

## **SECCIÓN 5**

# **CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**





## **CAPÍTULO 12**

### **CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

---



## 12.1. CONCLUSIONES

En este apartado se presentan las conclusiones de la Tesis ordenadas por secciones y capítulos.

### SECCIÓN 1. CAPÍTULO 1

❖ Aunque en el corto-medio plazo y en el largo plazo se dispone de herramientas específicas para estudiar la evolución de las playas, se ha observado una carencia en cuanto a modelos de evolución aplicables en el medio-largo plazo.

❖ Se ha verificado que la mayoría de los modelos de evolución existentes que intentan ser aplicables en escalas de medio-largo plazo se basan en modelos de una línea.

❖ Se ha establecido que la resolución del medio plazo requiere de la incorporación de la variabilidad del perfil de playa a los modelos de evolución de la planta de las playas en el largo plazo o modelos de una línea.

❖ De las tres opciones diferenciadas en la literatura (modelos de una línea con término de transporte transversal de sedimento, modelos híbridos, modelos de N líneas) con las que se ha intentado desarrollar una herramienta para el medio-largo plazo, se ha considerado más adecuada la opción de utilizar un modelo híbrido que incorpore un modelo de evolución de perfil de bucle cerrado o basado en una formulación de equilibrio.

### SECCIÓN 2. CAPÍTULO 2

❖ Se han derivado las ecuaciones generales de conservación del sedimento, sin introducir ningún tipo de hipótesis con respecto al perfil de playa. Estas ecuaciones son imprescindibles para el desarrollo del modelo de evolución de medio-largo plazo objeto de la Tesis, ya que las ecuaciones simplificadas que utilizan la mayoría de los modelos tradicionales de una línea no son adecuadas con este fin.

❖ Se ha verificado que las ecuaciones generales de conservación del sedimento sólo indican la variación temporal del área transversal en la zona de estudio, pero no establecen la variación de la línea de costa.

❖ Se ha comprobado la necesidad del establecimiento de un modelo de evolución de perfil de playa con el objetivo de predecir las variaciones de la línea de costa asociadas con variaciones temporales del área transversal, así como las relacionadas con una redistribución del sedimento en el perfil, disponiéndose de esta forma de una herramienta de evolución de playas válida para el medio-largo plazo.

### **SECCIÓN 2. CAPÍTULO 3**

❖ Se han analizado los diferentes métodos de determinación de la variación de la línea de costa existentes en la actualidad, prestándose especial atención a los métodos que utilizan los modelos de evolución de largo plazo. Se han derivado las ecuaciones que utilizan este tipo de modelos, detectándose una serie de deficiencias, cuya implicación principal es la limitación del rango de aplicación de este tipo de modelos al largo plazo.

❖ Con el objetivo principal de extender el rango de aplicación de los modelos de evolución de largo plazo, se han propuesto dos modelos para el establecimiento de la variación de la línea de costa.

### **SECCIÓN 2. CAPÍTULO 4**

❖ Se ha desarrollado un modelo de evolución con perfil de forma constante y profundidad límite variable. La utilidad de este modelo radica en ser el sustituto de los modelos de evolución de largo plazo existentes en la actualidad (modelos de una línea) en situaciones en las que las características del oleaje presentan gran variabilidad.

❖ Se ha propuesto una expresión (ecuación 2.100) con base en datos de campo, tanto en condiciones de oleaje normal como de temporal, para la definición

de la profundidad de transporte longitudinal activo  $h_q$  y que es función de la altura de ola significativa local  $H_{s,loc}$  en dicha profundidad.

## **SECCIÓN 2. CAPÍTULO 5**

❖ Se ha desarrollado un modelo de evolución de playas de medio-largo plazo. Con este fin, se ha propuesto un modelo de evolución de perfil que incorpora la definición del perfil completo de playa, diferenciándose en el mismo la zona de rotura, la zona de asomeramiento o de transición, la zona exterior y la zona geológica.

❖ Se ha validado el modelo de evolución desarrollado con datos de campo. Se ha podido verificar dicho modelo, tanto para reproducir acertadamente la posición de la línea de costa, como el perfil completo de playa. Merece la pena destacar que el éxito del modelo de evolución propuesto ha radicado especialmente en considerar el perfil completo, con todos sus tramos, lo cual ha permitido equilibrar la cantidad de sedimento y reproducir adecuadamente la posición de la línea de costa.

❖ Se han propuesto dos expresiones (ecuaciones 2.127 y 2.128), con base en datos de campo, para definir la profundidad que separa el tramo de asomeramiento o de transición del tramo exterior del perfil de playa. Con ambas expresiones se ha determinado la relación entre la profundidad indicada y la altura de ola significativa media del mes previo a la medida del perfil.

❖ Se ha establecido una expresión (ecuación 2.130) para definir el límite exterior o geológico. La expresión propuesta se ha establecido a partir de los datos de campo de Hallermeier (1981) para la definición de movimiento incipiente, obteniéndose una relación entre la profundidad indicada y la altura de ola significativa con período de retorno de un año.

