SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

XXII CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

EFECTO DE LAS MAREJADAS DEL 6 y 8 DE AGOSTO DE 2015 EN 3 PLAYAS DE LA BAHÍA DE VALPARAÍSO

MAURICIO MOLINA P.[1]
RODRIGO CAMPOS C.[2]
DANIELA MANOSALVA B.[2]
DIEGO BECERRA G.[2]
BÁRBARA GALVEZ F.[2]

RESUMEN

Las playas de la bahía de Valparaíso, aun cuando constituyen un capital valioso para los municipios en la industria del turismo, estas adolecen de información que permitan describir sus dimensiones típicas y ciclos anuales. En este contexto se realizan campañas de medición de perfiles de playa para evaluar su respuesta ante la ocurrencia de los eventos de marejada del 6 y 8 de agosto de 2015. Se evalúa la erosión que estos eventos produjeron en las playas Placeres, Caleta Portales y Caleta Abarca mediante mediciones realizadas el 5, 10 y 21 de agosto. Se estima que ambos eventos provocan erosiones del orden de 33.000 m^3 con variaciones horizontales y verticales máximos del orden de 40 m y 4.5 m respectivamente en las playas analizadas. Las mediciones se complementan con fotografías y observaciones realizadas la tarde del 6 de agosto, lo que permite dar una idea del desarrollo que el proceso tuvo con cada evento.

[1]Académico Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso – mauricio.molina@uv.cl
[2]Estudiante Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso –

1. INTRODUCCIÓN

Las playas, al constituirse de sedimentos no consolidados expuestos al transporte inducido por agentes como el oleaje, presentan cambios en sus dimensiones con ciclos anuales de erosión-acreción, asociado a la ocurrencia de eventos extremos de oleaje y de condiciones reinantes (más frecuentes y menos energéticas) respectivamente.

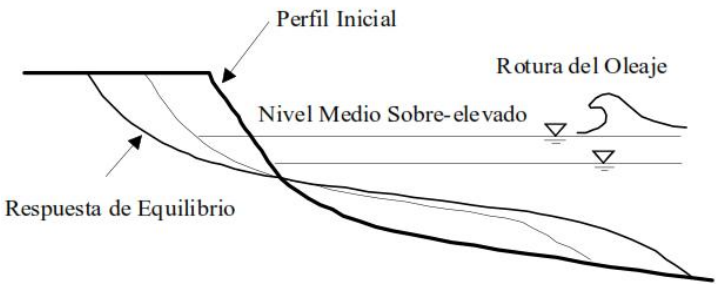

Figura 1 Esquema referencial de la respuesta de una playa ante un evento de marejada (UNICAN, SF)

En la bahía de Valparaíso, abarcando desde punta Ángeles por el sur hasta la roca Oceánica por el norte, considerando las costas de las comunas de Valparaíso y Viña del mar se encuentran 14 playas, las cuales varían en tamaño, orientación y exposición al oleaje.

Si bien es intensivo el uso de estas playas, y de un capital turístico elevado, el estudio de ellas es escaso en esta zona. Mediciones frecuentes de sus dimensiones son inexistentes, encontrándose solo algunos esfuerzos aislados que datan entre 1979 y 1982 (Vergara, 1979; Valenzuela et.al, 1979; Vergara & Valenzuela, 1981; Vergara & Hickmann 1982).

2. EL PROYECTO DE MONITOREO DEL PLAYAS

Se inicia en marzo de 2013 un proceso de medición de perfiles de playa en Reñaca (Viña del Mar), la que se extiende en octubre de 2014 a las playas Caleta Abarca (Viña del mar), Caleta Portales (Valparaíso) y Placeres (Valparaíso). Esta actividad, que se realiza mensualmente y luego de cada evento de marejada, se complementa con la toma de fotografías desde una posición fija, con el objeto de evaluar los cambios generales producidos en el sector.

El proceso de medición de perfiles se realiza empleando la metodología de Emery (1961), el cual propone considerar un sistema de paralelas, donde supone que la altura del punto máximo de la playa con respecto al nivel del mar es despreciable comparada con la distancia entre dicho punto y el horizonte. De este modo, la proyección puede considerarse horizontal. De allí entonces, al usar dos listones o miras análogas a un limnimetro del mismo largo (1.5 m para efectos de este estudio) y al usar el horizonte como referencia es posible obtener la desnivelación entre ambos puntos (ver Figura 2). El proceso de medición del perfil se realiza haciendo observaciones sucesivas espaciadas cada 1.5 m sobre el terreno, obteniéndose en el post-proceso mediante trigonometría la distancia horizontal (dh) y vertical efectiva entre cada punto. En casos que las condiciones del lugar no permitan

seguir esta metodología (condiciones de oleaje, profundidad de agua, etc.), se emplea una modificación del método, consistente en el empleo de limnímetro de mayor tamaño (3.0 [m] graduado cada 0.5 [m]) y con un avance horizontal medido con huincha plástica de 50 [m]. Si bien en este tramo la precisión del método disminuye por las dificultades de asegurar la vertical y de mantener la posición de la observación dado que la rompiente de oleaje y los flujos asociados dificultan la permanencia de la persona, esta es suficiente para los propósitos que se persiguen de una medición rápida, de bajo costo y con riesgo de daño material y físico reducido.

Para asegurar que las mediciones realizadas en distintas campañas sean comparables, se definen perfiles mediante dos puntos de referencia, anterior y posterior, que permiten asegurar una alineación permanente en el tiempo. El origen también es común, ya que cada perfil se inicia sobre el muro de la playa (ver Figura 3 izquierda). La extensión en cambio corresponde al punto máximo al que se puede acceder sin arriesgar la integridad de las personas, lo que se evalúa fundamentalmente por las condiciones de oleaje del momento.

