



ORD. N° 846 /

ANT. Oficio N°52250 de fecha 09.05.2020 de la Cámara de Diputados.

MAT. Informa sobre adjudicación de construcción del muelle Bucalemu, comuna de Paredones, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

INCL. ORD DOP N°555 de fecha 08.06.2020 de Director Nacional de Obras Portuarias (S)

SANTIAGO,

18 JUN 2020

A : H. SEÑOR PRESIDENTE DE LA CÁMARA DE DIPUTADOS
DE : SUBSECRETARIO DE OBRAS PÚBLICAS

En relación al documento del antecedente requerido por los H. Diputados Javier Macaya Danús y Ramón Barros Montero, cumpla con trasladar para fines pertinentes ORD DOP N°555 de Director Nacional de Obras Portuarias (S), mediante el cual se da respuesta a lo solicitado.

Saluda atentamente a S.E.,



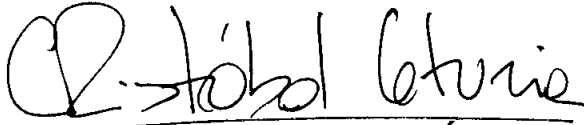
PGR/rmf

DISTRIBUCIÓN:

- Destinatario
- H. Diputados Javier Macaya Danús y Ramón Barros Montero
- Director Nacional de Obras Portuarias
- Seremi MOP Región del Libertador Bernardo O'Higgins
- Jefa Unidad de Atención Ciudadana y Actores Relevantes
- Oficina de Partes SS.OO.PP.

N° de Proceso: 14084815

DOP NC-1513 AR


SUBSECRETARIO DE OBRAS PÚBLICAS

CRISTOBAL LETURIA INFANTE
Subsecretario de Obras Públicas

ORD. DOP. N° **555** /

SIAC-GAB: N° DOPNC-1513 AR

ANT. : Oficios N° 52250 y 52251 de los H. Diputados Sres. Javier Macaya Danús y Ramón Barros Montero.

MAT. : Da respuesta a solicitud de informar sobre obra de muelle en la localidad de Bucalemu, comuna de Paredones.

SANTIAGO, 08 JUN. 2020

DE : DIRECTOR NACIONAL DE OBRAS PORTUARIAS (S)

**A : COORDINACION DE SOLICITUDES AL GABINETE
SUBSECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS**

En respuesta a la consulta de los Honorables Diputados Sres. Javier Macaya Danús y Ramón Barros Montero, donde solicita informar sobre obra en la localidad de Bucalemu, comuna de Paredones, se informa lo siguiente sobre cada requerimiento señalado en el documento del antecedente:

1. Empresa que se adjudicó la construcción del muelle Bucalemu, indicando el precio final de dicha licitación, y el tiempo que demoró la construcción.

Mediante Resolución DOP (TR) N°038 de fecha 21 de abril de 2016 y tramitada el 19 de julio de 2016 se adjudicó a Empresa Constructora Gonzalo Orellana e Hijo Ltda. Rut 77.852.980-7 la obra "Construcción Infraestructura Marítima Caleta Bucalemu, VI Región" por un monto de \$4.779.506.995.- y con un plazo de 540 días corridos.

Durante la ejecución de la obra se realizaron modificaciones que implicaron aumento de costos y plazos, resultando un pago total a la Empresa de \$6.642.764.267 (incluyendo reajustes) y un plazo total de ejecución de obras de 600 días.

2. Tiempo que alcanzó a estar operativo el muelle de Bucalemu.

Las obras ejecutadas en la Caleta fueron entregadas formalmente en Administración con fecha 11 de diciembre de 2019, no obstante hay que distinguir que la chaza que se encuentra en el espigón principal, por problemas de agitación del oleaje no ha sido utilizada desde el término de la obra, situación que actualmente se encuentra en proceso de búsqueda de solución, sin embargo la explanada de aprox. 1700 m², ha estado en plena operación y siendo explotada por los pescadores artesanales desde la fecha de entrega.

