



Memoria del proyecto para optar al Título
de
Ingeniero Civil Oceánico

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL
MECANISMO DE GENERACIÓN DE
ONDAS INFRAGRAVITATORIAS EN UNA
PLAYA CON PERFIL CON BARRA**

Eduardo González Pacheco

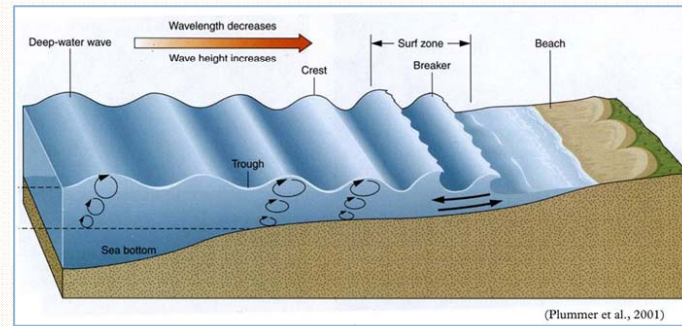


INDICE

- 1 **INTRODUCCIÓN**
- 2 **OBJETIVOS**
- 3 **FUNDAMENTO TEÓRICO**
 - 3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS
 - 3.2 ONDAS INFRAGRAVIATORIAS
 - 3.3 GRUPO DE OLAS
 - 3.4 TENSOR DE RADIACIÓN
- 4 **METODOLOGÍA**
 - 4.1 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL
 - 4.2 MODELO NUMÉRICO
 - 4.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS
- 5 **RESULTADOS**
 - 5.1 VALIDACIÓN EXPERIMENTAL
 - 5.2 PROPAGACIÓN DE OLEAJE
 - 5.3 MODOS PROPIOS
 - 5.4 ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA BANDA INFRAGRAVITATORIA
 - 5.5 ALTURA DE LA ONDA INFRAGRAVITATORIA
 - 5.6 CORRELACIONES CRUZADAS
- 6 **CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES**



1. INTRODUCCIÓN



ONDAS INFRAGRAVITATORIAS



$$\begin{aligned}
 q &= \left[1 + (h_x + \xi_x) \xi_x + \frac{1}{2} h_x^2 \xi_{xx} \right] u - \frac{1}{3} h (h^3 u_x)_x - a \xi^2 u_{xx} \\
 F &= hu, \\
 G &= qu + g(h + \xi) - \frac{1}{2} u^2 (1 + \xi_x^2) + (\xi_x u - \frac{1}{2} h u_x) h u_x - \\
 &\quad - a \xi^2 [u_x^2 + u u_{xx} + g(h + \xi)_{xx}], \\
 S &= 2a \xi_x \xi_{xx} [u u_x + g(h + \xi)_x]_x
 \end{aligned}$$



2. OBJETIVOS

El objetivo general:

Describir los procesos de generación y dinámica de las ondas infragravitatorias, considerando la influencia de la barra longitudinal en dos niveles de profundidad.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar si el modelo numérico SERR-1D puede describir el comportamiento de las ondas infragravitatorias.
- Determinar las frecuencias naturales de oscilación del canal de olas.
- Determinar la relación entre las ondas infragravitatorias y las ondas de corto período a lo largo del canal de olas.

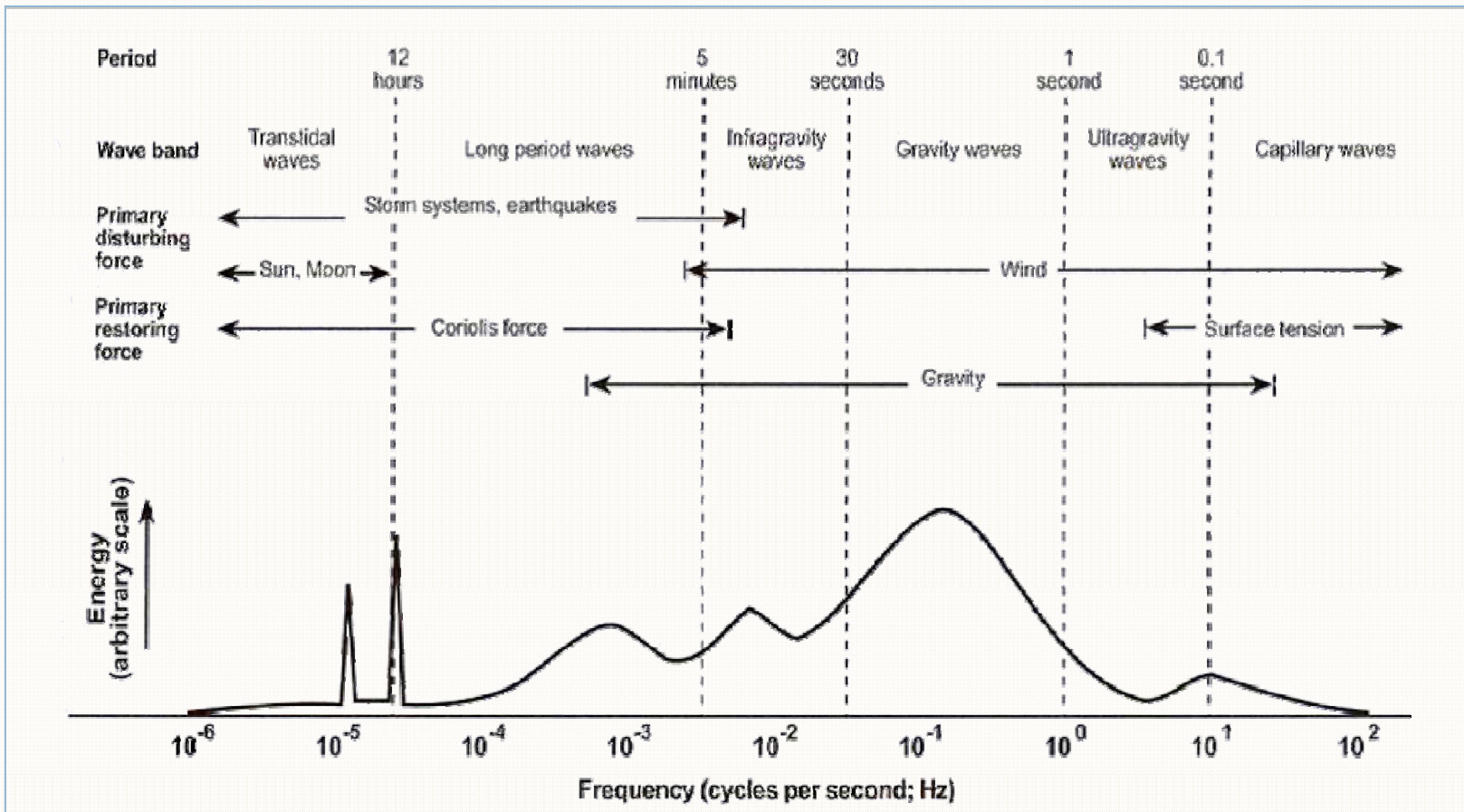


3. FUNDAMENTO TEÓRICO

- 3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS
- 3.2 ONDAS INFRAGRAVIATORIAS
- 3.3 GRUPO DE OLAS
- 3.4 TENSOR DE RADIACIÓN



6 **3.1 FUNDAMENTO TEÓRICO: CLASIFICACIÓN DE ONDAS**

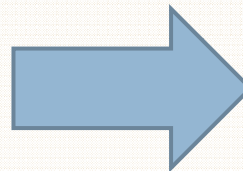




3.2 FUNDAMENTO TEÓRICO: ONDAS INFRAGRAVITATORIAS

(Munk, 1949)
y (Tucker,
1950)