La Metodología Emery (1961), a pesar de su antigüedad se caracteriza por su bajo costo y precisión. El costo asociado a los instrumentos no excede a $2000, considerando listones de policloruro de vinilo (PVC) de 20 mm de diámetro y cinta métrica plástica. En el caso de la precisión, el supuesto de la horizontalidad induce errores de medición menores a 3 [cm] (Emery, 1961 op cit), orden similar a los cambios producidos en el terreno por el tránsito de turistas y la práctica de actividades recreativas.

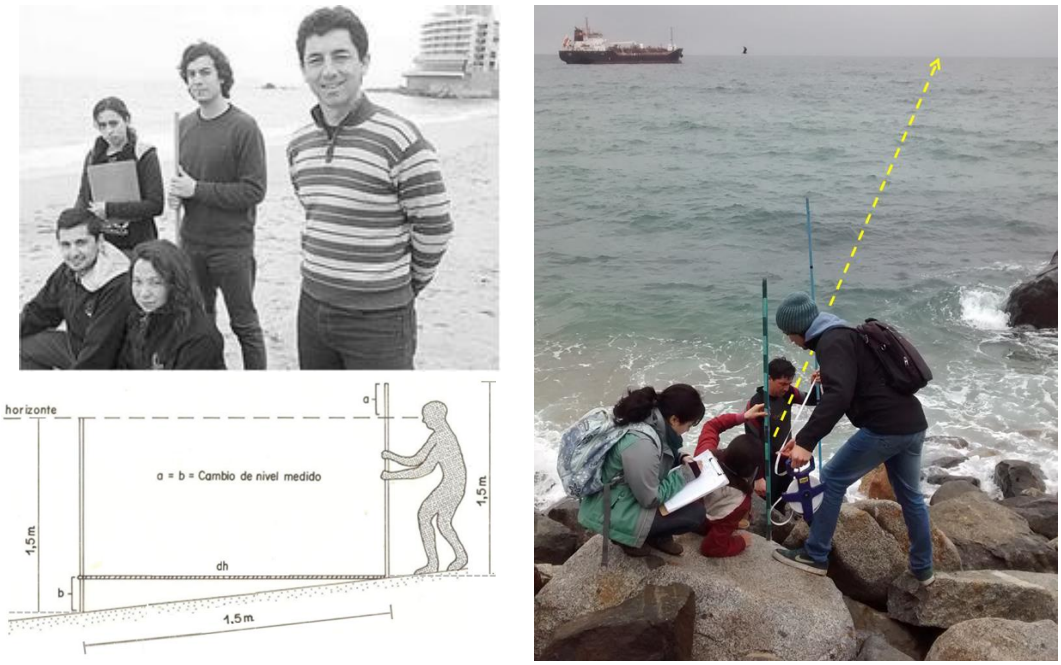

Figura 2 (arriba) Los participantes del estudio, (abajo) descripción del método de Emery (1961), (derecha) equipo midiendo playa Placeres el 21 de agosto de 2015 con el método modificado de Emery.

Cabe destacar que en la actualidad se han encontrado en otros países planes de monitoreo con características similares al empleado en este estudio, como en Estados Unidos (Heinze

et.al., 2002) y México (www.perfilesdeplayavoluntarios.com), estos últimos usando el método de Andrade y Ferreira (2006) como alternativa.

Finalmente, los datos registrados en terreno son procesados, de tal modo de contar con una serie de datos con coordenada en distancia horizontal y vertical respecto al punto de inicio de cada perfil. Dado que, por la inclinación del terreno, la distancia horizontal entre cada observación es variable, se interpola linealmente entre cada punto cada 0.2 m, afín de que la comparación sea compatible entre una medición y otra.

En el caso del uso de fotografías como elemento complementario, se define una ubicación y ángulo de referencia para asegurar similitud en el encuadre de la foto (ver Figura 3 derecha)

Figura 3 Ejemplos de (izquierda) Puntos de referencia definidos para perfil 1 de la playa Placeres y el origen de la observación, (derecha) Estación de observación y encuadre fotografía de la playa Placeres

En el presente estudio se considera la evaluación del proceso erosivo de las playas Placeres (Valparaíso), Caleta Portales (Valparaíso) y Caleta Abarca (Viña del mar) dado que se encuentran en la zona de mayor daño producida por la marejada del 8 de agosto de 2015 (ver Figura 4) y porque es donde se dispone de mayor cantidad de datos.

3. LAS MAREJADAS DEL 2, 6 Y 8 DE AGOSTO DE 2015

El mes de agosto de 2015 se inicia con aviso de marejada para la zona central de Chile, como consecuencia de un sistema frontal que se desarrolla en el extremo sur del océano Pacífico, pero que no alcanza en centro del país. Dada la ubicación de la fuente de generación, dicho evento se desarrolla entre el 1 y el 3 de agosto con dirección desde el suroeste, y cuya intensidad máxima se presenta el día domingo 2 durante la tarde. Posteriormente surge el aviso de marejada producto de un sistema frontal con vientos e intensas precipitaciones, que afectan toda la zona central de Chile entre la noche del miércoles 5 y la tarde del 6 de agosto. Al ser una condición de marejada de generación local, la dirección de llegada es noroeste, afectando toda la bahía de Valparaíso, la cual se encuentra desprotegida de esta dirección. Finalmente, la noche del viernes 7 llega un segundo sistema frontal caracterizado por intensidades de viento que alcanzan los 120 km/hr (Winckler et.al, 2015) y que se desarrolla hasta la tarde del sábado 8. Este evento produce marejadas de gran intensidad, cuyo máximo se observa durante la mañana del sábado incidiendo con una dirección noroeste (ver Figura 4).

