



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TESIS DOCTORAL

**ANÁLISIS Y MEJORAS EN LA
EVALUACIÓN DE DIVERSOS TÉRMINOS
DE LOS MODELOS DE EVOLUCIÓN DE
PLAYAS EN ESCALAS DE MEDIO PLAZO**

Presentada por: D^{ÑA}. MARÍA SOLEDAD REQUEJO LANDEIRA

Dirigida por: D. RAÚL MEDINA SANTAMARÍA
D. ERNESTO MAURICIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Marzo, 2005

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TESIS DOCTORAL

ANÁLISIS Y MEJORAS EN LA
EVALUACIÓN DE DIVERSOS TÉRMINOS
DE LOS MODELOS DE EVOLUCIÓN DE
PLAYAS EN ESCALAS DE MEDIO PLAZO

Presentada por: D^{ÑA}. MARÍA SOLEDAD REQUEJO LANDEIRA

Dirigida por: D. RAÚL MEDINA SANTAMARÍA
D. ERNESTO MAURICIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Marzo, 2005

A MIS PADRES

Y A RICARDO

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha llegado a su fin con la dirección y apoyo de Raúl Medina, al que agradezco haberme dedicado más tiempo del que disponía. La entrega absoluta de Raúl al Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas hace posible el buen funcionamiento de éste. Muchas gracias, Raúl.

A Mauricio González por la colaboración prestada, así como la lectura y corrección de la Tesis.

A César Vidal, profesor, director de Tesina y al que siempre agradeceré el haber estado conmigo en momentos importantes de mi vida. A Íñigo Losada también le agradezco su labor como profesor y director de Tesina.

A la Dirección General de Costas por todos los datos que me ha facilitado para la realización de esta Tesis y a la Universidad de Cantabria por la beca concedida para el desarrollo de la misma.

A mis compañeros del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria. En especial a mi amigo José María González por haberme demostrado a lo largo de estos años su amistad en todo momento. A Yolanda Pérez que es un ejemplo de buena persona. A Antonio Tomás por haber colaborado en la digitalización de los datos utilizados en la Tesis. A Eduardo García por el interés especial que ha demostrado por este trabajo y sus consejos. A Tatiana y a Andrés Osorio. A Nicolás García con el que he compartido buenos momentos.

A Bieito, Rebeca y Elena por haberme escuchado y entendido.

A mi extensa familia, que aunque físicamente están lejos, siempre están presentes.

Por último y especialmente, a mis padres les agradezco su cariño, apoyo y entrega sin condiciones ni limitaciones, incentivándome a ser yo desde muy niña. A Ricardo, que ha sido testigo de los buenos y malos momentos, estando siempre a mi lado con su cariño y paciencia.

RESUMEN



En la presente Tesis se ha desarrollado un modelo de evolución de playas válido para el medio-largo plazo. Asimismo, se ha aplicado dicho modelo al estudio de zonas donde los efectos de la refracción-difracción conjuntamente son los preponderantes. Con este último fin, ha sido necesario establecer un método adecuado para la determinación de las características del oleaje en rotura en estas zonas, así como proponer una formulación de perfil de equilibrio para las mismas.

A continuación se resumen los principales aportes de las siguientes secciones de la Tesis:

□ **SECCIÓN 2. Fundamentos y desarrollo del modelo de evolución de medio-largo plazo**

Como fase necesaria para el desarrollo del modelo objeto de la Tesis, se han derivado las ecuaciones generales de conservación del sedimento, sin introducir ningún tipo de hipótesis con respecto al perfil de playa.

Del estudio de las anteriores ecuaciones se ha podido verificar que éstas sólo indican la variación temporal del área transversal en la zona de estudio, pero no establecen la variación de la línea de costa. Asimismo, 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 en el medio-largo plazo.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se ha desarrollado un modelo de evolución de playas de medio-largo plazo con incorporación de un modelo de evolución de perfil que incluye 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. Posteriormente se ha validado dicho modelo con datos de campo, verificándose el mismo, tanto para estimar adecuadamente la posición de la línea de costa, como el perfil completo de playa. El

éxito del modelo propuesto ha radicado especialmente en considerar el perfil completo, pudiéndose equilibrar la cantidad de sedimento. Asimismo, 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.

Adicionalmente, a partir de datos de campo y en función de las características del oleaje, se han propuesto dos expresiones para la definición de la profundidad que separa el tramo de asomeramiento o de transición del tramo exterior del perfil de playa. Además, se ha establecido una expresión para la determinación del límite exterior o geológico que separa la zona exterior de la zona geológica en el perfil de playa.

Otro aporte de la Tesis ha consistido en la propuesta de una expresión, con base en datos de campo y dependiente de las características del oleaje, para la definición de un límite de considerable interés dentro de la ingeniería de costas, el límite de transporte longitudinal activo.

□ **SECCIÓN 3. Oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción en los modelos de evolución de playas**

En esta sección se han analizado las características del oleaje en rotura en zonas donde los efectos de la refracción-difracción son los preponderantes, estudiándose los métodos que utilizan para el cálculo de estas magnitudes los principales modelos de evolución de playas de largo plazo existentes en la actualidad. Como resultado de este estudio, se ha detectado una serie de deficiencias en estos métodos (inadecuada predicción de la zona de refracción-difracción, de la altura de ola en rotura y del ángulo del oleaje en rotura, varias limitaciones en la simplificación de Goda et al., 1978 y la aproximación de Kraus, 1984 para el cálculo de la difracción, etc.).

Debido a las deficiencias indicadas, ha sido necesario desarrollar un método nuevo para la determinación de las características del oleaje en rotura en zonas de

refracción-difracción y para ser incorporado dentro de un modelo de evolución de playas aplicable hasta el largo plazo. Dicho método ha sido verificado con los modelos de propagación de oleaje Oluca-MC (oleaje monocromático) y Oluca-SP (oleaje espectral) del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, los cuales han sido validados con datos de campo y de laboratorio.

El método propuesto se basa en tres elementos fundamentales: la determinación de la zona de refracción-difracción, el establecimiento del ángulo del oleaje y la obtención del coeficiente de difracción para el cálculo de la altura de ola. Para la definición del primer elemento se ha utilizado el ángulo α_{min} propuesto por González y Medina (2001), incorporándose de esta forma la influencia del período del oleaje en la definición de la zona analizada. Para la definición del segundo se ha establecido una expresión que tiene en consideración que en la zona iluminada existe ya una modificación del ángulo del oleaje incidente y que no existe una fuente única localizada en el morro de la estructura, sino que existen una serie de fuentes ubicadas en una zona transicional a partir de las que se radian las olas hacia la costa. En cuanto al tercer elemento, se ha desarrollado una expresión que, aunque se basa en la simplificación de Goda et al. (1978) y en la aproximación de Kraus (1984), elimina las limitaciones detectadas en estas aproximaciones e incorpora una serie de ventajas.

□ **SECCIÓN 4. Perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción**

En esta sección se han analizado los antecedentes en cuanto a estudios de perfil de equilibrio, determinándose que 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 comprobado, mediante la utilización de 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.

Una vez observada la necesidad del desarrollo de una nueva formulación de perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción, se ha derivado una expresión

analítica para definir el perfil de equilibrio en estas zonas, obteniéndose una expresión similar a la de Dean (1977), pero en la que el parámetro de forma total A_T del perfil ($A_T = A_d A_{ref-dif}$) se compone de un parámetro asociado al tamaño de grano A_d y de un parámetro asociado a la zona de refracción-difracción $A_{ref-dif}$. A continuación se ha propuesto una expresión para la determinación del parámetro $A_{ref-dif}$, la cual depende del ángulo β de delimitación de la zona de refracción-difracción, del ángulo θ de localización del perfil y de dos parámetros de calibración (P_a y P_b). Estos dos últimos parámetros han sido calibrados con datos de campo de playas del litoral español y para dos situaciones diferentes: caso de playas existentes y caso de diseño de playas (carácter predictivo). Asimismo, se ha establecido una metodología para la aplicación de la formulación derivada a playas no desarrolladas.

Se ha podido comprobar que en el caso de playas con tamaño de grano más o menos uniforme longitudinalmente, en la zona de refracción-difracción existe un perfil con parámetro de forma $A_{ref-dif}$ máximo y pendiente máxima. A partir de este perfil, tanto hacia la zona protegida, como hacia la zona exterior, la pendiente comienza a decrecer, tendiendo hacia la pendiente del perfil de referencia o exterior, pero nunca puede ser menor que ésta. Sin embargo, en el caso contrario (playas con tamaño de grano no uniforme longitudinalmente), aunque el parámetro $A_{ref-dif}$ sigue siempre la misma ley (creciente hasta el máximo y luego decreciente), la pendiente del perfil de playa analizado con respecto a la del perfil de referencia puede adoptar cualquier forma, incluso ser menor que la de este último.

