



# Title: Análisis hidrodinámico de turbina hidrocínética mediante CFD

**Author:** Gilberto, RIVERA-RIVERA, Carlos, RUBIO-GONZÁLEZ

**Editorial label ECORFAN:** 607-8534  
**BCIERMMI Control Number:** 2018-03  
**BCIERMMI Classification (2018):** 251018-0301

**Pages:** 23

**RNA:** 03-2010-032610115700-14

## ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 | 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

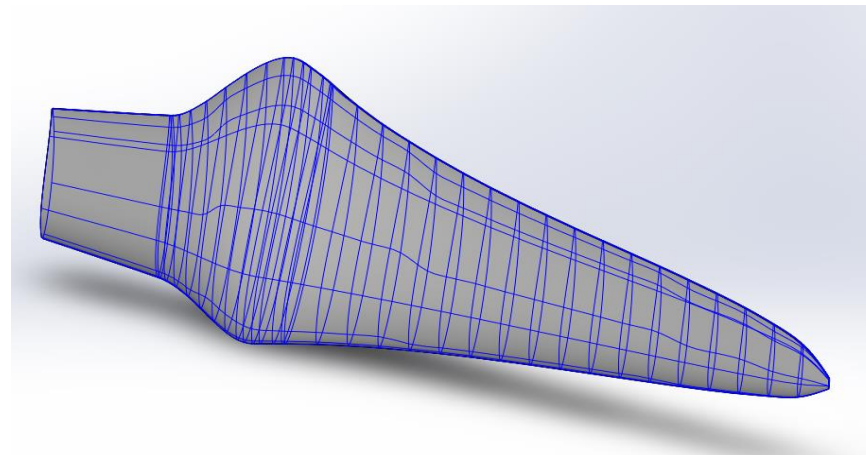
## Holdings

|         |             |                     |
|---------|-------------|---------------------|
| Mexico  | Colombia    | Guatemala           |
| Bolivia | Cameroon    | Democratic Republic |
| Spain   | El Salvador | of Congo            |
| Ecuador | Taiwan      | Nicaragua           |
| Peru    | Paraguay    |                     |

# CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN
- MARCO TEÓRICO
- METODOLOGÍA
- CASOS PARA SIMULACIÓN
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- AGRADECIMIENTOS
- REFERENCIAS

# INTRODUCCIÓN



**Figura 1** Modelo CAD del álabes con el perfil Eppler-817 *Fuente: (Resendiz González & Hernández, 2018)*

# MARCO TEÓRICO

$$P_{max} = \frac{1}{2} \rho A U^3 \quad (1)$$

$$P = Q \omega \quad (2)$$

Donde:

|           |  |
|-----------|--|
| $P_{max}$ | Potencia máxima disponible             |
| $P$       | Potencia mecánica en el eje            |
| $\rho$    | Densidad del agua salada               |
| $A$       | Área de flujo capturada por la turbina |
| $U$       | Velocidad de flujo sin perturbar       |
| $Q$       | Torque en el eje                       |
| $\omega$  | Velocidad angular                      |