SURF BEATS



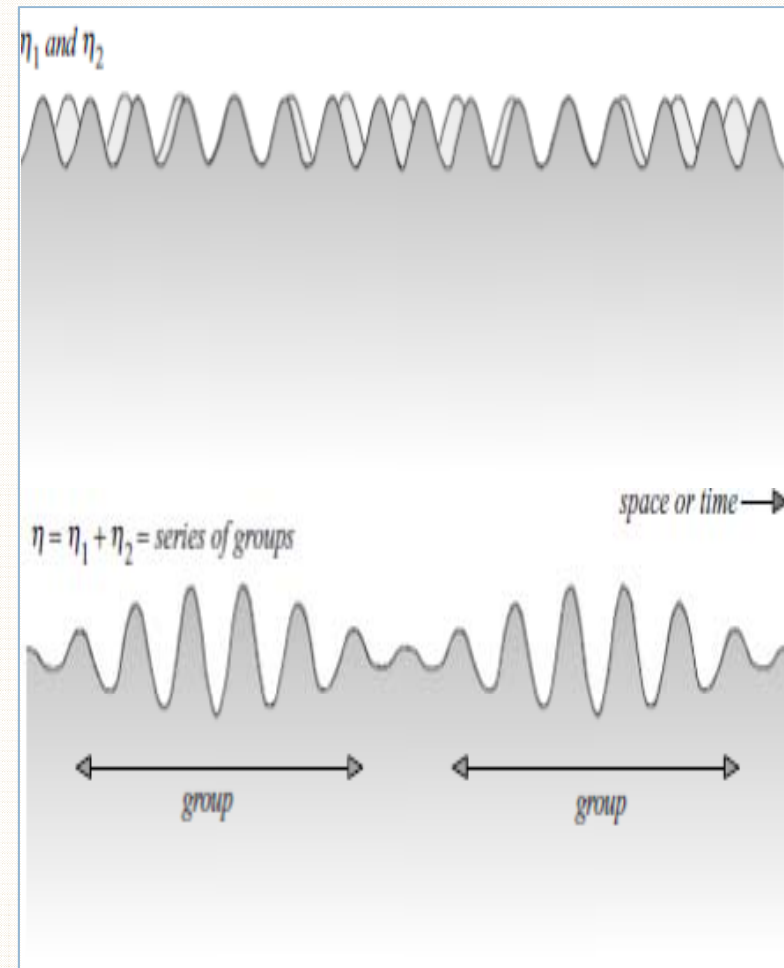
(Longuet-
Higgins &
Stewart,
1962)

TENSOR
RADIACIÓN



3.3 FUNDAMENTO TEÓRICO: GRUPO DE OLAS

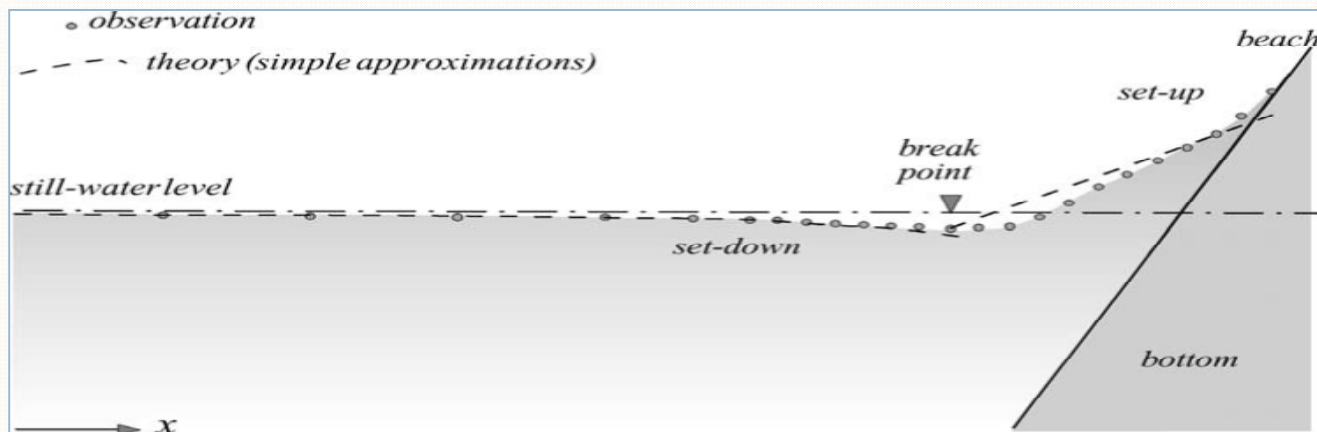
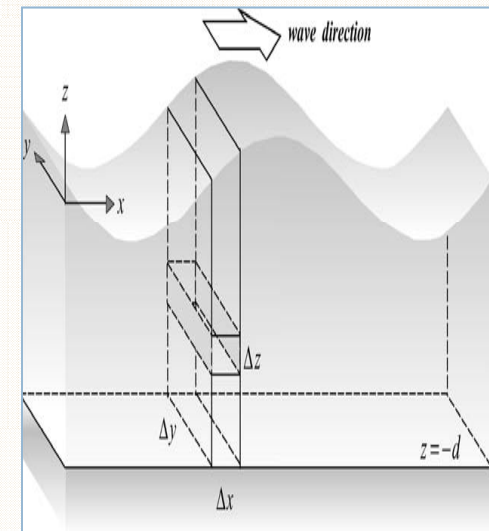
La adición de dos ondas que se propagan con idéntica amplitud y dirección con frecuencias ligeramente diferentes generan otro tipo canónico de movimiento de las ondas.





9 3.4 FUNDAMENTO TEÓRICO: TENSOR DE RADIACIÓN

- Las olas no solo transportan energía
- Exceso de flujo de momento que actúa sobre la columna de agua
- Generando Presión y tensiones



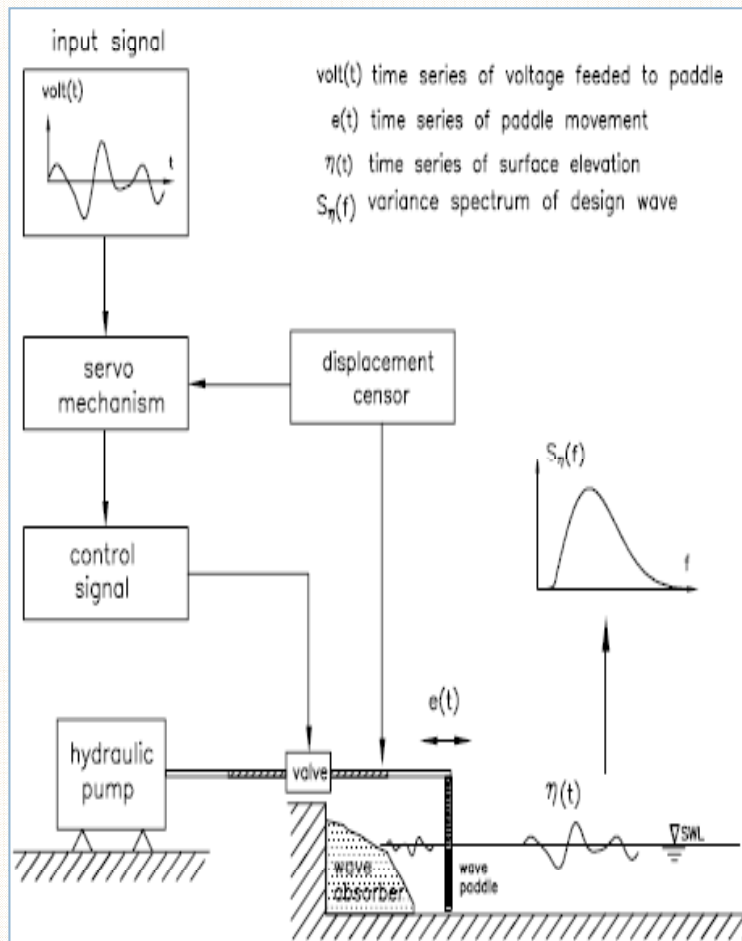


4. METODOLOGÍA

- 4.1 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL
 - 4.1.1 EQUIPAMIENTO EXPERIMENTAL
- 4.2 MODELO NUMÉRICO
- 4.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS
 - 4.3.1 DOMINIO DEL TIEMPO
 - 4.3.2 DOMINIO DE LA FRECUENCIA
 - 4.3.3 MODOS PROPIOS



