

# Estudio de los efectos originados por la presencia de una "Laja Rocosa" en la morfodinámica de una playa: Aplicación a la playa de Peñarrubia (Gijón)

CARLOS OMAR AYALA COLLAZOS (\*); JOSÉ RAMON AMOROS SERRET (\*\*);  
MARÍA FERNANDA HERNÁNDEZ LÓPEZ (\*\*\*)

**RESUMEN** Este artículo presenta el estudio morfodinámico de una playa que conduce al planteamiento de un modelo de funcionamiento que define su perfil de equilibrio y una planta estable, bajo unas condiciones de morfología especiales y el clima marítimo típico de la zona en estudio.

## STUDY OF THE EFFECTS CAUSED BY PRESENCE OF A REEF IN BEACH MORPHODINAMICS WITH REFERENCE TO PEÑARRUBIA BEACH

**ABSTRACT** *The paper describes the several aspects of the beach dynamics of a specific location, with defined maritime climate, generating a model of the stability profiles along the beach and the correct assessment on the spatial variability of its planar evolution.*

**Palabras clave:** Playa; Evolución línea de costa; Perfiles; Modelización.

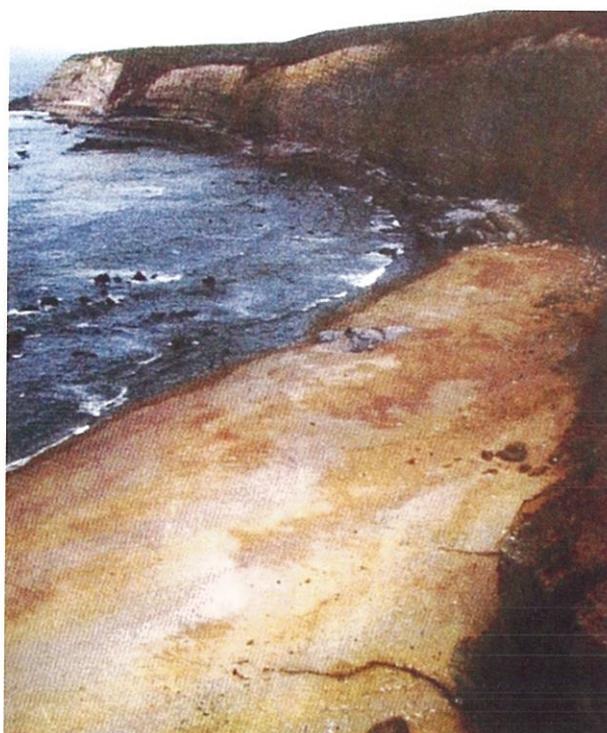
## 1. INTRODUCCIÓN

La configuración de una playa surge como resultado de la interacción de la dinámica marina con los contornos existentes (batimetría y costa) y el material disponible (arena, gravas). Tradicionalmente, el análisis de la morfodinámica de una playa, es decir, los cambios que sufre la forma de la playa en función de la dinámica actuante, se realiza caracterizando la estabilidad de su perfil y de su planta.

En el presente artículo se adopta dicha estructura de análisis, estudiándose el equilibrio en perfil y el equilibrio en planta. Como resultado del análisis de dichos factores se establecerá un modelo de funcionamiento morfodinámico de la playa en estudio, que determinara cual será el posible cambio que sufrirá la playa al realizar una determinada actuación, de ahí la importancia de conocer estos procesos.

En este artículo se presenta el estudio morfodinámico realizado a la Playa de Peñarrubia, el cual tiene como alcance la presentación de los efectos que puede ocasionar una "Laja Rocosa" ubicada al frente de una playa.

La playa de Peñarrubia, también conocida como playa Amandi, se encuentra ubicada en el término municipal de Gi-



**FIGURA 1.** Playa de Peñarrubia, estrecha y alargada, que se apoya y desarrolla al pie de acantilados.

(\*) Universidad del Valle. Cali. Colombia. Alumno del Master de Puertos y Costas del CEDEX.

(\*\*) Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX. Secretario Técnico del Master de Puertos y Costas del CEDEX.

(\*\*\*) Universidad del Valle. Cali. Colombia.