Los datos asociados a estos eventos se observan en la Figura 5, donde el oleaje en aguas profundas se caracteriza a partir de un modelo global de oleaje del tipo WaveWatch III (www.windguru.cz) cuyos datos se proporcionan a la cuadra de Valparaíso. El evento del día domingo 2 de agosto presenta altura significativa máxima de 4.7 m con periodos del orden de 15 s y dirección de suroeste en toda su duración. El evento del 6 de agosto presenta altura significativa máxima de 4.3 m y periodo variable entre 13 y 7 s, esta última se presenta en el momento de mayor intensidad. Del mismo modo, la dirección rola desde el suroeste al noroeste en la condición de intensidad máxima, para luego retornar a la dirección suroeste. Por último, de manera similar al anterior, el evento del 8 de agosto presenta periodos y direcciones que varían de 13 s y suroeste respectivamente a valores de 7 s y noroeste cuando se presenta la máxima condición con alturas de 7.2 m.
Estos valores son comparables a la medición disponible de la boya Watchkeeper del SHOA, lo que da cuenta de la fiabilidad del modelo global en la estimación de sus magnitudes.

Figura 4 Dirección asociada a la intensidad mayor de cada evento de marejada entre el 2 y 8 de agosto de 2015, junto con la ubicación de las playas en estudio, la boya de medición del SHOA y el punto de propagación de oleaje

Dichos eventos fueron propagados hasta el veril de los 15 m frente a la curva Los Mayos (Punta Gruesa) en el límite de Viña del Mar y Valparaíso mediante el uso del software SWAN[1] empleando los datos batimétricos de las cartas SHOA 5111, 4320, 4000 y 5000.
Los resultados dan cuenta de la alta influencia que tiene en la zona la protección de la Punta Ángeles para aquellas condiciones que provienen desde el suroeste, contrario a total exposición a la dirección noroeste. Así, por efecto de la refracción y difracción, el evento del 2 de agosto en la zona fue casi imperceptible con alturas de ola menores a 0.5 m. Por el contrario, las condiciones de oleaje presentadas en la zona entre las 12:00 hrs del 5 y 6 de agosto y entre las 21:00 hrs del 7 de agosto y las 00:00 hrs del 9 de agosto son muy similares a las alcanzadas en aguas profundas producto de la dirección de incidencia.

[1] Simulating WAves Near shore, desarrollado por Delft University of Technology

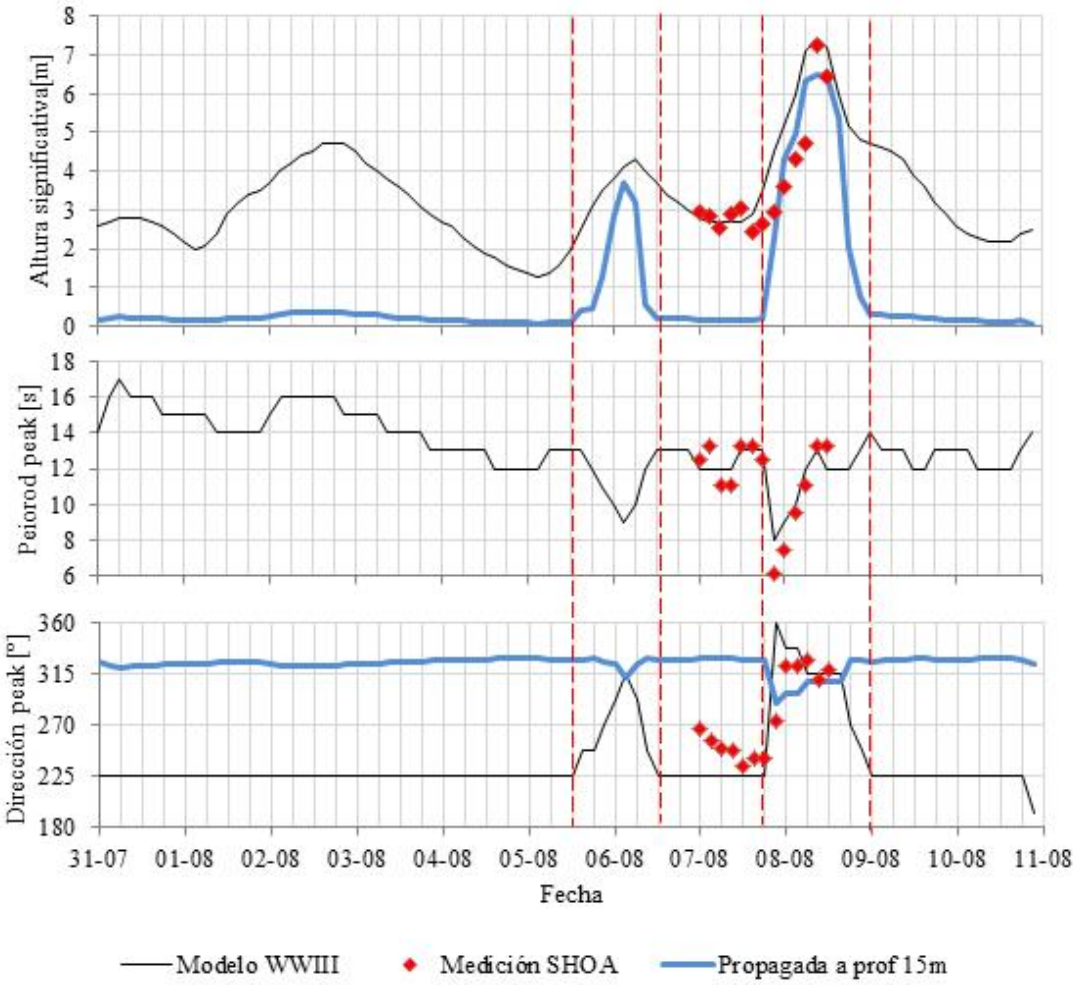

Figura 5 Series de tiempo de altura significativa, periodo peak y dirección peak para los datos obtenidos del modelo WaveWatch III, la medición realizada por la boya Watchkeeper del SHOA y la propagación del oleaje al sitio de interés