4. METODOLOGÍA: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



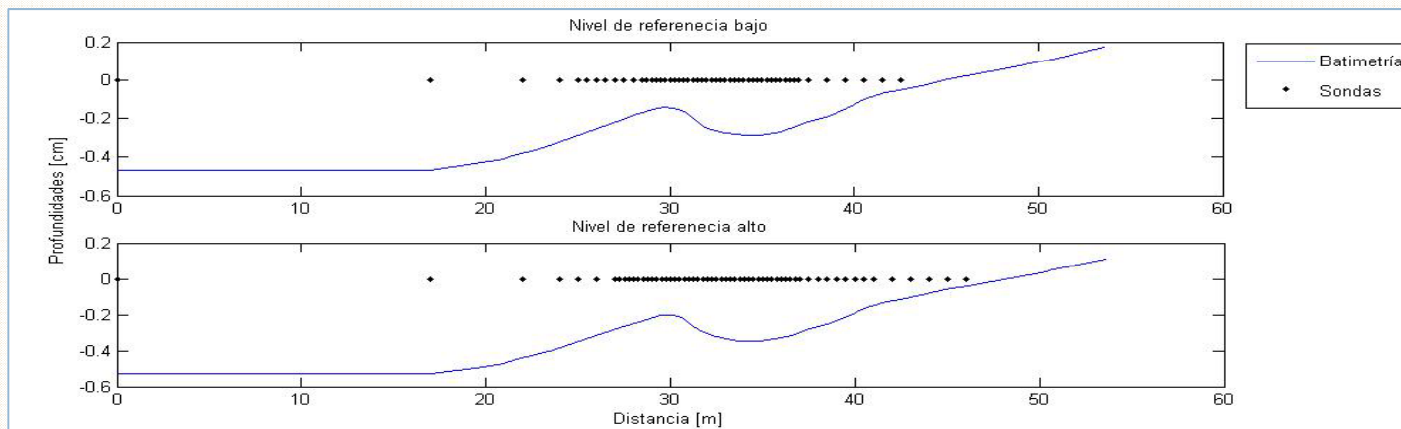
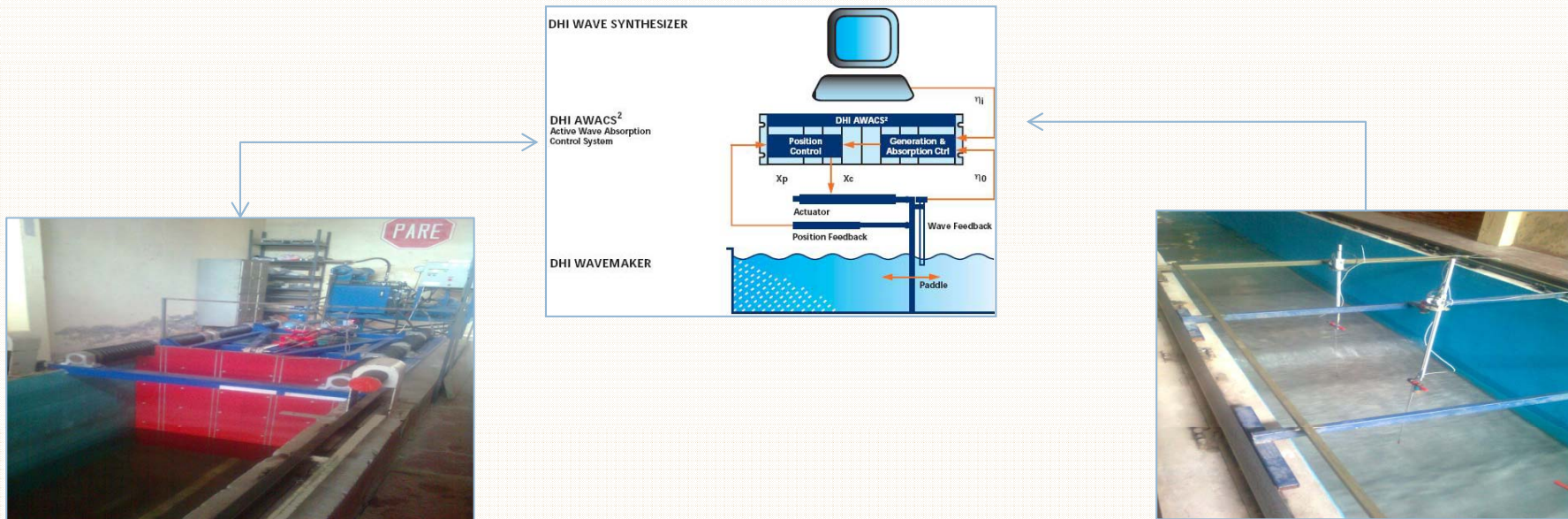
Espectro JONSWAP

Hmo: 0.08 [m]

Ts: 2.4 [s]

- Nivel alto, 0.52 [m] Profundidad inicial
- Nivel bajo, 0.46 [m] Profundidad inicial
- Duración de la modelación de 25 [min] de un total de 27 [min]

4. METODOLOGÍA: EQUIPAMIENTO EXPERIMENTAL

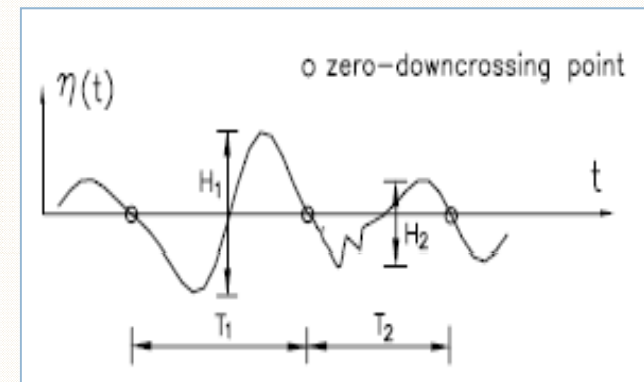




4. METODOLOGÍA: TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Dominio del tiempo

- El oleaje es un proceso irregular
- Definir un intervalo de tiempo durante los cuales se puede asumir que las propiedades estadísticas del oleaje son estacionarias.



$$\bar{H} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N H_l \quad H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} H_j$$

$$T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} T_j \quad \bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N T_l$$

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{l=1}^N H_l^2} \quad T_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{l=1}^N T_l^2}$$

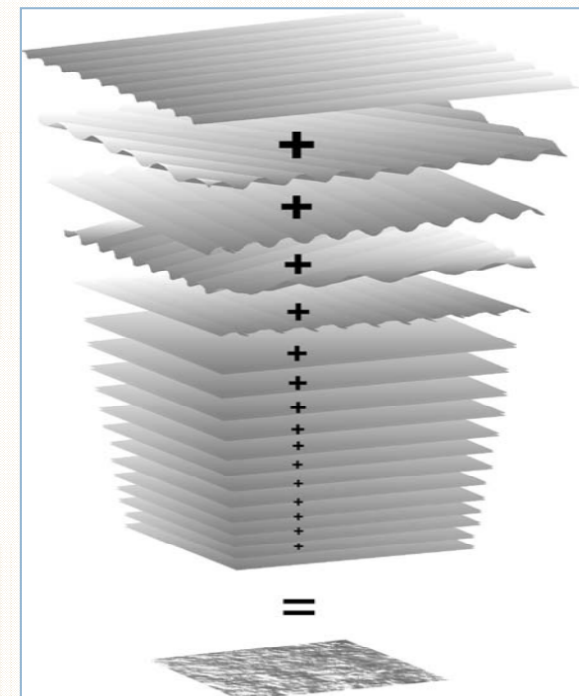


4. METODOLOGÍA: TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Dominio de la Frecuencia

El análisis espectral de oleaje consiste en asumir que la superficie del agua puede representarse como la suma infinita de oscilaciones de carácter regular, con diferentes amplitudes (alturas), frecuencias (períodos) y direcciones.

$$\eta(t) = \sum_{i=1}^N a_i \cos(2\pi f_i t + \alpha_i)$$





4. METODOLOGÍA: TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Modos Propios

Las ondas largas en zonas costeras son capaces de excitar los modos naturales de vibración en zonas semicerradas y cerradas (canal de olas). Las ondas al quedar encerradas entre las estructuras entran en resonancia induciendo la amplificación de ondas generando problemas de sobrepaso e inundaciones.