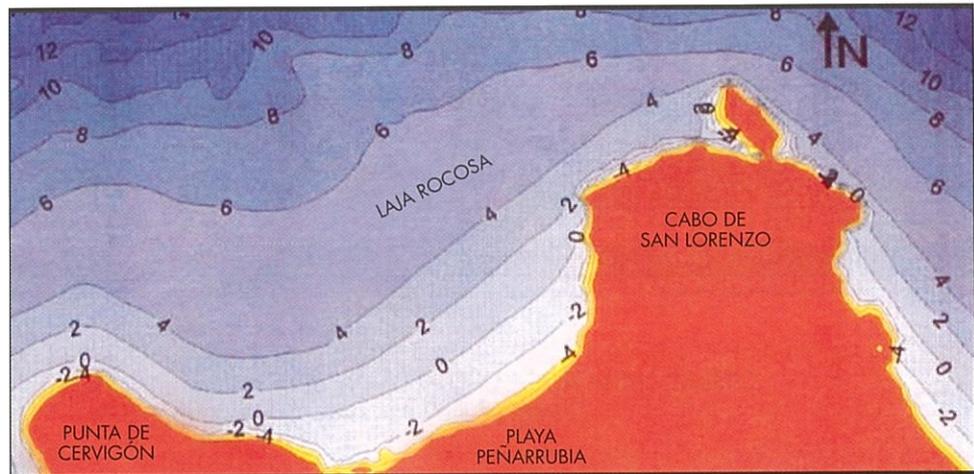


FIGURA 2. Batimetría Playa Peñarrubia.

jón, formando parte de la línea costera al Este de la ciudad. La playa está encajada en una zona de acantilados, entre la Punta de Cervigón y el Cabo de San Lorenzo, presentando una orientación NNW. La anchura del frente de playa es de unos 500 m en bajamar y en pleamar alcanza aproximadamente una longitud de 200 m sobre la zona Este de la ensenada. La playa es estrecha y alargada, instalada al pie de elevados acantilados que la limitan lateralmente (Figura 1). El perfil de arena existente tiene un diámetro medio  $D_{50} = 0.25$  mm, el cual intercepta en su base una "Laja Rocosa" (Figura 2).

Este artículo presenta las dinámicas, que de un modo u otro afectan directamente la morfología de la playa, para conocer su condición actual y al mismo tiempo, plantea un modelo de funcionamiento morfodinámico de la misma, para posteriormente dar un diagnóstico sobre la situación actual.

## 2. DINÁMICA MARINA

### 2.1. OLAJE

El oleaje que se puede presentar en la playa de Peñarrubia, es función del clima marítimo existente en el mar Cantábrico. Para el estudio se tiene información de diferentes fuentes (boyas, radar y observaciones visuales).

Los oleajes reinantes y dominantes corresponden a oleajes del cuarto cuadrante, representando estos casi un 70% del tiempo y alcanzando valores de altura significante superiores a 8 m con período de retorno de 10 años. El oleaje más frecuente y con mayores alturas de ola, proviene del sector NNW, seguido de NW, N, NE y NNE. Los períodos del oleaje están comprendidos entre 5 y 25 segundos.

El conocimiento del oleaje en la playa de estudio requiere el análisis de los factores del oleaje en profundidades indefinidas y su propagación hasta la costa.

### Resultados de las propagaciones del oleaje

De los resultados de propagación del oleaje característico seleccionado de la zona realizados, se puede concluir:

- Dada la presencia de la "Laja Rocosa" y su orientación, los frentes del oleaje a la altura del Cabo San Lorenzo, para cualquier oleaje propagado (dirección y período), adoptan una orientación perpendicular al Norte.
- Los frentes de oleaje que se aproximan sobre la "Laja Rocosa" (para cualquier dirección, período y alturas de ola), sufren una importante refracción, tomando como se dijo inicialmente una orientación Norte, que gradualmente se van girando para colocarse paralelos al sector donde existe zona de playa.

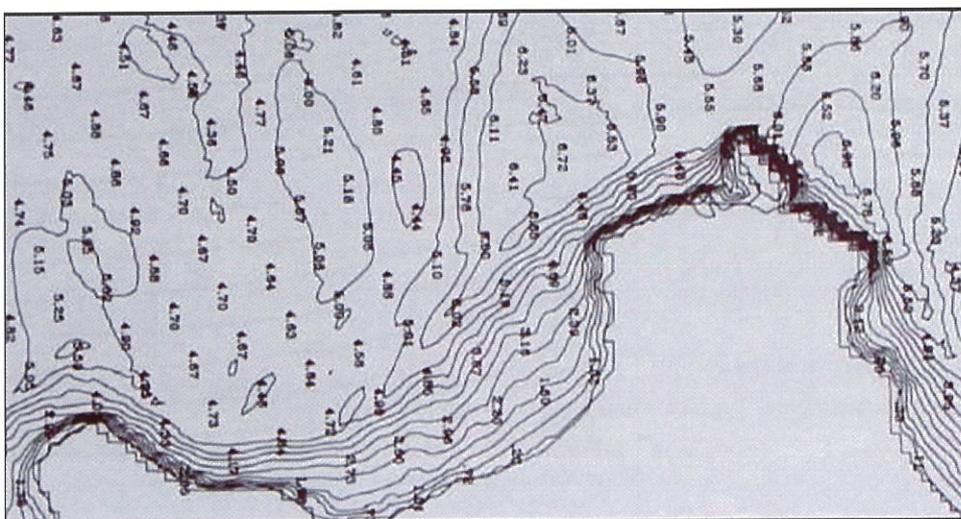


FIGURA 3. Isolíneas de Altura de Ola.  $H_s = 6$  m Dir = NNW  $T = 18$  s Marea = 4.5 m.

