

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes Generales</b>	<b>3</b>
2.1. Energía	3
2.1.1. Fuentes de energía no renovables	3
2.1.2. Fuentes de energía renovables	4
2.1.3. Contexto mundial del costo de energía	6
2.1.4. Producción de energía a pequeña escala	6
2.2. Viento	7
2.2.1. Distribución de los vientos del planeta	9
2.2.2. Velocidades del viento y factores geográficos	10
2.3. Energía eólica	11
2.3.1. El viento como recurso energético	11
2.4. Contexto en Chile	13
2.4.1. Legislación en temas energéticos	13
2.4.2. Proyectos de generación eléctrica en construcción	14
2.4.3. Capacidad instalada de generación	14
2.4.4. Generación eléctrica bruta	16
2.4.5. Historia de la energía eólica en Chile	16
2.5. Turbinas eólicas	18
2.5.1. Entrada en pérdida	20
2.5.2. Clasificación de turbinas eólicas	21
2.5.3. Coeficientes de turbinas eólicas	23
2.5.4. Relación de velocidad de punta de álabe	25
2.6. Generación de entropía	26
2.6.1. Procesos irreversibles	26
2.6.2. Tasa de generación de entropía	27
<b>3. Dinámica de Fluidos Computacional</b>	<b>29</b>
3.1. Método de volúmenes finitos	30
3.2. Modelos de turbulencia	31
3.2.1. Modelo k-e	31
3.2.2. Modelo k-w SST	32
3.2.3. Modelo Transición SST	32
3.2.4. Modelo Simulación de Vórtices Grandes	32
3.2.5. Modelo RANS-LES Híbrido	33

3.3. Recomendaciones para CFD de VAWT . . . . .	33
3.3.1. Dominio . . . . .	33
3.3.2. Malla . . . . .	33
3.3.3. Configuración del solucionador . . . . .	34
3.3.4. Modelo de turbulencia . . . . .	34
3.3.5. Discretización del tiempo . . . . .	35
3.3.6. Criterio de convergencia . . . . .	35
<b>4. Metodología</b>	<b>36</b>
4.1. Definición del problema . . . . .	36
4.2. Descripción del emplazamiento de turbinas eólicas . . . . .	36
4.3. Dominio . . . . .	38
4.4. Malla . . . . .	38
4.5. Configuración del solucionador . . . . .	39
4.6. Validación . . . . .	41
4.7. Análisis . . . . .	41
<b>5. Resultados</b>	<b>42</b>
5.1. Modelo computacional . . . . .	42
5.1.1. Dominio y condiciones de borde . . . . .	42
5.1.2. Malla y análisis de sensibilidad . . . . .	42
5.1.3. Validación . . . . .	44
5.2. Número de generación de entropía . . . . .	45
5.2.1. Resultados en posiciones X fijas . . . . .	45
5.2.2. Resultado global . . . . .	50
5.3. Coeficiente de momento . . . . .	51
5.4. Análisis comparativo . . . . .	51
<b>6. Conclusión</b>	<b>59</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>60</b>

# Índice de Tablas

4.1. Parámetros de configuración de emplazamiento . . . . .	38
4.2. Parámetros de configuración del solucionador . . . . .	40

# Índice de Ilustraciones

2.1. Circulación general de la atmósfera . . . . .	8
2.2. Gradiente vertical de velocidad del viento . . . . .	10
2.3. Capacidad eólica global instalada acumulada . . . . .	11
2.4. Países con mayor capacidad eólica instalada . . . . .	12
2.5. Proyectos en construcción de generación eléctrica entre los años 2006 y 2016 . . . . .	14
2.6. Proyectos en construcción de generación eléctrica desglosados en porcentaje por tecnología . . . . .	15
2.7. Capacidad de generación eléctrica instalada desglosada en porcentaje por tecnología . . . . .	15
2.8. Generación eléctrica bruta desglosada en porcentaje por tecnología . . . . .	16
2.9. Nomenclatura de un perfil alar . . . . .	19
2.10. Fuerzas sobre un perfil alar . . . . .	20
2.11. Entrada en pérdida . . . . .	21
2.12. Turbina Verticales . . . . .	23
2.13. Turbinas Horizontales . . . . .	24
2.14. Coeficiente de potencia de rotores eólicos de diferentes diseños . . . . .	25
4.1. Descripción del emplazamiento de turbinas eólicas . . . . .	37
4.2. Dominio computacional . . . . .	39
5.1. Dominio y condiciones de borde del modelo computacional . . . . .	43
5.2. Independencia de malla . . . . .	44
5.3. Malla en dominio completo . . . . .	45
5.4. Detalle de malla computacional . . . . .	46
5.5. Coeficiente de momento de álabe . . . . .	47
5.6. Número de generación de entropía en $X=0,1$ [m] . . . . .	48
5.7. Número de generación de entropía en $X=2$ [m] . . . . .	49
5.8. Número de generación de entropía en $X=4$ [m] . . . . .	49
5.9. Número de generación de entropía en $X=6$ [m] . . . . .	50
5.10. Número de generación de entropía en subdominios de álabes y eje . . . . .	52
5.11. Número de generación de entropía en dominio rotatorio . . . . .	53
5.12. Número de generación de entropía en dominio completo . . . . .	54
5.13. Coeficiente de momento promedio total . . . . .	55
5.14. Número de generación de entropía y coeficiente de momento normalizado instantáneo en álabe. . . . .	56

5.15. Número de generación de entropía y coeficiente de momento normalizado instantáneo en turbina. . . . .	57
5.16. Número de generación de entropía y coeficiente de momento normalizado instantáneo en dominio completo. . . . .	57