

**Estudio del Sobrepaso
Utilizando Generación de
Oleaje de Segundo Orden en Canales 2D
Ingeniería Civil Oceánica – Universidad de Valparaíso**

Tabla de contenido

Resumen	5
Capítulo 1: Introducción	6
1.1 Contexto y presentación del problema	6
1.2 Alcances y limitaciones	6
1.3 Justificación	7
1.4 Revisión de trabajos anteriores	7
1.5 Mejoras propuestas en esta investigación	8
Capítulo 2: Objetivos	9
2.1 Objetivo general	9
2.2 Objetivos específicos	9
Capítulo 3: Marco Teórico	10
3.1 Fundamentos del Oleaje: Teorías de Primer y Segundo Orden	10
3.2 Generación de Oleaje en Canales Físicos	10
3.3 El Sobrepaso en Estructuras Costeras	10
3.4 Componentes de Segundo Orden y su Impacto	11
3.5 Separación de espectros de oleaje incidente y reflejado utilizando método de mínimos cuadrados.	11
Capítulo 4: Metodología	14
4.1 Enfoque General	14
4.2 Actividades Preparatorias y Calibración	14
4.3 Diseño Experimental y Etapa Exploratoria	¡Error! Marcador no definido.
4.4 Instrumentación y Medición	16
4.5 Etapa Principal y Planificación de Ensayos	17
4.6 Análisis de Resultados	17
Capítulo 5: Presentación y Análisis de Resultados.	20
5.1 Análisis Espectral y Validación de la Separación	20
5.1.1 Comparativa de Auto-espectros de las Sondas	20
5.1.2 Espectros Incidente y Reflejado Resultantes	21
5.1.3 Factor de Coherencia y Confiabilidad	21
5.2 Análisis del Caudal de Sobrepaso Normalizado	22
5.3 Resultados de la Etapa Exploratoria	22
5.3.1 Determinación del número de repeticiones por ensayo	22

5.3.2 Determinación de la duración óptima del ensayo (número de olas)	24
5.3.3 Evaluación del tipo de semilla: Fija vs. Aleatoria	25
5.4 Análisis de la Etapa Principal: Comparación de Teorías de Generación	26
5.4.1 Análisis para el periodo $T_p=12$ s	26
5.4.2 Análisis para el periodo $T_p=14.6$ s	¡Error! Marcador no definido.
5.4.3 Análisis para el periodo $T_p=17.2$ s y limitaciones técnicas	¡Error! Marcador no definido.
5.4.4 Cuantificación del sesgo respecto a la generación lineal (LIN)	29
Capítulo 6: Discusión de Resultados	30
6.1 El Sesgo de la Teoría Lineal y la Sobreestimación del Sobrepaso	30
6.2 Predominancia de los Sub-armónicos sobre los Super-armónicos	¡Error! Marcador no definido.
6.3 Robustez Estadística: Repeticiones y Duración	31
6.4 Implicancias Prácticas y Limitaciones Técnicas	31
Capítulo 7: Conclusiones	32
Referencias Bibliográficas	33

Tabla de figuras

Figura 1: Separación de espectro incidente y reflejado utilizando 3 sondas (P1, P2 y P3). Fuente: Mansard & Funke (1980).....	12
Figura 2: Interfaz del software AwaSys, utilizado para controlar la paleta generadora de oleaje del INH. Fuente: Aalborg University.	15
Figura 3: Izquierda: limnómetro para medir la desnivelación del agua en el estanque antes y después de los ensayos. Derecha: Estanque del sobrepaso al final del canal de olas. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 4: Comparativa de auto-espectros de las sondas 1,2 y 3. Fuente: Mansard & Funke (1980).....	18
Figura 5: Espectros separados (incidente y reflejado). Fuente: Mansard & Funke (1980).	18
Figura 6: Factor de coherencia en función de la frecuencia. Fuente: Mansard & Funke (1980). 18	
Figura 7: Ejemplos de análisis de sobrepaso utilizando generación de primer y segundo orden para sub y super-armónicos. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 8: Auto-espectros de cada una de las sondas. Fuente: Elaboración propia	20
Figura 9: Espectros de energía incidente y reflejado. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 10: Factor de coherencia en función de la frecuencia. Fuente: Elaboración propia.	22

Figura 11: Número de repeticiones vs Desviación típica del sobrepaso normalizado. Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 12: Número de olas vs caudal medio de sobrepaso normalizado. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 13: Tipo de semilla vs caudal medio de sobrepaso normalizado. Fuente: Elaboración propia.	25
Figura 14: Comparativa de Q^* para $T_p=12$ s según tipo de generación. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura 15: Comparativa de Q^* para $T_p=14.6$ s según tipo de generación. Fuente: Elaboración propia.	28
Figura 16: Comparativa de Q^* para $T_p=17.2$ s y visualización de datos faltantes. Fuente: Elaboración propia.	28

Resumen

Esta investigación evalúa cuantitativamente el impacto de la generación de oleaje de segundo orden en el caudal de sobrepaso mediante ensayos experimentales en el canal bidimensional del Instituto Nacional de Hidráulica. Se determinó que la teoría lineal de primer orden omite componentes no lineales fundamentales, lo que induce ondas largas parásitas que elevan artificialmente el nivel del agua y sobreestiman significativamente el sobrepaso. Para mitigar este sesgo, se estableció un protocolo optimizado que incluye el uso de semilla aleatoria, una duración de 1000 olas y un número de 6 a 10 repeticiones para asegurar la confluencia de la desviación típica y la robustez estadística de los datos. Mediante la aplicación del método de mínimos cuadrados de tres puntos para aislar la altura de ola incidente real, los resultados principales revelaron que la generación lineal sobreestima el sobrepaso en un 50.5% para periodos altos ($T_p=17.2$ s) en comparación con el segundo orden en componentes sub y super-armónicos del espectro de oleaje. Finalmente, se concluye que la corrección de segundo orden en sub-armónicos es el factor determinante para reproducir fielmente el fenómeno de *set-down* y evitar sobredimensionamientos costosos en el diseño de defensas costeras.