



Influencia del oleaje. Entorno Peckeris y solución de alta frecuencia

J. Kormann^a, y C. Ranz

Instituto de Acústica. CSIC. C/ Serrano 144, 28006. Madrid. iacrg32@ia.cetef.csic.es

^aUniversidad de Maine. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénierie du Mans

RESUMEN : Aguas poco profundas (acústicamente) son aquellas en las que las características de la superficie y del fondo son determinantes del campo acústico final en el punto de recepción. Las aguas poco profundas forman un canal sonoro entre superficie y fondo en el que el sonido queda atrapado. Un entorno Peckeris viene definido por dos superficies paralelas: fondo marino y superficie libre, en el que la profundidad es constante y la traza baty presenta una velocidad que también lo es. Este trabajo presenta cómo se modifica el campo acústico recibido, a un alcance “r”, y generado por una fuente a profundidad “h-z₀”, cuando se introduce la influencia del oleaje, o si se quiere la altura media de la ola presenta en la zona. Bajo un punto de vista geográfico, las aguas poco profundas coinciden con la plataforma continental o zonas de aguas interiores (bahías, puertos, estuarios, etc.); las profundidades de estas aguas, para los sistemas sonar habituales, pueden situarse en aquellas inferiores a 300 m.

ABSTRACT: Acoustically shallow waters are those where the characteristics of the surface and the bottom, influence the final receiving acoustic field. Shallow waters form a sound channel in which the sound becomes trapped. A Peckeris environment comes defined by two parallel surfaces, both the surface and the bottom of the sea, the depth remains constant all around, as well as the sound speed. This paper shows how the sound field modifies when the sea state influence is considered. The receiving point is located at “r” meters from the surface, and the source radiates at a depth of “h-z₀” meters. Geographically the shallow water matches many continental shelf zones (parallel to the coast line) and also inner water zones (bays, harbours, estuaries, etc.); the depth of those waters, for sonar applications, can be established in 300 meters or less.

1. INTRODUCCION

1.1. Entorno sin absorción en los límites

Un entorno de Peckeris es una guía de ondas muy simple. La profundidad de la guía es “h”. La propagación desde una fuente a la profundidad h-z₀, donde z₀, es la altura sobre el fondo a la que se encuentra la fuente, a un receptor situado en el punto P(r, z), a la distancia horizontal r de la fuente y a la profundidad h-z, donde z es la altura, sobre el fondo, del punto de recepción. Las coordenadas se miden desde el fondo marino y desde la posición de la fuente. Este es un planteamiento suficientemente conocido para insistir en una nueva descripción; baste sólo decir que el campo acústico recibido por el receptor en P se modela como el resultado de los sucesivos campos generados por sucesivas fuentes imaginarias, figura 1. Es una solución de rayos, o teoría de rayos. Cada uno de los rayos representa un campo, onda esférica, en la forma: $\frac{e^{ikR_{mn}}}{R_{mn}}$, siendo k el número de onda, y R_{mn} la distancia desde la fuente

imaginaria al receptor. Las características absorbentes de cada una de las superficies pueden inducir en la señal, después de la reflexión, un cambio de fase. Suponemos que en la superficie marina el cambio de fase es π (no hay absorción) y en el fondo se verifica la continuidad de la variación de la presión con la profundidad, o sea $\partial p / \partial z = 0$. En líneas generales la distancia R_{mn} se escribe

$$R_{mn} = \sqrt{r^2 + \xi_{mn}^2}$$

siendo m el número de orden de la repetición de los cuatro emisores primarios (por reflexiones sucesivas) $n = 1, 2, 3$ y 4 , o sea

