d'aquesta manera s'ha treballat en la zona elàstica del material.

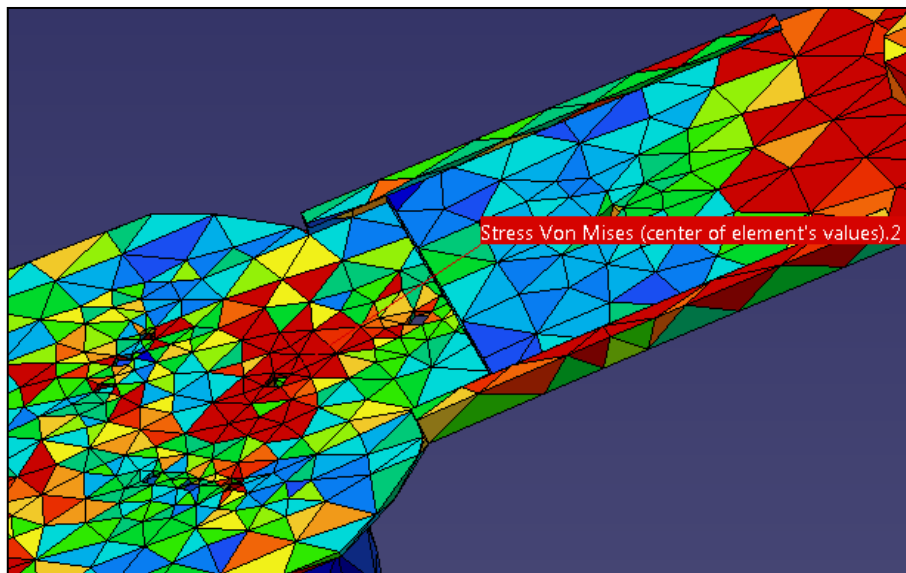


FIGURA 2.260. Anàlisi de Von Mises de la lira inferior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La tensió màxima és de 7,96908 MPa i està situada a l'extraïble de la popa superior.

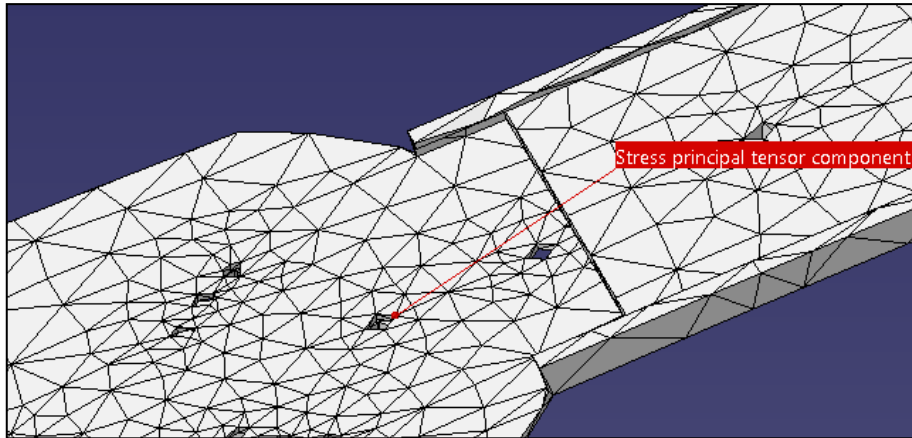


FIGURA 2.261. Tensió màxima de la lira inferior

- **Anàlisi de deformacions**

El valor de la tensió màxima observada és 0,0108905 mm, aquesta deformació es troba a l'extraïble de popa inferior.

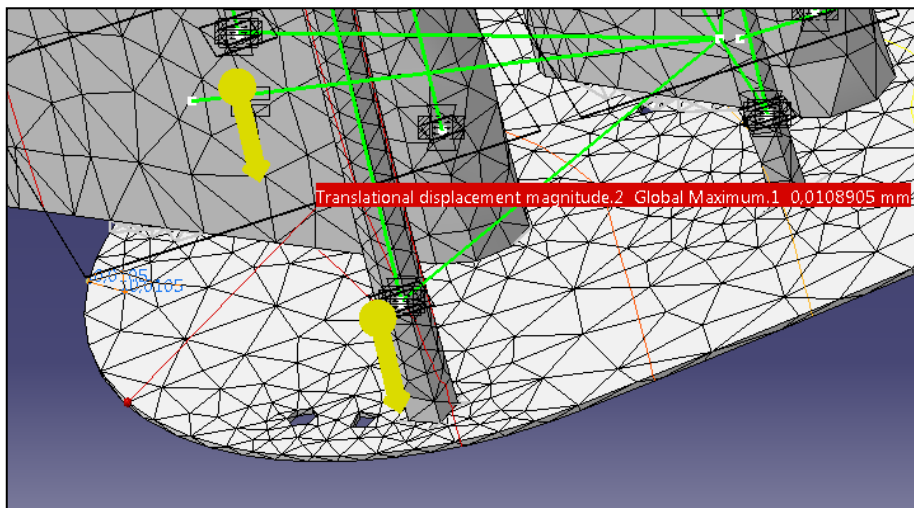


FIGURA 2.262. Màxima deformació de la lira inferior

2.9.2.3.2. LIRA SUPERIOR

- **Anàlisi de Von Mises**

S'observa a l'anàlisi que la tensió màxima de Von Mises és 10,5674 MPa i es troba al cos de la lira superior. Aquest valor és inferior al límit elàstic, per tant, s'ha estat treballant en la zona elàstica del material.

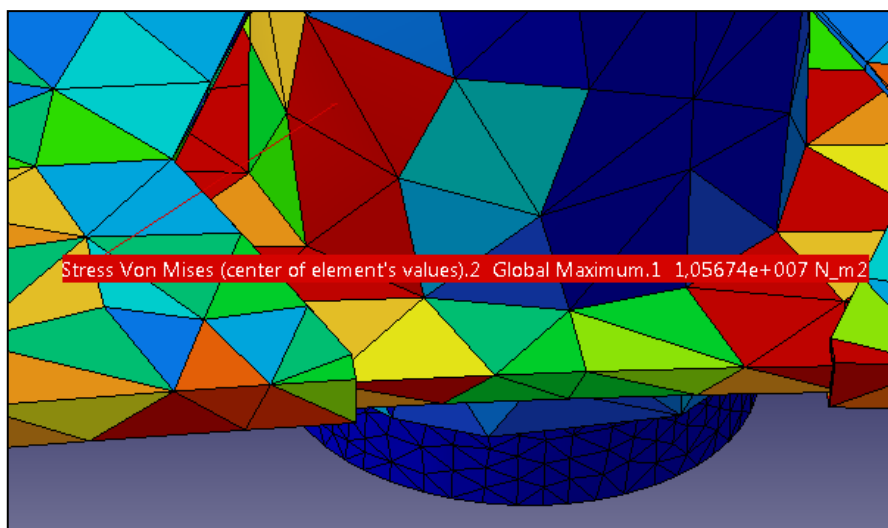


FIGURA 2.263. Anàlisi de Von Mises de la lira superior

- **Anàlisi de la tensió màxima**

La tensió màxima pren un valor de 12,3209 MPa i es troba a la part inferior del cos de la lira superior.

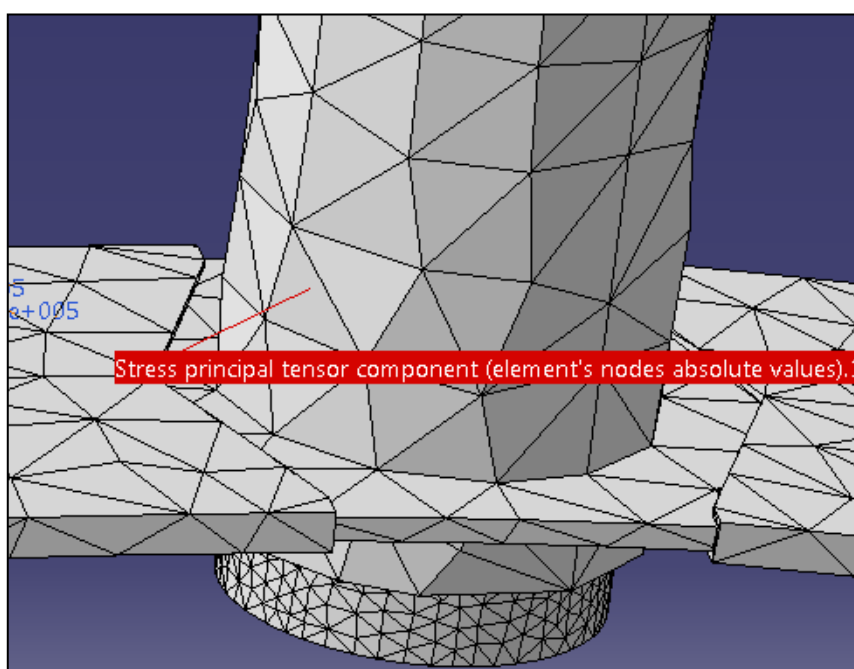


FIGURA 2.264. Tensió màxima de la lira superior

- **Anàlisi de deformacions**

La màxima deformació és de 0,0113869 mm, que es dona a la pala de 130 mm.

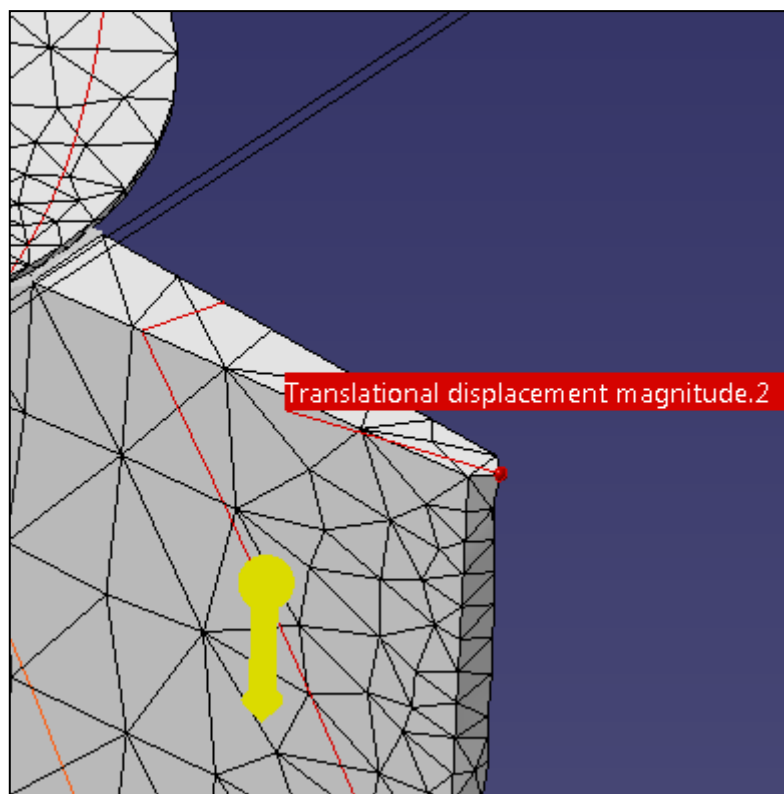


FIGURA 2.265. Màxima deformació de la lira superior

2.10. Aspectes mediambientals

2.10.1. Anàlisi de materials utilitzats

La major part del SPM està fabricat amb tot tipus d'acer; tot i així també té algunes parts d'alumini, de bronze, de PVC, de niló i de fusta IPÉ.

