4. Tsunamis y costas

Al acercarse a la costa la altura del tsunami es amplificada y su velocidad es proporcional a la profundidad lo que significa que decrece. La inundación en zonas costeras se determina usando la condición de frontera móvil propuesta por Iwasaki y Mano (1979). Alrededor del 75 % de las olas de tsunami inundan la costa sin romperse. Existen diferentes tipos de run-up de tsunami en la costa. Ellos varían desde una inudación gradual (parecido a la marea) hasta la arremetida deuna pared vertical de agua turbulenta. Hay tres tipos principales de run-up:

1. La cresta de la onda derramada y que ha roto, la espuma fluye hacia abajo de su pendiente frontal. Común en sueles oceánicos con pendiente suave.
2. La cresta empinada sobrepasa la base y se curva hacia abajo. Común a pendientes de suelo oceánico inclinadas.
3. Ondas surgiendo que llegan sin romperse. Común en pendientes empinadas.

Un mismo tsunami puede exhibir diferentes run-up dependiendo de la batimetría en la costa.
Las ideas principales del proceso de run-up pueden ser entendidas considerando el problema unidimensional a lo largo del eje perpendicular a la costa (Figura 4.1.

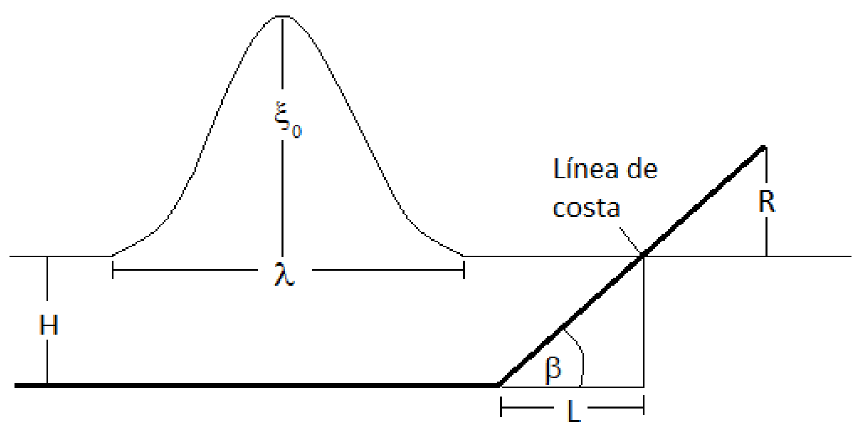

Figura 4.1: Diagrama problema unidimensional.

Para determinar las condiciones de borde (llegada a la costa), la aproximación “muro vertical” es la más usada. Este tipo de condición de borde nos da una reflexión total. Notemos que esta condición no es puramente una bastracción académica, sino que se encuentra en la costa como un precipicio o acantilado de roca que cae al mar. Siguiendo a la Figura 4.1, el muro vertical corresponde a $\beta = 90^o$ o $L = 0$.
De la teoría de ondas lineales se sabe que la altura de run-up en la pared, cuando se considera un canal que termina en un muro, es el doble que la amplitud incidente, es decir,

$$R_L = 2\xi_0$$

De hecho, cuando se aproxima a la costa, la amplitud del tsunami puede ser medida con la profundidad. Luego, para determinar la altura de run-up se debiera de aplicar la teoría nolineal. Una fórmula analítica que relaciona el run-up en la pared vertical, R_N, con la amplitud de la onda lejos de la costa, ξ_0, es

$$R_N = 4H\left(1 + \frac{\xi}{H} - \left(1 + \frac{\xi_0}{H}\right)^{1/2}\right)$$

con H la profundidad de la cuenca. Se puede verificar que R_L es una aproximación de R_N cuando $\xi_0/H \ll 1$. La comparación entre R_L y R_N muestra que al tomar en cuenta la nolinealidad, la amplitud de run-up aumenta significantemente. A medida que la nolinealidad (de la cantidad ξ_0/H aumenta, la razón R_N/R_L crece monótonamente con un límite:

$$\lim_{\xi_0/H \to \infty} \left(\frac{R_N}{R_L} \right) = 2$$

Esto significa que la altura de run-up, calculada con la nolinealidad no puede superar dos veces la amplitud correspondiente a la teoría lineal.

Ahora, consideremos el problema unidimensional de una onda larga moviéndose a lo largo de una pendiente ($0 < \beta < \pi/2$). Escribimos las ecuaciones nolineales de aguas someras, tomando en cuenta que la profundidad de la cuenca es una función lineal de la coordenada horizontal,

$$H = H_0 - \alpha x$$

Entonces,

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} &= 0 & (4.1) \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left((\xi - \alpha x) U \right) &= 0 & (4.2) \end{aligned}$$

Supongamos que la onda al llegar a la plataforma está caracterizada por la altura ξ_0 y el periodo T. Sean $t^* = t/T$; $x^* = x\alpha/\xi_0$; $\xi^* = \xi/\xi_0$ y $U^* = U\alpha T/\xi_0$ variables adimensionales. Luego las ecuaciones 4.1 y 4.2 quedan

$$\begin{aligned} \frac{\partial U^*}{\partial t^*} + U^* \frac{\partial U^*}{\partial x^*} + \frac{1}{B_r} \frac{\partial \xi^*}{\partial x^*} &= 0 \\ \frac{\partial \xi^*}{\partial t^*} + \frac{\partial}{\partial x^*} \left((\xi^* - x^*) U^* \right) &= 0 \end{aligned}$$

con $B_r = \frac{\xi_0}{g\alpha^2 T^2}$ el parámetro adimensional que representa un criterio para el rompimiento de una ola que sube una pendiente. Notemos que este criterio no es preciso, ya que no considera la dispersión de fase ni la fricción del suelo.

Numerosos experimentos han permitido introducir el número de Iribarren como criterio de rompimiento

$$I_r = \frac{\alpha \lambda^{1/2}}{\xi_0^{1/2}}$$

con λ la longitud de onda en agua profunda.