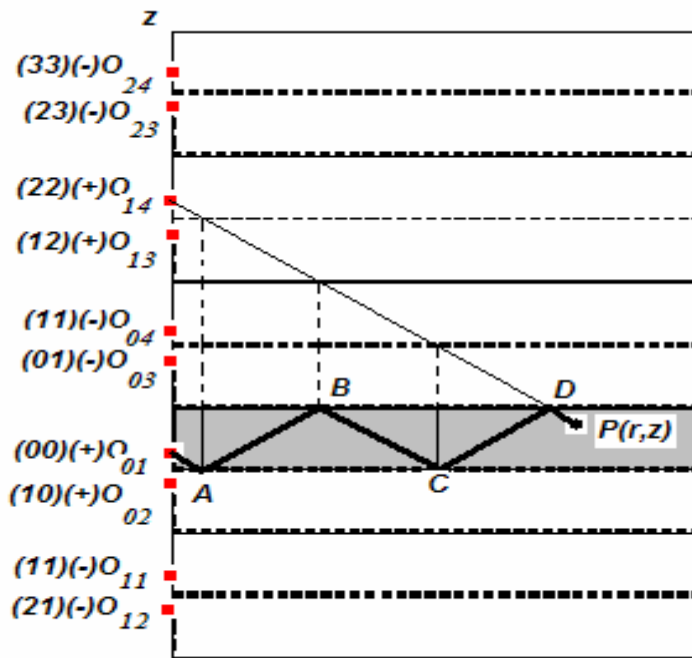


Figura 1. Campo producido por una fuente imaginaria y el rayo equivalente a la misma. La zona sombreada representa la guía a la que equivale el entorno de propagación.

$$\begin{aligned} \xi_{m1} &= 2mh + z - z_0, & \xi_{m2} &= 2mh + z + z_0 \\ \xi_{m3} &= 2(m+1)h - z - z_0, & \xi_{m4} &= 2(m+1)h + z - z_0 \end{aligned}$$

Finalmente el campo total se escribe,

$$p = \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \left(\frac{e^{ikR_{m1}}}{R_{m1}} + \frac{e^{ikR_{m2}}}{R_{m2}} + \frac{e^{ikR_{m3}}}{R_{m3}} + \frac{e^{ikR_{m4}}}{R_{m4}} \right)$$



En esta descripción se ha seguido fundamentalmente a Brekhovskikh (1974).

1.2. Entorno con absorción en las superficies límites

Tanto la superficie marina como el fondo presentan características que se alejan de superficies ideales. La superficie marina es rugosa debido al oleaje. El fondo, según su estructura refleja más o menos señal sonora. Por tanto la superficie y el fondo aparecen caracterizados por su coeficiente de reflexión, $\Gamma_s(\beta_{mn})$, y $\Gamma_f(\beta_{mn})$, donde β_{mn} es el ángulo de incidencia de la respectiva onda “mn” sobre las superficies frontera, con relación a la horizontal. Estos coeficientes pueden afectar tanto a la fase como a la amplitud de la señal. El campo de presiones se escribe en este caso,

$$p = \sum_{m=0}^{\infty} (\Gamma_f \Gamma_s)^m \left(\frac{e^{ikR_{m1}}}{R_{m1}} + \Gamma_f \frac{e^{ikR_{m2}}}{R_{m2}} + \Gamma_s \frac{e^{ikR_{m3}}}{R_{m3}} + \Gamma_f \Gamma_s \frac{e^{ikR_{m4}}}{R_{m4}} \right)$$

Los coeficientes respectivos se pueden modelar. En el caso de la superficie marina es posible elegir un modelo estadístico que considera la rugosidad, de la ola superficial y del ángulo de incidencia. Así $\Gamma_s(\beta_{mn}) = \exp(-R)$, donde $R = kA \sin(\beta_{mn})$, siendo A la amplitud de la ola superficial, función del Estado de Mar. En el caso del fondo el coeficiente de reflexión tiene en cuenta, el ángulo de incidencia, las densidades de cada uno de los medios y de los índices de refracción respectivos, (Officer, 1958), escribiéndose

$$\Gamma_f(\beta_{mn}) = \frac{\frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{\sqrt{(c_1^2/c_2^2) - \sin^2 \beta_{mn}}}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta_{mn}}}}{\frac{\rho_2}{\rho_1} + \frac{\sqrt{(c_1^2/c_2^2) - \sin^2 \beta_{mn}}}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta_{mn}}}}$$

El subíndice “1” se refiere al agua, el “2” al fondo.

La figura 2 presenta como varía el campo acústico en un entorno Pekeris cuando no se considera la absorción en las superficies frontera y cuando sí se tiene en cuenta. La figura es el FOM para una profundidad de 30 m hasta un alcance de 10000 m, y para una profundidad de guía de 100 m de agua. Se observa la importante influencia en especial a partir de alcances medios.