Els diferents tipus d'acer utilitzats es podrien arribar a substituir amb materials no tan contaminants però s'hauria de fer un estudi dels materials més adients per poder treballar a les mateixes condicions que els acers utilitzats. El mateix passaria amb el bronze.

Pel que fa al PVC, la peça que conté aquest material no ha d'aguantar grans tensions; per tant, es podria arribar a substituir per plàstics biodegradables o amb un material anomenat fusta líquida que té gairebé les mateixes propietats que la fusta. (veure Glossari)

El niló també es podria arribar a substituir per un tipus de plàstic biodegradable però s'hauria de tenir en compte que les parts on hi ha aquest material estan sotmeses a molta fricció. A més, aquests tipus de plàstic tenen un cost elevat.

En canvi, la fusta IPÉ no faria falta ser substituïda perquè ja té unes bones propietats respecte al seu reciclatge.

Finalment, cal parar-hi atenció als possibles olis de manteniment que hi ha. En un principi no s'ha vist la necessitat de posar-hi lubricació en punts específics perquè la versió instal·lada al llagut no està pensada per treballar de forma contínua, sinó que està pensat perquè treballi a intervals relativament curts de mode

demonstratiu. Tot i així, en un futur, si es vol dur més enllà d'una demostració, caldrà fer un estudi dels punts necessitats de lubricació.

Tot i així, els rodaments amb tapes als dos costats porten la seva lubricació de fàbrica i els rodaments oberts, durant el seu muntatge es van omplir amb grassa de grafit. De la mateixa manera, la cadena de transmissió que uneix el motor elèctric amb el sistema motriu, també va lubricada amb grassa de grafit.

2.10.2. Emissions a l'atmosfera

Les emissions a l'atmosfera que allibera el motor de l'embarcació són les mateixes que qualsevol altre motor Diesel d'una embarcació. Tot i així, la importància d'aquest aspecte al SPM és que en aquest cas, al tenir millor rendiment energètic, permet gastar menys combustible i per tant, emetre menys quantitat de gasos a l'atmosfera.

Tot i així, en un futur es podria arribar a fer un projecte on s'eliminessin per complet els motors de Diesel i es substituïssin per sistemes amb energies renovables.

2.10.3. Sorolls i vibracions

En general, el SPM, no presenta grans vibracions i en conseqüència no es produeixen grans sorolls. Inicialment, el sistema es va dissenyar amb un sol eix oscil·lant però degut a aquest eix, es produïen moltes vibracions i molts sorolls. Per aquest motiu, posteriorment es va optar pel disseny de dos eixos concèntrics treballant en oposició; ja que s'anul·len tot tipus de vibracions.

Si durant el funcionament, per qualsevol causa no desitjada, per exemple un xoc amb algun objecte flotant, es fracturés una pala del sistema propulsor; aleshores sí que es produïrien grans vibracions que obligarien a reduir la velocitat o fins hi tot, a parar l'embarcació.

2.10.4. Substitució de peces

En general, totes les peces del SPM són relativament senzilles de substituir si es donés el cas. Tot i així, la part que ha estat dissenyada pensant amb la facilitat per substituir, és la de les pales.

Si una pala es danya o es trenca per complet, aquesta és molt fàcil de treure per poder reparar-la o substituir-la per una de nova; sense la necessitat de canviar tot el sistema per complet. Aquest fet no passa amb l'hèlix, la qual s'ha de substituir sencera quan alguna pala es trenca.

2.10.5. Reciclatge dels components a la fi de la seva vida útil

2.10.5.1. Procés de separació dels materials

En general, les peces de tot el sistema són senzilles de separar, ja que estan unides mitjançant cargols i passadors. Per tant, al no haver-hi cap peça que estigui feta de més d'un material; aquestes són fàcils de separar per tal de poder reciclar cada material per separat.

Simplement hi ha dues peces unides per soldadura però no hi ha cap problema de separació de materials perquè les dues estan fetes del mateix, d'alumini.

2.10.5.2. Empreses gestores de residus

Les empreses gestores de residus són aquelles empreses que tenen certs permisos per poder gestionar i reciclar materials. Aquestes es separen segons el tipus de material que gestionen i hi ha varis grups d'empreses gestores.

2. Memòria

Pel cas del SPM, si es situa el projecte per la zona de Vilanova i la Geltrú i els seus voltants, segons el material a gestionar hi ha tot un seguit d'empreses amb permisos. Aquestes empreses estan inscrites a l'Agència de Residus de Catalunya.

2.10.5.2.1. GESTIÓ DELS ACERS

Per la zona del Garraf, en total hi ha 7 instal·lacions gestores d'acers. Un exemple d'una d'elles és l'empresa Josep Giralt Costa.

JOSEP GIRALT COSTA	
Adreça	Polígon Industrial Masia d'en Frederic - C/ Masia d'en notari, 5
Població	08800 - Vilanova i la Geltrú
Província	Barcelona
Telèfon	933056744
Activitat	Valorització de ferralla i emmagatzematges d'escòries salines, bateries i cables
Operacions autoritzades	V41 Recicl.i recup.de metalls o compostos metàl·lics V42 Regeneració d'altres materials inorgànics

TAULA 2.37. Empresa gestora d'acers

2.10.5.2.2. GESTIÓ DE L'ALUMINI EL BRONZE

En aquesta mateixa zona hi ha 7 instal·lacions gestores de metalls, en concret l'alumini i el bronze. Un exemple d'aquesta empresa és Aluminis Giralt, SL

ALUMINIS GIRALT, SL	
Adreça	Polígon Industrial Masia d'en Frederic - C/ Masia d'en notari, 3
Població	08800 - Vilanova i la Geltrú
Província	Barcelona
Telèfon	933056744
Activitat	Recuperació d'escòries d'alumini, coure i bronze. Mitjançant molturació i tamisat
Operacions autoritzades	V41 Recicl.i recup.de metalls o compostos metàl·lics V42 Regeneració d'altres materials inorgànics

TAULA 2.38. Empresa gestora d'alumini i bronze

2.10.5.2.3. GESTIÓ DEL PVC I EL NILÓ

Hi ha un total de 5 instal·lacions situades al Garraf que gestionin plàstics i niló. De totes elles, s'ha escollit la de Comercial Eurocubelles, SL.

COMERCIAL EUROCUBELLES, SL	
Adreça	Polígon Industrial Les Salines - C/ Maestrat, 21
Població	08880 - Cubelles
Província	Barcelona
Telèfon	-
Activitat	Recuperació de ferralla i plàstic mitjançant classificació, descontaminació i desballestament de VFU i transferència de pneumàtics i bateries
Operacions autoritzades	T62 Gestió per un centre de recollida i transferència
	V12 Reciclatge de plàstics
	V41 Recicl.i recup.de metalls o compostos metàl·lics
	V42 Regeneració d'altres materials inorgànics

TAULA 2.39. Empresa gestora de PVC i Niló

2.10.5.2.4. GESTIÓ DE LA FUSTA IPÉ

Per al cas de la gestió de la fusta, s'ha escollit una instal·lació que l'utilitza com a combustible per a la generació de material. En total hi ha 3 instal·lacions que fan aquesta funció i l'escollida és la Uniland Cementera, SA.

UNILAND CEMENTERA, SA	
Adreça	Carretera comarcal 31, Km: 168,32
Població	08870 - Sitges
Província	Barcelona
Telèfon	938983900
Activitat	Valorització de cendres volants, llots paperera, escòries, ... Mitjançant la utilització com a càrrega a la línia de fabricació de ciment, i valorització com a combustible de fangs secs d'edar farines càrniques, glicerina, residus de fusta i vegetals
Operacions autoritzades	V61 Utilització com a combustible
	V73 Utilització en la fabricació de ciment

TAULA 2.40. Empresa gestora de fusta

2.11. Eines utilitzades i normatives

2.11.1. Eines de software

2.11.1.1. *Catia V5R20*

Catia és un programa de modelat tridimensional similar a d'altres com poden ser Solid Works, Solid Edge o Siemens Unigraphics. La raó per la qual s'ha elegit aquest software de modelat tridimensional i no pas un altre, ha estat que l'escola va realitzar un curs i és més fàcil continuar amb un software ja conegut i no començar des de zero amb un altre.

Catia és un software creat per l'empresa Dassault Systemes que disposa d'un gran ventall de mòduls adequats als diversos sectors de la indústria, ja sigui, aeronàutica, automoció, màquines industrials, electrònica, etc.

2. Memòria

Aquests mòduls dels que disposa Catia, s'obren a través del menú Star.

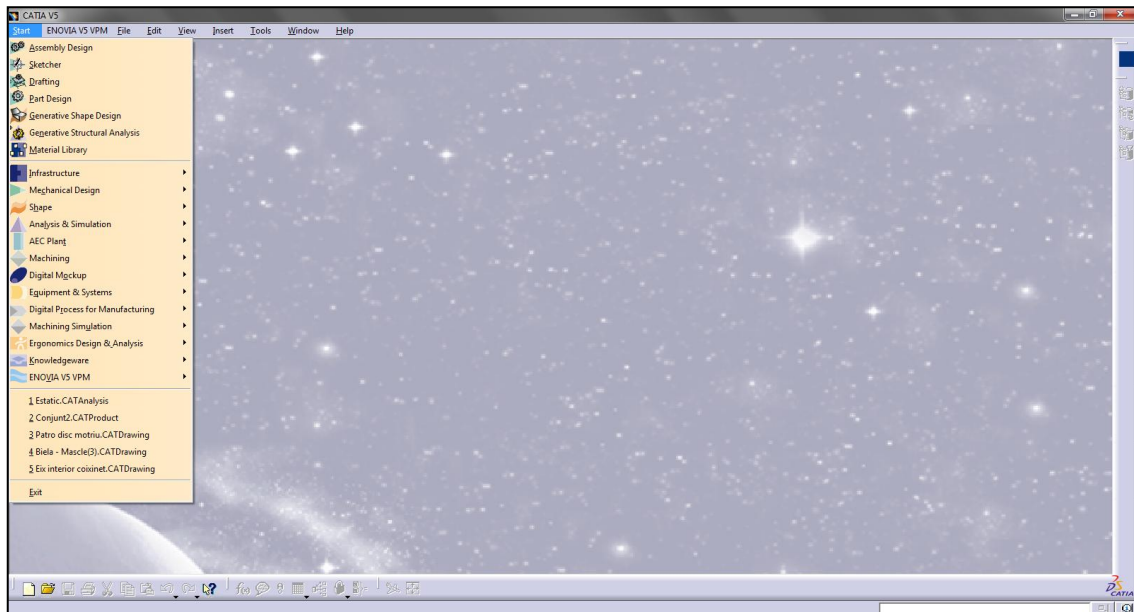



FIGURA 2.267. Entorn del Catia i els mòduls

2.11.1.1.1. SKETCHER

Aquest és un dels mòduls creats pel disseny de models 2D, els quals seran utilitzats posteriorment per crear les peces en 3D. Per arribar aquest mòdul s'ha d'accedir a Start – Mechanical design - Part design.

