



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Estudi paramètric del rendiment d'una turbina picohidràulica d'impulsió d'eix vertical

**Document:** Resum

**Alumne:** Ismael Aouaj Moudni

**Director/Tutor:** Toni Pujol Sagaró

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Mecànica de Fluids

**Convocatòria (mes/any):** Juny 2014

## CONTEXT

Les rodes d'aigua són unes turbines hidràuliques d'impulsió d'eix vertical que s'utilitzen àmpliament com a font d'energia mecànica en zones rurals aïllades en països en vies de desenvolupament, com ara a la regió de l'Himàlaia.

El rendiment de les turbines instal·lades no arriba al 30%. Es desconeix quantitativament la incidència dels paràmetres de disseny (nombre d'àleps, angle d'inclinació, etc.) en el rendiment assolit. Això fa que, molt probablement, algunes d'aquestes turbines no treballin amb una configuració òptima. Cal un estudi experimental que determini la configuració dels paràmetres de disseny que doni el màxim rendiment.

## OBJECTIUS

Estudiar experimentalment el rendiment d'una turbina quan es varien els següents paràmetres de disseny (figura 1):

1) nombre d'àleps (N); 2) inclinació dels àleps ( $\alpha$ ); 3) inclinació de doll d'aigua incident ( $\lambda$ ); 4) posicions de la mànega ( $\Delta x$ , R i L)

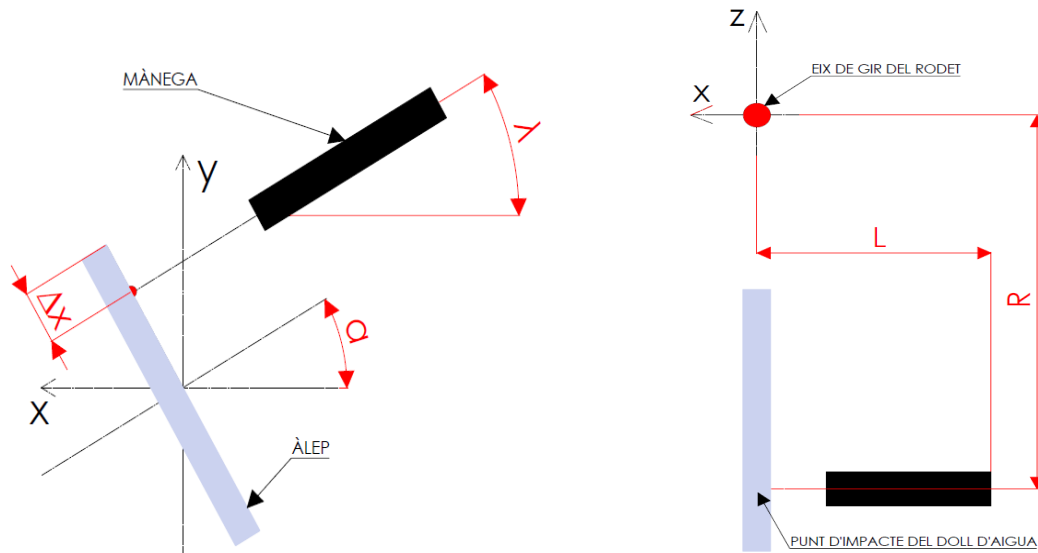


Figura 1. Croquis les vistes en planta i en perfil dels paràmetres que intervenen en els assajos experimentals ( $\lambda$ ,  $\alpha$ , R, L, i  $\Delta x$ ). El nombre d'àleps (N) no es mostra.

Per cadascun dels casos anteriors, i per a un cabal constant, s'obtidran les corbes de parell, potència i rendiment. En funció dels resultats, es proposarà una configuració òptima per la turbina del laboratori.

Aquests resultats experimentals seran comparats amb els resultats analítics i els resultats simulats amb programes informàtics, per veure les diferències.

## **TURBINA DEL LABORATORI**

La turbina instal·lada és una turbina picohidràulica (potència màxima 5 kW). Això la classifica com una turbina per a un ús més encarat al sector agrícola o domèstic en les zones rurals. És una turbina d'eix vertical on s'uneix a un fre de disc per la part de dalt (mitjançant una unió cargolada) i per la part de baix, s'uneix amb el rodet mitjançant una brida de subjecció. Aquesta no té un nombre d'àleps fix, sinó que es pot variar, a més els seus angles d'inclinació es poden regular independentment.

Es mostra en la figura 2, un renderitzat de la turbina del laboratori, on només es mostra el rodet, la brida de subjecció i l'eix inferior.