# MARCO TEÓRICO

$$C_p = \frac{Q\omega}{\frac{1}{2}\rho AU^3} \quad (3)$$

$C_p$  Coeficiente de potencia

$$TSR = \frac{\omega R}{U} \quad (4)$$

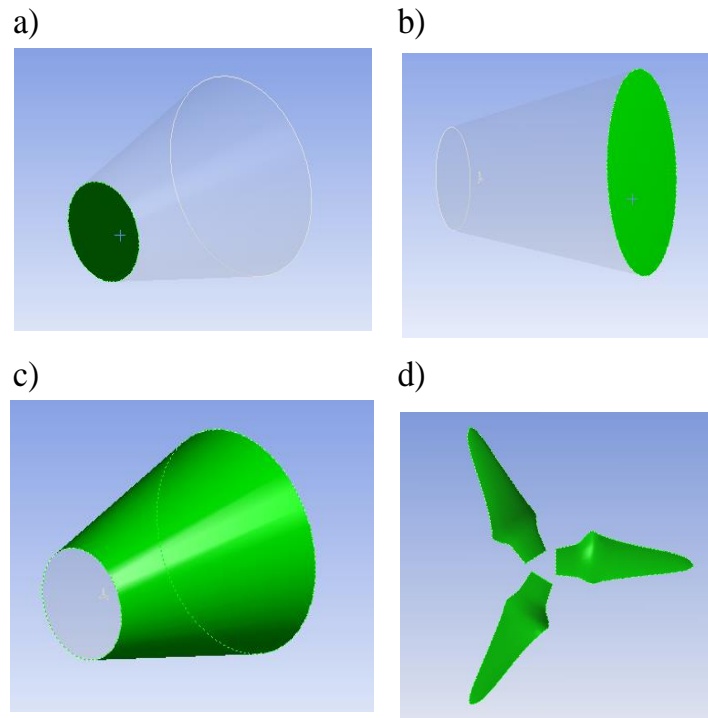
$R$  Radio de la turbina

Es común graficar el término adimensional TSR contra el coeficiente de potencia ya que sirve para el diseño y optimización.

# METODOLOGÍA

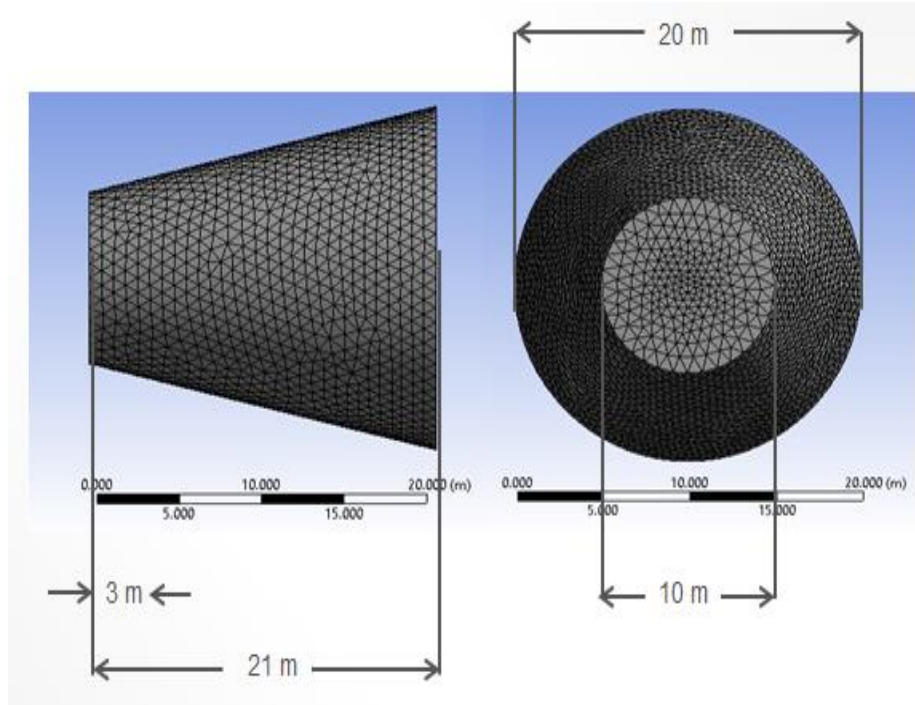
- ANSYS-Fluent 17.1
- Se utiliza la opción “Frame motion” (marco móvil) para simular la rotación de la turbina.
- El modelo de turbulencia utilizado es el SST- $k - \omega$