Tot seguit mitjançant l'eina Sketch , s'entra dins del mòdul quan es selecciona el pla en el qual es vol treballar.

Un cop dins es pot treballar amb les eines de Profile (Figura 2.268), Constraint (Figura 2.269) i Operation (Figura 2.270). Amb les de Profile es defineix la forma principal de la peça, que posteriorment se li aplicarà una sèrie de restriccions mitjançant Constraint.

Per acabar, la barra d'eines de Operation, serveix per realitzar simetries, girs o borra parts de la figura, d'entre altres. Un cop es té la figura definitiva en 2D i amb les restriccions aplicades, per finalitzar el


Sketch s'ha de clicar .



FIGURA 2.268. Eina de Profile



FIGURA 2.269. Eina de Constraint

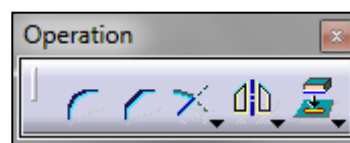


FIGURA 2.270. Eina de Operation

2.11.1.1.2. PART DESIGN

Aquest mòdul serveix per la realització de les peces tridimensionals a través de dissenys 2D prèviament realitzats amb Sketcher. S'obre mitjançant Start – Mechanical design - Part design.

En aquest mòdul es poden realitzar operacions per obtenir a través del 2D una model en 3D mitjançant la revolució respecte un eix o l'extorsionat. A més, també es pot realitzar, en una peça 3D prèviament extorsionada o revolucionada, una extracció d'una forma realitzada amb un Sketch o realitzar rosques, forats o xamfrans.

Totes aquestes operacions es troben a Sketch-Based Features (Figura 2.271)

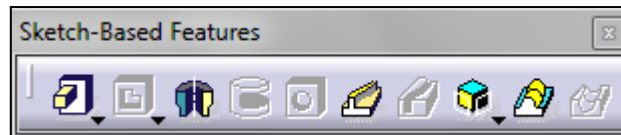




FIGURA 2.271. Sketch-Based Features

En aquest mòdul també es pot seleccionar el material de cada peça i indicar les propietats. Catia disposa

d'un catàleg  de materials pròpia, on cada un té les seves propietats, però com no pot incloure tots el tipus de cada material, es pot seleccionar el material i modificar les propietats d'aquest.

2.11.1.1.3. ASSEMBLY DESIGN

Un cop ja es tenen dissenyades totes les peces en 3D, per crear un conjunt de peces es fa ús de l'Assembly design. Aquest es pot trobar a Start – Mechanical design – Assembly design.

En primer lloc s'ha de carregar el nombre de peces que tindrà el sistema amb l'eina de Existing component . Un cop es tenen totes les peces, es veurà com a l'arbre hi apareix cada una de les peces que disposa el conjunt(Figura 2.272).

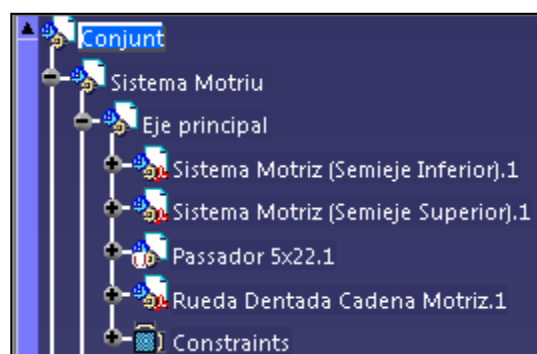


FIGURA 2.272. Arbre del conjunt

Un cop ja hi ha totes les peces, es pot definir la relació que tenen entre elles, és a dir: concentricitats, distància entre cares, plans o eixos, contactes entre cares,.. mitjançant l'eina Constraints (Figura 2.273.).

2. Memòria



FIGURA 2.273. Eina Constraints

2.11.1.1.4. DRAFTING

El Drafting serveix per a través de les peces tridimensionals prèviament realitzades, obtenir els plànols de les diferents pees. Per accedir a aquest mòdul s'ha d'anar a Start – Mechanical design – Drafting.

El drating disposa d'unes eines amb les quals es pot obtenir totes les vistes de la peça mitjançant el model 3D, aquesta eina es el Views (Figura 2.274.). A més amb aquesta eina es pot realitzar tot tipus de talls a les vistes obtingudes.

Finalment, mitjançant les eines de Dimensioning(Figura 2.275.), Annotations(Figura 2.276.) i Dress-up(Figura 2.277.) es pot realitzar acotacions, toleràncies, acabats superficials, taules o referències.

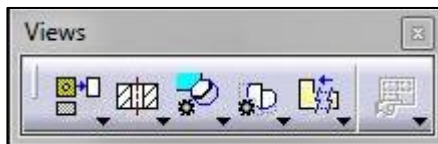


FIGURA 2.274. Views



FIGURA 2.275. Dimensioning

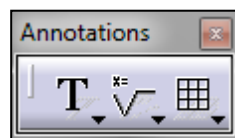


FIGURA 2.276. Annotations

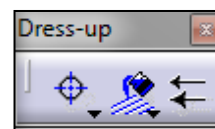


FIGURA 2.277. Dress-u

2.11.1.1.5. GENERATIVE STRUCTURE ANALYSIS

El mòdul de Generative structure analysis és amb el qual s'ha realitzat la simulació i l'anàlisi de deformacions d'un conjunt o d'una peça. Per accedir a aquest mòdul, s'ha d'anar a Start – Analysis & Simulations – Generative Structure Analysis.

Un cop s'ha carregat el conjunt o la peça a analitzar, hi ha una sèrie d'eines.


Primerament s'haurà d'haver inclòs el tipus de material de cada peça i les seves propietats.

En segon lloc hi ha la Restraints(Figura 2.278.), amb la qual es fan els encastaments fixos, superfícies lliscants o altre tipus de restriccions de moviments.

Per altre banda hi ha també el Load (Figura 2.279.) amb la qual es pot aplicar diferents forces lineals o no lineals al conjunt sencer, a una peça, a un punt, a una superfície.

I després hi ha el Analysis Support (Figura 2.280.) i el Connection Proprieties (Figura 2.281.) amb les quals respectivament es realitzen les unions de peces i s'indica el tipus d'unió que hi ha entre els dos elements units, com poden ser rosques.

Un cop ja es tenen totes les condicions aplicades al conjunt o a la peça es realitza el càlcul d'elements

finits amb el Compute . Quan ja ha finalitzat el càlcul amb l'eina Image (Figura 2.282.) es poden observar les deformacions, les forces de Von Mises, desplaçament, pressions i les tensions principals.

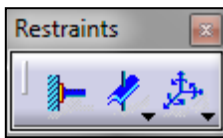


FIGURA 2.278. Restraints



FIGURA 2.279. Loads

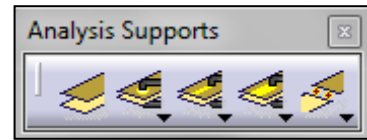


FIGURA 2.280. Analysis Supports

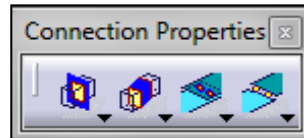


FIGURA 2.281. Connection Properties

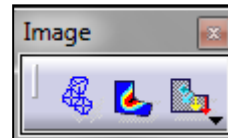



FIGURA 2.282. Image

2.11.1.1.6. DMU KINEMATICS

El mòdul DMU Kinematics serveix per a fer la cinemàtica d'un mecanisme que previament ha estat dissenyat i assemblet. Per accedir aquest mòdul s'ha d'anar a Start – Digital Mockup – DMU Kinematics. Per aconseguir el moviment del conjunt s'han de realitzar totes les restriccions. Per això es fa ús de les eines que disposa el Kinematics Joints (Figura 2.283.). Amb aquestes eines es poden fixar dues peces, fer que una peça sigui concèntrica, restringir una peça a un sol moviment o unir rodes dentades.



FIGURA 2.283. Kinematics Joints

Un cop tota la peça ha estat restringida, ja es pot simular el moviment del sistema mitjançant l'eina de Simulation .

2.11.1.2. Solid Edge ST2

Solid edge és un programa de disseny assistit per ordinador que s'utilitza per dissenyar peces tridimensionals. Aquest permet la creació de peces, assemblet de conjunts, plànols de dibuix, d'entre moltes funcions.

A més, aquest programa disposa d'un catàleg de peces, que és la part que s'ha utilitzat per la creació d'uns engranatges i una roda dentada, que posteriorment han estat exportats a Catia per tal d'unir-los amb la resta del conjunt.

