

# SOFTWARE PARA LA DETECCIÓN DE VARIABLES HIDRODINÁMICAS EN LABORATORIO MEDIANTE TÉCNICAS DE VÍDEO DE ALTA DEFINICIÓN

A. Pérez Paladini<sup>1</sup>; P. Gyssels<sup>2</sup>, M. Pagot<sup>2</sup>, O. Bustos<sup>1</sup> y G. Hillman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Medina Allende s/n, 5000 Córdoba, Argentina; email: [aguperezpala@gmail.com](mailto:aguperezpala@gmail.com), [oscar\\_oh@gmail.com](mailto:oscar_oh@gmail.com)

<sup>2</sup>Laboratorio de Hidráulica, Departamento de Hidráulica, Centro de Estudios y Tecnología del Agua, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, email: [pgyssels@efn.uncor.edu](mailto:pgyssels@efn.uncor.edu), [mpagot@efn.uncor.edu](mailto:mpagot@efn.uncor.edu), [ghillman@efn.uncor.edu](mailto:ghillman@efn.uncor.edu)

## Resumen

En este documento se presenta un sistema (software) como método no intrusivo alternativo con respecto a los métodos utilizados actualmente en laboratorio, de bajo costo para la captura de variables hidrodinámicas en un canal 2D en tiempo real y por medio de una webcam. Los objetivos principales de este trabajo fueron obtener niveles de errores aceptables a la hora de capturar la altura de la superficie libre en un canal de laboratorio con propósitos ingenieriles, en donde se obtuvieron mediciones con diferencias que rondan en el orden de 0,1 cm para la altura de ola y 0,009 segundos en el periodo de ola.

## Introducción

En este trabajo se desarrolla un sistema de medición y análisis de variables hidrodinámicas en laboratorio mediante técnicas de video con cámaras web de alta definición. Estas técnicas son ventajosas con respecto a los métodos tradicionales en: son técnicas no intrusivas, económicas, fácil de utilizar por usuarios con poca experiencia, flexibles ya que pueden ser aplicadas a diferentes tipos de mediciones y escalas espacio-temporales de los procesos.

Si bien la precisión de éste método no es tan exacta como la de los tradicionales, es suficiente para varias aplicaciones ingenieriles en laboratorio.

En este trabajo se implementó una técnica para la adquisición de datos de altura de ola en tiempo real y su posterior análisis, pero la metodología sirve como punto de partida para las mediciones de otros parámetros hidrodinámicos (como rotura de oleaje, dispersión de contaminante) y sedimentológico de interés (erosión de un perfil de playa).

## Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es optimizar la toma de datos de la variable "altura de la superficie libre" (o altura de ola) mediante cámaras de alta definición en un canal de bidimensional de oleaje en laboratorio. Los instrumentos de tipo resistivo (intrusivos) de laboratorio cuentan con la capacidad de muestreo de 100 Hz, pero en el campo de la ingeniería marítima o de costas, es suficiente un muestreo de 20 Hz, por lo que el sistema debería funcionar a esa frecuencia (capturar y procesar al menos 20 imágenes por segundo).

Durante los ensayos estas tomas deberán permitir la visualización en tiempo real de la variación de la variable a medir, de manera tal que el funcionamiento de esta metodología pueda ser equivalente (dentro de una precisión admitida) a las mediciones realizadas con los instrumentos tradicionales para estudios en el campo de la ingeniería.

## Técnicas y Métodos

Dentro del conjunto de técnicas basadas en procesamiento de imágenes se pueden diferenciar aquellas que son en tiempo real y las que no, pero ambas, a grandes rasgos, siguen un mismo proceso. Este proceso tiene como entrada una imagen y como salida la detección de alguna variable determinada (en este caso la altura de la superficie libre). Podemos describirlo, de forma general, como un conjunto de pasos (secuenciales) o sub-procesos: Rectificación; Detección de Contornos; Análisis y Procesamiento. Cada uno de estos pasos pueden ser llevados a cabo de distintas maneras y utilizando diferentes algoritmos o modelos matemáticos. Algunas de las técnicas analizadas en este trabajo se pueden encontrar en Brady et al., 2004 y Sánchez, 2010.

En este trabajo en particular se pueden apreciar 4 etapas distintas como se lo detalla en la Figura 1.

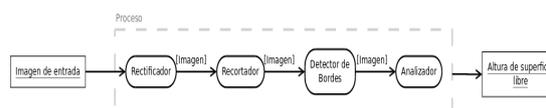


Figura 1.- Proceso completo del procesamiento de imágenes.

Los resultados obtenidos al final del proceso no solo están condicionados por los métodos/algoritmos utilizados sino también por factores externos provenientes del entorno donde se realizan las mediciones como: luz ambiental, contraste de la superficie libre con respecto al fluido, suciedades en los vidrios laterales del canal, etc.

## Mediciones y análisis de los resultados

Los ensayos (más interesantes) realizados en laboratorio fueron aquellos en donde se generaron oleajes irregulares durante un cierto periodo de tiempo (entre 5 y 30 minutos de duración) intentando mantener constante los factores externos como la luz del entorno, intensidad, zona de captura (ver Figura 2), y variando la posición y distancia de la cámara con respecto a una de las paredes del canal bidimensional.