# METODOLOGÍA



**Figura 2** a) Entrada b) Salida c) Pared cono truncado d) Turbina  
*Fuente: Elaboración propia*

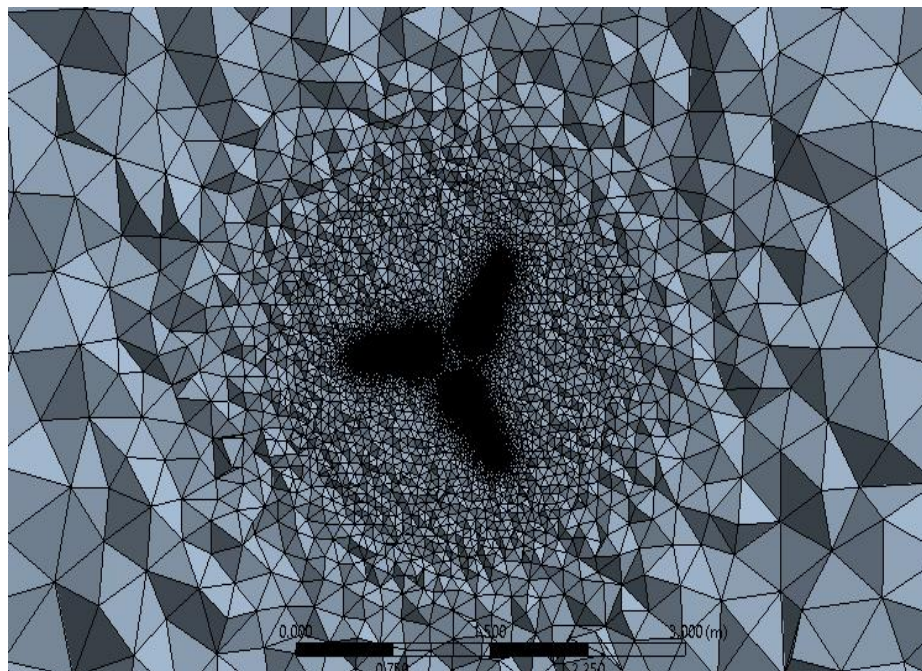
# METODOLOGÍA



**Figura 3** Tamaño del dominio *Fuente*:  
*Elaboración propia*



# METODOLOGÍA



**Figura 4** Esfera de influencia y refinamiento en la turbina *Fuente: Elaboración propia*

# METODOLOGÍA

En la condición de diseño de  $U=1.5$  m/s y  $TSR=4.2$  se corrieron las siguientes simulaciones:

| No. Aproximado de elementos | Torque    |
|-----------------------------|-----------|
| $1.0 \times 10^6$           | 98.00 N.m |
| $1.8 \times 10^6$           | 99.47 N.m |
| $2.3 \times 10^6$           | 99.73 N.m |
| $3.1 \times 10^6$           | 99.66 N.m |

**Tabla 1** Número de elementos vs torque

*Fuente: Elaboración propia*

# CASOS PARA SIMULACIÓN

Con  $U=1.5$  m/s y  $TSR=4.2$



**Figura 5** Pala con borde de salida plano de 1.5 mm y pala con borde de salida en punta  
*Fuente: Elaboración propia*

# CASOS PARA SIMULACIÓN

| U=0.5 m/s |                  | U=1 m/s |                  | U=1.5 m/s  |                  |
|-----------|------------------|---------|------------------|------------|------------------|
| TSR       | $\omega$ (rad/s) | TSR     | $\omega$ (rad/s) | TSR        | $\omega$ (rad/s) |
| 3         | 2.0547           | 3       | 4.1095           | 3          | 6.1643           |
| 4.2       | 2.8767           | 4.2     | 5.7534           | <b>4.2</b> | <b>8.6301</b>    |
| 5         | 3.4246           | 5       | 6.8493           | 5          | 10.2739          |
| 6         | 4.1095           | 6       | 8.2191           | 6          | 12.3287          |

**Tabla 2** Condiciones para las simulaciones en CFD

*Fuente: Elaboración propia*

# RESULTADOS

Resultados para el borde de salida modificado:

| CASO                            | TORQUE     | POTENCIA |
|---------------------------------|------------|----------|
| Borde de salida plano de 1.5 mm | 99.47 N.m  | 860.76 W |
| Borde de salida en punta        | 103.02 N.m | 889.00 W |

**Tabla 3** Torque y potencia para turbina con palas con borde de salida plano de 1.5 mm y turbina con palas con borde de salida en punta.