Ecuaciones lineales homogéneas, en aguas someras

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (h(x)u(x, t)) = 0$$

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0$$

$$-h_t U_{t+1} + 2h_t U_t - h_t U_{t-1} = \lambda U_t$$



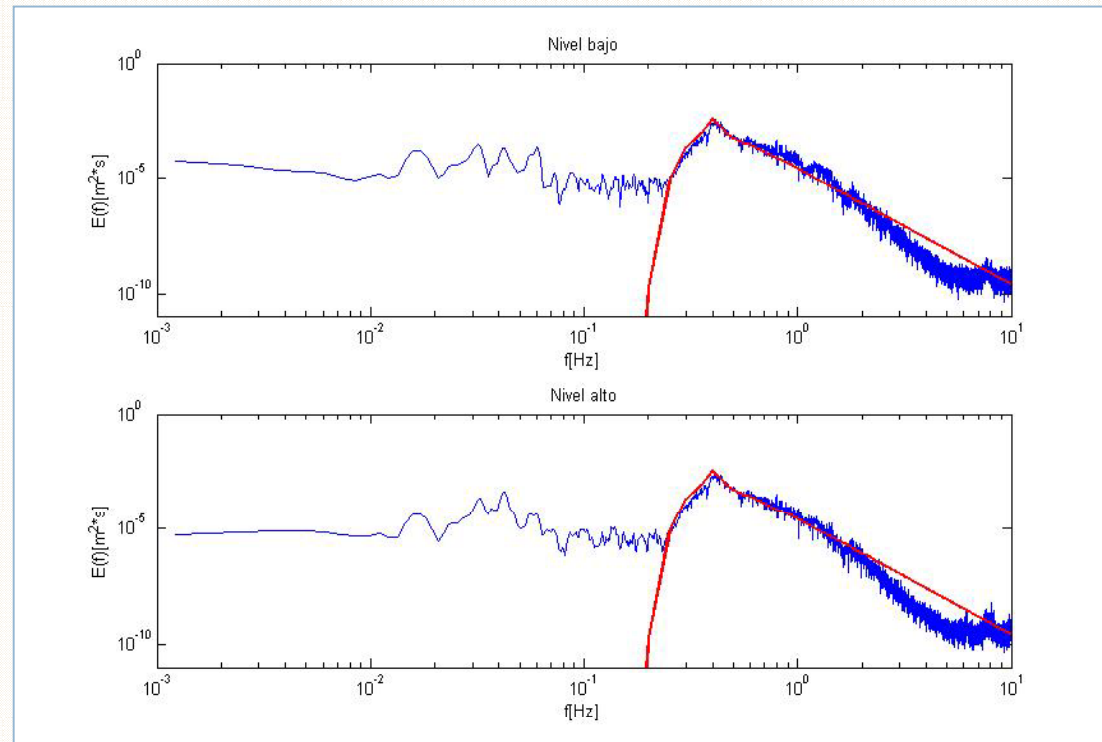
□ 5. RESULTADOS

- 5.1 VALIDACIÓN EXPERIMENTAL
- 5.2 PROPAGACIÓN DE OLEAJE
- 5.3 MODOS PROPIOS
- 5.4 ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA BANDA INFRAGRAVITATORIA
- 5.5 ALTURA DE LA ONDA INFRAGRAVITATORIA
- 5.6 CORRELACIONES CRUZADAS



5. RESULTADOS: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

□ ESPECTRO FORZANTE

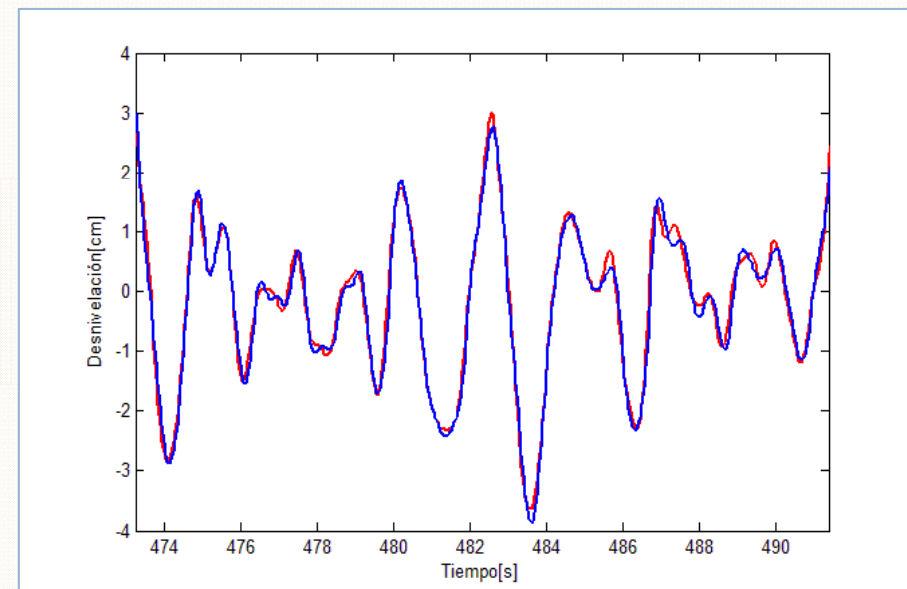




5. RESULTADOS: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

□ REPETIVIDAD

Correlaciones (%)	Bajo	Alto
Inicio (ho)	99,6	99,7
Barra	96,5	93,9
Línea de costa	91,5	97



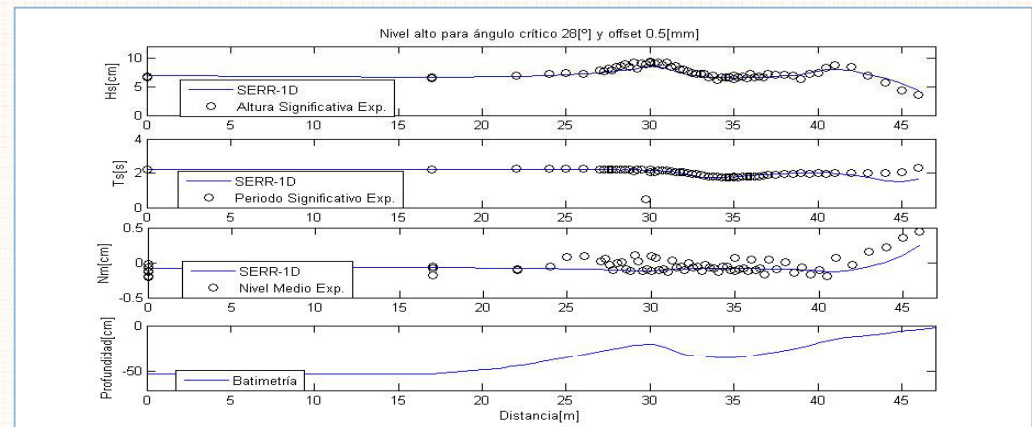
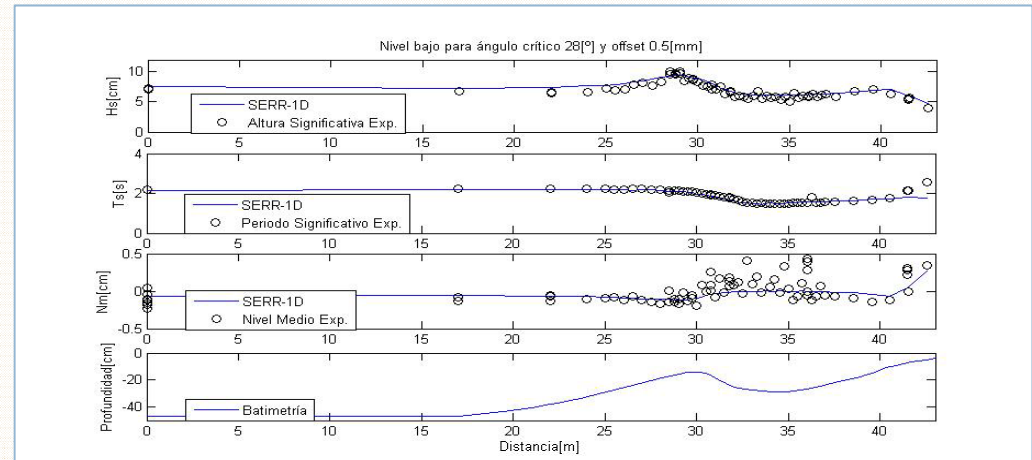