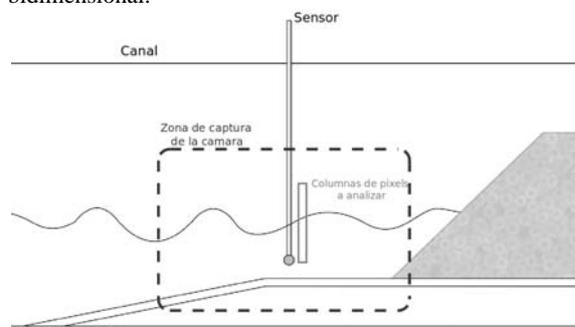


Figura 2.- Esquema de la zona de captura en el canal bidimensional de laboratorio.

Como se puede observar, la zona indicada por "Columnas de píxeles a analizar" es la región de la imagen capturada

(en la figura “Zona de captura de la cámara”) que procesa el sistema, la cual se encuentra muy próxima al sensor (resistivo de laboratorio). De esta manera se pudieron comparar los resultados obtenidos por el sistema presentado en este trabajo con los datos obtenidos por el sensor resistivo utilizado anteriormente en el laboratorio (el cual sirvió como base para determinar la precisión del mismo).

Aquellos ensayos en donde la cámara se encontraba más próxima al canal, los resultados obtenidos fueron más imprecisos (Tabla 1), en el que la diferencia de altura de ola máxima encontrada entre ambos métodos difiere unos 0,0153 metros aproximadamente, mientras que aquellos resultados obtenidos con la cámara ubicada a una distancia mayor de la pared del canal (Tabla 2) difieren con una altura máxima que ronda los 0,0055 metros.

**Tabla 1.-** Comparación de los parámetros Hs (altura de ola significativa), Hcalc (altura de ola calculada) y Tp (periodo de pico) para un oleaje irregular generado con parámetros Hs = 5cm, Fp = 1 Hz durante 5 minutos.

Método	Hs [m]	Hcalc [m]	Tp [s]
Sensor resistivo	0.04	0.02	0.97
Sistema implementado	0.03	0.02	0.98

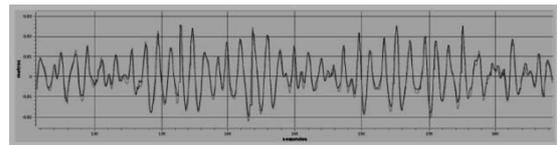
**Tabla 2.-** Comparación de los parámetros Hs (altura de ola significativa), Hcalc (altura de ola calculada) y Tp (periodo de pico) para un oleaje irregular generado con parámetros Hs = 5cm, Fp = 1 Hz durante 5 minutos.

Método	Hs [m]	Hcalc [m]	Tp [s]
Sensor resistivo	0.04	0.02	0.99
Sistema implementado	0.04	0.02	0.98

## Conclusiones

En este trabajo se propuso desarrollar un sistema capaz de capturar la altura de la ola en un canal 2D de laboratorio por medio de una cámara web y en tiempo real. La precisión del sistema está ligada y fuertemente afectada por factores externos como la luz utilizada (buscando siempre aquella que genere mayor contraste entre el fluido y la superficie y al mismo tiempo no genere reflejos sobre la pared del canal), la cantidad de partículas tanto en el fluido como en las paredes del canal, la posición y ángulo de la cámara, y además los valores de configuración del algoritmo de detección de contornos.

Se puede decir que el sistema logra capturar y analizar la altura de ola en tiempo real y a una velocidad superior a la mínima esperada (alcanzando 25 Hz) mostrando al mismo tiempo el proceso del ensayo realizado y los datos obtenidos (lo que quiere decir que puede correrse la interfaz grafica en simultaneo con el proceso de captura). Aun así no se logro alcanzar una precisión milimétrica para poder realizar mediciones que requieran un error menor a 0.55 cm, donde las causas se debieron tanto por motivos de hardware (velocidad de captura), software (post-procesamiento de datos, utilización de otros algoritmos) como factores externos (luminosidad, partículas en el fluido y paredes del canal, etc). Por otro lado se pudieron realizar mediciones en donde los errores de los valores de importancia como Hs y Tp se encuentran aproximadamente en el orden de los 0.1 cm y 0.009 segundos respectivamente, lo cual habilitaría al sistema para ser utilizado en diversas pruebas de ingeniería en laboratorio (Figura 3).



**Figura 3.-** Detalle de los datos obtenidos por ambos métodos (sensor resistivo en verde y sistema implementado en rojo) durante 38 segundos.

Por otro lado se considera altamente viable la posibilidad de aumentar la precisión del sistema por medio de distintos algoritmos en la fase final que complementen los posibles errores introducidos por la velocidad de captura de la cámara, como así también en una etapa posterior a la detección de los datos (post-procesamiento) en la que se filtren y corrijan aquellos valores que se consideren erróneos.

Fuera del sistema implementado para detectar la altura de la superficie libre, se logró desarrollar además un Framework el cual permitirá crear futuras aplicaciones (que brinden la oportunidad de medir otras variables hidrodinámicas) de una forma más fácil y rápida, dando también la opción de utilizar el GPU como unidad de procesamiento.

## Referencias Bibliográficas

**Brady, P.D.M., Boutounet, M. y S. Beecham** (2004). Free Surface Monitoring Using Image Processing. 15th Australasian Fluid Mechanics Conference. The University of Sydney, Sydney, Australia, 2004.

**Sánchez, F.J.**(2010). Medición y Análisis de las Variaciones en el Nivel de un Modelo Físico Empleando Imágenes. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, México, 2010.