*Fuente: Elaboración propia*

# RESULTADOS

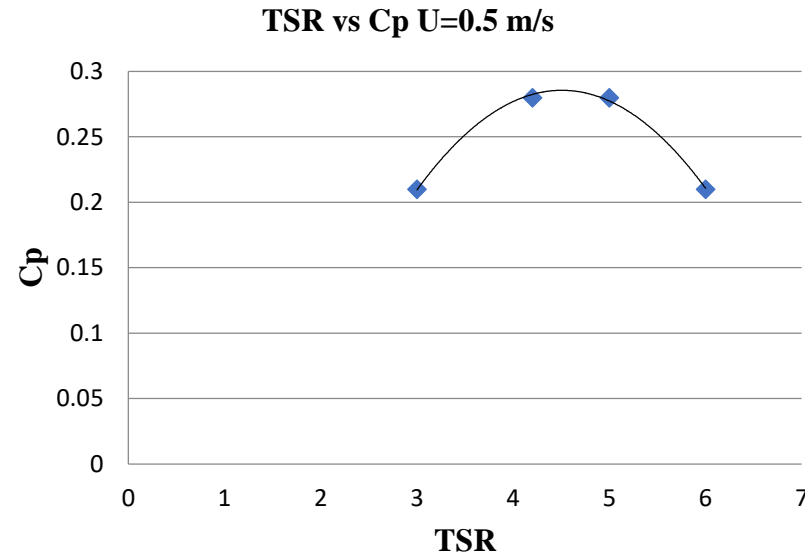
## BEM vs CFD

| CASO | TORQUE     | POTENCIA  |
|------|------------|-----------|
| CFD  | 99.47 N.m  | 860.76 W  |
| BEM  | 119.98 N.m | 1035.10 W |