ÍNDICE



Resumen.....	i.1
Índice	i.7
Lista de figuras.....	i.17
Lista de tablas	i.33
Lista de símbolos	i.37

SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

Capítulo 1. Introducción

1.1. Motivación	5
1.2. Estado del arte.....	6
1.2.1. Clasificación de los modelos de evolución de playas	7
1.2.2. Tipos de modelos de evolución de playas.....	9
1.2.2.1. Modelos de evolución en el corto-medio plazo.....	9
1.2.2.1.1. Modelos de evolución de perfil	9
1.2.2.1.2. Modelos de evolución en 3D	10
1.2.2.2. Modelos de evolución en el largo plazo (modelos de una línea)	12
1.2.2.3. Modelos de evolución que intentan ser aplicables en el medio-largo plazo	16
1.2.2.3.1. Modelos de una línea con término de transporte transversal de sedimento.....	16
1.2.2.3.2. Modelos híbridos	17
1.2.2.3.3. Modelos de N líneas	18
1.3. Conclusiones del estado del arte.....	20
1.4. Objetivos de la Tesis.....	20
1.5. Estructura de la Tesis.....	21

SECCIÓN 2. FUNDAMENTOS Y DESARROLLO DEL MODELO DE EVOLUCIÓN DE MEDIO-LARGO PLAZO

Resumen y Conclusiones.....	29
------------------------------------	-----------

Capítulo 2. Ecuaciones generales de conservación del sedimento

2.1. Introducción.....	37
2.2. Planteamiento de la ecuación de conservación del sedimento	38
2.3. Integración en la coordenada vertical z.....	40

2.4. Integración en la coordenada transversal y.....	47
2.4.1. Integración con el segundo límite fijo en el tiempo.....	48
2.4.2. Integración con el segundo límite variable en el tiempo	56
2.5. Discusión de las ecuaciones derivadas	62
2.6. Conclusiones.....	64

Capítulo 3. Métodos de determinación de la variación de la línea de costa

3.1. Introducción.....	67
3.2. Métodos previos de determinación de la variación de la línea de costa.....	67
3.3. Determinación de la variación de la línea de costa con los modelos tradicionales de una línea.....	68
3.3.1. Ecuación base en el caso de perfil de forma y profundidad límite constantes	69
3.3.2. Ecuación simplificada del modelo GENESIS	70
3.4. Determinación de la variación de la línea de costa con el modelo de una línea propuesto por Karambas (1999)	73
3.4.1. Derivación de las ecuaciones.....	73
3.4.2. Deficiencias	76
3.5. Métodos propuestos de determinación de la variación de la línea de costa	77
3.6. Conclusiones.....	78

Capítulo 4. Desarrollo del modelo de evolución con perfil de forma constante y profundidad límite variable

4.1. Introducción.....	81
4.2. Ecuación base en el caso de perfil de forma constante y profundidad límite variable	82
4.3. Estudio del límite de transporte longitudinal activo.....	86
4.3.1. Zonificación del perfil de playa.....	86
4.3.2. Determinación del límite de transporte longitudinal activo.....	90
4.4. Conclusiones.....	93

Capítulo 5. Desarrollo del modelo de evolución de medio-largo plazo

5.1. Introducción.....	97
5.2. Propuesta del modelo de evolución	97
5.2.1. Fundamentos del modelo	97
5.2.2. Zonificación del perfil de playa en el modelo	99
5.2.3. Expresiones de definición del perfil completo de playa.....	101
5.2.4. Determinación de la variación de la línea de costa.....	106
5.3. Validación del modelo propuesto con datos de campo	112

5.3.1. Descripción de los datos	112
5.3.2. Aplicación del modelo	114
5.3.3. Determinación del límite exterior local asociado a $h_{e\ loc}$	116
5.3.4. Determinación del límite exterior o geológico asociado a h_e	123
5.3.5. Comparación del modelo propuesto con los modelos tradicionales de una línea.....	126
5.4. Ejemplos de comparación del modelo de evolución propuesto frente a los modelos tradicionales de una línea	131
5.4.1. Caso de variaciones temporales del área transversal nulas.....	131
5.4.2. Caso de variaciones temporales del área transversal no nulas.....	135
5.5. Conclusiones.....	139

SECCIÓN 3. OLEAJE EN ROTURA EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN EN LOS MODELOS DE EVOLUCIÓN DE PLAYAS

Resumen y Conclusiones.....	143
------------------------------------	------------

Capítulo 6. Métodos previos para la determinación del oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción

6.1. Introducción.....	151
6.2. Estudios de difracción y refracción-difracción	152
6.3. Difracción con el método de Goda et al. (1978).....	157
6.3.1. Solución teórica.....	157
6.3.2. Solución aproximada.....	165
6.4. Difracción con la aproximación de Kraus (1984).....	168
6.5. Oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción en el modelo GENESIS	170
6.6. Oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción en el modelo LITLINE	174
6.7. Oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción en el modelo ONELINE ...	175
6.8. Deficiencias de los métodos previos.....	182
6.8.1. Deficiencias generales.....	182
6.8.2. Deficiencias particulares	185
6.9. Conclusiones.....	189

Capítulo 7. Método propuesto para la determinación del oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción

7.1. Introducción.....	193
7.2. Consideraciones iniciales.....	193

7.3. Determinación de la zona de refracción-difracción.....	194
7.4. Ángulo del oleaje.....	197
7.4.1. Descripción de los casos utilizados	197
7.4.2. Formulación.....	201
7.5. Coeficiente de difracción para el cálculo de la altura de ola	207
7.5.1. Formulación.....	208
7.5.2. Determinación del parámetro α	209
7.5.3. Determinación del parámetro γ	213
7.6. Metodología propuesta	215
7.7. Resultados.....	217
7.8. Conclusiones.....	219

SECCIÓN 4. PERFIL DE EQUILIBRIO EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN

Resumen y Conclusiones.....	223
------------------------------------	------------

Capítulo 8. Antecedentes y descripción de los datos de campo

8.1. Introducción.....	231
8.2. Antecedentes.....	233
8.2.1. Perfil de equilibrio	233
8.2.2. Perfil de equilibrio con refracción de González et al. (1997).....	236
8.3. Comparación del perfil de equilibrio con refracción de González et al. (1997) con datos de campo	242
8.3.1. Descripción de los datos de campo.....	242
8.3.2. Aplicación del perfil de equilibrio con refracción	245
8.4. Conclusiones.....	250

Capítulo 9. Formulación de perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción

9.1. Introducción.....	253
9.2. Expresión analítica del perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción	253
9.3. Expresión propuesta para la determinación del parámetro de forma $A_{ref-dif}$	264
9.3.1. Parámetros necesarios.....	265
9.3.2. Estudio de la curvatura de la amplitud de onda	268
9.4. Determinación del parámetro de forma $A_{ref-dif}$ máximo.....	275
9.4.1. Curvatura completa.....	275
9.4.2. Curvatura simplificada.....	279

9.4.3. Otras relaciones: híbridos.....	280
9.4.3.1. Primera alternativa	280
9.4.3.2. Segunda alternativa	281
9.4.3.3. Tercera alternativa: óptima.....	283
9.5. Conclusiones.....	287

Capítulo 10. Calibración con datos de campo y discusión de la formulación propuesta

10.1. Introducción.....	291
10.2. Calibración para playas existentes.....	291
10.2.1. Determinación del parámetro P_b	292
10.2.2. Determinación del parámetro P_a	296
10.2.3. Resultados	298
10.3. Calibración para diseño de playas	302
10.3.1. Playas desarrolladas	303
10.3.1.1. Determinación del parámetro P_b	303
10.3.1.2. Determinación del parámetro P_a	305
10.3.1.3. Resultados	307
10.3.2. Playas no desarrolladas	308
10.3.2.1. Aplicación de la calibración efectuada a playas no desarrolladas....	309
10.3.2.2. Metodología propuesta en el caso de playas no desarrolladas.....	311
10.4. Discusión	312
10.5. Conclusiones.....	315

Capítulo 11. Procedimiento para la determinación del perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción

11.1. Introducción.....	319
11.2. Procedimiento	319
11.3. Conclusiones.....	324

SECCIÓN 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Capítulo 12. Conclusiones y futuras líneas de trabajo

12.1. Conclusiones.....	329
12.2. Futuras líneas de trabajo	337

SECCIÓN 6. REFERENCIAS

Capítulo 13. Referencias	341
---------------------------------------	------------

SECCIÓN 7. ANEJOS

Anejo I. Estado del arte de los modelos de evolución de playas

I.1. Introducción	371
I.2. Clasificaciones de los modelos de evolución de playas.....	371
I.3. Tipos de modelos de evolución de playas.....	377
I.3.1. Modelos de evolución en el corto-medio plazo.....	377
I.3.1.1. Modelos de evolución de perfil	378
I.3.1.1.1. Modelos de bucle cerrado	378
I.3.1.1.2. Modelos de bucle abierto	379
I.3.1.2. Modelos de evolución en 3D	380
I.3.2. Modelos de evolución en el largo plazo (modelos de una línea)	382
I.4. Estudio de los modelos de evolución en el largo plazo o modelos de una línea.....	384
I.4.1. Características e hipótesis esenciales	384
I.4.2. Modelos analíticos.....	389
I.4.2.1. Ecuación de difusión.....	389
I.4.2.2. Estudios analíticos realizados	393
I.4.3. Modelos numéricos	398
I.4.3.1. Primeros modelos	398
I.4.3.1.1. Aplicación en zonas de refracción-difracción.....	398
I.4.3.1.2. Otras aplicaciones	408
I.4.3.2. El modelo GENESIS	413
I.5. Limitaciones principales de los modelos de evolución en el largo plazo o modelos de una línea	418
I.6. Estudios que tratan de eliminar las limitaciones principales de los modelos de evolución en el largo plazo o modelos de una línea	419
I.6.1. Aplicación en el medio plazo: modelos de evolución que intentan ser aplicables en el medio-largo plazo.....	419
I.6.1.1. Modelos de una línea con término de transporte transversal de sedimento	420
I.6.1.2. Modelos híbridos	421
I.6.1.3. Modelos de N líneas	424
I.6.1.3.1. Características principales.....	424
I.6.1.3.2. Modelos analíticos	426
I.6.1.3.3. Modelos numéricos	429
I.6.2. Aplicación en zonas de refracción-difracción	435
I.7. Conclusiones	435