5. RESULTADOS: VALIDACION EXPERIMENTAL

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se sensibilizó modelo numérico para:

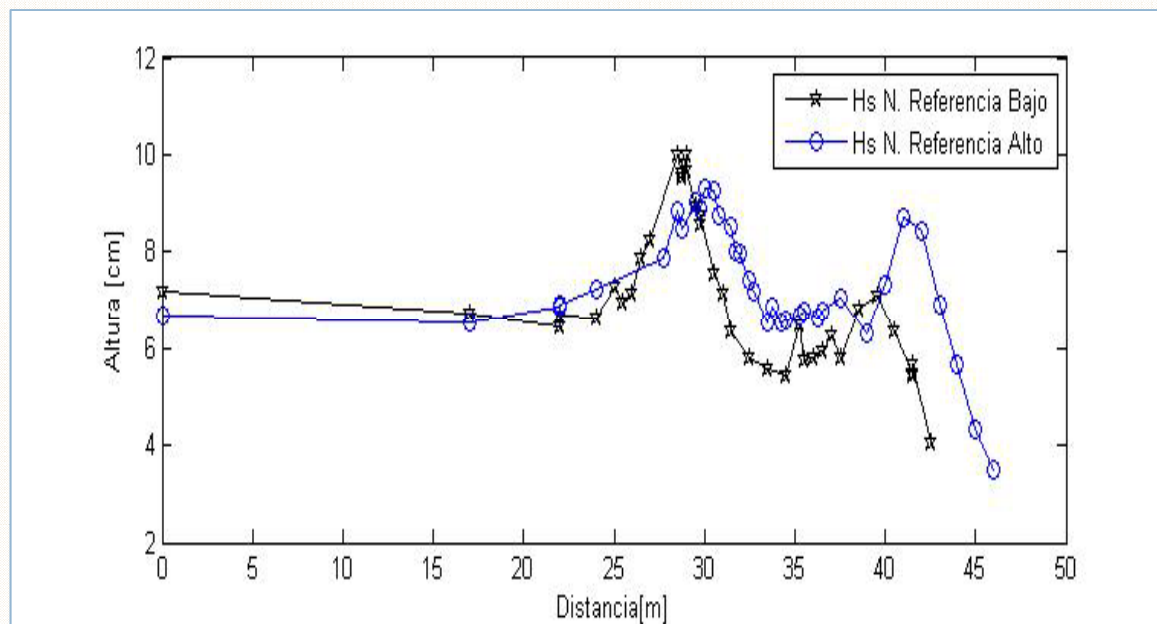
- ▣ Angulo de rotura critica: 25, 28 y 29 [°]
- ▣ Offset: -1,-0.1 y 0.5 [mm]





5. RESULTADOS: PROPAGACIÓN DE OLEAJE

- Efectos generados por la disminución de las profundidades.
- Alturas significativas
- Rotura de oleaje

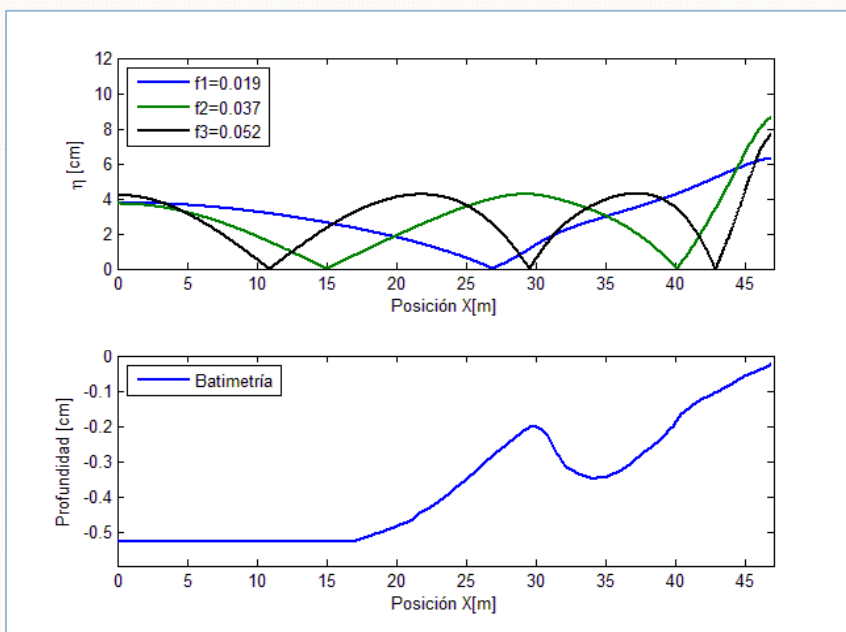




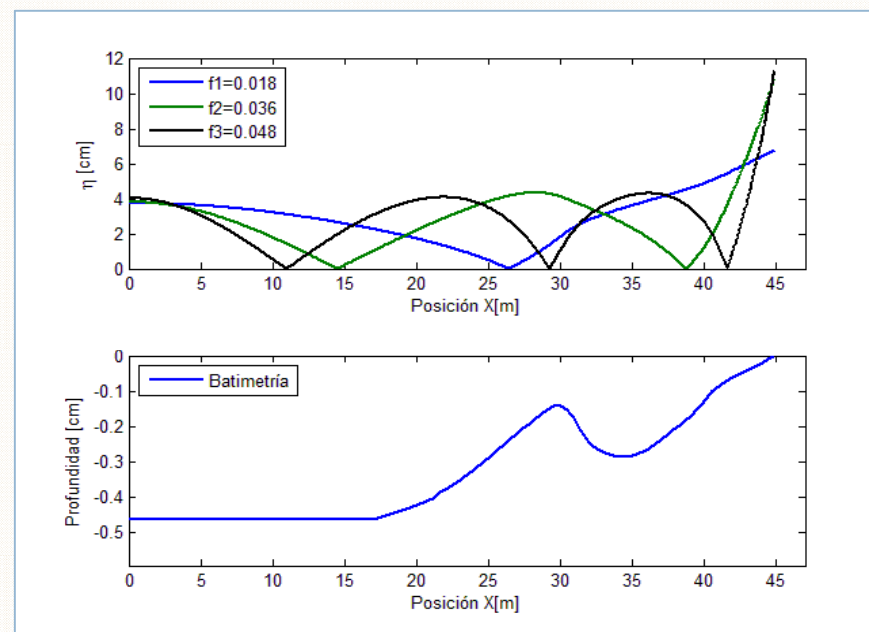
5. RESULTADOS: MODOS PROPIOS

Se obtuvieron los modos y vectores propios asociados a ecuaciones lineales en aguas someras, se determinaron las frecuencias naturales asociados a los 3 primeros modos propios.

Las frecuencias naturales son muy similares para ambos niveles de profundidad, modifican solo levemente las amplitudes de onda asociada.