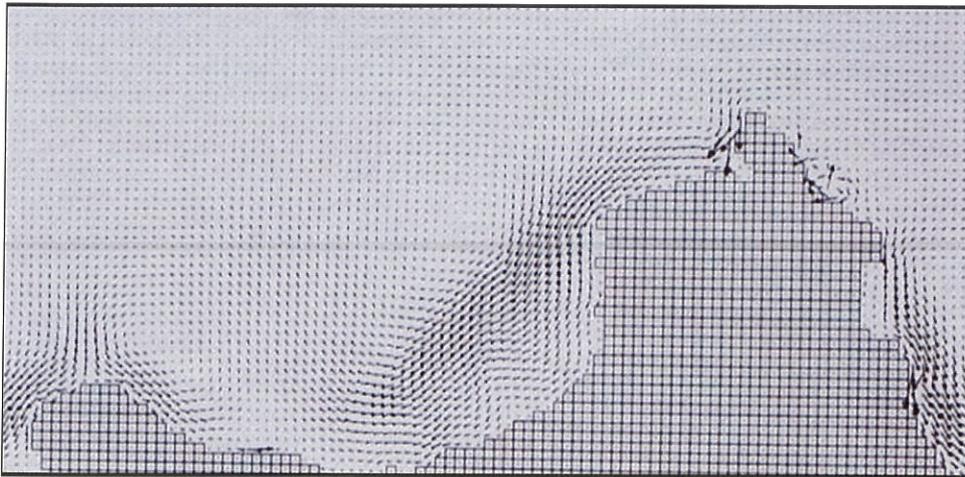


FIGURA 4. Corrientes de Velocidad.  $H_s = 6$  m Dir = NNW  
T = 18 s Marea = 4.5 m.

- La punta del Cervigón, el Cabo de San Lorenzo y la "Laja Rocosa" generan un efecto importante de refracción (concentrando energía), no generando efectos de difracción (gradientes de altura de ola) en la playa, como se muestra en la Figura 5.
- En cercanías del Cabo de San Lorenzo y la Punta del Cervigón, se presentan algunos gradientes de altura de ola pero de forma muy local, sin influir en la zona de la playas (Figura 3).
- Para cualquier altura de ola o dirección, en pleamar se produce rotura sobre los acantilados a lo largo del Cabo San Lorenzo y la Punta del Cervigón, siendo mayores las alturas de olas en esta última, lo cual explica la ausencia de arena en dicha zona (Figura 3).
- Dada la "Laja Rocosa" y su orientación, en bajamar para grandes alturas de ola la zona de rotura ocurre alejado de la playa. En pleamar aunque la rotura es más cerca a la playa, las olas siguen rompiendo sobre la "Laja Rocosa" (Figura 5).
- Para altura de olas pequeñas, en bajamar las olas siguen rompiendo sobre la roca y en pleamar rompen sobre la misma playa.
- En cuanto mayor es el período del oleaje, las ondas se ven afectadas a mayores profundidades. Dado que la batimetría presenta grandes bajos mar afuera el oleaje presenta en períodos más grandes una mayor concentración de energía en cercanías de la zona de estudio. Con lo cual en el caso del período mayor el oleaje rompe más afuera, llegando menor energía a la zona de playa.
- En general la zona de rotura para diferentes condiciones de oleaje: altura de ola, período, dirección y marea; no presentan importantes variaciones de altura de ola, que alcanza la playa debido al importante efecto de refracción provocado por la "Laja Rocosa".
- La máxima altura de ola en la cota batimétrica cero (zona sin arena), en ningún caso propagado supera los 2.50 m, lo que muestra el alto grado de disipación de "Laja Rocosa" (Figura 3).

De lo anterior, se concluye que el efecto de la "Laja Rocosa" presenta un doble efecto sobre el oleaje: (1) Como filtro de energía, dado que limita el rango de variación de las alturas de ola que alcanza la playa y (2) tiene un efecto importante de refracción, el cual permite que los frentes siempre lleguen paralelos a la costa en la zona de la playa, para oleajes que inciden de cualquier dirección o período.

## 2.2. CORRIENTES ORIGINADAS POR ROTURA DEL OLAJE

La rotura del oleaje genera unas corrientes, fundamentalmente paralelas a la playa, que son función del ángulo con que el oleaje aborda la costa y de los gradientes longitudinales de altura de ola. Estas corrientes, denominadas corrientes por rotura, son de especial importancia en la disposición de equilibrio de una playa y, más concretamente, en su forma en planta, dado su importante potencial de transporte de arena.