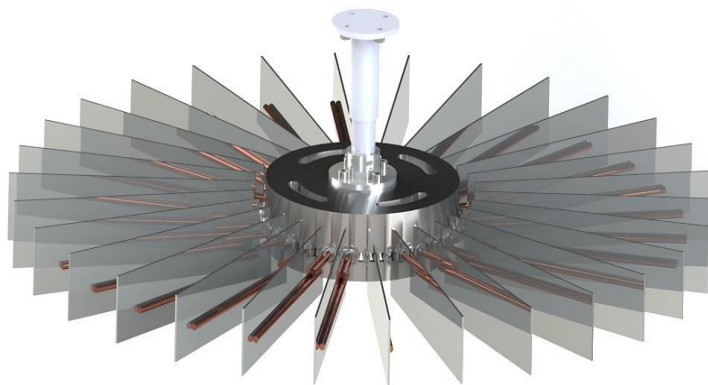


Figura 2. Renderitzat de la turbina del laboratori ( $\alpha=0^\circ$ )

## **MILLORES**

En l'estudi s'han realitzat dues millores a remarcar, una d'elles és el nou suport del doll d'aigua, ja que l'anterior no permetia fer els moviments desitjats. I la segona és el sistema de tancament de la turbina que augmenta l'estancaneïtat. Tota aquesta informació es pot trobar en el document Memòria i Annexos.

## **METODOLOGIA**

Per tal de realitzar l'estudi s'ha tingut que seguir una metodologia estricta per tal d'obtenir uns resultats adequats. Aquesta es troba en el document Memòria on s'explica molt detalladament els passos que s'han realitzat des de la posta en marxa de la turbina fins a l'adquisició de dades.

## EXPERIMENTS

Els experiments realitzats es poden resumir en quatre grans grups:

- Experiments de la variació de l'angle d'inclinació del doll ( $\lambda$ ): 20°, 25°, 30°, 35° i 45°
- Experiments de la variació de l'angle d'inclinació dels àleps ( $\alpha$ ): 15°, 30°, 45°
- Experiments de la variació del nombre d'àleps (N): 30 i 20 àleps
- Experiments de la variació de la posició axial ( $\Delta x$ ): -6 mm, 13 mm i 17 mm
- Experiments de la variació de la posició radial (R): 240 mm, 280 mm i 320 mm
- Experiments de la variació de la posició longitudinal (L): 137 mm, 197 mm i 257 mm.

Per cada experiment s'han efectuat diferents assajos per determinar la millor configuració de la turbina. Cada assaig s'ha realitzat un total de tres cops, per tal de tenir uns resultats molt més precisos i evitar incerteses.

## RESULTATS

En el mètode experimental, l'objectiu és representar les corbes de rendiment en funció de l'angle d'inclinació del doll ( $\lambda$ ) i dels àleps ( $\alpha$ ), independentment del nombre d'àleps (N) i de les posicions ( $\Delta x$ , L i R), ja que aquestes depenen de la geometria de la turbina.

Llavors, a continuació s'adjunta la figura 3, on es mostra la gràfica de les corbes de rendiment

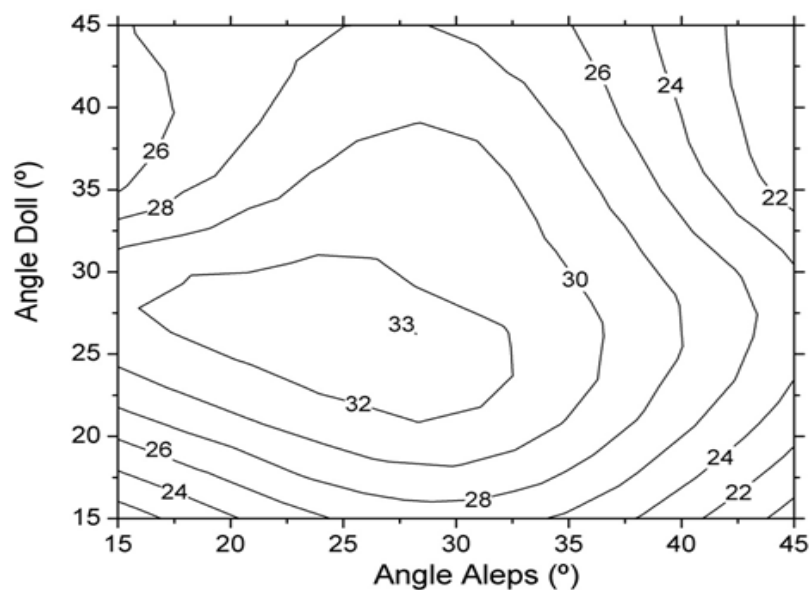


Figura 3. Representació de les corbes de rendiments màxims per a les diferents configuracions d'angles d'àlep  $\alpha$  i de doll  $\lambda$

A més a més, s'han representat les corbes de potència (P) i rendiment ( $\eta$ ) en funció dels paràmetres descrits anteriorment per els tres mètodes (experimental, analític i simulació) i s'han comparat entre ells.