2. PROPAGACIÓN EN UN ENTORNO CON OLEAJE

El viento provoca la presencia de oleaje en la superficie marina. El Estado de Mar es un parámetro que mide ese oleaje y que proporciona la altura de ola. Hemos visto que el coeficiente de reflexión de la superficie depende de la ola. En los resultados que vamos a

analizar se presenta el campo acústico que cubre toda la guía de ondas. La estructura del campo por un lado con su efecto sobre la creación y separación de modos, refleja un primer resultado, así como la influencia del oleaje en las pérdidas por transmisión que será otro aspecto a considerar.

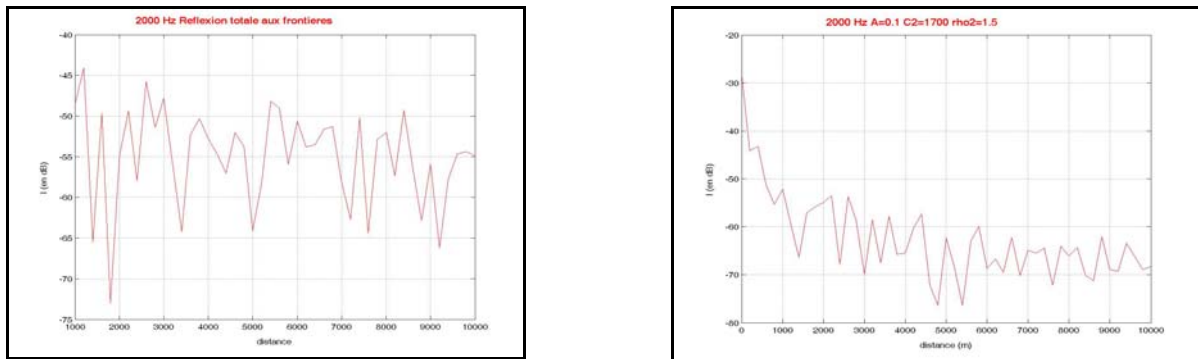


Figura 2. Pérdidas por transmisión en aguas poco profundas cuando no se considera absorción en las superficies frontera (izquierda) y cuando sí se considera (derecha).

2.1. Estructura del campo acústico y pérdidas por transmisión.

Modelamos un entorno en el que el oleaje va a variar entre una altura de ola de 0.1 m y 3.0 m, o sea entre estados de mar 2 y 6. El efecto del oleaje en un entorno Pekeris se manifiesta en la estructura del campo acústico, en primer lugar. Y principalmente en la zona en la que los modos se ven más afectados, por ejemplo, ampliando la zona en la que se manifiestan. La figura 3 presenta estos resultados. Se observa que cuando crece el oleaje se amplía, en profundidad y en alcance, el efecto correspondiente sobre los modos.

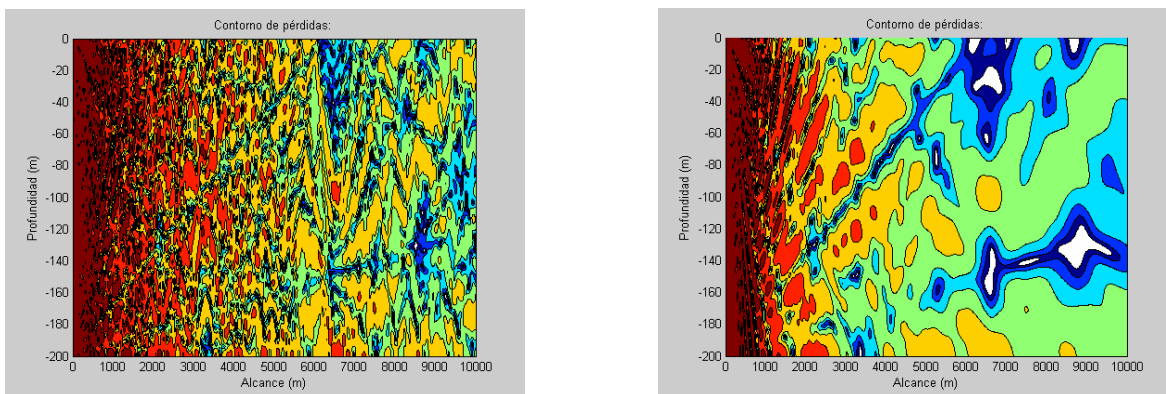


Figura 3. Contornos de zonas de igual pérdida (veriles a 6 dB) para un oleaje de 0.2 m de altura y 2.0 m de altura. Observese la influencia para alcances entre 6000 y 9000 metros.