Con respecto al análisis realizado a los resultados obtenidos de las corrientes por rotura del oleaje, se puede afirmar lo siguiente:

- En situación de bajamar, con olas de 5 y 6 metros, es cuando las olas rompen más afuera, sobre la "Laja Rocosa". Generando así un sistema circulatorio de corrientes claramente identificado, que van del Cabo San Lorenzo bajando por el acantilado, siguiendo longitudinal a la playa y saliendo hacia el mar donde se encuentra con la corriente proveniente de la Punta del Cervigón con grandes corrientes a la altura del Cabo de San Lorenzo sobre la "Laja Rocosa" y corrientes muy pequeñas en la zona de playas de arena (Figura 4). Este sistema circulatorio es el característico de playas encajadas con dos corrientes principales predominantes, una por cada margen de la playa, y en la dirección de la costa. Estas corrientes son generadas inicialmente en el Cabo de San Lorenzo y Punta del Cervigón por gradientes de altura de ola, donde se concentra la mayor energía (Figura 3) y a lo largo del acantilado y la playa, predominando las corrientes por oblicuidad del oleaje.
- El encuentro de estas dos corrientes de agua producen una corriente de salida en el tercio de la playa hacia la zona Oeste, determinando que la corriente E-W es de mayor magnitud. También se aprecia una suave corriente que se forma paralela al acantilado del Cabo San Lorenzo llegando a la playa (Figura 4).
- Este esquema de funcionamiento circulatorio, se cumple para todos los oleajes propagados, teniendo una proporcionalidad de magnitud de corrientes de acuerdo al aumento de altura de ola.
- En pleamar el sistema de corrientes es semejante. Presentando en algunas oportunidades el no rompimiento del oleaje en la zona Oeste, produciendo una fuerte disminución en sus corrientes, que permiten a las corrientes provenientes del Cabo San Lorenzo circular libremente.

- En bajamar con oleajes grandes queda determinado la zona dinámica de la playa Peñarrubia, observándose muy claramente el centro de generación de cada una de las corrientes que se desplazan de acuerdo a los oleajes propagados, y las variaciones de las magnitudes de corrientes, y por lo tanto se explica la existencia del material granular en algunas zonas de la playa.
- En la zona de la playa de arena las corrientes son muy débiles, tanto para grandes olas como para olas pequeñas, esto se debe a que los frentes llegan prácticamente paralelos a la playa, lo cual se cumple para cualquier dirección, como puede verse en el caso de la altura de ola media ( $H=1.0$  m.) y niveles altos de marea.
- Una característica general que presentan las corrientes es el incremento de la magnitud de velocidad de corrientes a partir de la zona rotura, disminuyendo luego en dirección hacia la playa (Figura 4).
- En términos generales se puede decir que el sistema de corrientes debido a la rotura del oleaje en la playa de Peñarrubia, presenta un patrón muy definido que no cambia de manera importante con los cambios del oleaje. Para grandes alturas de ola las corrientes fuertes ocurren muy alejados de la zona de playa, sin la presencia de corrientes importantes en la misma. Para la ola media anual, las corrientes sobre la playa son prácticamente nulas.

### 3. MORFODINÁMICA DE PLAYAS

#### 3.1. EQUILIBRIO EN PERFIL

##### 3.1.1. Modelo Conceptual

Existen diversas formulaciones que permiten describir un perfil de playa, conocido el tamaño del material existente (arena, grava) y el oleaje actuante. Un modelo comúnmente utilizado es el Perfil de Dean (1977), que se obtuvo a partir de datos referentes a playas en diversos lugares del mundo.

A continuación se presentan las características y definiciones de este perfil:

- Forma del Perfil:

$$h = A x^{2/3} \quad (3.1)$$

- El parámetro A de forma fue estudiado por Moore (1982) y Dean (1987), obteniéndose la relación:

$$A = k w^{0.44} \quad (3.2)$$

- Límite del perfil activo o profundidad de cierre del perfil, el cual fue estudiado por Birkemeier (1985):

$$h_* = 1.6 (H_S)_{12} \quad (3.3)$$

donde:

h = profundidad (m)

x = distancia desde la playa (m)

w = velocidad de caída del grano (m/s)

$(H_S)_{12}$  = altura de ola significativa excedida 12 horas al año (m)

g = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

Nótese que la forma del perfil depende única y exclusivamente del tamaño del sedimento a través del parámetro de forma A, mientras que el oleaje nos señala la cota de finalización del perfil,  $h_*$ .

De este modo, una playa de arena tendrá una pendiente más tendida que una playa de gravas. Del mismo modo, una playa abierta al oleaje, expuesta a un oleaje mayor, tiene un perfil activo más largo que otra playa en un lugar resguardado.