2. Memòria

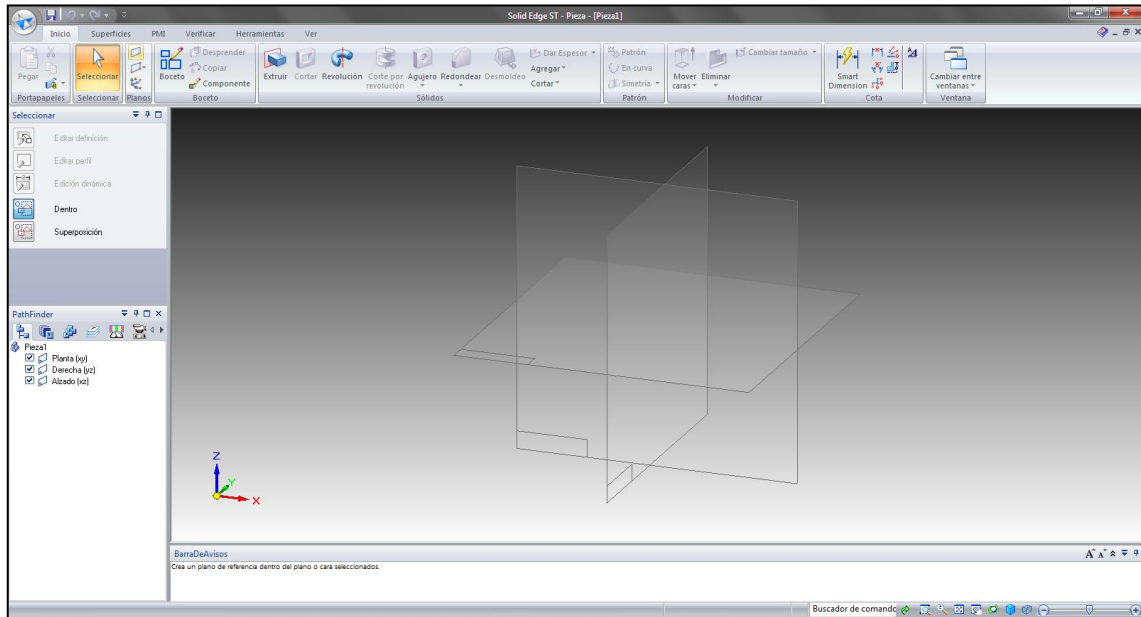


FIGURA 2.284. Entorn Solid Edge ST2

2.11.1.3. Rhinoceros 4.0

Rhinoceros és una eina de software per dissenyar en tres dimensions però també s'utilitza per fer renderitzat fotorealistic, renderitzat no fotorealistic i l'animació. Com que aquest programa és compatible amb el format de l'assembly design de Catia, s'ha utilitzat pel renderitzat del SPM.

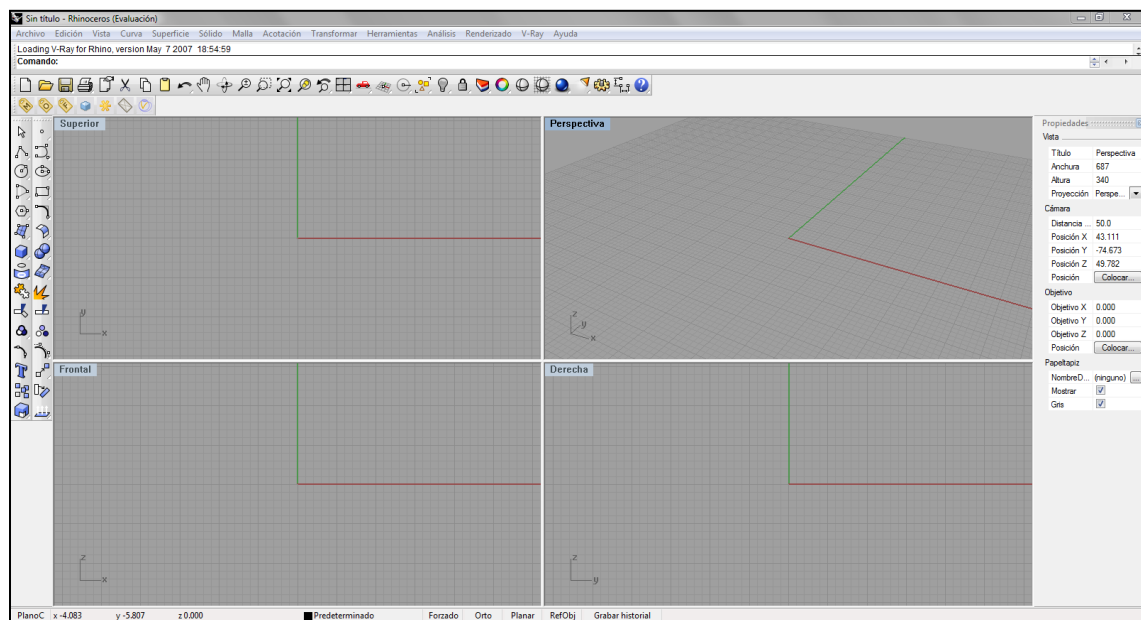


FIGURA 2.285. Entorn Rhinoceros 4.0

2.11.1.4. Autocad 2011

AutoCad és un programa de disseny assistit per ordinador per crear dibuixos en 2D i en 3D. Aquest està desenvolupat per l'empresa Autodesk. Amb aquest programa s'ha realitzat els esquemes de càlculs per fer-los més entenedors i s'han creat una sèrie d'imatges de les pales en 2D.

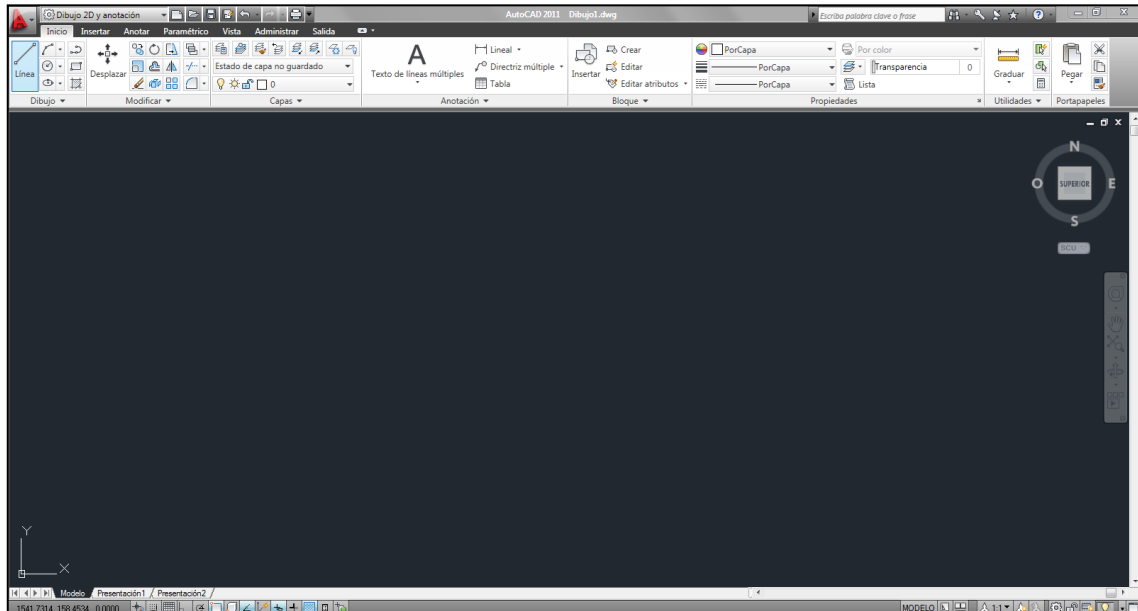


FIGURA 2.286. Entorn AutoCad 2011

2.11.1.5. Photoshop CS5 extended

Aquest programa és un software per la creació, edició i retoc d'imatges. S'ha utilitzat per l'edició de les fotos adjuntades en certes explicacions.

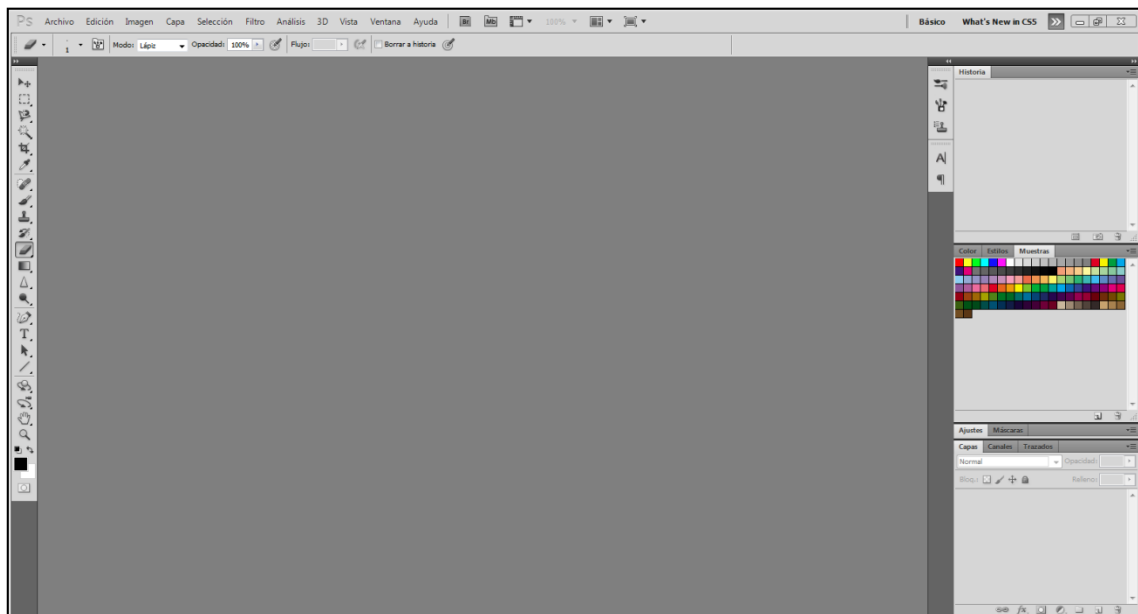


FIGURA 2.287. Entorn Photoshop CS5 Extended

2. Memòria

2.11.1.6. Microsoft Office Word 2007

Microsoft Office Word és un processador de text, el qual és el més utilitzat del mercat. Amb aquest processador de text s'ha realitzat tot el cos escrit del projecte utilitzant gairebé totes les eines per dur a terme tota una presentació.

A part d'editar tot el text també s'han creat les fórmules i s'ha utilitzat l'eina dels símbols; sense deixar de banda l'eina dels encapçalaments i peus de pàgina o l'eina utilitzada per crear índexs.

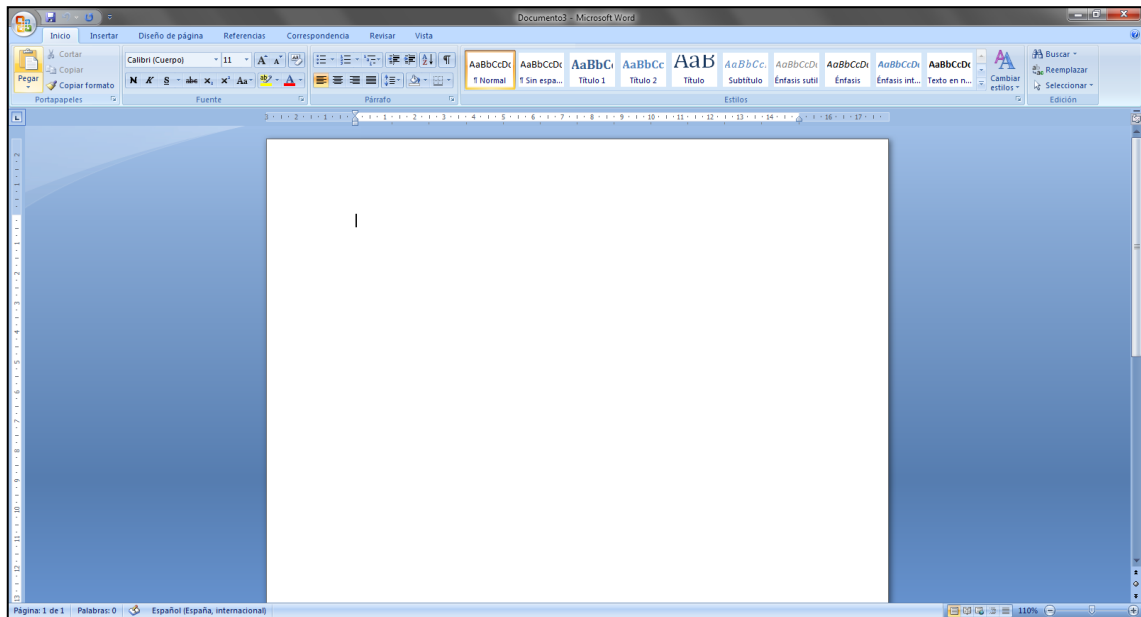


FIGURA 2.288. Entorn Microsoft Office Word 2007

2.11.1.7. Microsoft Office Excel 2007

Aquest programa és un full o una plantilla de càlcul. La funció principal de que disposa és la possibilitat de realitzar càlculs aritmètics de manera automàtica i també es poden realitzar gràfiques dels càlculs o dades introduïdes.