**Tabla 4** Torque y potencia para CFD y BEM

*Fuente: Elaboración propia*

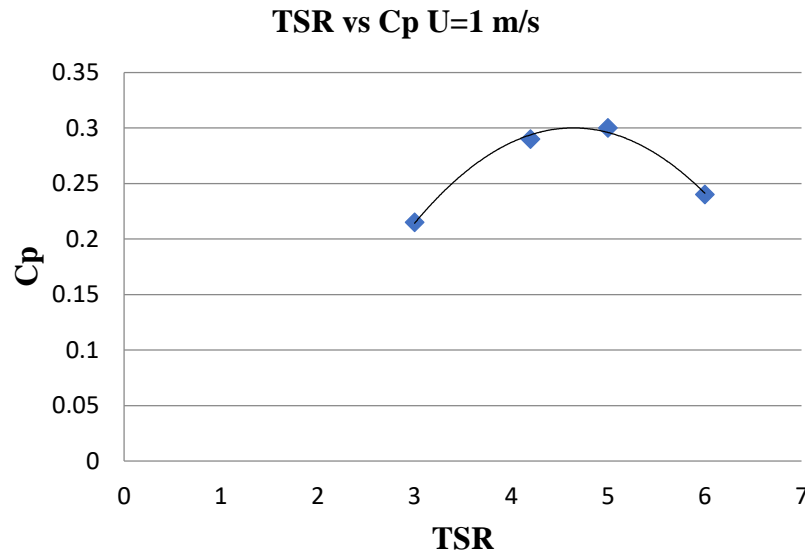
# RESULTADOS



**Gráfico 1 Resultados para U=0.5 m/s**

*Fuente: Elaboración propia*

# RESULTADOS

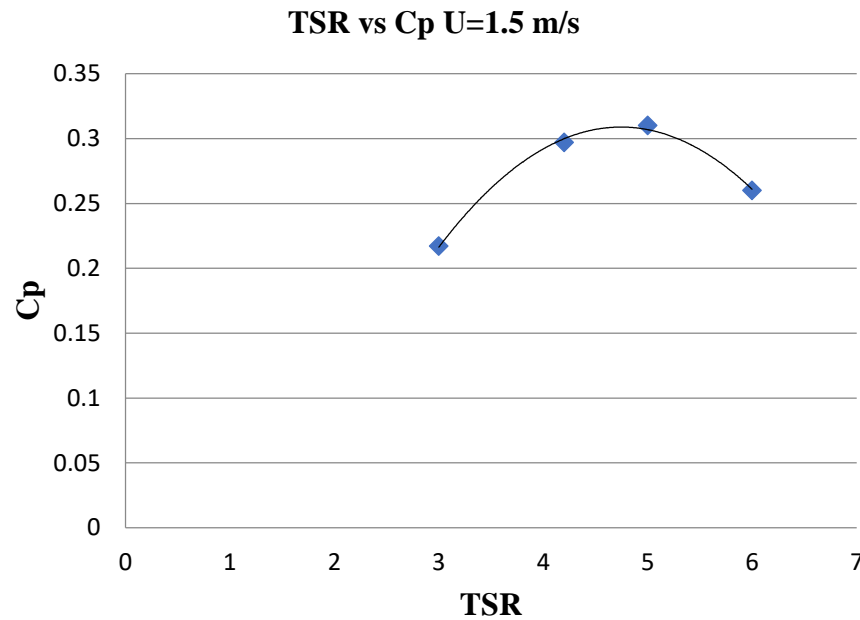


**Gráfico 2 Resultados para U=1 m/s**

*Fuente: Elaboración propia*



# RESULTADOS

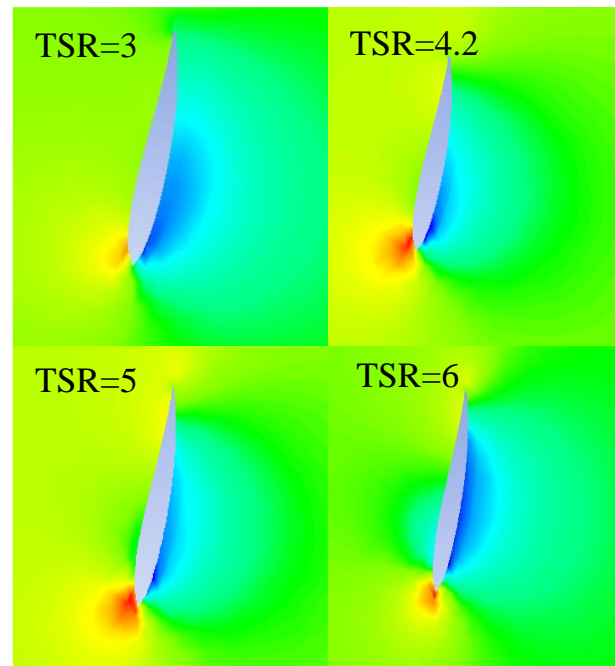


**Gráfico 3 Resultados para U=1.5 m/s**

*Fuente: Elaboración propia*

# RESULTADOS

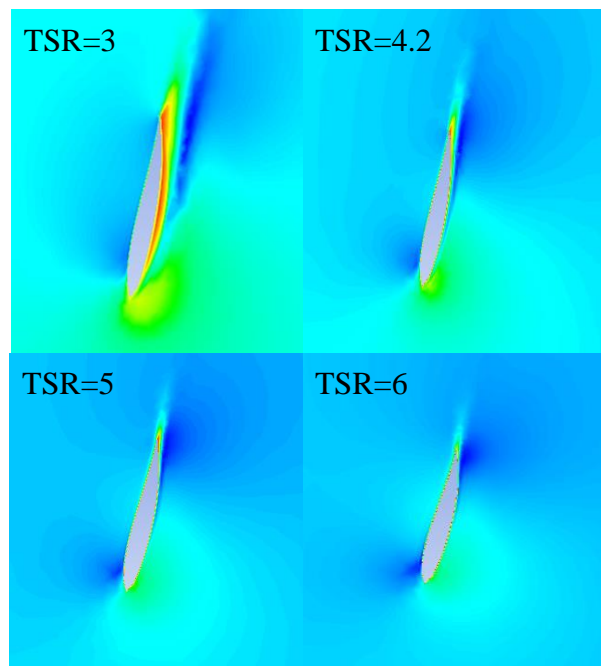
Distribuciones de presiones:



**Figura 6** Distribución de presiones a diferentes TSRs.  $U=1.5$  m/s y radio  $r=0.5$  m  
*Fuente: Elaboración propia*