El valor del coeficiente k que relaciona el parámetro A con la velocidad de caída del grano obtenido por Dean (1987), fue de  $k = 0.51$ . Ajustes efectuados con base en campañas de medida en playas del País Vasco, Cantabria y Asturias muestran que en el litoral Cantábrico el mejor ajuste entre los perfiles naturales y la formulaciones de Deán se obtiene si se separa el perfil natural en dos, cuya extensión aproximada es: uno entre las cotas de pleamar y bajamar, perfil intermareal, y otro entre la cota de bajamar y  $h_*$ , perfil sumergido. En playas abiertas, expuestas a la acción del oleaje, se encontró:

Perfil intermareal	$k = 0.65$
Perfil sumergido	$k = 0.55$

Es interesante resaltar que la formulación de perfil de la Ec. (3.1), adopta pendientes infinitas (vertical) en el origen  $x = 0$ . Esta forma del perfil no se corresponde con la natural, con lo cual Kriebel (1991) propone la utilización de un perfil compuesto:

$$h = m x \quad \text{para } h < h_t \quad (3.4)$$

$$h = A (x - x_0)^{2/3} \quad \text{para } h > h_t \quad (3.5)$$

donde:

$$h_t = 4/9 (A^3/m^2) \quad (3.6)$$

$$x_0 = h_t/m - (h_t/A)^{3/2} \quad (3.7)$$

$$m = 0.15 (wT/H)^{1/2} \quad (3.8)$$

Es decir, un perfil lineal en el origen del perfil y un perfil potencial (Ec. 3.1) a partir de una profundidad  $h_t$ .

Nótese que para valores típicos de  $A \sim 0.15$  m  $\sim 1/20$ ,  $h_t$  adopta un valor de  $h_t \sim 0.50$  m, siendo, válido en una primera aproximación la utilización de la Ec. 3.1 para todo el perfil.

##### 3.1.2. Perfil de Equilibrio Apoyado Sobre "Laja Rocosa"

El Modelo Teórico de diseño para perfiles apoyados en "Laja Rocosa" (Muñoz et. al. 1997). El cual parte de la misma hipótesis del perfil de Dean pero tiene en cuenta en el perfil de equilibrio, la disminución del flujo de energía incidente debido a la presencia de la "Laja Rocosa" horizontal, ver esquema del modelo planteado en la Figura 7.

Utilizando la hipótesis de Dean (1977), relativa a la disipación por unidad de volumen constante, y planteando el balance de energía en la playa de arena, se plantea la siguiente relación:

$$(EC_g)_{hcl} = \int D_* h dx \quad (3.9)$$

donde:

E = Energía de densidad local de la onda

$C_g$  = Celeridad de grupo de la onda

$D_*$  = Disipación por unidad de volumen

h = Profundidad

CL = Subíndice que indica con laja

Para poder realizar la integración de la ecuación (3.9) se considera un criterio de rotura por fondo de onda solitaria para el perfil sin laja:

$$\gamma = H_{SL}/h_b = 0.80 \quad (3.10)$$

donde:

$H_{SL}$  = Altura de ola sin "Laja Rocosa"

$h_b$  = Profundidad de rotura

$\gamma$  = Índice de rotura

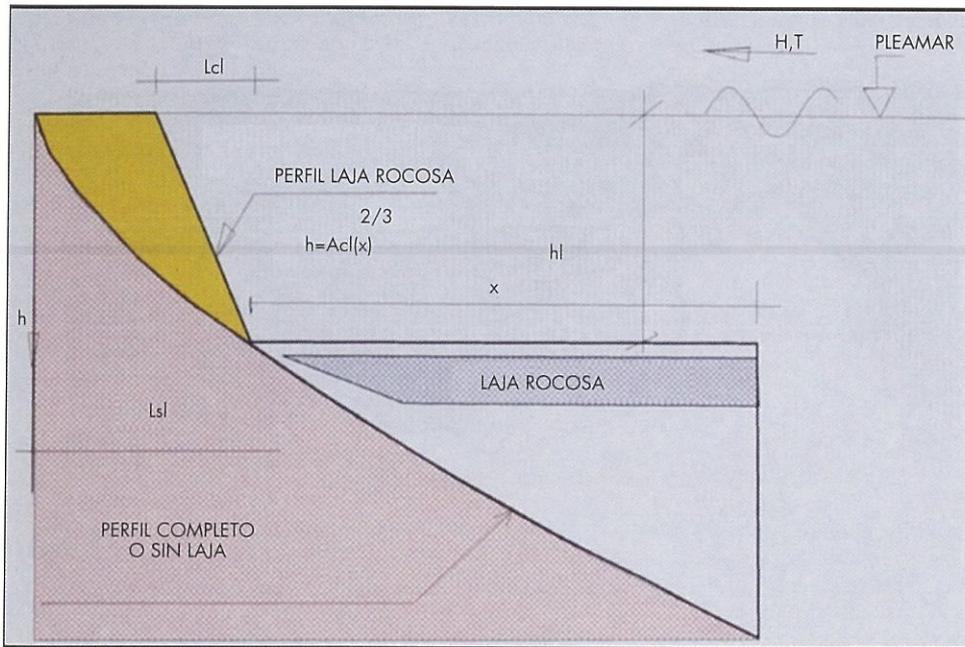


FIGURA 5. Perfil Apoyado en Laja Rocosa.