El evento del sábado 8 de agosto produjo daños considerables en la costa de la zona comprendida entre el sector Barón (Valparaíso) por el sur y de la recta Las Salinas (Viña del Mar) por el norte, la que se debe a la combinación de una magnitud excepcional de la altura de ola con niveles de marea por sobre lo normal, producto de un incremento debido a marea meteorológica por viento y presión, junto con un wave set-up importante y dirección de oleaje perpendicular a la costa (mayores detalles de los daños se pueden observar en Winckler et.al, 2015)

En el caso del oleaje dentro de la bahía, la simulación realizada con el software SWAN a partir del estado de mar de mayor magnitud medido por la boya Watchkeeper (9:25 hrs) da cuenta de una intensificación de las condiciones de oleaje, fundamentalmente en la vecindad de la Caleta Portales dada la presencia del bajo Ester, así como en la curva Los Mayos (Punta Gruesa) y frente al hotel Miramar (ver Figura 6).

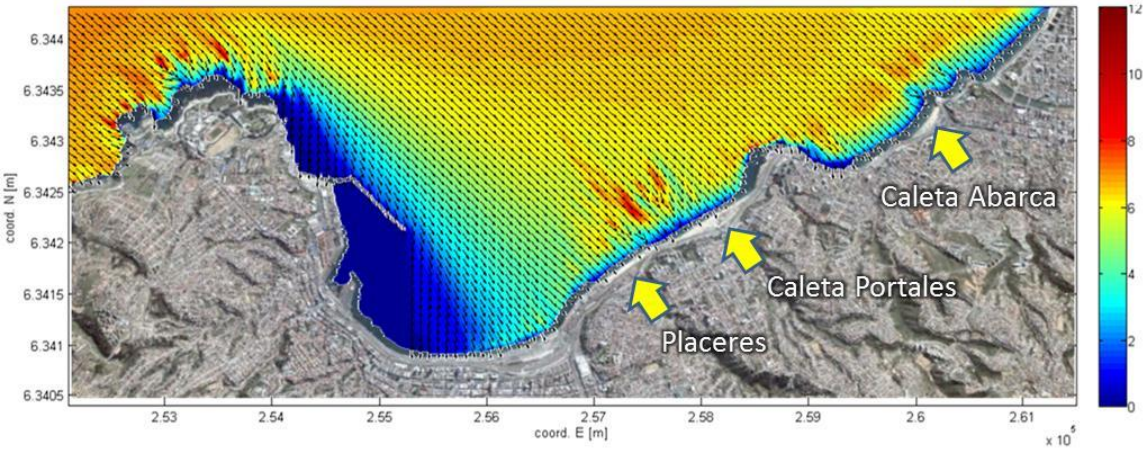

Figura 6 Simulación de la altura significativa asociada marejada del 8 de agosto a las 9:00 hrs en la bahía de Valparaíso

4. EROSIÓN OBSERVADA EN LAS PLAYAS DE LA BAHÍA DE VALPARAÍSO

Como anticipo a las condiciones de oleaje previstas para el jueves 6 de agosto, se realiza una campaña de medición de perfiles de oleaje el día 5 de agosto en las playas Placeres y Caleta Portales en Valparaíso, y Caleta Abarca en Viña del Mar. Si bien durante los días previos se desarrolló el evento de marejada del domingo 2, la observación en terreno es muy similar a perfiles medidos con anterioridad, por lo que no se observan efectos de este evento en las playas señaladas.

La tarde del 6 de agosto, cuando el evento de marejada se encontraba en declinación alrededor de las 17:00, se recorre el borde costero, reportándose una fase erosiva en las playas Caleta Portales y Caleta Abarca, las cuales se presentan en la Figura 7. Si bien, no fue posible acceder a playa Placeres, es esperable que el proceso erosivo en dicha playa se haya manifestado con características similares a las observadas en las otras playas. Los escarpes producidos por la acción del oleaje presentaron alturas variables aproximadas desde 1.5 m por el norte hasta 3 m hacia el sur en Caleta Portales, y desde 1.5 m por el sur hasta 2 m hacia el norte en Caleta Abarca

Figura 7 Estado de erosión de playas Caleta Portales a las 16:50 (izquierda) y Caleta Abarca a las 17:15 (derecha) el jueves 6 de agosto de 2015.

Posterior al último evento de marejada, el día 10 de agosto se realiza una campaña de medición de los perfiles de playa, constatándose los estados erosivos en cada caso, pero solo en la zona emergida y hasta profundidades de agua menores a 0.5 m por razones de seguridad. El día 20 de agosto se realiza una medición en la zona emergida de la playa Caleta Abarca, donde no se observan cambios en los perfiles en el periodo. Con el objetivo de realizar mediciones con la extensión necesaria para comparar con las realizadas antes de los eventos de marejadas, se realizan mediciones el 21 de agosto utilizando el método modificado de Emery en playa Placeres y Caleta Portales, donde se observa una recuperación incipiente pero poco significativa en los perfiles con respecto a la medición del 10 de agosto. Sin embargo en Caleta Abarca no se logra medir por condiciones de mal tiempo.