Nivel alto



Nivel bajo

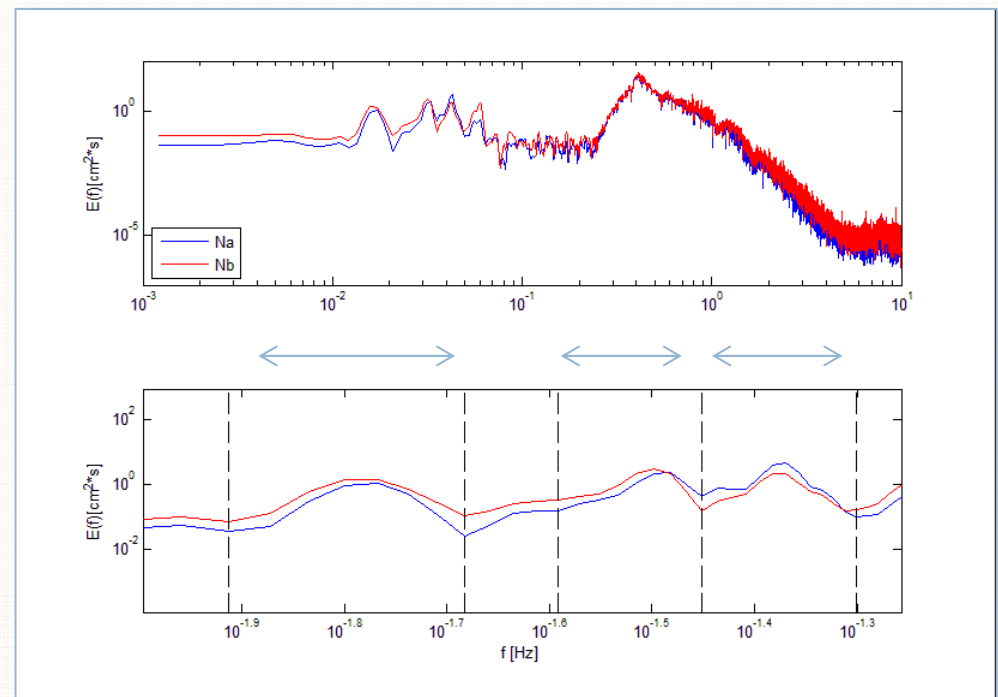


23 **5. RESULTADOS: ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA BANDA INFRAGRAVITATORIA**

-
- Filtro paso bajo, 0.030 [Hz]

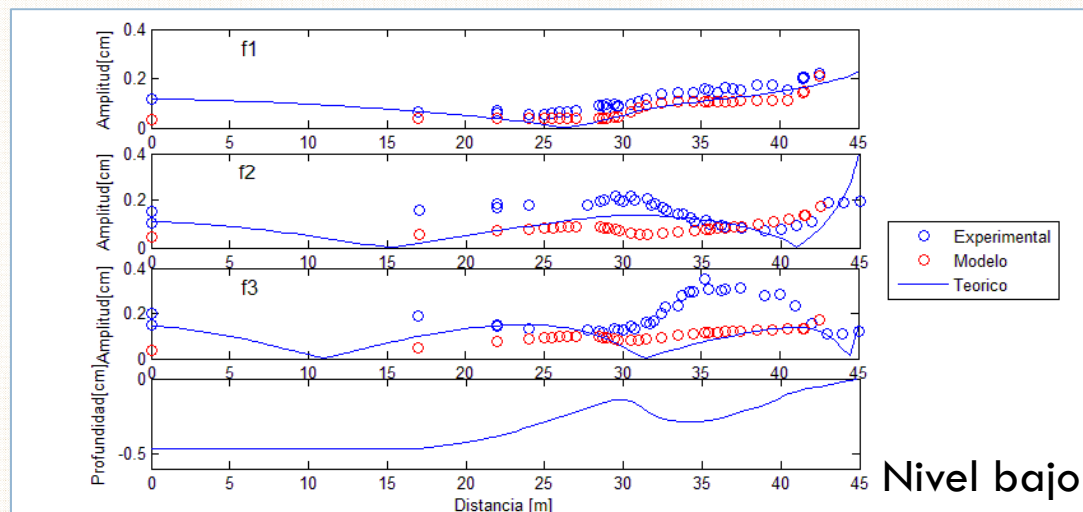
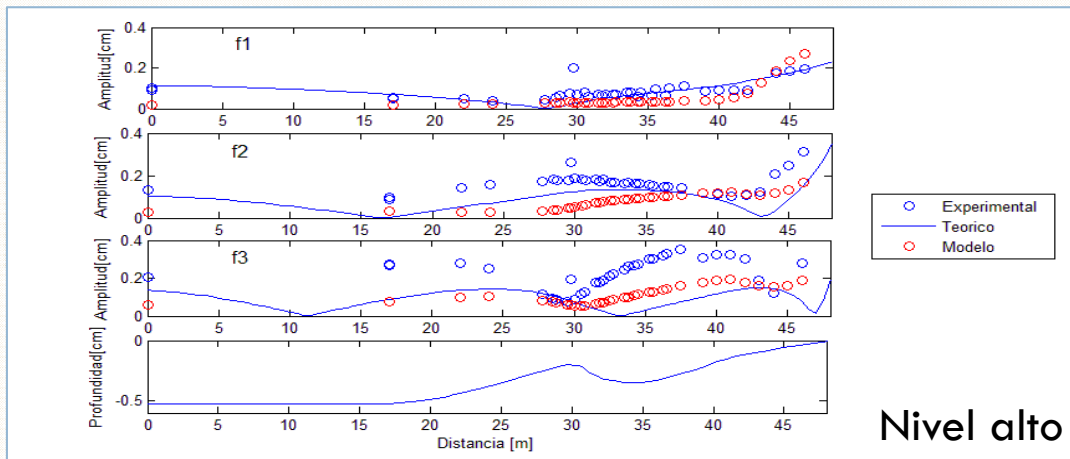
- Estimar la amplitudes asociados a las frecuencias naturales.

$$a(fn) = \sqrt{2 \int_{fn-df}^{fn+df} s(f)df}$$





24 **5. RESULTADOS: ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA BANDA INFRAGRAVITATORIA**