Anejo II. Características esenciales del modelo numérico de propagación de oleaje MSP

II.1. Introducción	439
II.2. Fundamentos	439
II.3. Hipótesis.....	442
II.4. Validación	444

Anejo III. Batimetría, tamaños de grano y localización de los perfiles de playa

III.1. Introducción.....	449
III.2. Localización de las playas	449
III.3. Ubicación de los perfiles.....	450
III.4. Características de las playas	451

Anejo IV. Comparación A_r medido frente al de la formulación de González et al. (1997)

IV.1. Introducción.....	475
IV.2. A_r determinado con la formulación de González et al. (1997)	475
IV.3. A_r estimado con los datos de campo	477
IV.4. Comparación de A_r medido frente al determinado con la formulación de González et al. (1997).....	478

Anejo V. Comparación $A_{ref-dif}$ medido frente al de la formulación propuesta

V.1. Introducción	489
V.2. $A_{ref-dif}$ determinado con la formulación propuesta.....	490
V.3. $A_{ref-dif}$ estimado con los datos de campo.....	492
V.4. Datos de campo.....	494
V.5. Comparación de $A_{ref-dif}$ medido frente al determinado con la formulación propuesta para playas existentes	495
V.6. Comparación de $A_{ref-dif}$ medido frente al determinado con la formulación propuesta para diseño de playas.....	502

Anejo VI. Aplicación de la metodología propuesta para las playas no desarrolladas

VI.1. Introducción	511
VI.2. Metodología propuesta	511
VI.3. Aplicación de la metodología propuesta	512

LISTA DE FIGURAS



SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

Capítulo 1. Introducción

Figura 1.1- Ejemplo de la erosión en un acantilado en Oregón (Estados Unidos).....	6
Figura 1.2- Clasificación de los diferentes modelos de evolución de playas (tomada de Hanson, 2000).....	8
Figura 1.3- Representación esquemática de una playa con un modelo de una línea (tomada de Larson et al., 1997).....	13
Figura 1.4- Representación esquemática de una playa con un modelo de N líneas (tomada de Hanson y Larson, 2000).....	19

SECCIÓN 2. FUNDAMENTOS Y DESARROLLO DEL MODELO DE EVOLUCIÓN DE MEDIO-LARGO PLAZO

Capítulo 2. Ecuaciones generales de conservación del sedimento

Figura 2.1- Sistema de referencia elegido	40
Figura 2.2- Representación del término A_y	51
Figura 2.3- Ejes de referencia generales y locales.....	53
Figura 2.4- Representación del ángulo θ que relaciona el eje local x_l con el eje general x	54

Capítulo 3. Métodos de determinación de la variación de la línea de costa

Figura 2.5- Términos de la ecuación simplificada del modelo GENESIS (tomada de Hanson y Kraus, 1989)	72
--	----

Capítulo 4. Desarrollo del modelo de evolución con perfil de forma constante y profundidad límite variable

Figura 2.6- Relación entre los límites de integración transversal.....	82
Figura 2.7- Variación del área transversal.....	83

Figura 2.8- Relación entre la profundidad h_q y la altura de ola significativa local $H_{s\ loc}$ 92

Capítulo 5. Desarrollo del modelo de evolución de medio-largo plazo

Figura 2.9- Representación esquemática de la zonificación del perfil de playa en el modelo de evolución propuesto 100

Figura 2.10- Localización del perfil utilizado para la validación del modelo de evolución 113

Figura 2.11- Perfil inicial medido en la campaña *C1* 115

Figura 2.12- Relaciones entre la profundidad $h_{e\ loc}$ y la altura de ola significativa media del mes previo a la campaña $H_{s\ media\ mes\ previo}$ 119

Figura 2.13- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto con diferentes valores de $h_{e\ loc}$ para la campaña *C2* 120

Figura 2.14- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto con diferentes valores de $h_{e\ loc}$ para la campaña *C3* 121

Figura 2.15- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto con diferentes valores de $h_{e\ loc}$ para la campaña *C4* 121

Figura 2.16- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto con diferentes valores de $h_{e\ loc}$ para la campaña *C5* 122

Figura 2.17- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto con diferentes valores de $h_{e\ loc}$ para la campaña *C6* 122

Figura 2.18- Relación entre la profundidad d_i de movimiento incipiente y la altura de ola significativa que es excedida doce horas al año H_{s12} obtenida a partir de los datos de campo de Hallermeier (1981) 125

Figura 2.19- Comparación de la posición de la línea de costa medida frente a los valores determinados con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS 127

Figura 2.20- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS para la campaña *C2* 128

Figura 2.21- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS para la campaña *C3* 129

Figura 2.22- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS para la campaña *C4* 129

Figura 2.23- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS para la campaña *C5* 130

Figura 2.24- Comparación del perfil medido y los perfiles determinados con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS para la campaña *C6* 130

Figura 2.25- Comparación de la evolución de la línea de costa en una costa rectilínea de 1200 metros de longitud, con incidencia normal del oleaje y sin gradientes

longitudinales de la altura de ola, determinada con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS	133
Figura 2.26- Comparación de la evolución de la línea de costa y del perfil de playa en una costa rectilínea de 1200 metros de longitud, con incidencia normal del oleaje y sin gradientes longitudinales de la altura de ola, determinada con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS.....	134
Figura 2.27- Comparación de la evolución de la línea de costa en una costa rectilínea de 1200 metros de longitud con dos diques infinitamente largos en los contornos determinada con el modelo propuesto y con el modelo GENESIS	138

SECCIÓN 3. OLEAJE EN ROTURA EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN EN LOS MODELOS DE EVOLUCIÓN DE PLAYAS

Capítulo 6. Métodos previos para la determinación del oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción

Figura 3.1- Esquema de la difracción generada por un dique exento en fondo uniforme (tomada de Dean y Dalrymple, 1991).....	153
Figura 3.2- Coeficiente de difracción frente al parámetro β_r propuesto por Penney y Price (1952), (tomada de Dean y Dalrymple, 1991).....	154
Figura 3.3- Frentes e isólinas de altura de ola en la zona de influencia de un dique exento determinados con la solución exacta de Sommerfeld (1896) en línea continua y con la solución simplificada de Penney y Price (1952) en línea discontinua (tomada de Dean y Dalrymple, 1991).....	155
Figura 3.4- Relación entre el parámetro de concentración direccional máxima en indefinidas y el peralte del oleaje en indefinidas (tomada de Goda, 1985).....	162
Figura 3.5- Diagramas de difracción de oleaje irregular para un dique semi-infinito sometido a incidencia normal y dos valores del parámetro de concentración direccional máxima, en línea continua altura de ola y en discontinua período del oleaje (tomada de Goda, 1985).....	163
Figura 3.6- Coeficiente de difracción medido en Akita (Japón) frente al calculado con diferentes teorías de difracción (tomada de Goda et al., 1978).....	164
Figura 3.7- Estimación del parámetro de concentración direccional máxima en la profundidad del morro del dique exento (tomada de Goda et al., 1978).....	165
Figura 3.8- Distribución acumulada de la energía del oleaje relativa al ángulo con respecto al de la dirección principal de incidencia (tomada de Goda et al., 1978)...	167
Figura 3.9- Representación esquemática del ángulo θ_b (tomada de Kraus, 1984)...	169

Figura 3.10- Distribución acumulada de la energía del oleaje relativa al ángulo con respecto al de la dirección principal de incidencia determinada con la simplificación de Goda et al. (1978), en línea continua, frente a la aproximación de Kraus (1984), en línea discontinua (modificada de Goda et al., 1978) 170

Figura 3.11- Delimitación de zonas en el área sometida a la influencia de un dique exento 171

Figura 3.12- Representación esquemática del cálculo del oleaje en una zona sometida a la influencia de un dique exento en el modelo GENESIS (tomada de Hanson y Kraus, 1989) 172

Figura 3.13- Características del oleaje en rotura determinadas con el modelo GENESIS, para un caso concreto de dique exento, características de oleaje incidente y pendiente de la playa 174

Figura 3.14- Características del oleaje en rotura determinadas con los modelos GENESIS y LITLINE, para un caso concreto de dique exento, características de oleaje incidente y pendiente de la playa 175

Figura 3.15- Frentes de oleaje en áreas sometidas a la influencia de un dique exento, determinados con los métodos convencionales (izquierda), frente a lo propuesto por Dabees (2000) (derecha), (tomada de Dabees, 2000)..... 176

Figura 3.16- Representación esquemática del método propuesto para el cálculo de la refracción-difracción en áreas sometidas a la influencia de diques exentos (modificada de Dabees, 2000) 179

Figura 3.17- Características del oleaje en rotura determinadas con los modelos GENESIS, LITLINE y ONELINE, para un caso concreto de dique exento, características de oleaje incidente y pendiente de la playa..... 181

Figura 3.18- Características del oleaje en rotura determinadas con los modelos GENESIS, LITLINE y ONELINE, para un caso concreto de dique exento, características de oleaje incidente y pendiente de la playa, comparadas con los resultados proporcionados por un modelo numérico de propagación de oleaje MSP 183

Figura 3.19- Ejemplo de la influencia del período del oleaje en la planta de equilibrio de la línea de costa en el modelo GENESIS (tomada de López, 1996) 186

Figura 3.20- Posición de equilibrio de la línea de costa determinada por González y Medina (2001) frente a la calculada con el modelo GENESIS 187

Capítulo 7. Método propuesto para la determinación del oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción

Figura 3.21- Representación esquemática de las regiones en las que se divide el área de influencia de un dique exento (tomada de González y Medina, 2001)..... 195

Figura 3.22- Representación esquemática de los parámetros que se utilizan para definir el área de influencia de un dique exento (tomada de González y Medina, 2001)..... 196

Figura 3.23- Determinación del ángulo α_{min} en función de la distancia del dique a la playa adimensionalizada con una longitud de onda de escala y resultados obtenidos a partir de la expresión analítica para el caso de débil refracción y difracción (tomada de González y Medina, 2001)	196
Figura 3.24- Representación esquemática de las variables de las que depende el ángulo del oleaje en el área sometida a la influencia del dique exento	203
Figura 3.25- Dependencia entre el ángulo I_{ang} y el ángulo θ_{ref} para diferentes valores del cociente d/d_{dp}	204
Figura 3.26- Dependencia entre el parámetro P_C (punto de corte de la parábola) y el cociente d/d_{dp}	206
Figura 3.27- Comparación de la relación propuesta entre el ángulo I_{ang} y el ángulo θ_{ref} para diferentes valores del cociente d/d_{dp} frente a los valores determinados numéricamente	207
Figura 3.28- Dependencia entre el parámetro α y el parámetro de dispersión direccional del oleaje σ	212
Figura 3.29- Influencia del parámetro α en la determinación de las características del oleaje en rotura	213
Figura 3.30- Influencia del parámetro γ en la determinación de las características del oleaje en rotura	214
Figura 3.31- Etapas de la metodología propuesta para la determinación de las características del oleaje en rotura en las zonas de refracción-difracción	216
Figura 3.32- Características del oleaje en rotura determinadas con los modelos MSP, GENESIS, LITLINE, ONELINE y con el modelo propuesto (caso A102 de la tabla 3.2)	218
Figura 3.33- Características del oleaje en rotura determinadas con los modelos MSP, GENESIS, LITLINE, ONELINE y con el modelo propuesto (caso C305 de la tabla 3.4)	218

SECCIÓN 4. PERFIL DE EQUILIBRIO EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN

Capítulo 8. Antecedentes y descripción de los datos de campo

Figura 4.1- Comparación del perfil de playa en la zona de refracción-difracción (PI) frente al perfil en la zona exterior (PE)	232
Figura 4.2- Sistema de referencia elegido	234
Figura 4.3- Esquema de variación lineal de la distancia entre rayos del oleaje y definición del coeficiente de refracción (modificada de González et al., 1997)	239

Figura 4.4- Parámetro de forma de refracción para el caso de variación lineal de la distancia entre rayos del oleaje (A_{rl}) frente a la distancia horizontal (x) adimensionalizada con la anchura de la zona de rompientes (W), (tomada de González et al., 1997)..... 239

Figura 4.5- Parámetro de forma de refracción para el caso de variación exponencial de la distancia entre rayos del oleaje (A_{re}) frente a la distancia horizontal (x) adimensionalizada con la anchura de la zona de rompientes (W), (tomada de González et al., 1997)..... 241

Figura 4.6- Localización de las playas de la base de datos 244

Figura 4.7- Parámetros de ubicación de los perfiles de playa 245

Figura 4.8- Esquema de la zona de aplicación del perfil de equilibrio con refracción de González et al. (1997)..... 246

Figura 4.9- Comparación del parámetro de forma de refracción estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Garrucha..... 248

Figura 4.10- Comparación del parámetro de forma de refracción estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Benalmádena 249

Figura 4.11- Comparación del parámetro de forma de refracción estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Nueva Andalucía 1 249

Capítulo 9. Formulación de perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción

Figura 4.12- Parámetros necesarios para la ubicación de los perfiles de playa..... 266

Figura 4.13- Forma que adopta la *curvatura completa* para los valores extremos del parámetro α 272

Figura 4.14- Formulación propuesta para el parámetro de forma $A_{ref-dif}$ y significado de los parámetros P_a y P_b de esta formulación..... 274

Figura 4.15- Relaciones entre el cociente θ con respecto a β (izquierda) y el ángulo θ (derecha) que definen el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo con respecto al ángulo β (*curvatura completa* mínima) 277

Figura 4.16- Equivalencia para realizar el cambio de ángulos medidos en rotura a ángulos medidos en costa 277

Figura 4.17- Relaciones entre el cociente θ con respecto a β (izquierda) y el ángulo θ (derecha) que definen el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo con respecto al ángulo β para $\alpha=1$ (*curvatura completa* mínima, ángulo corregido con C_3) 281

Figura 4.18- Relaciones entre el cociente θ con respecto a β (izquierda) y el ángulo θ (derecha) que definen el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo con respecto al ángulo β para $\alpha=1$ (<i>curvatura simplificada</i> mínima, ángulo corregido con C_3)	283
Figura 4.19- Relaciones entre el cociente θ con respecto a β (izquierda) y el ángulo θ (derecha) que definen el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo con respecto al ángulo β (<i>curvatura completa y curvatura simplificada</i> mínima, ángulo corregido con C_3)..	286
Figura 4.20- Relaciones entre el cociente θ con respecto a β (izquierda) y el ángulo θ (derecha) que definen el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo con respecto al ángulo β	287

Capítulo 10. Calibración con datos de campo y discusión de la formulación propuesta

Figura 4.21- Comparación del parámetro P_b determinado con todas las relaciones obtenidas entre el parámetro β y el cociente θ con respecto a β que definen el perfil de playa con parámetro $A_{ref-dif}$ máximo frente al valor óptimo determinado con los datos de campo.....	293
Figura 4.22- Relación entre el parámetro P_b y el ángulo β para la curva “teórica” y la curva de “mejor ajuste” frente a los valores óptimos de los datos de campo.....	295
Figura 4.23- Comparación del ángulo θ_{max} en función del ángulo β determinado con todas las relaciones obtenidas y la relación propuesta frente al valor determinado con los datos de campo	296
Figura 4.24- Relación entre el parámetro P_a y el ángulo β	298
Figura 4.25- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Almazora 2	299
Figura 4.26- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Cubelles.....	300
Figura 4.27- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 2	301
Figura 4.28- Relación entre el parámetro P_b y el ángulo β para la curva “teórica”, la curva de “mejor ajuste” en el caso de playas existentes y la curva de “mejor ajuste” en el caso de diseño de playas (carácter predictivo) para las playas desarrolladas frente a los valores óptimos de los datos de campo	304
Figura 4.29- Relación entre el parámetro P_a y el ángulo β para las playas desarrolladas	306
Figura 4.30- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Salou.....	307
Figura 4.31- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Altafulla	308

Figura 4.32- Relación entre el parámetro P_b y el ángulo β para la curva “teórica”, la curva de “mejor ajuste” en el caso de playas existentes, la curva de “mejor ajuste” en el caso de diseño de playas (carácter predictivo) considerando las playas desarrolladas, así como teniendo en cuenta todas las playas, frente a los valores óptimos de los datos de campo 309

Figura 4.33- Relación entre el parámetro P_a y el ángulo β para las playas desarrolladas y comparación con las playas no desarrolladas..... 310

Figura 4.34- Metodología propuesta en playas no desarrolladas, ejemplo de la playa de Nueva Andalucía 1..... 312

Capítulo 11. Procedimiento para la determinación del perfil de equilibrio en zonas de refracción-difracción

Figura 4.35- Ubicación de los perfiles de playa 320

Figura 4.36- Forma que adopta el parámetro $A_{ref-dif}$ 322

SECCIÓN 7. ANEJOS

Anejo I. Estado del arte de los modelos de evolución de playas

Figura I.1- Clasificación de los diferentes modelos de evolución de playas (tomada de Kraus, 1983) 373

Figura I.2- Clasificación de los diferentes modelos de evolución de playas (tomada de Shimizu et al., 1996)..... 374

Figura I.3- Clasificación de los diferentes modelos de evolución de playas (tomada de Hanson, 2000)..... 375

Figura I.4- Clasificación de los diferentes modelos de evolución de playas (tomada de Hanson et al., 2003)..... 376

Figura I.5- Representación esquemática de una playa en el modelo de una línea GENESIS (tomada de Hanson y Kraus, 1989)..... 383

Figura I.6- Representación esquemática de una playa con un modelo de una línea (tomada de Larson et al., 1997) 385

Figura I.7- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada experimentalmente y analíticamente por Pelnard-Considère (1956), (tomada de Larson et al., 1987)..... 394

Figura I.8- Evolución de la línea de costa entre dos espigones inicialmente rellenos de arena según Dean (1984), (tomada de Larson et al., 1987) 396