El mismo efecto se observa si consideramos las pérdidas por transmisión para una determinada profundidad. La figura 4 presenta estos datos para los diagramas de la figura 3 pero correspondientes a una única profundidad: 20 m, o sea para el caso de aguas bastante superficiales.

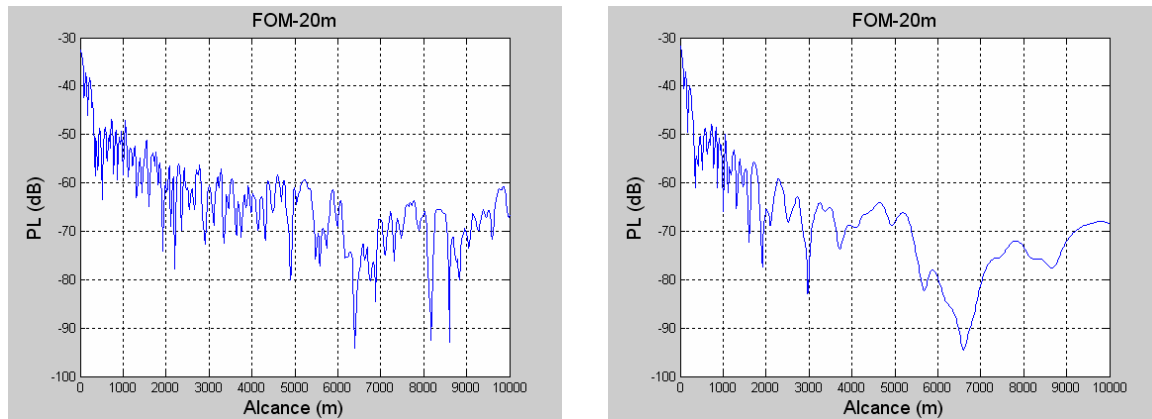


Figura4. FOM para 20 m de profundidad en las mismas condiciones presentes en la figura 3. La influencia de los modos en la figura de la izquierda se insinúa alrededor de los 6000 m y 8500 m; la figura de la derecha presenta este efecto de manera mucho más clara.

Este efecto es también cuantificable si lo comparamos con el estimado para aguas poco profundas en ausencia de oleaje (Urlick, 1983).

Uno de los puntos de interés es el de verificar si existe, y si existe cómo se modifica la frecuencia óptima de propagación. Los resultados parecen sugerir la existencia de esa frecuencia y la limitada influencia del oleaje (en especial a bajos estados de mar).

3. CONCLUSIONES

De lo expuesto hay que considerar la importante influencia del oleaje en la propagación en aguas poco profundas.

El efecto se manifiesta en la deformación sufrida en los modos normales generados principalmente. Este efecto depende de la frecuencia y de la altura del oleaje y de la profundidad de observación, o sea de la profundidad del hidrófono y se destaca al compararlo con los mismos resultados en ausencia de oleaje.

Aparece una zona de frecuencias óptimas para la propagación, lo mismo que ocurre en entornos no perturbados. La influencia del oleaje, en estos casos, no es tan acusada en especial para bajos estados de mar.



paper ID: 129 /p.6

4. REFERENCIAS

1. Brekhovskikh, L.M. "Acoustics of the Ocean", Nauta. Moscú, 1974. Cap. 3
2. Officer, C.B., "Introduction to the theory of sound transmiión", McGraw Hill, Book Co. New Cork 1958, Cap. 2, pp. 102.
3. Urick, R.J. "Principles of underwater sound". McGraw Hill Book Co. New Cork. 1983, Cap. 6, pp 172-190