Microsoft Office Excel s'ha utilitzat per la realització de les taules i gràfiques de les provés del SPM, a més de la realització de totes les taules que hi ha al llarg de tot l'escrit del projecte.

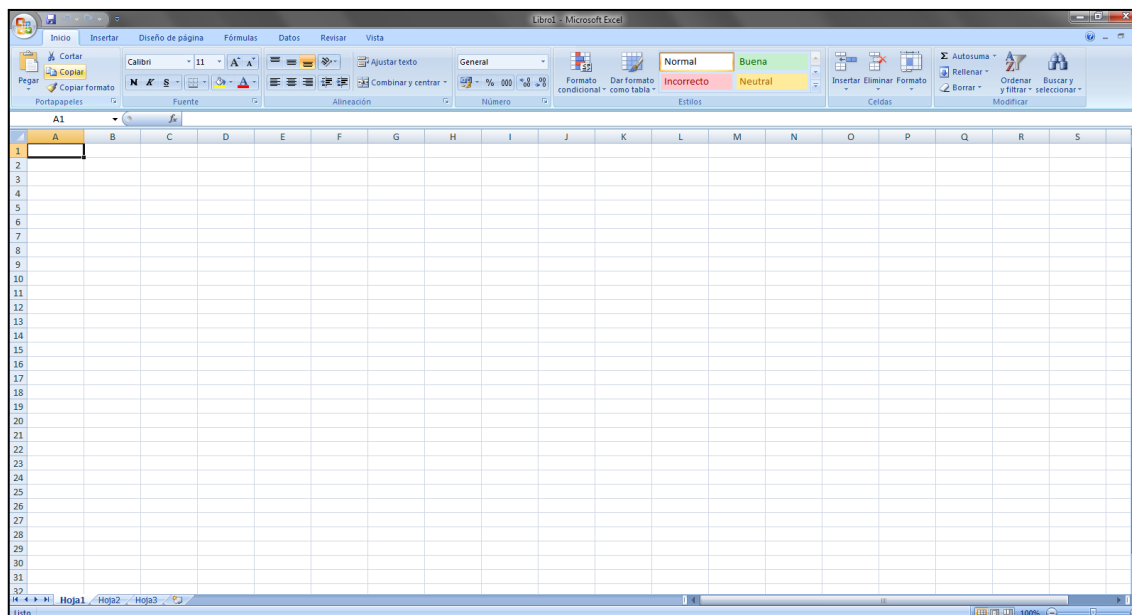


FIGURA 2.289. Entorn Microsoft Office Excel 2007

2.11.2. Normatives

2.11.2.1. Normativa de redacció i presentació

La normativa de redacció i presentació que s'ha utilitzat per dur a terme tot el projecte és la que imposa l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú on al punt 4 "Projecte Fi de Carrera" hi diu que a l'Annex 1 i a l'Annex 2 del mateix document hi fa referència al procediment i al contingut del projecte.

A l'Annex 2 "Contingut i estructura dels documents de PFC", al subapartat de "Memòria" de l'apartat "FORMAT", hi fa referència al llibre "Guia lingüística pràctica: Disseny i elaboració de materials docents" del Servei de Llengües i Terminologia de la UPC, 1997. Per aquest motiu, s'ha seguit tota la normativa del llibre ja esmentat.

Pel que fa a la presentació de la bibliografia del projecte, també s'ha utilitzat un llibre esmentat al document de l'Annex 2, "Guia lingüística pràctica: Convencions gràfiques" del Servei de Llengües i Terminologia de la UPC, 1997; en concret el capítol 3.

2.11.2.2. Normativa de plànols

La normativa seguida per l'elaboració dels plànols, s'ha seguit les pautes del llibre de Dibuix Tècnic "Normalización del dibujo técnico" de Cándido Preciado i Francisco Jesús Moral.

Pel que fa al plegatge de plànols, s'ha seguit la normativa UNE 1-027-95 (exposada a l'annex I).

2. Memòria

3. Estudi i anàlisi obtingut de les proves de la patent

3. Estudi i anàlisi obtingut de les proves de la patent

3.1. El Dispositiu de proves

Pel que fa al dispositiu de proves utilitzat és un bon sistema per poder realitzar les proves però cal que aquest dispositiu sigui el més semblant possible a la realitat.

En primer lloc, el motor utilitzat al SPM és un motor monofàsic de 220V i de 4CV; en canvi, el motor situat al dispositiu de proves és un motor monofàsic de 220V i de 2CV. Si tot el sistema col·locat al dispositiu fos equiparable amb aquest motor de 2CV i s'assemblés el més aproximat possible a la realitat, aleshores no hi hauria problema per donar els resultats obtinguts com a bons. El cas és que tan el motor del dispositiu com el del SPM han de fer moure el mateix sistema de pales i el fet que no tinguin la mateixa potència, els valors obtinguts a les proves no es poden considerar correctes per al SPM.

En segon lloc, hi ha una altra cosa a tenir en compte sobre el dispositiu; és que aquest no pesa el mateix que tota una embarcació i per tant; el SPM no ha de moure el mateix pes quan es tracta del dispositiu o quan es tracta d'una embarcació sencera (per molt petita que sigui aquesta).

3.2. Les condicions de les proves

3.2.1. Primera sèrie de proves

A la primera sèrie, es realitzen les proves sense tenir en compte la igualtat superficial. És a dir, l'hèlix que es compara no té la mateixa superfície que els diferents sistemes de pales. Aquest fet és important perquè no s'està comparant el mateix, ja que no fa la mateixa força una superfície més petita que l'altre.

A més, un altre factor molt important a tenir en compte en aquesta sèrie, és que les proves es van realitzar en un espai petit, amb l'aigua estàtica i amb el dispositiu amarrat a terra. Evidentment, quan el SPM es trobi a plena mar, es trobarà amb un espai obert, amb un moviment de les partícules de l'aigua no constant i no estarà amarrat a terra.

El fet de fer les proves en un ambient que no és el real no tindria problema si aquest ambient fos el més real possible; és a dir, si l'espai fos més obert i més ampli, si l'aigua tingués un moviment semblant al del mar i si el dispositiu no estigués amarrat a terra.

3.2.2. Segona sèrie de proves

En aquesta segona sèrie de proves; el fet de la igualtat superficial es soluciona, ja que es comparen grups de pales amb la mateixa superfície que l'hèlix.

Tot i així, les proves es segueixen realitzant dins d'un espai tancat i amb el dispositiu amarrat. Aquest fet produeix que l'aigua tingui un efecte rebot. És a dir, quan les pales empenyen les partícules de l'aigua, aquestes arriba un moment que reboten amb la paret de la piscina (recinte on està col·locat el dispositiu) i aquestes son rebotades cap al dispositiu un altre cop. Aquest fet produeix un efecte molt favorable al dispositiu en referència al seu rendiment. Aquest efecte tan favorable no es trobarà mai a la realitat; per tant, no es pot tenir en compte els resultats obtinguts.

3.2.3. Tercera sèrie de proves

La tercera sèrie de proves es realitza en un espai obert, a la mar. Tot i així, hi ha certes discrepàncies amb les maneres com s'han mesurat les dades del SPM.

3. Estudi i anàlisi obtingut de les proves de la patent

La forma de regular la velocitat i de mesurar la velocitat d'entrada al SPM es podria donar com a vàlida, ja que es mesura amb un tacòmetre digital òptic, eina utilitzada normalment per aquest tipus de mesures.

En canvi, quan es mesura els kilograms de força generats per les pales; tot i utilitzar l'eina correcte (el dinamòmetre) aquest no es troba ben posicionat. Per tal de poder tenir una certesa dels valors obtinguts de la força generada per les pales, s'hauria de realitzar un nou sistema que mesurés la força de totes les pales, a part de posicionar el dispositiu en un lloc concret amb una explicació lògica de posicionament; no col·locat en qualsevol punt de les pales.

3.3. Les potències

Les potències més rellevants i importants del SPM en son tres: la potència absorbida, la potència útil i la potència perduda.

- Potència absorbida: és la potència que hi ha a l'entrada del SPM.

- Potència útil: és la potència utilitzada pel SPM per realitzar el seu treball mecànic. Aquesta serà menor que la potència absorbida.

- Potència perduda: és la diferència de les dues anteriors, la potència absorbida menys al potència útil. Aquesta potència és la que es perd a causa dels sistemes mecànics i de les pèrdues hidràuliques amb què es troba el SPM.

A part d'aquestes tres potències hi ha una quarta potència, la que dona el motor. Aquesta potència s'anomena potència nominal i és la que dona el fabricant del motor com a potència de sortida que té aquest. El motor utilitzat pel dispositiu de proves és de 2CV (1470W) i l'utilitzat al SPM és de 4CV (2940W). En el cas del SPM, aquesta potència útil no és la mateixa que la potència absorbida perquè l'eix del motor no va directe a l'eix del SPM, sinó que hi ha un sistema de politges i d'una roda dentada pal mig que fa que hi hagi pèrdua de potència a causa dels elements mecànics.