Figura I.9- Evolución de la línea de costa sometida a la influencia de un espigón (sin incluir difracción) con y sin bypass de arena (tomada de Larson et al., 1997).....	397
Figura I.10- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo de Sasaki (1975) frente a la magnitud medida en Kashiwazaki (Japón), una vez transcurridos dos años (tomada de Sasaki y Sakuramoto, 1978)	399
Figura I.11- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de Perlin (1977) frente a la magnitud medida en laboratorio por Sawaragi (1957), (tomada de Perlin, 1979)	401
Figura I.12- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de Perlin (1977) frente a la magnitud medida en laboratorio por Shinohara y Tsubaki (1966), (tomada de Perlin, 1979).....	402
Figura I.13- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de Perlin (1977) frente a la magnitud medida en laboratorio por Horikawa y Koizumi (1974), (tomada de Perlin, 1979)	403
Figura I.14- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de una línea frente a la magnitud medida en laboratorio (tomada de Mimura et al., 1983)	404
Figura I.15- Comparación de los volúmenes de arena determinados con el modelo numérico de una línea frente a los valores medidos en laboratorio (tomada de Mimura et al., 1983)	404
Figura I.16- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de una línea frente a la magnitud medida en laboratorio (tomada de Matsuoka y Ozawa, 1983)	405
Figura I.17- Comparación de la evolución de la línea de costa medida en campo (izquierda) en Kaike (Japón) frente a la magnitud determinada con el modelo numérico de una línea (derecha), (tomada de Matsuoka y Ozawa, 1983).....	406
Figura I.18- Comparación de la evolución de la línea de costa medida en campo (parte superior) en Nishiki (Japón) frente a la magnitud determinada con el modelo numérico de una línea (parte inferior) al transcurrir un año (tomada de Matsuoka y Ozawa, 1983).....	407
Figura I.19- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de una línea frente a la magnitud medida en Chippokes State Park (Virginia, Estados Unidos), (tomada de Suh y Hardaway, 1994).....	407
Figura I.20- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo numérico de Price et al. (1972) frente a la magnitud medida en laboratorio (tomada de Komar, 1998)	409
Figura I.21- Crecimiento calculado de un delta a lo largo de un año (parte superior). Formas de equilibrio de un delta para diferentes flujos de energía del oleaje (parte inferior) según Komar (1973), (tomada de Komar, 1998).....	410
Figura I.22- Efectos de un dragado sobre la línea de costa (parte superior). Línea de costa asociada a un dragado (parte inferior) determinada con el modelo numérico de Motyka y Willis (1974), (tomada de Komar, 1998)	411

Figura I.23- Evolución de la línea de costa (parte superior) medida en la desembocadura de Siuslaw (Oregón, Estados Unidos). Evolución de la línea de costa (parte inferior) determinada con el modelo numérico de una línea (tomada de Komar et al., 1976)..... 412

Figura I.24- Calibración del modelo GENESIS en el caso de Homer Spit (Alaska, Estados Unidos), (tomada de Hanson et al., 1988)..... 415

Figura I.25- Comparación de la evolución de la línea de costa determinada con el modelo GENESIS frente a la magnitud medida en Lakeview Park, Lorain (Ohio, Estados Unidos), (tomada de Komar, 1998) 416

Figura I.26- Calibración del modelo GENESIS en Holly (Louisiana, Estados Unidos), (tomada de Hanson et al., 1989)..... 417

Figura I.27- Comparación entre las medidas de laboratorio realizadas por Mimura et al. (1983) y los resultados determinados numéricamente por Shimizu et al. (1996) de la línea de costa y de los contornos de profundidad de 2 y 4 centímetros (tomada de Shimizu et al. 1996)..... 422

Figura I.28- Comparación entre los datos de campo tomados en Kunnui (Japón) y los resultados determinados numéricamente con el modelo 3D-SHORE de la línea de costa y el contorno de profundidad de 2 metros (tomada de Shimizu et al. 1996)...423

Figura I.29- Representación esquemática de una playa con un modelo de N líneas (tomada de Hanson y Larson, 2000)..... 425

Figura I.30- Definición esquemática de la teoría de dos líneas de Bakker (1968), (tomada de Larson et al., 1987) 427

Figura I.31- Aplicación de la teoría de dos líneas de Bakker (1968) en el caso de un sistema de espigones (tomada de Larson et al., 1987)..... 428

Figura I.32- Comparación del movimiento de los contornos determinado con el modelo numérico de dos líneas frente a lo medido en laboratorio (tomada de Horikawa et al., 1979) 430

Anejo III. Batimetría, tamaños de grano y localización de los perfiles de playa

Figura III.1- Localización de las playas 449

Figura III.2- Batimetría de la playa de Cubelles 452

Figura III.3- Foto aérea de la playa de Cubelles..... 452

Figura III.4- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Cubelles...
..... 453

Figura III.5- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Cubelles
..... 453

Figura III.6- Batimetría de la playa de Altafulla 454

Figura III.7- Foto aérea de la playa de Altafulla.....	454
Figura III.8- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Altafulla...	455
Figura III.9- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Altafulla	455
Figura III.10- Batimetría de la playa de Salou.....	456
Figura III.11- Foto aérea de la playa de Salou.....	456
Figura III.12- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Salou.....	457
Figura III.13- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Salou ..	457
Figura III.14- Batimetría de la playa de Almazora 1	458
Figura III.15- Foto aérea de la playa de Almazora 1	458
Figura III.16- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Almazora 1	459
Figura III.17- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Almazora 1	459
Figura III.18- Batimetría de la playa de Almazora 2	460
Figura III.19- Foto aérea de la playa de Almazora 2	460
Figura III.20- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Almazora 2.....	461
Figura III.21- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Almazora 2	461
Figura III.22- Batimetría de la playa de Garrucha.....	462
Figura III.23- Foto aérea de la playa de Garrucha.....	462
Figura III.24- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Garrucha	463
Figura III.25- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Garrucha...	463
Figura III.26- Batimetría de la playa de Benalmádena.....	464
Figura III.27- Foto aérea de la playa de Benalmádena.....	464
Figura III.28- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Benalmádena.....	465
Figura III.29- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Benalmádena.....	465
Figura III.30- Batimetría de la playa de Nueva Andalucía 1	466

Figura III-31- Foto aérea de la playa de Nueva Andalucía 1	466
Figura III.32- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Nueva Andalucía 1.....	467
Figura III.33- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Nueva Andalucía 1.....	467
Figura III.34- Batimetría de la playa de Nueva Andalucía 2.....	468
Figura III.35- Foto aérea de la playa de Nueva Andalucía 2.....	468
Figura III.36- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Nueva Andalucía 2.....	469
Figura III.37- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Nueva Andalucía 2.....	469
Figura III.38- Batimetría de la playa de Nueva Andalucía 3.....	470
Figura III.39- Foto aérea de la playa de Nueva Andalucía 3.....	470
Figura III.40- Localización de los perfiles con β mejor ajuste en la playa de Nueva Andalucía 3.....	471
Figura III.41- Localización de los perfiles con α_{min} fórmula en la playa de Nueva Andalucía 3.....	471

Anejo IV. Comparación A_r medido frente al de la formulación de González et al. (1997)

Figura IV.1- Esquema de variación lineal de la distancia entre rayos del oleaje y definición del coeficiente de refracción (modificada de González et al., 1997)	476
Figura IV.2- Localización de las playas	479
Figura IV.3- Parámetros de ubicación de los perfiles de playa.....	480
Figura IV.4- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Cubelles	481
Figura IV.5- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Altafulla	481
Figura IV.6- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Salou	482
Figura IV.7- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Almazora 1.....	482
Figura IV.8- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Almazora 2.....	483
Figura IV.9- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Garrucha	483

Figura IV.10- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Benalmádena.....	484
Figura IV.11- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Nueva Andalucía 1.....	484
Figura IV.12- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Nueva Andalucía 2.....	485
Figura IV.13- Comparación de A_r estimado con los datos de campo y el obtenido con la formulación de González et al. (1997) en la playa de Nueva Andalucía 3.....	486

Anejo V. Comparación $A_{ref-dif}$ medido frente al de la formulación propuesta

Figura V.1- Parámetros de ubicación de los perfiles de playa.....	491
Figura V.2- Localización de las playas.....	494
Figura V.3- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Cubelles	496
Figura V.4- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Altafulla	496
Figura V.5- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Salou	497
Figura V.6- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Almazora 1.....	497
Figura V.7- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Almazora 2.....	498
Figura V.8- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Garrucha	498
Figura V.9- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Benalmádena.....	499
Figura V.10- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 1	499
Figura V.11- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 2	500
Figura V.12- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 3	501
Figura V.13- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Altafulla	503

LISTA DE FIGURAS

Figura V.14- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Salou	503
Figura V.15- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Almazora 1....	504
Figura V.16- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Almazora 2....	504
Figura V.17- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Benalmádena.	504
Figura V.18- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Cubelles	505
Figura V.19- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Garrucha.....	505
Figura V.20- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 1	506
Figura V.21- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 3	506
Figura V.22- Comparación de $A_{ref-dif}$ y el cociente F estimados con los datos de campo y los obtenidos con la formulación propuesta en la playa de Nueva Andalucía 2	507

Anejo VI. Aplicación de la metodología propuesta para las playas no desarrolladas

Figura VI.1- Aplicación de la metodología propuesta a la playa de Cubelles	512
Figura VI.2- Aplicación de la metodología propuesta a la playa de Garrucha	513
Figura VI.3- Aplicación de la metodología propuesta a la playa de Nueva Andalucía 1	513
Figura VI.4- Aplicación de la metodología propuesta a la playa de Nueva Andalucía 2	514
Figura VI.5- Aplicación de la metodología propuesta a la playa de Nueva Andalucía 3	514

LISTA DE TABLAS



SECCIÓN 2. FUNDAMENTOS Y DESARROLLO DEL MODELO DE EVOLUCIÓN DE MEDIO-LARGO PLAZO

Capítulo 4. Desarrollo del modelo de evolución con perfil de forma constante y profundidad límite variable

Tabla 2.1- Características de las medidas de campo utilizadas92

Capítulo 5. Desarrollo del modelo de evolución de medio-largo plazo

Tabla 2.2- Campañas utilizadas en el seguimiento de la evolución del perfil de playa .
.....113

Tabla 2.3- Parámetros de los diferentes tramos del perfil para cada una de las campañas.....116

SECCIÓN 3. OLEAJE EN ROTURA EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN EN LOS MODELOS DE EVOLUCIÓN DE PLAYAS

