

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Alcances	2
2. Metodología	3
3. Antecedentes específicos	4
3.1. Teoría de ondas lineales	4
3.2. Ondas armónicas	5
3.3. Validez teoría lineal	6
3.4. Generación de Olas	7
3.4.1. Desplazamiento de Stroke	7
3.4.2. Perfil de la onda generada	7
3.4.3. Fuerza sobre una paleta oscilando	8
3.5. Absorción de ondas en un canal	8
3.5.1. Absorción pasiva	9
3.5.2. Absorción activa	9
3.5.3. Dinámica de un atenuador tipo pistón	11
3.5.4. Potencia absorbida	13
3.6. Diseño del sistema de absorción	13
3.6.1. Dinámico	14
3.6.2. Cinemática	15
3.7. Respuesta dinámica de un sistema de segundo orden	16
4. Resultados	19
4.1. Formulación del modelo	19
4.1.1. Representación del esquema	19
4.1.2. Geometría y condiciones de borde	19
4.1.3. Modelo multifásico	20
4.1.4. Ecuaciones gobernantes en el fluido	20
4.1.5. Método Numérico	21
4.2. Condiciones de operación	22
4.3. Mallado	22
4.4. Comparación con la teoría lineal	26

4.5. Absorción activa	28
4.5.1. Dinámica	28
4.5.2. Cinemática	31
4.6. Implementación del sistema de absorción cinemático	39
4.6.1. Absorción de un onda armónica	41
4.6.2. Absorción de un onda impulsiva	45
5. Conclusiones	50
Bibliografía	51
Anexos	I
Anexo A. Ecuación de Bernoulli	I
Anexo B. Linealización de la condición de borde	II
Anexo C. Modelo VOF	IV
Anexo D. Figuras no utilizadas	V

Índice de Tablas

4.1. Mallas utilizadas para el estudio de independencia de malla.	24
4.2. Tabla de errores RMS entre las mallas.	25
4.3. Tabla de error RMS respecto a la teoría lineal.	27
4.4. Parámetros de las funciones escalón utilizadas.	32
4.5. Parámetros de la respuesta dinámica para los distintos casos.	35
4.6. Potencia máxima utilizada en cada paleta.	42
4.7. Error absoluto de los tres casos simulados respecto a la teoría lineal.	43

Índice de Ilustraciones

3.1. Rango de validez para distintas teorías de ondas.[4]	6
3.2. Esquema del desplazamiento de agua provocado por el movimiento del pistón. El volumen de agua desplazado.[5]	7
3.3. Ejemplo de atenuador pasivo.[10]	9
3.4. Principio de la absorción pasiva.[11]	9
3.5. Esquema del principio de absorción activa.[10]	10
3.6. Tipos de mecanismos de absorción.[10]	11
3.7. Diagrama de cuerpo libre de un sistema de absorción tipo pistón.[3]	12
3.8. Sistema de absorción dinámico.[15]	14
3.9. Sistema de absorción cinemático.[17]	16
3.10. Función de transferencia.[19]	16
3.11. Respuesta al escalón para un sistema de segundo orden.[18]	17
4.1. Esquema del sistema a simular.	19
4.2. Geometría del canal utilizado.	20
4.3. Diagrama del algoritmo basado en la presión.[21]	21
4.4. Esquema del mallado en el modelo numérico.	23
4.5. Representación de los puntos de medición para el test de malla.	25
4.6. Amplitud de ola en $x = 4[m]$ para las distintas mallas testeadas.	25
4.6. Amplitud de ola en $x = 4[m]$ para las distintas mallas testeadas.[Continuación]	26
4.7. Resultado numérico y teórico para $x = 2[m]$ y su error.	26
4.8. Resultado numérico y teórico para $x = 6[m]$ y su error.	27
4.9. Amplitud de la onda en los puntos x_2 y x_4 del canal.	27
4.10. Amortiguamiento hidrodinámico R en función de la velocidad angular, para una profundidad $h = 1.5[m]$	28
4.11. Masa añadida m en función de la velocidad angular, para una profundidad $h = 1.5[m]$	29
4.12. Convergencia del valor de masa añadida según la cantidad de valores propios m_n considerados para las condiciones de operación.	29
4.13. Dependencia de la efectividad de absorción respecto al parámetro de control C	30
4.14. Absorción en el rango de frecuencias $0.5 - 1.75[\text{Hz}]$ para distintos valores de C	30
4.15. Función de transferencia entre la velocidad del pistón y el nivel de agua en la paleta.	31
4.16. Esquema de la magnitud medida para evaluar la respuesta al escalón.	31
4.17. Parámetros de la función escalón.	32
4.18. Nivel de agua de la paleta ante el escalón del caso base.	32
4.19. Nivel de agua de la paleta ante el escalón del caso 7.	33

4.20. Nivel de agua en la paleta para los casos 1,2, 4 y 6.	33
4.21. Evolución del nivel de agua y campo de velocidades cerca de la paleta para caso 6.	34
4.22. Referencia de los parámetros de respuesta dinámica.	35
4.23. Amplitud máxima alcanzada en respuesta a distintas amplitudes del escalón.	36
4.24. Amplitud en estado estacionario alcanzada en respuesta a distintas amplitudes del escalón.	36
4.25. Tiempos característicos en función de la velocidad del escalón.	36
4.26. Frecuencia natural y amortiguada en función de la velocidad del escalón.	37
4.27. Razón de amortiguamiento en función de la velocidad del escalón.	37
4.28. Esquema realizado en SIMULINK.	38
4.29. Señal de entrada y salida en Simulink.	38
4.30. Comparación entre respuesta obtenida en Fluent y Simulink para caso 6.	39
4.31. Diagrama de bloque del sistema de absorción cinemático implementado.	39
4.32. Canal diseñado para realizar las pruebas de absorción.	40
4.33. Movimiento axial de los dos mecanismos de absorción.	41
4.34. Amplitud de onda en la paleta de absorción para el mecanismo 1 de atenuación ante una onda armónica.	42
4.35. Potencia utilizada en generación y absorción de las olas.	43
4.36. Amplitud de onda en $x = 4[m]$ y el error respecto a la teoría lineal.	44
4.37. Amplitud de onda en $x = 6[m]$ y el error respecto a la teoría lineal.	45
4.38. Amplitud de onda en $x = 4[m]$ y $x = 6[m]$ para una onda impulsiva en un canal sin absorción.	46
4.39. Movimiento axial de la paleta de absorción y generación para onda impulsiva con respecto a su posición inicial.	47
4.40. Nivel de agua en la paleta de absorción.	47
4.41. Nivel de agua en distintos puntos del canal para las situaciones con y sin absorción de una onda impulsiva.	48
4.41. Nivel de agua en distintos puntos del canal para las situaciones con y sin absorción de una onda impulsiva (Continuación).	49
C.1. Esquema del modelo multifásico VOF: malla de un fluido con dos fases.	IV
D.1. Convergencia de la malla	V
D.2. Amplitud de onda teórica en distintos puntos del canal.	VI
D.3. Amplitud de onda para simulación con implementación de absorción activa en $x_7 = 7[m]$	VI
D.4. Velocidad de la paleta de absorción para el caso de la onda impulsiva.	VI