

Índice general

	Página
Resumen	II
Agradecimientos	III
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	XIV
Introducción	1
Antecedentes	2
1 Marco teórico	15
1.1 Energías renovables	15
1.1.1 Energía solar	15
1.1.2 Energía eólica	16
1.1.3 Energía mareomotriz	18
1.2 Conceptos elementales para el diseño de turbinas hidrocínéticas	25
1.2.1 Turbinas hidrocínéticas	25
1.2.2 Rotor	26
1.2.3 Perfil de la pala	26
1.2.4 Fuerza de sustentación y fuerza de arrastre (Lift & Drag)	29
1.2.5 Momento de cabeceo (Pitch moment)	32
1.2.6 Coeficientes Aerodinámicos	33

Índice general	VI
1.2.7 Solidez	33
1.2.8 Relación de aspecto	34
1.2.9 Relación de punta del alabe (TSR-Tip Speed Ratio)	35
1.2.10 Ángulo de inclinación	35
1.3 Conceptos generales de turbo-máquinas	36
1.3.1 Límite de Betz	36
1.3.2 Número de Reynolds	37
1.3.3 Análisis dimensional y similitud	39
1.4 Software CAD	41
1.4.1 Autodesk inventor	41
1.4.2 SolidWorks	41
1.5 Software CFD	42
1.5.1 OpenFoam	42
1.5.2 SolidWorks Flow Simulation	43
1.5.3 SolidWorks Simulation	44
2 Metodología	46
2.1 Metodología del diseño	46
2.1.1 Dimensionamiento del rotor Gorlov	46
2.1.2 Dimensionamiento del eje	48
2.1.3 Selección del perfil y número de álabes	49
2.1.4 Longitud de la cuerda del álabes	50
2.1.5 Ángulo helicoidal	51
2.1.6 Ángulo de ataque	52
2.2 Metodología CFD y FEM	53
2.2.1 Modelo 3D del sistema	54
2.2.2 Simulación del flujo mediante CFD	55
2.2.3 Simulación FEM	58
2.3 Metodología experimental	60

Índice general	VII
2.3.1 Construcción	60
2.3.2 Banco para pruebas	63
2.3.3 Cuantificación de la energía y experimentación para la obtención de la eficiencia del prototipo	71
3 Resultados	79
3.1 Resultados del diseño	79
3.2 Resultados CFD	83
3.3 Resultados experimentales	87
3.4 Conclusiones	91
Anexos	93
A Curva de Perfil NACA 0021	94
B Datasheet de rodamiento 208z	95
C Datasheet Sensor de Par FUTEK	96
D Código de programación del micro controlador	98
Bibliografía	99

Resumen

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal la caracterización, simulación y experimentación de un prototipo de turbina vertical tipo helicoidal, el cual, es un dispositivo mecánico utilizado para la extracción de energía cinética transportada en las corrientes hídricas y de viento.

La turbina helicoidal es un dispositivo que está conformado por una geometría con álabes ligeramente torcidos, cuya función es generar la fuerza y el par necesario para vencer las fuerzas generadas por las cargas eléctricas y el tren de potencia mecánico, logrando así que la turbina comience a rotar. Esta turbina presenta menores niveles de vibración debido a la torsión de sus álabes, ya que presenta menor cantidad de pulsaciones sobre el par que se genera al extraer la energía cinética de los flujos, en comparación de otras turbinas de eje vertical.

Se evaluaron las fuerzas generadas en los álabes de la turbina helicoidal y se han comparado los resultados con lo obtenido en las simulaciones de las fuerzas generadas en los álabes de la turbina helicoidal Gorlov; las fuerzas son las resultantes de la interacción fluido-sólido. Las simulaciones fluido dinámicas se han realizado en el complemento Flow Simulation del software Solidworks®¹, obteniendo mediante este software los valores de las fuerzas de arrastre y sustentación de la turbina; las simulaciones se realizaron con los siguientes parámetros: dominio computacional con las dimensiones del canal de agua con el que se experimentó, velocidades de flujo de 1 m/s con régimen transitorio, rugosidad del material de 0.01 micrómetros, temperatura del flujo de 30°C y una presión de 1 atm, para estas simulaciones se han considerado los efectos de la gravedad.

Se realizaron pruebas experimentales en un canal de agua, donde se evaluó el rendimiento del prototipo de turbina helicoidal con una velocidad de flujo de 1 m/s, esto a causa de las limitaciones por las características de trabajo del canal de agua.

Palabras clave: Turbina helicoidal Gorlov, Energía tidal, Energía renovable.

¹El centro de investigación científica de Yucatán, cuenta con la licencia del software.