Capítulo 7. Método propuesto para la determinación del oleaje en rotura en zonas de refracción-difracción

Tabla 3.1- Configuraciones de dique exento estudiadas con el modelo numérico MSP
.....199

Tabla 3.2- Características de los casos analizados con el modelo numérico MSP para la *configuración 1* de dique exento199

Tabla 3.3- Características de los casos analizados con el modelo numérico MSP para la *configuración 2* de dique exento200

Tabla 3.4- Características de los casos analizados con el modelo numérico MSP para la *configuración 3* de dique exento200

Tabla 3.5- Características de los casos analizados con el modelo numérico MSP para la *configuración 4* de dique exento201

Tabla 3.6- Características de los casos analizados con el modelo Oluca-SP (oleaje espectral).....211

SECCIÓN 4. PERFIL DE EQUILIBRIO EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN

Capítulo 8. Antecedentes y descripción de los datos de campo

Tabla 4.1- Descripción de las playas de la base de datos 243

SECCIÓN 7. ANEJOS

Anejo III. Batimetría, tamaños de grano y localización de los perfiles de playa

Tabla III.1- Descripción de las playas de la base de datos 450

Anejo IV. Comparación A_r medido frente al de la formulación de González et al. (1997)

Tabla IV.1- Descripción de las playas de la base de datos 480

Anejo V. Comparación $A_{ref-dif}$ medido frente al de la formulación propuesta

Tabla V.1- Descripción de las playas de la base de datos 495

Tabla V.2- Parámetros de calibración de la expresión para la determinación del parámetro de forma $A_{ref-dif}$ para cada una de las playas 502

Tabla V.3- Parámetros de calibración de la expresión para la determinación del parámetro de forma $A_{ref-dif}$ para cada una de las playas desarrolladas 508

Tabla V.4- Parámetros de calibración de la expresión para la determinación del parámetro de forma $A_{ref-dif}$ para cada una de las playas no desarrolladas 508

LISTA DE SÍMBOLOS



SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

A	Área transversal del perfil de playa
D	Distancia en vertical en la que se asume que el perfil de playa se traslada
Q	Transporte longitudinal de sedimento en unidades de volumen total por unidad de tiempo
q	Aporte (+) o pérdida (-) de sedimento en unidades de volumen total por unidad de longitud y por unidad de tiempo
t	Tiempo
x	Coordenada espacial en la dirección longitudinal a la costa
y	Posición de la línea de costa

SECCIÓN 2. FUNDAMENTOS Y DESARROLLO DEL MODELO DE EVOLUCIÓN DE MEDIO-LARGO PLAZO

A	Área transversal del perfil de playa entre la cota del fondo y la cota del eje z de referencia, y entre el límite en la costa y_{ls} y el límite exterior del perfil de playa y_{le}
A_d	Parámetro de forma del perfil de playa de tipo potencial con exponente $2/3$ o perfil de Dean
A_m	Parámetro de forma del perfil de playa de tipo potencial con exponente m
A^q	Área transversal del perfil de playa entre la cota del fondo y la cota del eje z de referencia, y entre el límite en la costa y_{ls} y el límite de transporte longitudinal activo del perfil de playa y_{lq}
A_R	Parámetro de forma de la expresión potencial que define el tramo de rotura del perfil de playa
A_y	Área transversal entre la cota del fondo y la cota del eje z de referencia, y entre el límite en la costa y_s y el límite exterior y_e
A_y^q	Área transversal entre la cota del fondo y la cota del eje z de referencia, y entre el límite en la costa y_s y el límite de transporte longitudinal activo y_q
B_E	Parámetro de forma de la expresión potencial que define el tramo exterior del perfil de playa
B_T	Parámetro de forma de la expresión potencial que define el tramo de asomeramiento o de transición del perfil de playa

LISTA DE SÍMBOLOS

c	Concentración de sedimento en unidades de masa de sedimento por volumen de fluido
CM	Carrera de marea
D_{50}^*	Diámetro medio del material situado a una cota de $1.5d_l$
D_B	Elevación de la berma con la notación utilizada en el modelo GENESIS
D_C	Profundidad de cierre con la notación utilizada en el modelo GENESIS
\bar{d}	Profundidad media utilizada por Karambas (1999)
d_i	Profundidad de movimiento incipiente que separa la zona de asomeramiento de la zona exterior según Hallermeier (1981)
d_l	Profundidad que separa la zona litoral de la zona de asomeramiento según Hallermeier (1981), (profundidad de cierre)
FS	Concentración de sedimento (masa de sedimento por volumen de fluido) por unidad de tiempo originada por fuentes y sumideros
g	Aceleración de la gravedad
H_s	Altura de ola significativa local media anual
H_{s12}	Altura de ola significativa local que es excedida 12 horas al año
H_{sb}	Altura de ola significativa en rotura
$H_{s\ loc}$	Altura de ola significativa local
$H_{s\ media\ mes\ previo}$	Altura de ola significativa media mensual correspondiente al mes previo a la campaña analizada
$H_{s\ Tretorno=1}$	Altura de ola significativa con período de retorno de un año
h	Profundidad del fondo
h_b	Profundidad en rotura
h_c	Profundidad de cierre del perfil (profundidad d_l)
h_E	Profundidad, definida con respecto al nivel de la pleamar, del tramo exterior del perfil de playa
h_e	Profundidad exterior en bajamar
$h_{e\ loc}$	Profundidad exterior local en bajamar
h_q	Profundidad en el límite de transporte longitudinal activo y_q
h_R	Profundidad, definida con respecto al nivel de la pleamar, del tramo de rotura del perfil de playa
h_{rt}	Profundidad de rotura en bajamar
h_T	Profundidad, definida con respecto al nivel de la pleamar, del tramo de asomeramiento o de transición del perfil de playa

k_C	Constante de la formulación de Capobianco et al. (1997) de la profundidad de cierre en escalas de corto a medio plazo
l	Longitud del perfil de playa en la que se concentra el transporte longitudinal de sedimento
l_y	Longitud, medida en la dirección del eje general y , en la que se concentra el transporte longitudinal de sedimento
m	Exponente del perfil de playa de tipo potencial
m_E	Exponente de la expresión potencial que define el tramo exterior del perfil de playa
m_e	Pendiente del perfil de playa en el punto con profundidad h_e
$m_{e\ loc}$	Pendiente del perfil de playa en el punto con profundidad $h_{e\ loc}$
m_R	Exponente de la expresión potencial que define el tramo de rotura del perfil de playa
m_T	Exponente de la expresión potencial que define el tramo de asomeramiento o de transición del perfil de playa
p	Porosidad del sedimento
Q	Q_x con la notación utilizada en el modelo GENESIS
Q_x	Transporte longitudinal (en la dirección del eje x) de sedimento total integrado en la dirección transversal y , en unidades de volumen total por unidad de tiempo
Q_{x_l}	Transporte longitudinal (en la dirección del eje x_l) de sedimento total integrado en la dirección transversal y_l , en unidades de volumen total por unidad de tiempo
q	$q_{y_{y_s}} - q_{y_{y_q}}$ con la notación utilizada en el modelo GENESIS
q_0	$-q_{y_{y_q}}$ con la notación utilizada en el modelo GENESIS
$\overline{q_{advectivo}}$	Flujo de masa advectivo en unidades de masa de sedimento por unidad de área y por unidad de tiempo
$\overline{q_{difusivo}}$	Flujo de masa difusivo en unidades de masa de sedimento por unidad de área y por unidad de tiempo
q_{FS}	Aporte o pérdida de sedimento en unidades de volumen total por unidad de longitud y por unidad de tiempo debido a fuentes y sumideros
q_s	$q_{y_{y_s}}$ con la notación utilizada en el modelo GENESIS
q_x	Transporte longitudinal de sedimento (en la dirección del eje x) en unidades de volumen total por unidad de longitud y por unidad de tiempo

LISTA DE SÍMBOLOS

q_x^{sed}	Transporte longitudinal de sedimento (en la dirección del eje x) en unidades de volumen de sedimento por unidad de longitud y por unidad de tiempo
q_y	Transporte transversal de sedimento (en la dirección del eje y) en unidades de volumen total por unidad de longitud y por unidad de tiempo
q_y^{sed}	Transporte transversal de sedimento (en la dirección del eje y) en unidades de volumen de sedimento por unidad de longitud y por unidad de tiempo
q_{y_l}	Transporte transversal de sedimento (en la dirección del eje y_l) en unidades de volumen total por unidad de longitud y por unidad de tiempo
t	Tiempo
T_{FS}	Aporte o pérdida de sedimento en unidades de volumen total por unidad de área y por unidad de tiempo debido a fuentes y sumideros
T_p	Período de pico
$T_{retorno}$	Período de retorno
T_s	Período significativo asociado a la H_{s12}
T_{sm}	Período del oleaje significativo medio anual
T_x	Transporte longitudinal de sedimento (en la dirección del eje x) en unidades de masa de sedimento por unidad de longitud y por unidad de tiempo
T_y	Transporte transversal de sedimento (en la dirección del eje y) en unidades de masa de sedimento por unidad de longitud y por unidad de tiempo
$(u_{sed}, v_{sed}, w_{sed})$	Componentes del vector velocidad del sedimento en las tres direcciones (x, y, z)
V_A	Variación temporal del área transversal del perfil
$[V_A]_{t_1}^{t_2}$	Variación temporal del área transversal del perfil entre los instantes t_1 y t_2
(x, y, z)	Ejes cartesianos generales, con el eje x en la dirección longitudinal a la costa, siguiendo la tendencia dominante de la línea de costa, el eje y en la dirección transversal extendiéndose hacia la zona de aguas profundas y el eje z en la dirección vertical, definiéndose positivo hacia arriba
(x_l, y_l)	Ejes locales en coordenadas curvilíneas, con el eje x_l en la dirección tangente a la línea de costa y el eje y_l en la dirección perpendicular al anterior extendiéndose hacia la zona de aguas profundas
x_s	Coordenada x en ejes generales de la posición de la línea de costa