y se define un modelo de disipación a lo largo de la zona de rompientes, el modelo empírico planteado por Fredsøe y Deigaard (1992):

$$H/h_{CL} = 0.5 + 0.3 \exp(-0.11 x/h_{CL}) \quad (3.11)$$

donde:

H = Altura de ola

$h_{CL}$  = Profundidad de la laja

x = longitud de la laja

Disponiendo las ecuaciones (3.10) y (3.11) en la ecuación (3.9), se obtiene el modelo del perfil apoyado en "Laja Rocosa" que permite relacionar los parámetros de forma de los perfiles (Muñoz et al. 1997):

$$A_{CL}/A = ((\gamma / 0.5 + 0.3 \exp(-0.11 x/h_{CL}))^{4/5} \quad (3.12)$$

donde:

A = Pendiente del perfil de equilibrio de Dean

$A_{CL}$  = Pendiente del perfil de equilibrio con "Laja Rocosa"

La formulación encontrada permite obtener una relación entre los parámetros A con y sin apoyo sobre la laja en función del ancho adimensional de la laja. El valor obtenido crece desde 1, para  $x = 0$  o no existencia de laja, hasta un valor asintótico que varía en función de la hipótesis de disipación del flujo de energía utilizada.

Utilizando la hipótesis de disipación de Moore (1982), Muñoz et al. (1997) plantea el valor asintótico encontrado que relaciona el "A" del Perfil de Dean, con " $A_{CL}$ " del Perfil de "Laja Rocosa" es igual a 1.46 para una relación  $x / h_{CL} > 30$ , donde "x" es la longitud y " $h_{CL}$ " la profundidad promedio de la "Laja Rocosa" (Figura 6).

### 3.1.3. Perfiles de Equilibrio

La playa de Peñarrubia en estudio, se compone de una escasa cantidad de arena mezclada con rocas provenientes de la erosión de los acantilados y con algo de playa seca en estado de pleamar.

La playa de Peñarrubia, dada la presencia de una gran "Laja Rocosa" con  $x / h > 30$  en pleamar, es muy reducida la energía del oleaje que alcanza la poca arena de la playa, definiendo un perfil de gran pendiente y una pequeña profundidad de cierre, lo cual define un perfil en equilibrio muy corto y prácticamente recto.

El Perfil de equilibrio presenta una pendiente ligeramente mayor a la relacionada con el tamaño de grano (perfil con "Laja Rocosa"), dado que la altura de ola que llega a la costa no es muy alta, la profundidad de cierre, al ser reducida permite un perfil de equilibrio recto y corto que intercepta la laja alrededor de la batimétrica -2.0 m. El cual se contiene lateralmente al Oeste de la playa por el saliente en la parte central de la playa (Figura 2).

### 3.2. FORMA EN PLANTA DE EQUILIBRIO

La forma en planta en una playa viene condicionada, principalmente, por el sistema de corrientes asociado a la altura de oleaje, por sedimento existente (cantidad, tamaño) y por los contornos o geometría donde ha de encajarse dicha playa. Las corrientes longitudinales son de especial importancia en la disposición de equilibrio de una playa y, más concretamente, en su forma en planta, dado su importancia en el potencial transporte de arena.

La hipótesis planteada por Iribaren (1949), que una playa alcanza un estado de equilibrio estático cuando las corrientes netas longitudinales son nulas ( $V \sim 0$ ), González (1995) a partir de una expresión analítica de corriente longitudinal nula, llega a la siguiente ecuación diferencial, determinando un equilibrio estático:

$$C = F + \int_{H_0}^H K_2 dH \quad (3.13)$$

que vista de otra forma:

$$C = F + K_2 \Delta H \quad (3.14)$$

Donde la línea de costa en equilibrio, C, se define por el frente de ola en la zona de rotura, F, más una relación pro-