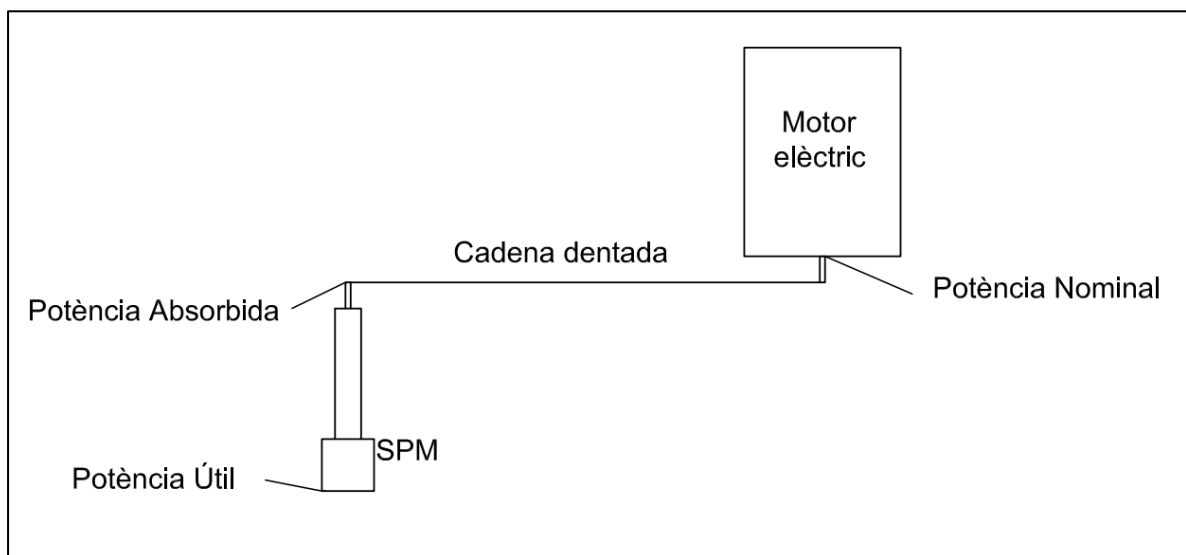


FIGURA 3.1. Esquema de la posició dels tipus de potències

Si es comparen aquestes potències amb les utilitzades a les sèries de proves, hi trobem la següent relació:

- Potència Activa Bruta: segons la definició d'aquesta terminació a les proves realitzades de la patent, aquesta potència, en termes enginyerils, s'anomenaria potència útil. Aquesta és la potència utilitzada pel SPM amb el sistema de pales.

- Potència Activa Perduda: segons les proves realitzades a la patent, aquesta potència és la de l'entrada al SPM, és la que enginyerilment, s'anomenaria potència absorbida.

- Potència Activa: aquesta potència és la resta de les dues anteriors: Bruta – Perduda. En general, aquesta potència s'anomenaria potència perduda i es calcularia fent la resta de la potència absorbida menys la potència útil.

Si s'analitzen els noms de les potències elegides a la realització de les proves de la patent, la potència activa perduda hauria de ser més alta que la potència activa bruta i si ens fixem amb els resultats obtinguts a les taules; no és així.

Dit d'una altra forma, no pot ser que el SPM absorbeixi més potència a l'entrada del sistema que no pas a la sortida; sinó tot al contrari.

3.4. El rendiment

El rendiment és un concepte associat al treball realitzat per una màquina. Es defineix com el quocient entre el treball útil que realitza una màquina en un interval de temps determinat i el treball total entregat a la màquina en aquest interval.

En el cas del SPM, es calcula el rendiment mitjançant la potència. Per tant, com que la potència és el quocient entre el treball i el temps; es pot utilitzar la relació esmentada anteriorment.

$$P = \frac{w}{t} = \frac{(F \times d)}{t}$$

On:

P: Potència (W)

W: Treball (J)

t: temps (s)

F: Força (N)

d: distància (m)

Així doncs, l'equació del rendiment del SPM és la següent:

$$\eta = \frac{\text{Potència Útil}}{\text{Potència Absorbida}} \times 100$$

El rendiment és adimensional i al multiplicar el resultat per cent, dona el valor en %.

3. Estudi i anàlisi obtingut de les proves de la patent

En el cas del rendiment calculat a les proves de la patent, es calcula amb el quocient de l'empenta (kg) entre la potència activa neta (W) que s'ha calculat de la manera esmentada al punt anterior.

$$\eta = \frac{\text{empenta (kg)}}{\text{Potència Activa Neta (W)}}$$

En aquest cas, el rendiment té unitats (kg/W) i com s'ha comentat anteriorment, aquest és adimensional. A part d'utilitzar una potència que no és la correcta, es comparen dos paràmetres sense lògica.

En canvi, si es fa la mateixa gràfica però agafant els valors correctes de les potències i comparant la potència útil entre la potència absorbida. Els valors són diferents.

El fet de no disposar d'uns valors correctes de les diferents potències; impedeix poder realitzar la gràfica correcta. Normalment, en una hèlix, per crear la seva gràfica de rendiment s'utilitza el paràmetre de la potència absorbida i el de la velocitat. En aquest cas s'hauria de fer una gràfica semblant però al no disposar d'aquests valors, no es pot crear.

4. Plànols

4. Plànols

Tots els plànols es troben a la carpeta adjunta amb el Projecte.

1. SPM amb el llagut
2. Plànol del conjunt
3. Sistema Motriu
4. Anell separador
5. Biela femella
6. Biela mascle (6)
7. Boló (7)
8. Corona dentada directriu (8)
9. Cos inferior (9)
10. Cos superior (10)
11. Disc Boló (11)
12. Eix del disc Boló (12)
13. Engranatge Satèl·lit (13)
14. Roda dentada (14)
15. Semieix inferior (15)
16. Semieix superior (16)
17. Suport del Sistema Motriu (17)
18. Tancament de la biela (18)
19. Tancament del disc (19)
20. Tapa extraïble (20)
21. Connexió Multidireccional (21)
22. Anell de retenció (22)
23. Barra de la frontissa (23)
24. Barra de desembragatge (24)
25. Barra encastada (25)
26. Casquets de la barra 24/2 (26)
27. Casquet de Niló (27)
28. Casquet sincronitzador (28)
29. Casquets trempats (29)
30. Coixinet mecànic de gir (30)
31. Cos del disc lliscant superior (31)
32. Creueta (32)
33. Disc lliscant superior (33)
34. Disc lliscant inferior (34)
35. Disc lliscant inferior (suplement) (35)
36. Disc motriu (36)
37. Disc sincronitzador (37)
38. Disc sincronitzador (suport) (38)
39. Eix extern inferior (39)
40. Eix extern superior (40)
41. Eix intern (41)
42. Eix intern superior (42)
43. Eix unió (43)
44. Mecanisme de gir connector (44)
45. Passacascos (45)
46. Presoner (46)

47. Portarodaments (47)
48. Punxó sincronitzador (48)
49. Subjectador radial de la barra 24/2 (49)
50. Suport inferior (50)
51. Suport superior (51)
52. Tapa del disc lliscant superior (52)
53. Tetó (53)
54. Volant (54)
55. Sistema Propulsor (55)
56. Barra roscada M4 (56)
57. Barra roscada M5 (57)
58. Casquet inoxidable (58)
59. Cos de la lira inferior (59)
60. Cos de la lira superior (60)
61. Eix interior del coixinet (61)
62. Eix de les pales D5 (62)
63. Extraïble inferior de la Popa (63)
64. Extraïble inferior de la Proa (64)
65. Extraïble superior de la Popa (65)
66. Extraïble superior de la Proa (66)
67. Pala de 50mm (67)
68. Pala de 60mm (68)
69. Pala de 90mm (69)
70. Pala de 130mm (70)
71. Quilla (71)
72. Separador 18I-1 (72)
73. Separador 18I-2 (73)
74. Tub D4-6 (74)
75. Tub D6-8 (75)
76. Xapa inoxidable (76)
77. Estriat A (77)
78. Estriat B (78)
79. Estriat E (79)
80. Estriat M (80)
81. Patró del disc motriu (81)

5. Presuppost

5.1. Estudi econòmic

5.1.1. Desenvolupament i disseny del projecte

El pressupost estimat per dur a terme tot el projecte està pensat per realitzar-lo una persona amb titulació d'enginyer. A la següent taula es pot veure el total del pressupost que es necessitaria.

	temps (h)	preu (€/h)	total (€)
Disseny 3D	200	35	7000
Plànols	20	30	600
Simulació	150	35	5250
Redactat projecte	40	30	1200
Càlculs	15	35	525
Taules i gràfiques	20	30	600
cerca documentació	40	30	1200
Maqueta 3D barca	-	40	40
TOTAL			16415

TAULA 5.1. Pressupost del desenvolupament del projecte

5.1.2. Procés de fabricació

El procés de la fabricació de les diferents peces, es separa entre les peces comercials i comprades directament i les peces que s'han hagut de portar a fabricar.

5.1.2.1. Peces del SPM

	Peces	Massa (Kg)	Unitats	Material	Preu (€/kg)	Total (€)
SISTEMA MOTRIU	Anell separador del Sistema Motriu	0,045	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,18
	Biela femella	0,478	2	Acer Inoxidable 316	3,90	3,73
	Biela mascle	0,406	2	Acer Inoxidable 316	3,90	3,17
	Boló	0,042	2	Acer 52100	0,72	0,06
	Corona dentada directriu	0,393	2	Acer 02	3,90	3,07
	Cos Inferior del Sistema Motriu	1,161	1	Alumini 2030	1,85	2,15
	Cos Superior del Sistema Motriu	1,149	1	Alumini 2030	1,85	2,13
	Disc boló	0,456	2	Acer 1015	0,64	0,58
	Eix Disc boló	0,054	2	Acer Inoxidable 316	3,90	0,42
	Engranatge Satèl·lit	0,101	2	Acer 02	3,90	0,79
	Passador de la Biela	0,013	2	Acer Inoxidable 316	3,90	0,10
	Roda dentada	0,158	1	Acer cementat	0,82	0,13
	Semi eix Inferior	0,990	1	Acer 1015	0,64	0,63
	Semi eix Superior	0,774	1	Acer 1015	0,64	0,50
	Suport Sistema Motriu	1,319	2	Acer 1015	0,64	1,69
	Tancament de la Biela	0,019	2	Bronze fosforós	9,97	0,38
	Tancament disc boló	0,058	2	Bronze fosforós	9,97	1,16
Tapa extraïble	0,007	8	Acer inoxidable 316	3,90	0,22	
					TOTAL	21,06