y_e	Límite exterior en ejes generales
y_{lE}	Posición, con respecto a los ejes de referencia locales, del origen de la expresión potencial que define el tramo exterior del perfil de playa
y_{le}	Límite exterior en ejes locales
$y_{le\ loc}$	Posición, con respecto a los ejes de referencia locales, del límite exterior local asociado con la profundidad $h_{e\ loc}$
y_{lq}	Límite de transporte longitudinal activo en ejes locales
y_{lrt}	Posición, con respecto a los ejes de referencia locales, del límite de rotura en bajamar asociado con la profundidad h_{rt}
y_{lR}	Posición, con respecto a los ejes de referencia locales, del origen de la expresión potencial que define el tramo de rotura del perfil de playa
y_{ls}	Límite en la línea de costa en ejes locales
y_{lT}	Posición, con respecto a los ejes de referencia locales, del origen de la expresión potencial que define el tramo de asomeramiento o de transición del perfil de playa
y_q	Límite de transporte longitudinal activo en ejes generales
y_s	Límite en la línea de costa en ejes generales (en el modelo GENESIS y_s se identifica con el símbolo y)
z_b	Cota del fondo referida al eje z de referencia establecido
z_η	Cota de la superficie libre referida al eje z de referencia establecido
$(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$	Componentes del vector viscosidad de remolino (coeficiente de difusión turbulento) en las tres direcciones (x, y, z)
θ	Ángulo que forma el eje local x_l con respecto al eje general x
ρ_s	Densidad del sedimento
σ	Desviación estándar de la altura de ola significativa

SECCIÓN 3. OLEAJE EN ROTURA EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN EN LOS MODELOS DE EVOLUCIÓN DE PLAYAS

A	Parámetro utilizado en la aproximación de Kraus (1984) para la estimación del coeficiente de difracción
A_d	Parámetro de forma del perfil de playa de tipo potencial con exponente $2/3$ o perfil de Dean
C	Celeridad de la onda

LISTA DE SÍMBOLOS

C_g	Celeridad de grupo
Dis	Distancia del morro del dique a la costa
d	Distancia entre el punto G y el punto analizado
d_{dp}	Distancia entre el punto C definido como la intersección de la línea de rotura en la zona no afectada por el dique exento con la línea del ángulo α_{min} y el punto G , que representa la proyección del punto C sobre el frente del oleaje en el morro del dique exento
f	Frecuencia de cada componente del oleaje
f_p	Frecuencia de pico
G	Anchura de la zona de transición en el modelo ONELINE
G_0	Parámetro que normaliza la función de dispersión direccional
$G(f, \theta)$	Función de dispersión direccional del espectro del oleaje incidente
g	Aceleración de la gravedad
H_b	Altura de ola en rotura
$H_{b\ ref}$	Altura de ola en rotura en la zona no afectada por la estructura
H_{morro}	Altura de ola en el morro del dique
H_s	Altura de ola significativa
H_{s12}	Altura de ola que es excedida doce horas al año
$(H_s)_d$	Altura de ola significativa difractada
$(H_s)_i$	Altura de ola significativa incidente
h	Profundidad del fondo
h_b	Profundidad en rotura
h_p	Profundidad en el morro del dique
I_{ang}	Incremento o decremento de ángulo con respecto al ángulo α_{morro} para la obtención del ángulo α_{sal}
k	Número de onda
$K_d(f, \theta x,y)$	Coefficiente de difracción en un punto (x, y) para una onda con una frecuencia f y un ángulo θ
L	Longitud de onda
L_I	Longitud de onda en el punto I
L_P	Longitud de onda en el punto P
L_s	Longitud de onda en cercanías del punto de difracción
$(m_0)_d$	Momento de orden cero del espectro difractado
$(m_0)_i$	Momento de orden cero del espectro incidente

P_C	Parámetro que representa la parte del ángulo I_{ang} que no está relacionada con el ángulo θ_{ref} , sino con el cociente d/d_{dp}
P_E	Energía acumulada del espectro por direcciones, depende del ángulo θ
R	Coefficiente de difracción
S	Parámetro de concentración direccional
S_D	Distancia de la estructura a la línea de costa en el modelo ONELINE
$S(f)$	Espectro frecuencial del oleaje incidente
$S_d(f x, y)$	Espectro frecuencial del oleaje difractado
$S_i(f, \theta)$	Espectro direccional del oleaje incidente
S_{max}	Parámetro de concentración direccional máxima
$(S_{max})_0$	Parámetro de concentración direccional máxima en profundidades indefinidas
T	Período del oleaje
T_p	Período de pico
T_s	Período del oleaje asociado a la altura de ola significativa
U	Velocidad del viento generador
W	Parámetro utilizado en la aproximación de Kraus (1984) para la estimación del coeficiente de difracción
(x, y)	Ejes cartesianos generales, con el eje x en la dirección longitudinal a la costa y el eje y en la dirección transversal perpendicular al anterior
x_I	Distancia del morro del dique exento a la posición de la fuente I
Y	Distancia del punto difractante a la parte de playa no afectada por el dique exento siguiendo la notación de González y Medina (2001)
α	Parámetro que incluye el tipo de oleaje en la determinación del coeficiente de difracción
α_I	Ángulo de salida de la fuente (punto I)
α_{min}	Ángulo que define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
α_{morro}	Ángulo del oleaje incidente en el morro
α_P	Ángulo de llegada al punto analizado P
$(\alpha_p)_0$	Ángulo de incidencia del oleaje en profundidades indefinidas
α_{sal}	Ángulo de salida del oleaje de una profundidad igual a la profundidad en el morro del dique exento

LISTA DE SÍMBOLOS

β	Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
β_r	Parámetro de Penney y Price (1952) utilizado para calcular el coeficiente de difracción, esta nomenclatura se respeta en la expresión del ángulo α_{min} propuesta por González y Medina (2001)
γ	Parámetro que incluye la zona de refracción-difracción en la determinación del coeficiente de difracción
γ_b	Constante o índice de rotura
γ_f	Dispersión frecuencial o anchura del espectro frecuencial del espectro TMA del modelo Oluca-SP (oleaje espectral)
θ	Ángulo de cada componente del oleaje, medido con respecto a la dirección principal de incidencia del oleaje
θ_D	Ángulo entre el rayo del oleaje incidente en el morro de la estructura difractante y la línea definida por dicho morro y el punto analizado
θ_{IP}	Ángulo de la línea recta entre los puntos I y P
θ_b	Ángulo del oleaje en rotura
θ_g	Ángulo geométrico definido por la recta que une el morro de la estructura difractante y el punto analizado
θ_{lim}	Ángulo límite que indica el ángulo θ_{ref} para el que para valores inferiores del mismo (en valor absoluto y expresado en grados) el ángulo I_{ang} es nulo
θ_{ref}	Ángulo que forma la línea recta entre el morro del dique y el punto analizado con respecto a la línea del ángulo α_{min}
ξ	Diferencia entre el ángulo del rayo del oleaje real y el ángulo de la línea recta entre los puntos I y P
σ	Parámetro que indica el grado de dispersión direccional del espectro del oleaje o ancho de la dispersión direccional
ϕ	Potencial del flujo

SECCIÓN 4. PERFIL DE EQUILIBRIO EN ZONAS DE REFRACCIÓN-DIFRACCIÓN

A_d	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil de playa
$A_{d\beta}$	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil ubicado en el ángulo β

$A_{d\theta}$	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil ubicado en el ángulo θ
A_r	Parámetro de forma del perfil de playa asociado a la refracción
A_{re}	A_r para b exponencial
$A_{ref-dif}$	Parámetro de forma del perfil de playa asociado a la zona de refracción-difracción
$A_{ref-dif\ max}$	$A_{ref-dif}$ máximo
$A_{ref-dif\ \beta}$	Parámetro de forma asociado a la zona de refracción-difracción del perfil ubicado en el ángulo β
$A_{ref-dif\ \theta}$	Parámetro de forma asociado a la zona de refracción-difracción del perfil ubicado en el ángulo θ , denotado también como $A_{ref-dif}$
A_{rl}	A_r para b lineal
A_T	Parámetro de forma total del perfil de playa
$A_{T\ \beta}$	Parámetro de forma total del perfil ubicado en el ángulo β
$A_{T\ \theta}$	Parámetro de forma total del perfil ubicado en el ángulo θ
a	Amplitud de onda
b	Anchura entre rayos del oleaje
b_s	b en la línea de costa
C	Celeridad de la onda
C_1	Coefficiente que consigue que el coeficiente de difracción sea unitario en θ igual β
C_2	Coefficiente que permite convertir el valor del ángulo α_{min} medido en rotura al correspondiente valor equivalente en la costa α_{equi}
C_3	Coefficiente función del coeficiente C_2 y de los ángulos β y α_{min}
C_g	Celeridad de grupo
D_1	Término de disipación de energía
D_2	Término de disipación de energía definido como $D_2=1/2\rho gD_1$
D_{50}	Tamaño de grano del sedimento
D^*	Disipación de energía por unidad de volumen
E	Energía del oleaje por unidad de superficie (densidad de energía)
F	Cociente entre $A_{T\ \theta}$ y $A_{T\ \beta}$
F_D	Factor de la formulación del perfil de equilibrio en zona de refracción-difracción
$f()$	Función de la variable interior al paréntesis
g	Aceleración de la gravedad