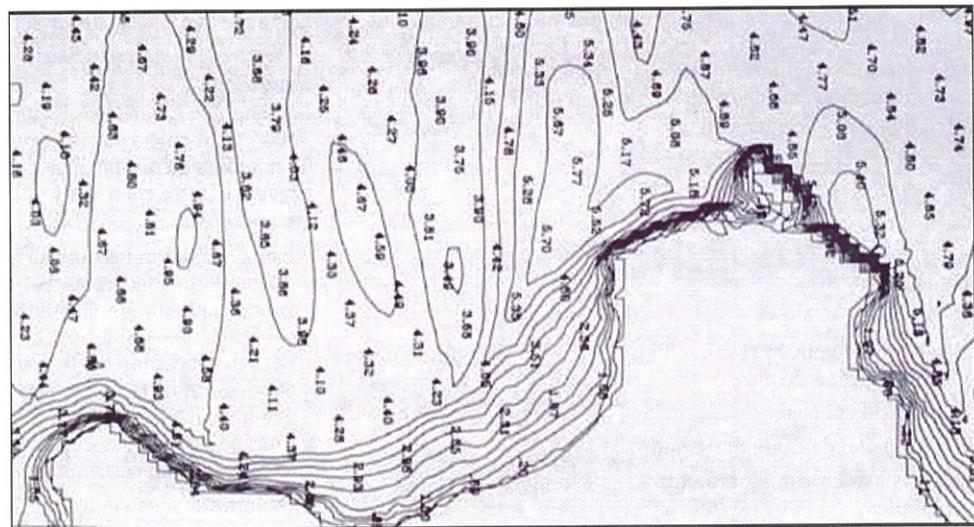


FIGURA 7. Isolinias de Altura de Ola Máxima. Hs = 6 m  
Dir= NNW = 18 s Marea=4.5 m.

## Planta

La forma en planta esta gobernada por la orientación de los frentes, dado que no existen importantes gradientes longitudinales de altura de ola. Debido al efecto importante de refracción, por un lado los frentes llegan paralelos a la playa, sin generar corrientes importantes y por otro, la variabilidad de los frentes es pequeña para las diferentes direcciones y períodos del oleaje en profundidades indefinidas, lo que determina que la forma en planta de equilibrio no presente mayores cambios a lo largo del año.

Es de resaltar, el efecto local en la playa, en cercanías del acantilado Este (Cabo de San Lorenzo), debido a las corrientes paralelas que bajan a lo largo del acantilado en épocas de invierno, provocando un pequeño retroceso de playa junto al acantilado, que no afectan a la estabilidad global de la playa.

## 5. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS

De acuerdo con lo desarrollado en el análisis de la dinámica marina y en el conocimiento de la integración de estas dinámicas con la morfología que dio como resultado un modelo morfodinámico de funcionamiento de la playa de Peñarrubia, se presentan las características más importantes de la playa y se da una valoración técnica, para la viabilidad de regenerar playa a unos costos razonables.

### 5.1. CARACTERÍSTICAS

- Playa encajada y apoyada sobre "Laja Roca".
- Forma rectilínea, orientación NNW.
- Arena de color tostado con diámetro  $D_{50} = 0.25$  mm y presencia de bolos.
- Playa de arena solo en la zona Este.
- Longitud 500 m en bajamar y 200 m pleamar.
- Entorno residencial.
- Accesos peatonales.
- Utilización nudista.

### 5.2. EQUILIBRIO

La playa actualmente se encuentra en equilibrio (planta y perfil), apoyada en la "Laja Roca" y contenida por el acantilado.

### 5.3. FUNCIONAMIENTO MORFODINÁMICO

Dado que la playa esta apoyada sobre una "Laja Roca", posee menos variabilidad invierno-verano. Esto se debe a que la existencia del estrato rocoso que limita la altura de ola incidente y por tanto el flujo de energía que llega a la zona de playa arenosa, lo cual se traduce en un perfil de equilibrio con una mayor pendiente y profundidad de cierre menores; lo que permite contener la playa sin un gran apoyo lateral al oeste de la playa. También se produce una refracción más importante por tratarse de un fondo de menor calado en roca, comparado con el caso de una playa de fondo arenoso, lo cual es un filtro para los oleajes de diferentes direcciones y períodos, permitiendo llegar a los frentes paralelos a la playa seca, sin la presencia de corrientes importantes, con una forma en planta en equilibrio gobernada por los frentes de ola.

Al tratarse de un bajo rocoso, uniforme en cuanto a cota, las diferencias entre alturas de ola en distintos puntos son mínimas y, por consiguiente, también lo serán las corrientes originadas por el gradiente de altura de ola.

### 5.4. LIMITACIONES DE USOS DE LA PLAYA

El disfrute turístico de la playa Peñarrubia presenta las siguientes limitaciones:

- Poca superficie de playa seca en pleamar.
- Pequeñas erosiones en la zona de acantilado.
- Inseguridad en los accesos.
- Falta de servicios públicos.
- Existencia de un vertido de aguas fecales en la zona Oeste.

Formuladas las más importantes características de la playa de Peñarrubia, concentrándonos desde el punto de vista técnico en la recuperación de la playa seca y protección de pequeñas erosiones en la zona de acantilado. Asumimos como actuaciones complementarias la construcción de accesos, servicios públicos y la construcción de un emisario submarino al Oeste de la playa, de las cuales no se habla en este artículo por escaparse de los objetivos propuestos. Se considera que la Playa de Peñarrubia presenta unas condiciones morfodinámicas que permiten su regeneración con vertidos de arena en la playa.