La cuantificación del volumen se realiza a partir del área erosionada por perfil, multiplicada por la longitud de playa de la cual el perfil es representativo. Dado que cada perfil se encuentra interpolado cada 0.2 m, el área erosionada por perfil se determina como la sumatoria de las diferencias entre las dos observaciones (antes y después) multiplicadas por 0,2 en todos los puntos en los que hay las dos mediciones. Esta área se denomina "área medida". Dado que en ningún caso se consigue la intersección de las mediciones, se presenta la proyección estimada del perfil, considerando que la pendiente se mantiene. De este modo es posible obtener el "área estimada" y con ello el área total erosionada del perfil. (Figura 8)

En el caso de las playas Caleta Portales y Caleta Abarca, dado que la forma es prismática, la longitud de playa representada por un perfil se determina mediante una estimación que compense la irregularidad en la geometría por lo que la suma de los tramos considerados no serán iguales al largo real de la playa.

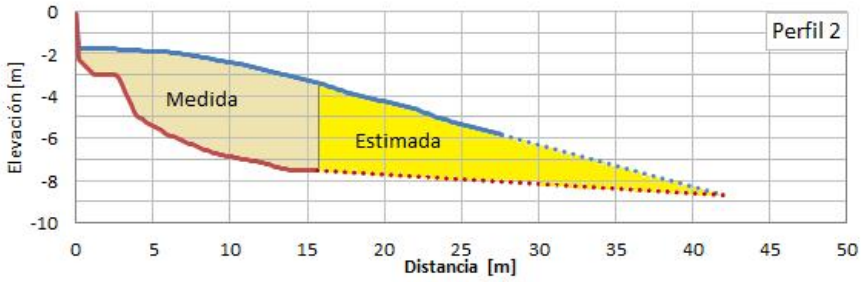

Figura 8 Ejemplo del proceso de cálculo del área erosionada por perfil.

Placeres

En playa Placeres, no se observa presencia de sedimento en toda la extensión de la playa, salvo en una pequeña parte en el extremo sur. En la zona emergida solo es visible la escollera de protección del pie de la obra del paseo Wheelwright. En la parte sumergida, se presenta sedimento en el fondo solo a contar de los 5 metros horizontales desde el inicio del perfil 3 y a 12 metros del inicio del perfil 2. En el perfil 1 no se observa acumulación de sedimento, presentando el fondo marino en esa zona solo la presencia de rocas de diversas dimensiones.

El proceso erosivo observado da cuenta de retrocesos de la línea de costa cercanos a 40 m, y descensos verticales cercanos a 3 m en los perfiles 1 y 3, y de 4.5 m en el perfil 2. El volumen total erosionado estimado es de 34698 m^3. Se observa de los perfiles que, si bien el proceso erosivo se produjo en cuanto a área erosionada es similar en los perfiles 1 y 3 y ambos casi la mitad del 2, el perfil 3 presenta en ambas mediciones una forma distinta. Esto se explica en que frente al perfil 3 se encuentran los restos de un naufragio que actúa como dique sumergido, del cual solo asoma un vestigio en baja mar, lo cual facilitaría la retención de sedimento en dicha zona.

Tabla 1 Cuantificación de la erosión en playa Placeres

Perfil	Área erosionada		Área total	Longitud	Volumen
	Medida [m^2]	Estimada [m^2]	[m^2]	[m]	[m^3]
1	27.6	29.6	57.2	150	8581
2	54.9	55.3	110.2	150	16521
3	53.5	3.0	56.5	170	9596
			Total	470	34698