LISTA DE SÍMBOLOS

h	Profundidad del fondo
K_d	Coefficiente de difracción
K_{PB}	Coefficiente de mejor ajuste a los datos de campo de P_b
K_{r0}	Coefficiente de refracción en la zona de rompientes
k	Número de onda que se obtiene con la ecuación de dispersión
k_m	Número de onda real correspondiente a la <i>ecuación de la pendiente suave</i>
k_x	Componente de k_m en la dirección principal de propagación x
k_y	Componente de k_m en la dirección y
L	Longitud de onda
n	Parámetro de la aproximación matemática
P_a	Parámetro de calibración de la formulación del parámetro $A_{ref-dif}$
P_b	Parámetro de calibración de la formulación del parámetro $A_{ref-dif}$
r	Coefficiente de la expresión para b lineal
S	Fase
T	Período del oleaje
W	Anchura de la zona de rompientes
w_s	Velocidad de caída de grano del sedimento
x	Eje transversal a la línea de costa en la dirección del perfil de playa
z	Eje vertical (positivo hacia arriba)
α	Parámetro que incluye el tipo de oleaje en la determinación del coeficiente de difracción
α_{equi}	Ángulo equivalente del ángulo α_{min} pero medido en la costa
α_{min}	Ángulo que define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
β	Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
γ	Parámetro que incluye la zona de refracción-difracción en la determinación del coeficiente de difracción
γ_b	Constante o índice de saturación de la energía en la zona de rompientes
$\gamma\theta_{D\ max}$	$\gamma\theta_D$ en el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo
Γ	Parámetro de la formulación de A_r para b exponencial que indica el grado de convergencia o divergencia de los rayos del oleaje
δ	Parámetro de la aproximación matemática

ε	Disipación de energía por unidad de área
θ	Ángulo de ubicación de cada perfil de playa
θ_D	Ángulo entre el rayo del oleaje incidente en el morro de la estructura difractante y la línea definida por dicho morro y el punto analizado
θ_{max}	θ en el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo
$(\theta/\beta)_{max}$	Cociente del ángulo θ con respecto al β en el perfil de playa con $A_{ref-dif}$ máximo
ρ	Densidad del fluido
ρ_s	Densidad del sedimento
ϕ	Potencial del flujo
χ	Parámetro de la formulación de A_r
ω	Frecuencia angular definida como $\omega=2\pi/T$

SECCIÓN 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

A_d	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil de playa
$A_{ref-dif}$	Parámetro de forma del perfil de playa asociado a la zona de refracción-difracción
A_T	Parámetro de forma total del perfil de playa
$H_{s\ local}$	Altura de ola significativa local
h_e	Profundidad exterior en bajamar, se encuentra asociada con el límite exterior
$h_{e\ local}$	Profundidad exterior local en bajamar, se encuentra asociada a cada condición de oleaje
h_q	Profundidad en el límite de transporte longitudinal activo
P_a	Parámetro de calibración de la formulación del parámetro $A_{ref-dif}$
P_b	Parámetro de calibración de la formulación del parámetro $A_{ref-dif}$
α	Parámetro que incluye el tipo de oleaje en la determinación del coeficiente de difracción
α_{min}	Ángulo que define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
β	Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)

γ	Parámetro que incluye la zona de refracción-difracción en la determinación del coeficiente de difracción
θ	Ángulo de ubicación de cada perfil de playa

SECCIÓN 7. ANEJOS

Anejo I. Estado del arte de los modelos de evolución de playas

A	Área transversal del perfil de playa
a_1	Coefficiente del término de incidencia oblicua de la formulación de transporte longitudinal de sedimento del CERC
a_2	Coefficiente del término de gradiente longitudinal de altura de ola de la versión modificada por Ozasa y Brampton (1980) de la formulación de transporte longitudinal de sedimento del CERC
C_{gb}	Celeridad de grupo en rotura
D	Distancia en vertical en la cual se asume que el perfil de playa se traslada
D_{50}	Tamaño de grano del sedimento
D_B	Elevación de la berma
D_C	Profundidad de cierre
$f()$	Función de la variable interior al paréntesis
H_{sb}	Altura de ola significativa en rotura
I_r	Número de Iribarren definido como el cociente entre la pendiente de la playa y la raíz cuadrada del cociente altura de ola en rotura con respecto la longitud de onda en indefinidas
K_1	Coefficiente empírico utilizado como parámetro de calibración de la formulación de transporte longitudinal de sedimento del CERC.
K_2	Coefficiente empírico utilizado como parámetro de calibración de la versión modificada por Ozasa y Brampton (1980) de la formulación de transporte longitudinal de sedimento del CERC
L_1	Constante de la formulación del transporte longitudinal de sedimento de Bakker y Edelman (1964)
L_2	Constante de la formulación del transporte longitudinal de sedimento de Bakker y Edelman (1964)
m_b	Pendiente del perfil de playa en la zona de rotura
p	Porosidad del sedimento

Q	Transporte longitudinal de sedimento en unidades de volumen total por unidad de tiempo
Q_0	Amplitud del transporte longitudinal de sedimento o parte del transporte no asociada con el ángulo del oleaje en rotura
Q_{0B}	Amplitud del transporte longitudinal de sedimento determinado con la formulación de Bakker y Edelman (1964) o parte de este transporte no asociada con el ángulo del oleaje
Q_B	Transporte longitudinal de sedimento determinado con la formulación de Bakker y Edelman (1964)
q	Aporte (+) o pérdida (-) de sedimento en unidades de volumen total por unidad de longitud y por unidad de tiempo
T_{op}	Período de pico en profundidades indefinidas
t	Tiempo
$\tan\delta$	Pendiente del perfil en el tramo de éste donde se produce el principal transporte longitudinal de sedimento
x	Coordenada espacial en la dirección longitudinal a la costa
y	Posición de la línea de costa
α_b	Ángulo del frente del oleaje en rotura con respecto al eje x de referencia
α_{bB}	Ángulo del frente del oleaje en rotura con respecto a la línea de costa en la formulación de transporte longitudinal de sedimento de Bakker y Edelman (1964)
α_{bs}	Ángulo del frente del oleaje en rotura con respecto a la línea de costa
α_s	Ángulo de la línea de costa con respecto al eje x de referencia
ε	Coefficiente o constante de difusión en unidades de área por unidad de tiempo
ρ	Densidad del agua
ρ_s	Densidad del sedimento

Anejo II. Características esenciales del modelo numérico de propagación de oleaje MSP

C	Celeridad de la onda
C_g	Celeridad de grupo
k	Número de onda
L	Longitud de onda

(x, y)	Ejes cartesianos generales, con el eje x en la dirección principal de propagación del oleaje y el eje y en la dirección perpendicular al anterior
ϕ	Potencial del flujo

Anejo III. Batimetría, tamaños de grano y localización de los perfiles de playa

D_{50}	Tamaño de grano del sedimento
α_{min}	Ángulo que define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
β	Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)

Anejo IV. Comparación A_r medido frente al de la formulación de González et al. (1997)

A_d	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil de playa
A_r	Parámetro de forma del perfil de playa asociado a la refracción
A_T	Parámetro de forma total del perfil de playa
b	Anchura entre rayos del oleaje
D_{50}	Tamaño de grano del sedimento
h	Profundidad del fondo
K_{r0}	Coefficiente de refracción en la zona de rompientes
W	Anchura de la zona de rompientes
w_s	Velocidad de caída de grano del sedimento
x	Eje transversal a la línea de costa en la dirección del perfil de playa
β	Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
θ	Ángulo de ubicación de cada perfil de playa, se mide con respecto al frente del oleaje incidente en el morro
χ	Parámetro de la formulación de A_r

Anejo V. Comparación $A_{ref-dif}$ medido frente al de la formulación propuesta

A_d	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil de playa
$A_{d\beta}$	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil ubicado en el ángulo β
$A_{d\theta}$	Parámetro de forma de Dean o asociado al tamaño de grano del perfil ubicado en el ángulo θ
$A_{ref-dif}$	Parámetro de forma del perfil de playa asociado a la zona de refracción-difracción
$A_{ref-dif\beta}$	Parámetro de forma asociado a la zona de refracción-difracción del perfil ubicado en el ángulo β
$A_{ref-dif\theta}$	Parámetro de forma asociado a la zona de refracción-difracción del perfil ubicado en el ángulo θ , denotado también como $A_{ref-dif}$
A_T	Parámetro de forma total del perfil de playa
D_{50}	Tamaño de grano del sedimento
F	Cociente entre el parámetro de forma total del perfil ubicado en el ángulo θ y el parámetro de forma total del perfil ubicado en el ángulo β
h	Profundidad del fondo
P_a	Parámetro de calibración de la formulación del parámetro $A_{ref-dif}$
P_b	Parámetro de calibración de la formulación del parámetro $A_{ref-dif}$
w_s	Velocidad de caída de grano del sedimento
x	Eje transversal a la línea de costa en la dirección del perfil de playa
α_{min}	Ángulo que define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
β	Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)
θ	Ángulo de ubicación de cada perfil de playa

Anejo VI. Aplicación de la metodología propuesta para las playas no desarrolladas

$A_{ref-dif}$	Parámetro de forma del perfil de playa asociado a la zona de refracción-difracción
α_{min}	Ángulo que define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)

LISTA DE SÍMBOLOS

β Ángulo complementario del ángulo α_{min} , define la zona de refracción-difracción según González y Medina (2001)