## CONCLUSIONS

Finalment, a partir dels resultats dels assajos experimentals, es pot concloure que:

- a) *Efecte de la posició axial d'impacte del doll ( $\Delta x$ ):* s'observa que per a una posició d'impacte del doll de 13 mm respecte la part superior de l'àlep, s'obté uns rendiments majors que pels altres casos de -6 mm i 17 mm.
- b) *Efecte de la posició longitudinal (L):* s'observa com a una longitud del doll de 197 mm dóna uns rendiments més elevats que no pas amb les altres configuracions de 137 mm i 257 mm.
- c) *Efecte de la posició radial (R):* s'observa com a les posicions extremes de 240 mm i 320 mm els rendiments són menors que no pas a la posició de 280 mm, això d'entrada fa que la millor configuració de la posició radial sigui la de 280 mm.
- d) *Efecte de l'angle d'inclinació dl doll ( $\lambda$ ):* s'observa com amb els angles de 25° i 30° s'obtenen els majors rendiments (31% aproximadament), en canvi amb les altres configuracions d'aquests rendiments es veuen reduïts significativament a mesura que augmentes o disminueixes aquests angles.
- e) *Efecte de l'angle d'inclinació del àleps ( $\alpha$ ):* s'observa com els rendiments màxims per les configuracions d'angle de doll  $\lambda$  de 25° i 30° donen quan l'angle de l'àlep  $\alpha$  és de 30° i 15°. Llavors s'opta finalment per a un angle  $\alpha$  de 30°.
- f) *Efecte del nombre d'àleps (N):* s'observa com amb un nombre d'àleps de 20, els rendiments són més baixos que per a un angle de 30°.

Pel que fa al mètode analític, s'arriba a la conclusió que:

- Les corbes obtingudes amb aquest mètode són poc variables i, a més a més, prediuen valors de rendiment molt elevats a règims de gir molt alts segons les configuracions d' $\alpha$  i de  $\lambda$ . Llavors el model analític no reproduïx correctament els valors experimentals.

Llavors com el model analític no acaba de donar bé, es realitza l'últim mètode, la simulació, per veure si el model simulat dona uns resultats més acurats que l'analític.

Llavors es comprova si realment els models de simulació poder ser útils per assolir el nostre objectiu de determinar la millor configuració i es conclou que:

- Els resultats obtinguts donen uns valors bastant semblants als experimentals com és de suposar, però les diferències són degudes a les imperfeccions que la turbina del laboratori té, ja que la simulada està completament equilibrada.

S'adjunta una taula dels valors màxims de rendiments per cada mètode i el règim de gir a aquests rendiment.

|              | Modificació $\lambda$                |  |                                      |  |                                      |  | Modificació $\alpha$                 |  |                                      |  |
|--------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
|              | $\lambda=20^\circ / \alpha=30^\circ$ |  | $\lambda=30^\circ / \alpha=30^\circ$ |  | $\lambda=45^\circ / \alpha=30^\circ$ |  | $\lambda=30^\circ / \alpha=15^\circ$ |  | $\lambda=30^\circ / \alpha=45^\circ$ |  |
|              | $\eta_{m\grave{a}x}$<br>(%)          | $\omega_{\eta_{m\grave{a}x}}$<br>(rpm) | $\eta_{m\grave{a}x}$<br>(%)          | $\omega_{\eta_{m\grave{a}x}}$<br>(rpm) | $\eta_{m\grave{a}x}$<br>(%)          | $\omega_{\eta_{m\grave{a}x}}$<br>(rpm) | $\eta_{m\grave{a}x}$<br>(%)          | $\omega_{\eta_{m\grave{a}x}}$<br>(rpm) | $\eta_{m\grave{a}x}$<br>(%)          | $\omega_{\eta_{m\grave{a}x}}$<br>(rpm) |
| Experimental | 23,72                                | 200                                    | 31,3                                 | 232                                    | 27,17                                | 205                                    | 25,85                                | 151                                    | 19,1                                 | 188                                    |
| Analític     | 48,5                                 | 290                                    | 50                                   | 287,6                                  | 46,6                                 | 283                                    | 48,6                                 | 254                                    | 46,5                                 | 331                                    |
| Simulació    | 33,78                                | 240                                    | 35,8                                 | 240                                    | 31,8                                 | 200                                    | -                                    | -                                      | -                                    | -                                      |

Taula 1. Resultats del rendiment hidràulic màxim i el seu corresponent regim de gir per als diferents mètodes realitzats.

I finalment s'adjunta la taula 2, on es mostra la millor configuració de la turbina:

| $\lambda$ (°) | $\alpha$ (°) | $v$ (m/s) | $Q$ (m <sup>3</sup> /s) |
|---------------|--------------|-----------|-------------------------|
| $30 \pm 4$    | $30 \pm 3$   | 15        | 17                      |

Taula 2. Resultats de la configuració dels paràmetres de disseny que s'obté un rendiment màxim per la turbina del laboratori, on en el nostre estudi els valors de velocitat i cabal són fixos.