❖ Se han comprobado las ventajas de utilizar un modelo de evolución de medio-largo plazo frente a los modelos tradicionales de una línea mediante unos casos de aplicación de ambos modelos. En el caso de que la variación de la línea de costa esté asociada a una redistribución del sedimento en el perfil y las variaciones

temporales del área transversal sean nulas, los modelos tradicionales de una línea son totalmente ineficientes. Por otra parte, en el caso de que la evolución de la línea de costa esté asociada a variaciones temporales del área transversal, los modelos tradicionales de una línea son adecuados para determinar la forma de equilibrio de la línea de costa, pero son inadecuados para predecir las escalas temporales de la evolución de la misma.

### **SECCIÓN 3. CAPÍTULO 6**

❖ Se ha determinado que la simplificación de Goda et al. (1978) y la aproximación de Kraus (1984) que utilizan los principales modelos de evolución de playas de largo plazo para el cálculo de la difracción poseen una serie de limitaciones, destacándose entre las mismas las siguientes:

- Se desprecia la influencia del período del oleaje. Consecuentemente, en los modelos GENESIS y LITLINE, como se basan en estos métodos, la posición de equilibrio de la línea de costa es independiente del período del oleaje.

- El parámetro de concentración direccional máxima en indefinidas sólo puede adoptar tres valores en particular, perdiéndose también con este hecho la influencia del período del oleaje.

- La curva propuesta para estimar el parámetro de concentración direccional máxima local no cubre el rango en el que se encuentran la mayoría de las estructuras, perdiendo validez en estas situaciones las expresiones aproximadas propuestas por Kraus (1984).

- La aproximación de Kraus (1984) no es adecuada para oleajes de banda muy ancha.

- Son métodos desarrollados para oleaje irregular (tipo “*sea*”), perdiendo su aplicabilidad en el caso de oleajes de banda muy estrecha (monocromáticos).



❖ Se ha verificado que entre las consecuencias de la incorrecta definición de la zona de refracción-difracción, se encuentra la inadecuada determinación de la posición de equilibrio de la línea de costa.

❖ Se ha establecido que en la zona iluminada existe una modificación del ángulo del oleaje. Sin embargo, los modelos GENESIS y LITLINE no contemplan esta modificación y el modelo ONELINE no lo hace adecuadamente.

❖ Se ha determinado que en la zona de sombra todos los modelos subestiman el valor de la altura de ola en rotura, en la zona iluminada los modelos GENESIS y LITLINE sobrestiman esta altura de ola y el modelo ONELINE la infravalora.

### **SECCIÓN 3. CAPÍTULO 7**

❖ Se ha desarrollado una formulación y procedimiento para la determinación de las características del oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción y para ser incluido dentro de un modelo de evolución de playas hasta el largo plazo. Dicho método, además de eliminar las deficiencias detectadas en los métodos antecesores, posee las siguientes características:

- La incorporación de los procesos de refracción-difracción conjuntamente de una forma lo suficientemente simplificada para ser compatible con las exigencias de rapidez necesarias para ser utilizado dentro de un modelo de evolución de playas de largo plazo (años a décadas).

- La validación de dicho método con base en los modelos de propagación de oleaje Oluca-MC (oleaje monocromático) y Oluca-SP (oleaje espectral) del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas.

- La incorporación de una definición adecuada de la zona de refracción-difracción mediante el ángulo  $\alpha_{min}$  propuesto por González y Medina (2001), incluyéndose de esta forma la influencia del período del oleaje en la delimitación de la zona analizada.

- La inclusión de la modificación experimentada por el ángulo del oleaje en la zona iluminada, no estableciéndose diferenciación, a efectos del ángulo, entre la zona de sombra y la zona iluminada, como ya había sido observado por Dabees (2000).
- La incorporación de una zona transicional en la que existe una serie de fuentes a partir de las que se radian las olas hacia la costa, lo cual ya había sido comprobado por Dabees (2000).
- La eliminación de todas las limitaciones detectadas en la simplificación de Goda et al. (1978) y la aproximación de Kraus (1984) para la determinación del coeficiente de difracción en las zonas de refracción-difracción. Se extiende el rango de aplicación de estos métodos desarrollados para oleajes de banda ancha (tipo “*sea*”) a oleajes de banda estrecha (tipo “*swell*”), mediante la introducción del parámetro  $\alpha$ . Se incorpora la correcta definición de la zona de refracción-difracción, incluyéndose de esta forma la influencia del período del oleaje, mediante la utilización del parámetro  $\gamma$ .

#### **SECCIÓN 4. CAPÍTULO 8**

❖ Se ha comprobado que en la actualidad no existen formulaciones de perfil de equilibrio que tengan en consideración de forma acertada la variabilidad espacial del perfil de playa en zonas de refracción-difracción.

❖ Se ha verificado con datos de campo que la formulación de perfil de equilibrio con refracción propuesta por González et al. (1997) no es adecuada en zonas de refracción-difracción, subestimando el parámetro de forma del perfil en las zonas objeto de interés.