## 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

### 6.1. CONCLUSIONES

- La playa de Peñarrubia se encuentra en la actualidad en una situación de equilibrio desde el punto de vista de su planta y perfil.
- La estabilidad de la playa se encuentra condicionada, principalmente, por la presencia de una "Laja Rocosa" en el fondo, y los apoyos laterales del Cabo San Lorenzo y la Punta del Cervigón.
- La "Laja Rocosa" es un filtro de la energía del oleaje incidente, que limita aquella que alcanza a la playa. Previendo pequeñas variaciones en el perfil, entre las temporadas de invierno-verano.
- Debido a la gran refracción que provoca La "Laja Rocosa" en el oleaje, éste siempre incide de la misma forma en la playa sin importar su dirección, ni período original, de manera que la forma en planta no varía significativamente.
- La "Laja Rocosa" permite un perfil de playa estable, con pequeñas profundidades de cierre, sin que exista movimiento de arena hacia la zona de corrientes litorales.
- Las corrientes longitudinales paralelas al acantilado en el Cabo San Lorenzo, sólo afectan localmente a la playa.
- Es posible la regeneración de la playa mediante aportes de arena, combinados con un dique sumergido de apoyo lateral.
- El regenerar playas apoyadas con perfil de "Laja Rocosa" es muy favorable en lo que respecta a cantidad de materiales empleados.

### 6.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Es importante que este modelo sobre playas apoyadas en "Laja Rocosa", abra una nueva línea de investigación sobre la caracterización morfodinámica de estas playas, en el estudio de la variabilidad en la morfología y los sistemas circulatorios y oscilatorios correspondientes al período de invierno y verano. La evidencia de una menor variabilidad y el efecto de una más rápida refracción del oleaje que un perfil exclusivamente formado por arena, ocasionada por sus contornos fijos, debe conllevar realizar una modificación o adaptación a la clasificación y definición de estados modales propuestos por Masselink y Short (1993).

## 7. AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer desde estas líneas el inestimable apoyo prestado por Dr. Mauricio González bajo el Convenio entre Unicantabria-Univalle para la transferencia de tecnología en ingeniería de costas y la asesoría de Dr. Raul Medina como director del Grupo Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C.) de la Universidad de Cantabria-España.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Dally, W.R. and R.G. Dean, (1985). *Wave height variation across beaches of arbitrary profile*. Journal of Geophysical Research, Vol. 90, N° C6, pgs. 11,917 - 11,927.
- Dean, R.G., (1977). *Equilibrium beach profiles: U.S. Atlantic and gulf coasts*. Ocean Engr. Rpt. n° 12, Univ. of Delaware, Newark.
- Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria), (1993). *Asistencia técnica al estudio de alternativas de mejora de la playa de Gorniz (Bizkaia)*. Realizada para el Excmo. Ayuntamiento de Gorniz - Gornizko Udala
- Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria), (1995). *Estudio de la regeneración de la Playa de San Lorenzo (Gijón)*. Estudio realizado para Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria), (1995). *Adenda al Estudio de la regeneración de la Playa de San Lorenzo (Gijón)*. Estudio realizado para el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria), (1997). *Estudio básico de dinámica litoral en el entorno del puerto granelero de servicio público en bocas de ceniza (Barranquilla, Colombia)*. Estudio realizado para IBERINSA.
- González, E.M., (1995). *Morfología de playas en equilibrio. Planta y perfil*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.
- González, M., R. Medina and M.A. Losada, (1997). *Equilibrium beach profile: effect of refraction*. ASCE,
- Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria, (1997). *Estudio de la funcionalidad actual y propuesta de alternativas de mejora del Puerto de Comillas*. Estudio realizado para el Gobierno de Cantabria (Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo).
- Hsu, J.R.C., R. Silvester and Y.-M. Xia, (1989). *Applications of Headland Control*. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng. Vol. 115, N° 3, 299 - 310.
- Longuet-Higgins, M.S. and R.W. Stewart, (1964). *Radiation stresses in water waves - A physical discussion with applications*. Deep-Sea Res., Vol. 11, pp. 529 - 562.
- Masselink, G., and A.D. Short, (1993). *The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model*. Journal of Coastal Research, 3, pp. 785-800.
- M.O.P.T., (1992). *Recomendaciones para obras marítimas. R.O.M. 03-91. Oleaje*. Anejo I. Clima marítimo en el litoral español.
- Muñoz, J.J., (1996). *Análisis de la morfología y variabilidad de playas apoyadas en lajas rocosas*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
- Muñoz, J. J., L. Tejedor and R. Medina, (1997). *Equilibrium beach profile model for reef-protected beaches*.
- Vidal, C., M.A. Losada, R. Medina e I.J. Losada (1995). *Modelos de morfodinámica de playas*. Ingeniería del Agua. Vol. 2. pp. 55-74. Número extraordinario de Abril, 1995.