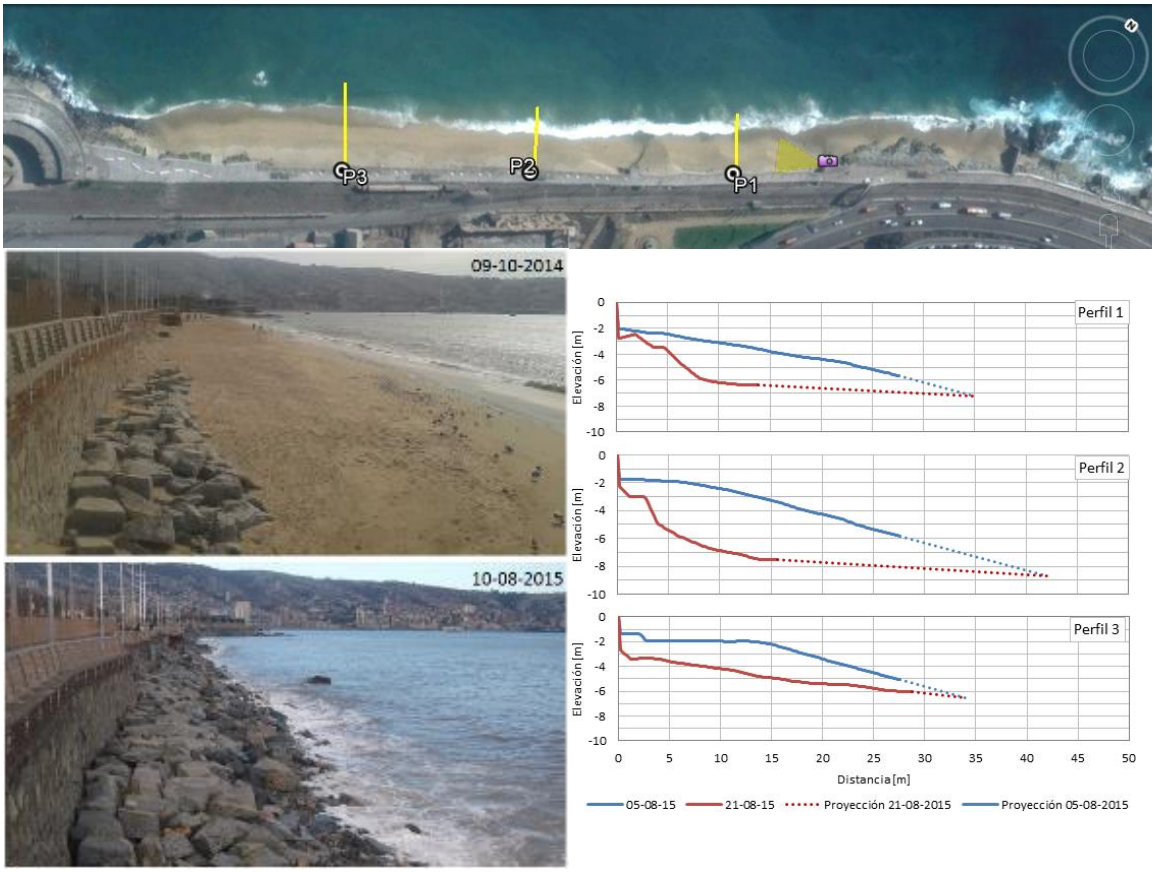

Figura 9 (arriba) Playa Placeres, ubicación de perfiles medidos y ángulo fotográfico; (izquierda) Comparación de extremos de playa por proceso erosivo; (derecha) Perfiles medidos en las campañas del 5 de agosto (azul) y 21 de agosto de 2015 (rojo) con una aproximación de la zona erosionada no medida.

Caleta Portales

El inicio de obras de reparación del muelle antiguo de la caleta a inicios de mayo de 2015 impide la medición del perfil 2, mientras que por la actividad de la caleta y la presencia de roqueríos en la zona el perfil 1 se descontinúa en su medición, por lo que solo se presentan los resultados de los perfiles 3 y 4. El proceso erosivo produce retrocesos de línea de costa del orden de 20 m. El área de perfil con mayor erosión es el 3 al centro de la playa, sin embargo el perfil 4 presenta los mayores descensos verticales con valores del orden 4 m. La erosión total alcanza los 38510 m^3.

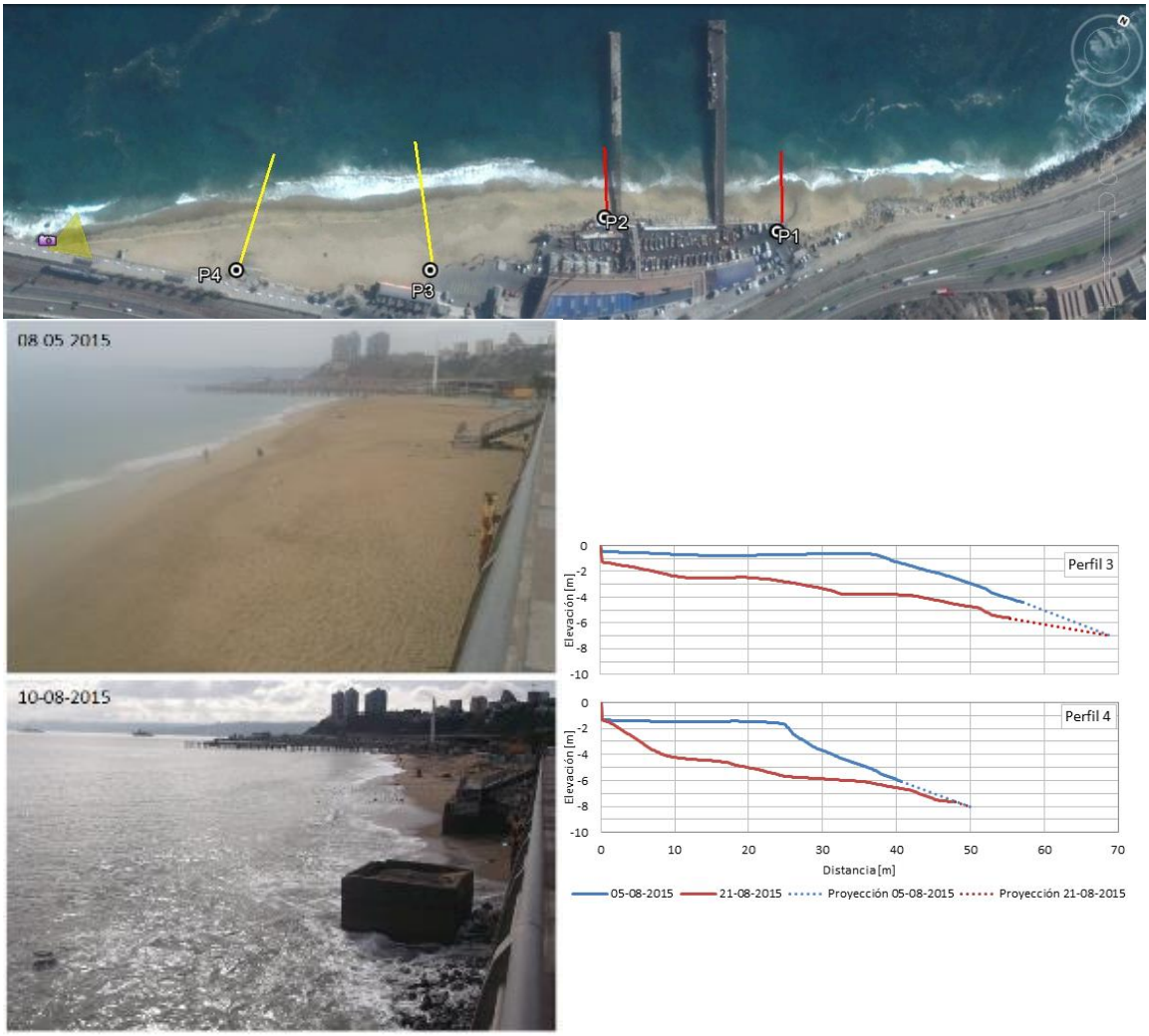

Figura 10 (arriba) Playa Caleta Portales, ubicación de perfiles medidos y ángulo fotográfico; (izquierda) Comparación de extremos de playa por proceso erosivo; (derecha) Perfiles medidos en las campañas del 5 de agosto (azul) y 21 de agosto de 2015 (rojo) con una aproximación de la zona erosionada no medida.