#### **SECCIÓN 4. CAPÍTULO 9**

❖ Se ha derivado una expresión analítica para definir el perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción (ecuaciones 4.42 y 4.43). Dicha expresión es

similar a la obtenida por Dean (1977), pero en este caso el parámetro de forma total  $A_T$  del perfil está compuesto por un parámetro asociado al tamaño de grano  $A_d$  y un parámetro asociado a la zona de refracción-difracción  $A_{ref-dif}$ .

❖ Se ha propuesto una expresión para la determinación del parámetro de forma  $A_{ref-dif}$  presente en la formulación derivada (ecuación 4.59). Esta expresión, además de poseer base analítica (ecuación 4.44), incorpora unos parámetros imprescindibles y tiene en consideración los datos de campo. La expresión establecida depende del ángulo  $\beta$  de delimitación de la zona de refracción-difracción, del ángulo  $\theta$  de localización del perfil y de dos parámetros de calibración ( $P_a$  y  $P_b$ ).

❖ Se ha estudiado el perfil de playa con parámetro de forma  $A_{ref-dif}$  máximo, relacionándose dicho perfil con los parámetros  $P_a$  y  $P_b$  de calibración de la formulación propuesta.

#### **SECCIÓN 4. CAPÍTULO 10**

❖ Se ha realizado la calibración con datos de campo de los parámetros  $P_a$  y  $P_b$  presentes en la formulación propuesta para definir el parámetro de forma  $A_{ref-dif}$  para el caso de playas existentes, estableciéndose expresiones que relacionan los parámetros de interés (ecuaciones 4.85 y 4.88) con el ángulo  $\beta$ . Asimismo, se ha determinado una expresión (ecuación 4.86), en función de este último ángulo, para la obtención del ángulo  $\theta$  de localización del perfil con máximo valor del parámetro  $A_{ref-dif}$ .

❖ Se ha efectuado la calibración con datos de campo de los parámetros  $P_a$  y  $P_b$  presentes en la formulación propuesta para definir el parámetro de forma  $A_{ref-dif}$  para el caso de diseño de playas (playas no existentes, carácter predictivo), estableciéndose expresiones que relacionan los parámetros de interés (ecuaciones 4.89 y 4.91) con el ángulo  $\beta$ . Además, se ha determinado una expresión (ecuación 4.90), en función de este último ángulo, para la obtención del ángulo  $\theta$  de localización del perfil con máximo valor del parámetro  $A_{ref-dif}$ .

❖ Se ha propuesto una metodología para la utilización de la formulación obtenida en el caso de playas no desarrolladas.

❖ Se ha realizado la comparación entre los resultados establecidos con la formulación propuesta frente a los estimados con los datos de campo, comprobándose que, tanto en tendencias, como en magnitud, la formulación propuesta reproduce adecuadamente el parámetro de forma de los perfiles de campo.

❖ Se ha determinado que en función de la gradación longitudinal del sedimento, la pendiente del perfil de playa en la zona de refracción-difracción puede incluso ser menor que la del perfil exterior de comparación.

#### **SECCIÓN 4. CAPÍTULO 11**

❖ Se ha descrito el procedimiento propuesto para la determinación del perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción.

## 12.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Como resultado de la presente Tesis se proponen las siguientes futuras líneas de trabajo:

➤ Si bien todo lo desarrollado en esta Tesis se ha realizado teóricamente y analíticamente y después se ha contrastado con datos de campo, la utilización de éstos en alguna de las formulaciones puede ser considerada como limitada. En este sentido cabe señalar que no siempre se consiguen los datos adecuados ya que originalmente suelen haber sido obtenidos con otros fines. En cualquier caso, queda como una futura labor el recopilar más datos. Estas nuevas bases de datos se podrían utilizar para el estudio del modelo de evolución de playas de medio-largo plazo desarrollado, para la validación de las ecuaciones (2.127) y (2.128) propuestas en el capítulo 5 de la sección 2 de la Tesis con el fin de determinar la profundidad que separa el tramo de asomeramiento o de transición del tramo exterior del perfil de playa (eligiendo la más adecuada) y para la realización de una caracterización de las diferentes playas existentes y precisar un poco más la definición del límite exterior o geológico. Asimismo, con una nueva base de datos se podría aplicar la formulación propuesta de perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción al caso de playas con marea.

➤ En un modelo de evolución de medio plazo es conveniente tener en consideración la variación espacial y temporal del tamaño de grano del sedimento. Por consiguiente, una futura línea de trabajo sería la incorporación de este hecho dentro del modelo de evolución de medio-largo plazo desarrollado.

➤ Otra aplicación interesante del modelo de evolución de medio-largo plazo propuesto sería para estudiar las desembocaduras y puntales de arena. En estas circunstancias se deben caracterizar las formas en planta y perfil de la evolución de las playas, teniendo en cuenta que se deben incluir en las dinámicas marinas, además del oleaje, las corrientes mareales.