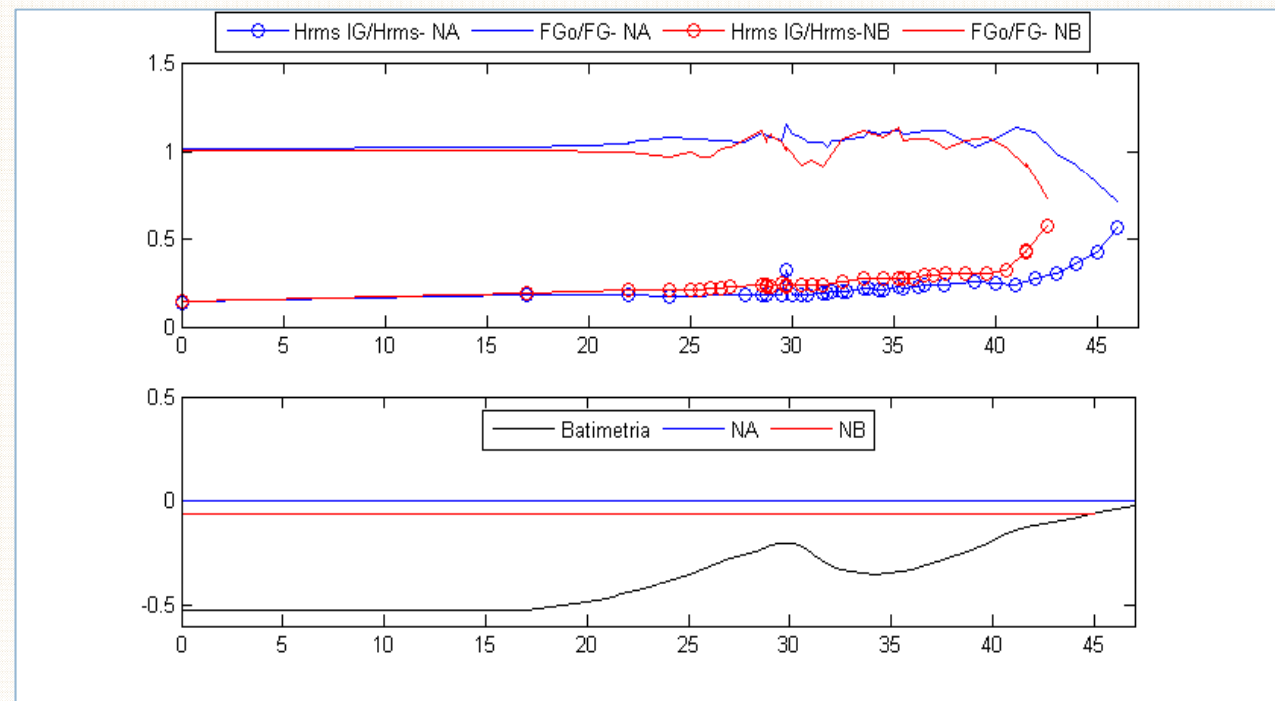


- La frecuencia natural para f1 presentan excelentes resultados entre el modelo numérico y teórico al ser comparados con los resultados experimentales.
- Variaciones:
- Modelo numérico no considera los efectos de la paleta generadora de oleaje (condición de borde)
 - Efectos reflexivos generados por la barra.



5. RESULTADOS: ALTURA DE OLEAJE INFRAGRAVITATORIO

- Filtro paso bajo 0.03 [Hz]
- Factor de grupo
- Altura porcentual de oleaje IG



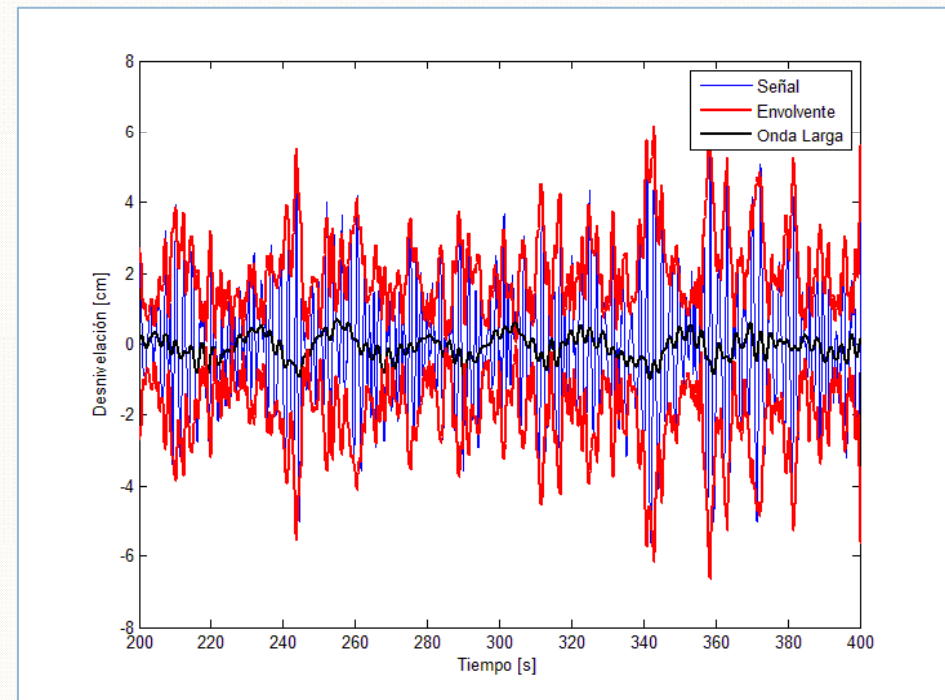


5. RESULTADOS: CORRELACIONES CRUZADAS

- Para analizar se estimaron las correlaciones cruzadas
- Entre la envolvente de alta frecuencia y la onda Infragravitatoria ligada al grupo de olas.

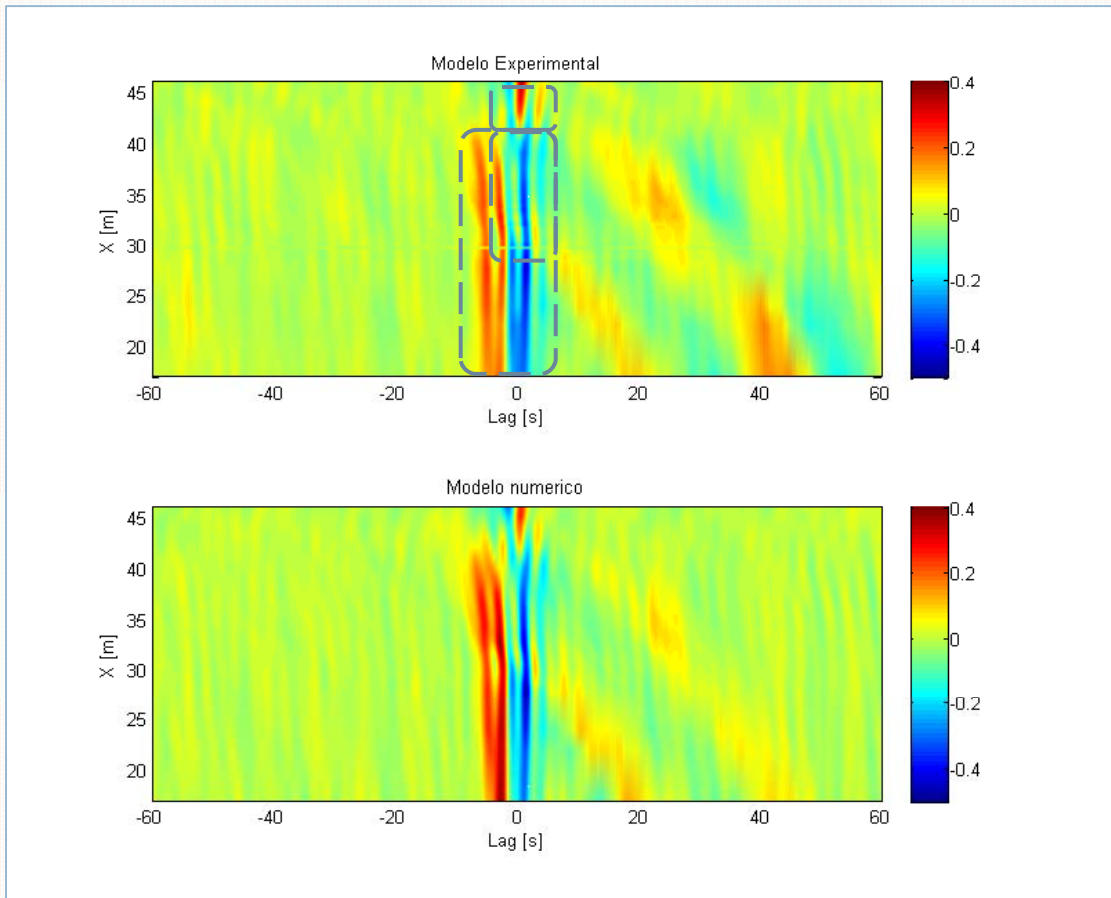
$$|A| = |\eta^{hf}(t) + iT\{\eta^{hf}\}|^{lf}$$