Tabla 2 Cuantificación de la erosión en playa Caleta Portales

Perfil	Área erosionada		Área total	Longitud	Volumen
	Medida [m^2]	Estimada [m^2]	[m^2]	[m]	[m^3]
3	111.1	10.3	121.3	200[2]	24260
4	92.4	2.6	95.0	150[3]	14250
			Total	740[4]	38510

Caleta Abarca

La erosión se presenta con mayor magnitud hacia el norte de la playa (perfil 1) disminuyendo hacia el sur, mostrando un efecto pivote, lo que puede explicarse en que la playa se encuentra desalineada 20° respecto a la llegada de la condición de oleaje más intensa, induciendo esto un transporte hacia el sur. Esto queda de manifiesto en la posición final que alcanza la boya demarcadora del bajo Bianchi luego de la marejada del 8 de agosto (ver Figura 12). El volumen total erosionado alcanza los 30615 m3, quedando al descubierto los cimientos del antiguo muelle de la caleta, ya que el descenso vertical máximo es de 3.8 m en el perfil 1, descendiendo a valores entre 2 y 3 m en los restantes perfiles. El retroceso horizontal fue mayor en el perfil 1 con valores cercanos a los 25 m, bajando progresivamente hasta llegar a un mínimo cercano a 5 m en el perfil 5.

Tabla 3 Cuantificación de la erosión en playa Caleta Abarca

Perfil	Área erosionada		Área total	Longitud	Volumen
	Medida [m^2]	Estimada [m^2]	[m^2]	[m]	[m^3]
1	43.6	70.2	113.7	70	7959
2	53.9	42.9	96.7	40	3868
3	41.4	49.9	91.2	70	6384
4	32.9	24.8	57.6	70	4032
5	47.6	16.8	64.4	130[5]	8372
			Total	430[6]	30615

[2] Longitud representativa, considerando que la extensión de la playa es un prisma
[3] Longitud representativa, considerando que la extensión de la playa es un prisma
[4] Longitud total de la playa
[5] Longitud representativa, considerando que la extensión de la playa es un prisma.
[6] Longitud total de la playa