TAULA 5.2. Pressupost de la matèria prima del Sistema Motriu

	Peces	Massa (Kg)	Unitats	Material	Preu (€/kg)	Total (€)
CONNEXIÓ MULTIDIRECCIONAL	Anell de retenció	0,034	2	Bronze fosforós	9,97	0,68
	Barra de la frontissa	0,070	1	Alumini 2030	1,85	0,13
	Barra Desembragatge	0,165	2	Acer Inoxidable 316	3,90	1,29
	Barra encastada	0,249	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,97
	Casquets Barra 24/2	0,025	2	Acer 1015	0,64	0,03
	Casquet de niló	0,018	1	Niló	1,30	0,02
	Casquet sincronitzador	0,007	8	Acer 1015	0,64	0,04
	Casquets trempats	0,009	2	Acer 02	3,90	0,07
	Coixinet mecànic de gir	0,191	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,74
	Creueta	0,367	1	Acer Inoxidable 316	3,90	1,43
	Disc lliscant superior	0,765	1	Alumini 2030	1,85	1,42
	Disc Lliscant Inferior	0,617	1	Alumini 2030	1,85	1,14
	Disc lliscant suplement inferior	0,040	1	Alumini 2030	1,85	0,07
	Disc Motriu	0,488	2	Alumini 2030	1,85	1,81
	Disc Sincronitzador	0,707	1	Bronze fosforós	9,97	7,05
	Disc Sincronitzador (suport)	0,411	1	Alumini 2030	1,85	0,76
	Eix extern inferior	2,891	1	Acer Inoxidable 316	3,90	11,27
	Eix extern superior	1,113	1	Acer Inoxidable 316	3,90	4,34
	Eix intern superior	2,649	1	Acer Inoxidable 316	3,90	10,33
	Eix intern superior	0,314	1	Acer Inoxidable 316	3,90	1,22
	Eix unió	0,018	2	Acer 1015	0,64	0,02
	Mecanisme de gir - Connector	0,406	1	Bronze fosforós	9,97	4,05
	Passacascos	2,822	1	Acer Inoxidable 316	3,90	11,01
	Presoner	0,013	1	Acer 1015	0,64	0,01
	Portarodaments	0,018	4	Acer Inoxidable 316	3,90	0,28
	Punxo sincronitzador	0,021	8	Acer Inoxidable 316	3,90	0,66
	Subjectador Radial Barra 24/2	0,025	2	PVC	1,20	0,06
	Suport inferior	1,063	1	Acer 1015	0,64	0,68
Suport Superior	0,856	1	Acer 1015	0,64	0,55	
Tapa Disc lliscant	0,599	1	Alumini 2030	1,85	1,11	
Tetó		12	Acer 52100	0,72	0,00	
Volant	0,243	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,95	
				TOTAL	64,18	

TAULA 5.3. Pressupost de la matèria prima de la Connexió Multidireccional

5. Pressupost

	Peces	Massa (Kg)	Unitats	Material	Preu (€/kg)	Total (€)
SISTEMA PROPULSOR	Barra Roscada M4	0,019	8	Acer Inoxidable 316	3,90	0,59
	Barra Roscada M5	0,030	4	Acer Inoxidable 316	3,90	0,47
	Casquet	0,032	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,12
	Cos de la lira Inferior	1,555	1	Acer Inoxidable 316	3,90	6,06
	Cos de la lira Superior	1,554	1	Acer Inoxidable 316	3,90	6,06
	Eix interior coixinet	0,021	1	Niló	1,30	0,03
	Eix pales	0,030	8	Acer Inoxidable 316	3,90	0,94
	Extraïble inferior de la Popa	0,136	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,53
	Extraïble inferior de la Proa	0,169	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,66
	Extraïble superior de la Popa	0,136	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,53
	Extraïble superior de la Proa	0,169	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,66
	Pala - 130mm	2,233	2	Acer Inoxidable 316	3,90	17,42
	Pala - 50mm	0,858	2	Acer Inoxidable 316	3,90	6,69
	Pala - 60mm	1,028	2	Acer Inoxidable 316	3,90	8,02
	Pala - 90mm	1,543	2	Acer Inoxidable 316	3,90	12,04
	Quilla	0,227	1	Fusta IPÉ	0,54	0,12
	Separador 18I/1	0,004	1	Niló	1,30	0,01
	Separador 18I/2	0,014	1	Niló	1,30	0,02
	Tub Topalls D4/6	0,023	8	Acer Inoxidable 316	3,90	0,72
	Tub Topalls D5/8	0,044	4	Acer Inoxidable 316	3,90	0,69
Xapa Inoxidable	0,110	1	Acer Inoxidable 316	3,90	0,43	
	TOTAL					62,80

TAULA 5.4. Pressupost de la matèria prima del Sistema Propulsor

Un cop es té el pressupost del material per fabricar les peces de cada mòdul del SPM, es calcula el total de l'import de tota aquesta matèria prima.

Total SPM	
Sistema Motriu	21,06 €
Connexió Multidireccional	64,18 €
Sistema Propulsor	62,80 €
	148,05 €

TAULA 5.5. Pressupost total del la matèria prima del SPM

Per tant, tota la matèria prima per fabricar el SPM és d'un total de cent quaranta-vuit euros i cinc cèntims. Tot així, falta saber el pressupost de la fabricació de cada mòdul.

FABRICACIÓ DEL SPM				
Mòdul		Temps (h)	Preu (€/h)	Total (€)
Sistema Motriu	Oficial de 1ª	45	22	990
	Ajudant	20	15	300
Connexió Multidireccional	Oficial de 1ª	100	22	2200
	Ajudant	30	15	450
Sistema Propulsor	Oficial de 1ª	55	22	1210
	Ajudant	20	15	300
TOTAL				5450

TAULA 5.6. Pressupost total del la fabricació i muntatge del SPM

Tota la fabricació del SPM és d'un total de cinc mil quatre-cents cinquanta euros.

5.1.2.2. Peces comercials

El pressupost de les peces comercials es basa amb preus de diferents catàlegs comercials.

Cargols Hexagonals	Model	Proveïdor	Unitats	Preu unitat (€)	Total (€)
M5x8	10101	Emile Maurin	8	0,1	0,8
M5x50	10101	Emile Maurin	2	0,1	0,2
M5x20	10101	Emile Maurin	1	0,1	0,1
M6x12	10101	Emile Maurin	4	0,1	0,4
M6x18	10101	Emile Maurin	2	0,1	0,2
M6x25	10101	Emile Maurin	2	0,1	0,2
M6x35	10101	Emile Maurin	4	0,1	0,4
M8x16	10101	Emile Maurin	2	0,2	0,4
TOTAL					2,7

TAULA 5.7. Pressupost dels cargols hexagonals

Femelles Hexagonals	Model	Proveïdor	Quantitat	Preu unitat(€)	Total (€)
M4	125014	Emile Maurin	24	0,1	2,4
M5	125015	Emile Maurin	33	0,1	3,3
M8	125016	Emile Maurin	8	0,1	0,8
M10	1250110	Emile Maurin	18	0,2	3,6
TOTAL					10,1

TAULA 5.8. Pressupost de les rosques

Passadors	Model	Proveïdor	Quantitat	Preu unitat (€)	Total (€)
D5 x 22	03320-05x22	Norelem	1	0,3	0,3
D5 x 50	03320-05x50	Norelem	6	0,3	1,8
D5 x 150	03320-05x150	Norelem	5	0,3	1,5
D6 x 35	03320-06x35	Norelem	4	0,3	1,2
TOTAL					4,8

TAULA 5.9. Pressupost dels passadors

5. Pressupost

Passadors Roscats	Model	Proveïdor	Quantitat	Preu unitat (€)	Total (€)
M5 x 35	210262-5x35	Béné inox	3	0,6	1,8
				TOTAL	1,8

TAULA 5.10. Pressupost dels passadors roscats

Rodament Boles	Model	Proveïdor	Quantitat	Preu unitat (€)	Total (€)
Boles (30/62/20)	62206-2Rs1	SKF	2	47	94
Boles (45/85/19)	6209-2RS1	SKF	2	47	94
Boles (4/10/7)	618/4	SKF	4	47	188
				TOTAL	376

TAULA 5.11. Pressupost dels rodaments de boles

Rodament Agulles	Model	Proveïdor	Quantitat	Preu unitat (€)	Total (€)
(10/17/12)	NK 10/12	SKF	2	45	90
(15/23/20)	NK 15/20	SKF	2	45	90
(45/62/25)	NKI 45/25	SKF	2	45	90
(19/27/20)	NKI 19/20	SKF	2	45	90
(20/32/16)	NKI 20/16	SKF	2	45	90
				TOTAL	450

TAULA 5.12. Pressupost dels rodaments d'agulles

Anella de retenció	Model	Proveïdor	Quantitat	Preu unitat (€)	Total (€)
45 X 62 X 12	lip Seal IE	Estandart	1	4	4
				TOTAL	4

TAULA 5.13. Pressupost de l'anella de retenció

TOTAL PECES COMERCIALS	
Cargols Hexagonals	2,70 €
Femelles Hexagonals	10,10 €
Passadors	4,80 €
Passadors Roscats	1,80 €
Rodaments de boles	376,00 €
Rodaments d'agulles	450,00 €
Anella de retenció	4,00 €
	849,40 €

TAULA 5.14. Pressupost total de les peces comercials

El pressupost total de totes les peces comercials és de vuit-cents quarta-nou euros amb quaranta cèntims.

5.1.2.3. Pressupost total del procés de fabricació

TOTAL FABRICACIÓ	
Matèria prima de les peces	148,05 €
Procés de fabricació de les peces	5.450,00 €
Peces comercials	849,40 €
TOTAL	6.447,45 €

TAULA 5.15. Pressupost total de fabricació

L'import total de les peces comercials i la fabricació de la resta de tot el SPM és de sis mil quatre-cents quaranta-set euros i quaranta-cinc cèntims.

5.1.3. Parts addicionals per realitzar el funcionament del SPM

A part de totes les peces del SPM també s'ha de tenir en compte tota la instal·lació del sistema, els motor, les parts electròniques i l'adaptació de l'embarcació per poder substituir l'hèlix pel SPM.

PARTS ADDICIONALS	
Part elèctrica (quadre elèctric i cables)	4.500 €
Motor elèctric de 4CV	1.500 €
Motor Diesel de 44CV	8.000 €
Variador electrònic	5.250 €
Adaptació del llagut	12.000 €
TOTAL	31.250 €

TAULA 5.16. Pressupost de les parts addicionals

L'import total de les parts addicionals és de trenta-un mil dos-cents cinquanta euros.

5. Pressupost

5.1.4. Pressupost total de tot el projecte del SPM

PRESSUPOST TOTAL	
Desenvolupament i disseny del projecte	16.415 €
Procés de fabricació	6.447,45 €
Parts addicionals	31.250 €
TOTAL	54.112,45 €

TAULA 5.17. Pressupost total del projecte

El pressupost total de tot el projecte amb la fabricació del SPM és de cinquanta mil cent dotze euros i quaranta-cinc cèntims (54112,45€).

Aquest import és sense afegir-hi l'IVA del 18%. En aquest cas, amb IVA, l'import és de seixanta-tres mil vuit-cents cinquanta-dos euros i seixanta-nou cèntims (**63852,69€**).

6. Conclusions

6. Conclusions

L'objectiu principal del projecte de dissenyar i simular el SPM en 3D per comparar els resultats obtinguts amb els realitzats a la patent; s'ha aconseguit amb èxit.

