

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivos generales	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. Organización del Informe	3
2. Marco Teórico	5
2.1. Ondas de gravedad en fluidos	6
2.2. Celeridad de ondas solitarias en agua	8
2.3. Ondas lineales en fluidos reales	11
2.3.1. Condiciones de borde para ondas con viscosidad	12
2.3.2. Velocidad de fase de la onda lineal	14
2.4. Ondas no lineales en fluidos reales	15
2.4.1. Ecuaciones de onda solitaria en fluidos newtonianos	15
2.4.2. Velocidad de fase en un fluido newtoniano	19
2.4.3. Capa límite superficial	20
2.5. Fluidos no newtonianos	21
2.5.1. Fluido tipo Ostwald-de Waele o Ley de Potencia	21
2.5.2. Ecuaciones de onda solitaria en fluidos no newtonianos	22
2.5.3. Ecuaciones promediadas en la vertical	25
3. Metodología Experimental	26
3.1. Técnicas de medición	26
3.1.1. Perfilometría por transformada de Fourier	26
3.1.2. Velocimetría de Imágenes de Partículas Digital	29
3.1.3. Trazadores	31
3.2. Descripción de la instalación experimental	32
3.2.1. Instalación experimental para medir por FTP	32
3.2.2. Instalación experimental para medir por PIV	33
3.2.3. Generación de ondas	35
3.2.4. Generación de ondas en agua	36
3.2.5. Validación de la generación de ondas	39
3.2.6. Generación de ondas en Glicerina y CMC	39
3.2.7. Calibración del servomotor	41
3.3. Medición de las propiedades físicas de los fluidos	42
3.3.1. Medición de reología	42

3.3.2. Medición de la densidad, pH y temperatura	43
4. Modelo Numérico	45
4.1. Solver de OpenFOAM	45
4.2. Ecuaciones del modelo	45
4.3. Malla numérica	47
4.4. Discretización temporal	47
4.5. Condiciones de borde de OLAFOAM	48
5. Presentación de Resultados y Análisis	49
5.1. Fluidos utilizados y configuraciones experimentales	49
5.2. Resultados de la perfilometría por transformada de Fourier	51
5.2.1. Celeridad de la onda variando la reología	51
5.2.2. Decaimiento de las ondas en fluidos pseudoplásticos	56
5.2.3. Regresiones de los decaimientos	57
5.3. Resultados del modelado numérico	58
5.3.1. Validación de los modelos numéricos	58
5.3.2. Simulación a distintas reologías pseudoplásticas	61
5.4. Resultados de la velocimetría de imágenes de partículas	63
5.4.1. Perfiles de velocidad y vorticidad en el agua a $h = 0,02$ (m) y $\varepsilon = 0,31$	63
5.4.2. Perfiles de velocidad y vorticidad en el agua $h = 0,04$ (m) y $\varepsilon = 0,24$	64
5.4.3. Perfiles de velocidad y vorticidad en CMC $h = 0,02$ (m) y $\varepsilon = 0,14$	65
5.4.4. Perfiles de velocidad y vorticidad en CMC $h = 0,04$ (m) y $\varepsilon = 0,21$	65
6. Discusión	67
6.1. Metodología experimental	67
6.2. Resultados	67
7. Conclusiones y recomendaciones	69
7.1. Conclusiones	69
7.2. Recomendaciones	70
Bibliografía	72
Anexos	77
Anexo A. Resultados y ajustes del decaimiento de ondas solitarias en CMC	79
A.1. Ajustes de los decaimientos.	79
Anexo B. Resultados cualitativos de velocimetría de imágenes de partículas bajo el peak de la onda en agua.	80
B.1. Campo de velocidades, líneas de corriente y convolución integral de línea. Agua a $h=0,02$ (m).	81
B.2. Campo de velocidades, líneas de corriente y convolución integral de línea. Agua a $h=0,04$ (m).	82
B.3. Campo de velocidades, líneas de corriente y convolución integral de línea. CMC a $h=0,02$ (m).	83

B.4. Campo de velocidades, líneas de corriente y convolución integral de línea. CMC a $h=0,04$ (m).	84
Anexo C. Distribuciones de velocidad, presión dinámica y tasa de deformación numéricas.	85
C.1. Distribuciones velocidad, presión dinámica y tasa de deformación para un fluido newtoniano.	86
C.2. Distribuciones velocidad, presión dinámica y tasa de deformación para un fluido pseudoplástico con $n=0,8$	88
C.3. Distribuciones velocidad, presión dinámica y tasa de deformación para un fluido pseudoplástico con $n=0,6$	89
C.4. Distribuciones velocidad, presión dinámica y tasa de deformación para un fluido pseudoplástico con $n=0,4$	91
Anexo D. Propagación de errores	92