$$R_{VY} = \frac{\langle V(t)Y(t + \tau) \rangle}{\sigma_V \sigma_Y}$$





5. RESULTADOS: CORRELACIONES CRUZADAS

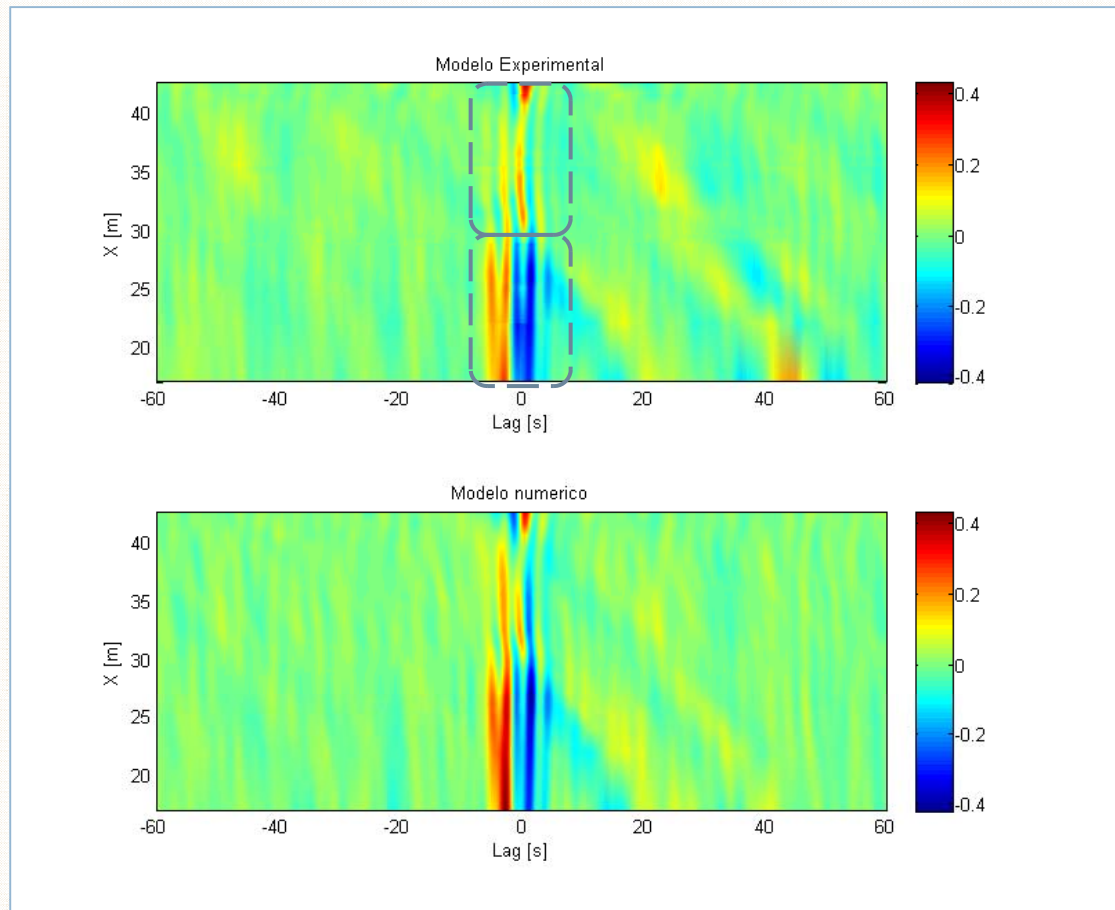


Nivel Alto

- Correlaciones Positivas antes de 0 [s], ondas en forma N (Nielsen & Baldock, 2009).
- Retardo de la onda infragravitatoria con respecto a la envolvente, (Janssen, Battjes & Van Dongeren, 2003) y (Lara & Losada, 2010)
- Correlaciones positivas en la parte alta de la playa



5. RESULTADOS: CORRELACIONES CRUZADAS



- **Nivel Bajo**
- Correlaciones Positivas antes de 0 [s]
- Correlaciones positivas, productos de procesos de asomeramiento y rotura.



6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES: CONCLUSIONES

- Las ondas Infragravitatorias son generadas por el rompimiento de ondas de alta frecuencias que liberan la onda larga asociado al grupo de olas. Esta generación está directamente relacionada con la profundidad local.
- Existencia de efectos reflexivos generados por la barra, a diferencia de los estudios (Janssen, Battjes, & Van Dongeren, 2003) quien para una playa con barra no evidencia este fenómeno de reflexión. Por otra parte, en estudios con pendiente de fondo suave, se observan solo una zona de reflexión en la línea de costa (Baldock, 2006)



6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES: CONCLUSIONES

- La envolvente del grupo de olas de alta frecuencia y la onda infragravitatoria antes de la ruptura evidencian en ambos niveles correlaciones positivas que son precedidas por resultados negativos entorno de los 0 [s] estos resultados confirman las afirmaciones de (Janssen, Battjes, & Van Dongeren, 2003) y (Nielsen & Baldock, 2009) sobre las ondas largas en forma de N.

Posterior al rompimiento de las ondas de alta frecuencia, se observa que la onda infragravitatoria converge con el bore conforme decrecen las profundidades (Van Dongeren, 2007) y (Lara, Ruju, & Losada, 2010).

- Al observar los resultados del esquema numérico utilizado para describir el comportamiento de las oscilaciones naturales, el cual manifiesta un excelente comportamiento para su primer modo, se llega a la conclusión que las variaciones de amplitudes a lo largo del canal de esta frecuencia son determinadas por la batimetría del canal.
- Para efectos del análisis los resultados proporcionados por el modelo numérico SERR-1D son capaces de representar de excelente manera la generación, propagación y disipación de las ondas infragravitatorias.



31 **6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES: CONSIDERACIONES**

- ANALISIS DE LA ZONA DE SWASH
- UTILIZACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS DE FILMACIÓN DE ENSAYOS.
- AUMENTAR NIVELES DE PROFUNDIDAD Y CONDICIONES ESPECTRALES A SIMULAR.



□ International Conference on Coastal Engineering

BARRED-BEACH MORPHOLOGICAL CONTROL ON INFRAGRAVITY MOTION

Rafael Almar^{1,5}, Rodrigo Cienfuegos¹, Eduardo Gonzalez¹, Patricio Catalán², Hervé Michallet³, Philippe Bonneton⁴, Bruno Castelle⁴ and Leandro Suarez^{1,3}

A conceptual analysis of the coupling between bars and infragravity waves is performed combining laboratory experiments and numerical modeling. Experiments are carried out in a wave flume with a barred profile. The Boussinesq fully-nonlinear model SERRID is validated with the laboratory data and a sensitivity analysis is performed next to study the influence on the infragravity wave dynamics of bar amplitude and location, and swash zone slope. A novel technique of incident and reflected motions separation that conserves temporal characteristics is applied. We observe that changing bar characteristics induces substantial variations in trapped energy. Interestingly, a modification of swash zone slope has a large influence on the reflected component, controlling amplitude and phase time-lag, and consequently on the resonant pattern. Variations of trapped infragravity energy induced by changes of swash zone slope reach 25 %. These changes in infragravity pattern consequently affect short-wave dynamics by modifying the breakpoint location and the breaking intensity. Our conceptual investigation suggests the existence of a morphological feedback through the action of evolving morphology on infragravity structures which modulates the action of short-waves on the morphology itself.

Keywords: Longwave dynamics, Sandbar, Swash, Nearshore, Laboratory experiment, Non-linear Boussinesq wave modeling, Radon transform, Incoming/Outgoing wave separation, Infragravity resonance

INTRODUCTION

Nearshore sandbars are ubiquitous alongshore wave-exposed natural beaches (Winjberg and Kroon, 2002). Their presence affects the hydrodynamics, for instance, driving wind-induced surface-gravity waves to break, a process that can be associated to energy dissipation and transfer to the infragravity frequency band. Infragravity may be predominant close to the shoreline due to short-waves saturation and this has been observed to be even enhanced by the presence of a submerged bar which limits short-wave amplitude (Ruessink, 1998; Senechal et al., 2002). The close correspondence between the length scales of infragravity waves and morphological features has suggested a strong coupling (Symonds & Bowen 1984; O'Hare & Huntley 1994; Aagaard and Bryan 2003). However, the



GRACIAS POR LA ATENCIÓN Y RESPETO.