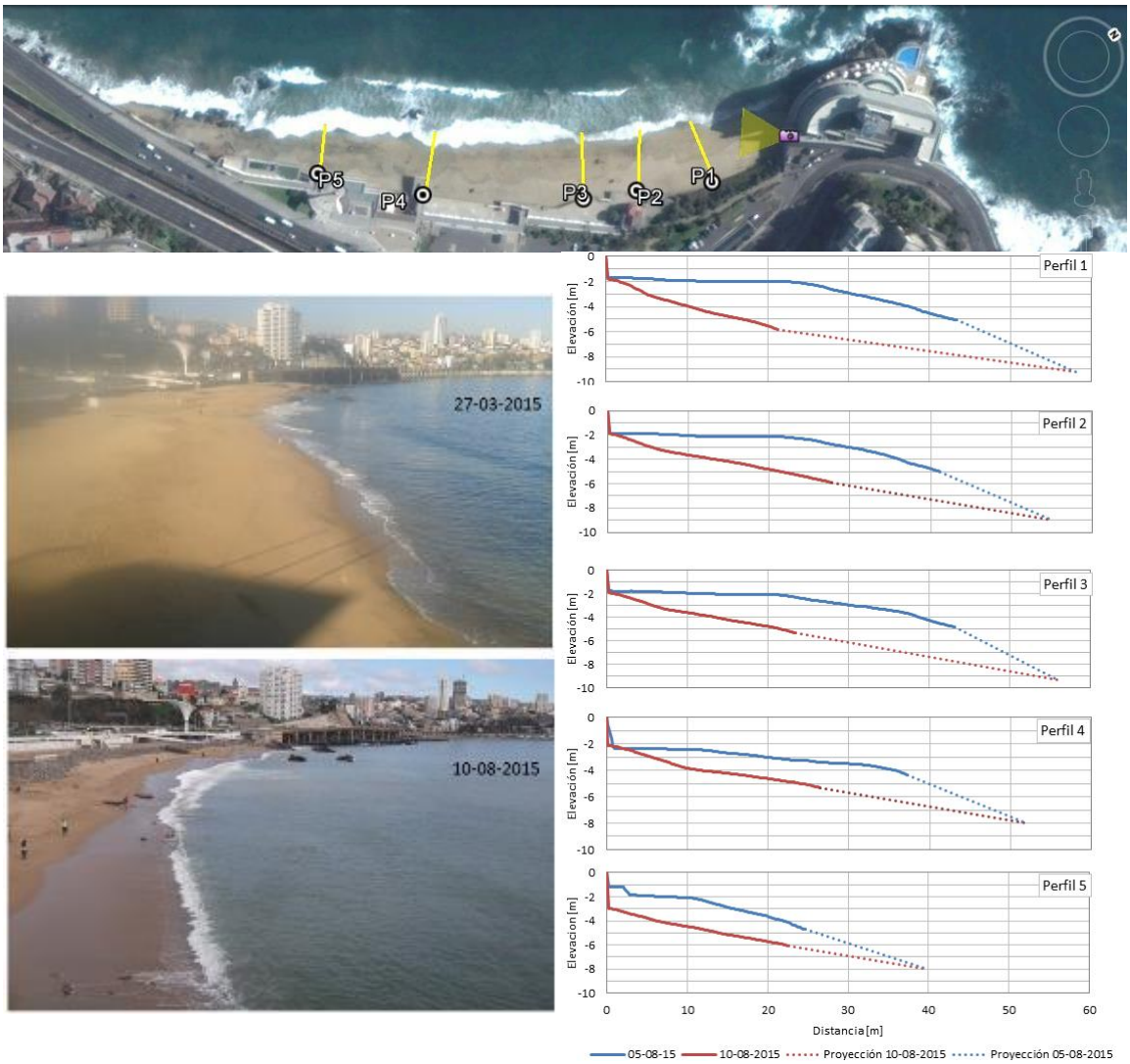

Figura 11 (arriba) Playa Caleta Abarca, ubicación de perfiles medidos y ángulo fotográfico; (izquierda) Comparación de extremos de playa por proceso erosivo; (derecha) Perfiles medidos en las campañas del 5 de agosto (azul) y 10 de agosto de 2015 (rojo) con una aproximación de la zona erosionada no medida.

Figura 12 Boya demarcadora del bajo Bianchi. La flecha indica la ubicación en la que se encontraba fondeada.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La ocurrencia de tres marejadas en 1 semana es algo poco usual, más aun considerando que una de ellas fue de generación distante y las restantes separadas por menos de 48 horas. Aun cuando los 3 eventos tuvieron un carácter significativo, la dirección de incidencia fue un factor determinante en la importancia que tuvo en el proceso de erosión de las playas estudiadas, ya que el evento del 2 de agosto no tuvo impacto aparente en las playas que se encuentran abrigadas a la dirección suroeste. Por el contrario las marejadas del 6 y 8 de agosto provocaron incrementos significativos en la altura de ola en cada caso, lo que sumado a una dirección de incidencia noroeste, perpendicular a la costa, y a un aumento significativo del nivel del mar producto de la acción combinada del viento y la baja de presión (Winckler et.al, 2015), terminan provocando la erosión observada.

Como lamentablemente no existen estudios previos y recientes que caractericen los tamaños típicos de estas playas que permitan evaluar la recurrencia del nivel de erosión observado, este estudio solo puede limitarse a cuantificar la magnitud de la erosión e inferir, dadas las combinaciones excepcionales de nivel del mar, marea meteorológica, set-up de oleaje y la magnitud de la marejada (Winckler et. al., 2015), que es esperable que el nivel de erosión alcanzado sea extremo. La combinación de la ocurrencia de las marejadas de generación local provocaron el escenario de mayor erosión probable en las playas, ya que, aun cuando ambas tuvieron una duración relativamente corta en la zona, el evento del 6 de agosto genera las condiciones necesarias de erosión inicial para que el evento del 8 de agosto actúe sobre un terreno ya disminuido.

Por otro lado, un estudio acabado del proceso erosivo asociado a estos eventos, y la contribución particular de cada uno, requiere de información de oleaje precisa que permita, en combinación con los niveles de mar asociados a marea astronómica y la meteorológica, reproducir con la debida precisión este fenómeno. En este ámbito es crucial contar con información espectral medida en la zona, los cuales para estos eventos se desconoce si existen, dado que solo fue posible acceder a parámetros de resumen en solo parte del desarrollo del tercer evento, el del 8 de agosto. Esto induce la utilización de modelos globales de oleaje para completar la serie, los que tampoco se encuentran disponibles en formato espectral, introduciendo errores al proceso. Esto se justifica en que los antecedentes recopilados y su posterior propagación (Figura 5) dan cuenta que la marejada del 6 de agosto culminó en la zona de estudio con intensidades menores a los 0,5 metros a las 12:00 hrs, sin embargo la observación de los autores en el sector dan cuenta de alturas de olas del orden de 3,5 m alrededor de las 17:00 hrs que ocurrieron junto a los muelles de Caleta Portales.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes Gabriela Frías y Sebastián Correa que colaboraron en el proceso de medición. A la Escuela de Ingeniería Civil Oceánica por financiar la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

Andrade , F . and Ferreira, M.A., 2006. A simple method of measuring beach profiles. Journal of Coastal Research, 22(4), 995-996..

Emery, K. O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. Limnology and oceanography, vol 6, N°1, pp. 90-93.

Heinze, H, Kelley, J, Belknap, D, Dickson, S. 2002. Co-measurement of beaches in Maine, USA: Volunteer profiling of beaches and annual meetings.

UNICAN, SF. Documento temático: regeneración de playas. Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas (GIOC) Univerisidad de Cantabria.

Valenzuela, E., E. Reyes, H. Vergara. 1979. Petrología sedimentaria del litoral y la plataforma continental de Valparaíso, V Región. II congreso geológico Chileno. Vol 3, I101-I121.

Vergara, H. 1979. Estudio sedimentológico de las arenas de playa en la bahía de Valparaíso. Tesis de grado, U.C.V., 76p.

Vergara, H., E. Valenzuela. 1981. Sedimentación reciente en playas de Valparaíso, V region. Revista de biología marina Vol 17, N°2, 267-283.

Vergara, H., V. Hickmann. 1982. Fluctuación anual de la morfología y granulometría de playa las Salinas, Viña del Mar, V region. III congreso geológico chileno. Tomo 1, C114 – C131

Winckler P, M. Contreras, J. Beyá, M. Molina. 2015. El temporal del 8 de agosto de 2015 en la bahía de Valparaíso. XXII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. Santiago, 21 – 22 – 23 de Octubre de 2015.