Tot i haver aconseguit aquest objectiu, no s'ha arribat a un resultat positiu. És a dir, el que des d'un bon principi semblava que el SPM havia de tenir més rendiment que una hèlix comercial, no ha estat així; sinó tot el contrari.

Tot i així, amb això no es vol assegurar que el nou sistema de propulsió no tingui més rendibilitat que una hèlix; sinó que el més probable és que el motiu d'aquesta discrepància siguin els continus errors produïts durant el procés de la realització de les proves de la patent. Per tant, en un futur; si es realitzessin les proves amb altres condicions més reals; possiblement els resultats canviarien cap a positiu.

A més, tot i que el SPM té una bona estructura pel que fa al seu disseny; no es descarta una futura millora en el disseny de les seves peces per tal d'aconseguir més rendibilitat al sistema. Per altra banda, la fabricació de cada peça es podria fer amb diferents processos i màquines, mirant de cara a una possible comercialització en grans produccions del SPM per tal de reduir el seu cost.

En referència al medi ambient, no es descarta la instal·lació d'una possible font d'alimentació totalment sostenible suprimint del tot el motor que hi ha actualment al sistema.

Finalment, analitzant els resultats obtinguts a la simulació, tan estàtica com dinàmica; s'arriba a la conclusió que el SPM està molt ben dissenyat i construït pel que fa a les seves alta resistència a les deformacions.

Cal tenir en compte per últim punt, que la realització de totes les millores necessàries que s'haurien de realitzar al SPM per tal d'augmentar el seu rendiment; requeririen certs coneixements tècnics de mecànica, hidràulica, materials, energies renovables i disseny sostenible.

7. Bibliografia

7. Bibliografia

BIOGRAFÍAS Y VIDAS. <http://www.biografiasyvidas.com/>

FISICANET. <http://www.fisicanet.com.ar/biografias/cientificos/> [Consultat 11/04/2012]

BRADLEY, Carroll. Archimedes' Principle. <https://www.weber.edu/> [Consultat 23/07/2007]

BRUNSSSEN. Grasa de grafito para altas temperaturas. www.brunssen.com.mx [Consultat 17/06/2012]

BUSCABIOGRAFIAS. <http://www.buscabiografias.com/bios/> [Consultat 11/04/2012]

CERVANTES, Jaime. “El desplazamiento ondulatorio de los peces: analogía con el pandeo de columnas sólidas y fluidas” Redalyc. [México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica] Volum 1, núm 5. 2004, p. 9

DeGARMO,E; BLACK, J; Kohser, R. *Materiales y procesos de fabricación.* Volum 2. Segona edició. Barcelona: Editorial Reverté, 2002.

ECOSOFÍA. Una alternativa a los plásticos: Bioplástico. <http://ecosofia.org/> [Consultat 28/05/2012]

EFUNDA. <http://www.efunda.com> [Consultat 23/04/2012]

GOODFELLOW. <http://www.goodfellow.com> [Consultat 23/04/2012]

GENERALITAT DE CATALUNYA. COMISSIÓ INTERDEPARTAMENTAL DEL CANVI CLIMÀTIC. *Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH).* Barcelona: Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2011.

GENERALITAT DE CATALUNYA. AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. *Gestors.* www.gentcat.cat [Consultat 28/05/2012]

GENERALITAT DE CATALUNYA. AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. *Consulta de transportistes de residus a Catalunya.* www.gentcat.cat [Consultat 28/05/2012]

GENERALITAT DE CATALUNYA. OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMÀTIC. www.gentcat.cat [Consultat 28/05/2012]

GENERALITAT DE CATALUNYA. AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. *Programa de gestió de residus industrials (PROGRIC).* Barcelona: AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. [PDF]

GENERALITAT DE CATALUNYA. AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. *Programa de gestió de residus industrials: PROGRIC.* Barcelona: AGÈNCIA DE RESIDUS DE

CATALUNYA.

GERLING, Heinrich. *Alrededor de las maquinas herramientas*. Barcelona: Tercera edició. Editorial Reverté, 2000.

HERNÁNDEZ, Ricardo. *Antecedentes históricos de la propulsión mecánica*. Lleida: Universitat de Lleida.

HISTORIA DE IBERIA VIEJA. *Historia de Iberia Vieja* nº58/Abril 2010.

<http://www.historiadeiberiavieja.com/noticia/645/Portada/portada-historia-iberia-vieja-n%C2%BA-58-abril-2010.html>

INGENIERIA DE SISTEMAS Y AUTOMATICA. *Procesos de fabricación torneado*. [PDF]

MATWEB. <http://www.matweb.com> [Consultat 23/04/2012]

METAL SERVICE. *Características aceros especiales*. Barcelona: METAL SERVICE. [PDF]

MIRCROFUSION ALFA. *Información técnica*. Eibar: MICROFUSION ALFA. [PDF]

MORRISON, J; COATES, J. *The Athenian Trireme* Segona edició.

<http://www.physics.weber.edu/carroll/Archimedes/principle.htm>

NAUTICEXPO. <http://www.nauticexpo.es/> [Consultat 16/06/2012]

PCE-IBERICA. *Analizador de redes eléctricas y armónicos PCE-830*. <http://www.pce-iberica.es/> [Consultat 16/06/2012]

PRECIADO, Cándido; MORAL, Francisco J. *Normalización del dibujo técnico*. Navarra: Editorial Donostiarra, 2004.

QUIMINET. *Características y usos de los tacómetros*. www.quiminet.com [Consultat 16/06/2012]

RODRIGUEZ, Juan de Dios. “*Desarrollo de un sistema experimental de propulsión ondulante y del método de predicción de su comportamiento mediante CFD*”. Coruña: Universidad de Coruña, 2010 [Tesi doctoral]

SILVA, Carolina; BRAVO, Ligeia. *¡A Reciclar Chatarra!* Vitoria: GERDAU AZA, 2004.

SIVATTE, Maurici. *Fresadora*. Vilanova i la Geltrú: UPC, 2010. [PDF]

- *Introducció al Mecanitzat. Màquines Eina*. Vilanova i la Geltrú: UPC, 2010. [PDF]
- *Torn*. Vilanova i la Geltrú: UPC, 2010. [PDF]

7. Bibliografia

THYSSENKRUPP. <http://www.thyssenkrupp.cl> [Consultat 24/04/2012]

Universitat Politècnica de Catalunya. Servei de Llengües i Terminologia. *Guia 1 lingüística pràctica: Dubtes lingüístics més freqüents*. Barcelona: UPC, 1999

- *Guia 2 lingüística pràctica: Convencions gràfiques per a textos docents*. Barcelona: UPC. 1996.

Universitat Politècnica de Catalunya, Servei de Llengües i Terminologia. *Guia 3 lingüística pràctica: Disseny i elaboració de materials docents*. Barcelona: UPC, 1996.

VÁZQUEZ, José A. *Análisis y diseño de piezas con CATIA V5*. Segunda edición. Barcelona: Marcombo, 2012.

VEO VERDE. <http://www.veoverde.com/es/> [Consultat 28/05/2012]

“Propulsión Eléctrica en los Buques (IV)”.

[<http://maquinasdebarcos.blogspot.com/2008/12/propulsin-electrica-de-buques-iv.html>] 5 de Diciembre 2008, p. 3

“Tipos de propulsión eléctrica”. [<http://maquinasdebarcos.blogspot.com/marítimo/tipos-de-electrica/>] 15 de Julio 2009, p. 8

“Propulsión Eléctrica en los Buques (I)”.

[<http://maquinasdebarcos.blogspot.com/2008/11/propulsin-electrica-de-buques-i.html>] 28 de Noviembre 2008, p. 2

“Propulsión Eléctrica en los Buques (II)”.

[<http://maquinasdebarcos.blogspot.com/2008/11/propulsin-electrica-de-buques-ii.html>] 2 de Diciembre 2008, p. 3

“Propulsión Eléctrica en los Buques (III)”.

[<http://maquinasdebarcos.blogspot.com/2008/11/propulsin-electrica-de-buques-iii.html>] 3 de Diciembre 2008, p. 3

“Científicos da UDC idean un sistema de propulsión ondulante para barcos”.

[<http://corredoiras.bugalicia.org/cientificos-da-udc-idean-un-sistema-de-propulsin-ondulante-para-barcos>] 12 de Diciembre 2012, p. 1

“Estudian el mecanismo de nado de los peces para aplicarlo a la navegación de los barcos”.

[<http://www.ciencias.pe/estudian-el-mecanismo-de-nado-de-los-peces-para-aplicarlo-la-navegacion-de-los-barcos>] 22 de Març 2010, p. 2

Archimedes of Syracuse. <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Archimedes.html> [Consultat 09/06/2008]

Dr Robert Hooke. <http://www.themonument.info/hooke/> [Consultat 11/04/2012]

Blasco de Garay el gran inventor catalán. <http://www.cultura10.com/blasco-de-garay-el-gran-inventor-catalan/> [Consultat 10/04/2012]

8. Annexes

Annex A: Patent ES 2319149 A1

Annex B: Plànols antics

Annex C: Esquemes del dispositiu utilitzat per realitzar les proves

Annex D: Esquemes dels càlculs addicionals per realitzar les primeres proves

- **Càlculs de les dimensions de les pales i les hèlixs**
- **Càlcul del Radi Equivalent de les pales**

Annex E: Taules resultants de les sèries de les primeres proves

Annex F: Gràfiques de rendiments de les primeres proves

Annex G: Fotografies reals de les peces del prototip (format digital)

Annex H: Resultats de la simulació estàtica

Annex I: Resultats de la simulació dinàmica

9. Agraïments

9. Agraïments

En aquest punt volem agrair especialment tota l'ajuda obtinguda per part d'en Miquel Huguet. Gràcies a ell hem arribat a conèixer l'Hugo i hem pogut fer aquest projecte com a nostre. També li volem agrair tota la gran paciència que ha tingut amb nosaltres al dia a dia d'aquest projecte.

Gràcies també a en Manel per oferir-nos aquesta gran oportunitat de dur a terme tal projecte i per orientar-nos en aquest camí.

A totes aquelles persones que ens han compartit els seus coneixements, els quals ens han servit de gran ajuda per la realització d'aquest projecte: l'Alejandro Arbós, el Jordi Segalás i la Mònica Cardús.

Finalment, li volem agrair el projecte a totes aquelles persones que han estat al dia a dia amb nosaltres i han viscut tan les coses bones com les dolentes de tot aquest camí: l'Ignasi Cabello, la Maribel Moreno, la Lali Torelló, el David Carrasco, l'Esteve Navonne, la Cristina Martí, el David Santos, la Carme Roca i a tota la resta de la gent que ha respectat la situació i d'aquesta manera ha ajudat, a finalitzar aquest projecte amb èxit.