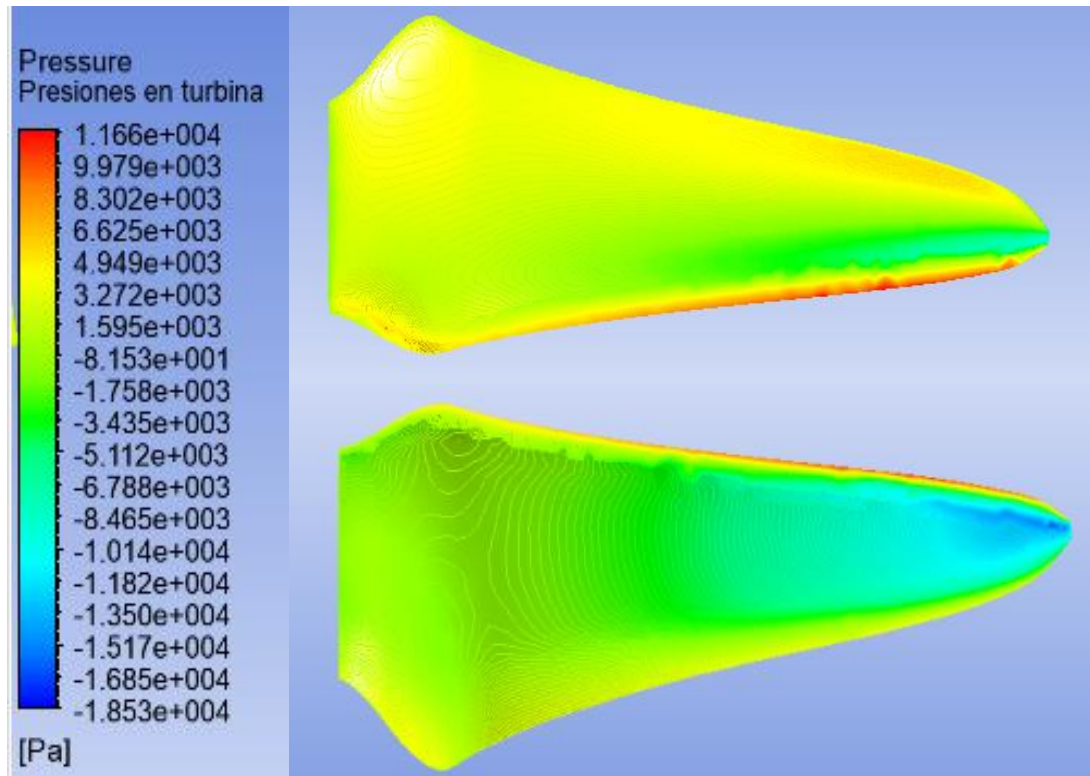
# RESULTADOS

Distribuciones de velocidades:



**Figura 7** Distribución de velocidades a diferentes TSRs.  $U=1.5$  m/s y radio  $r=0.5$  m  
*Fuente: Elaboración propia*

# RESULTADOS



**Figura 8** Presiones en turbina. TSR=6, U=1.5 m/s.

*Fuente: (Elaboración propia)*

# CONCLUSIONES

- 3.4% menos de torque debido al corte en el borde de salida
- CFD 17% menos torque que el método BEM considerando los cambios geométricos para la pala a manufacturar.
- Mayor  $C_p$  a TSR 5 y 4.2.
- Sistema de frenado sugerido a 100 rpm aproximadamente.
- Buen diseño de ángulo de “Twist” hasta la cuerda máxima.
- Turbina en rango seguro respecto a la cavitación.



# AGRADECIMIENTOS



Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano



Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

# REFERENCIAS

- Goundar, J. N., & Ahmed, M. R. (2013). Design of a horizontal axis tidal current turbine. *Applied Energy*, 111, 161–174. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.04.064>
- Lynn, P. A. (2013). *Electricity from wave and tide*. England: Wiley.
- Marchegiani, A. R. (2006). *Cavitación*. Comahue.
- Michael, L., Ye, L., Danny, S., 2011. Development and verification of a computational fluid dynamics model of a horizontal-axis tidal current turbine. In: 30th International Conference on Ocean, Offshore, and Arctic Engineering, Rotterdam, Netherlands.
- Nak, L., In, K., Chang, K., et al., 2015. Performance study on a counterrotating tidal current turbine by CFD and model experimentation. *Renew. Energy* 79, 122e126.



# REFERENCIAS

- Reséndiz González, P. A., & Espinoza Hernández, J. (2018). Reporte de diseño básico preliminar y modelos en 3D de un rotor de 3 hélices de 60 cm. Querétaro.
- Sevilla, U. d. (2018, Febrero 13). Propiedades del agua. Retrieved Marzo 20, 2018, from [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Propiedades\\_del\\_agua#Equilibrio\\_agua-vapor](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Propiedades_del_agua#Equilibrio_agua-vapor)
- Welong, T. (2016). Numerical simulations of a horizontal axis water turbine designed for. Naval Architecture and Ocean Engineering, 73-82.





**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)