3. Inversiones posteriores que se hayan destinado a ejecutar obras de recuperación de la infraestructura, indicando las empresas que se hayan adjudicado dichas licitaciones.

Para efecto de mejorar las condiciones de operación a la fecha se han realizado dos obras:

a. "Conservación Limpieza Canalizo de acceso embarcaciones Bucalemu", adjudicada el 07 de septiembre de 2018 a la Empresa RAYMAR Ltda. Rut 76.060.369-4 por un monto de \$471.624.230, con la finalidad de evacuar el sedimento aportado por la apertura del Estero Paredones realizada por la Municipalidad, y generar una línea base de medición para el seguimiento y análisis del fenómeno sedimentológico que impide el correcto funcionamiento de las obras.

b. "Conservación Desarme Contramolo Caleta Bucalemu, 2do llamado", adjudicada el 18 de marzo de 2020 por un monto de \$157.098.797 a la Empresa Constructora y Servicios Teconterra Ltda. Rut 76.410.288-6.

4. Empresa que actualmente cumple con la labor de demolición de la zona norte del molo, indicando el precio final de dicha licitación.

La señalada en el punto anterior letra b.

Es importante señalar que esta obra forma parte de la solución al problema, ya que se determinó a través de nuevas modelaciones matemáticas, que con este retiro se favorece el transporte de sedimento hacia el norte del litoral.

Cabe precisar, que todo el material extraído de este contramolo norte ha sido acopiado para ser reutilizado en la solución final que se ha definido.

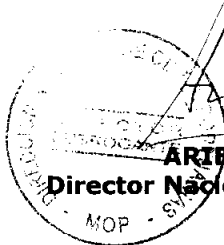
5. Informes técnicos que se hayan elaborado y que expliquen la razón por la cual falló la construcción del muelle Bucalemu.

Se han realizado diversos informes y estudios de terreno, los cuales se condensan en el informe elaborado por la División de Proyectos de la DOP en diciembre de 2019, que se adjunta.

6. Informes o análisis que se hayan realizado a propósito de la mayor contaminación en el humedal, indicando medidas tomadas y que se pretendan adoptar para recuperar el humedal.

Esta Dirección no había sido informada de problemas de contaminación en el humedal producto de las obras, en efecto, el proyecto y la obra "Construcción Infraestructura Marítima Caleta Bucalemu, VI Región" no interviene en la dinámica de la laguna dentro del humedal.

Saluda atentamente a Ud.



ARIEL GRANDON ALVIAL
Director Nacional de Obras Portuarias (S)

VBC/CWZ/CAG/CQF/AGA/COS

DISTRIBUCIÓN:

- Destinatario
- Dirección Nacional DOP
- Director Regional DOP Región de Valparaíso y Lib. Bdo. O'Higgins
- Sección Asesoría Jurídica
- División de Proyectos
- División de Construcciones
- Departamento de Planificación
- Oficina de Partes DOP

Documentos Relacionados SSD N° 14037935-14037018

SSD N° 14069424



Informe Técnico

“Desarrollo y Funcionamiento de Caleta Bucalemu”

Región del Libertador General Bernardo O’Higgins

División de Proyectos

Diciembre 2019

1. Introducción

La localidad de Bucalemu se ubica en la comuna de Paredones, Provincial de Cardenal Caro, Región de O'Higgins, aproximadamente en las coordenadas 34°38'29"S y 72°02'40. O'.

Ésta enfrenta al océano Pacífico sin tener condiciones de abrigo naturales más que la Punta Bucalemu, promontorio rocoso que no alcanza a dar mayor abrigo. Estos hechos hacen que esta zona se encuentre absolutamente expuesta a la acción del fuerte oleaje que en estas latitudes impera. Sumado a ello, la amplia playa entrega las condiciones para desarrollar una importante dinámica litoral, que genera importantes cantidades de transporte de arena en distintas direcciones dependiendo de la época del año y de las condiciones del oleaje.

Desde el año 2006 se han realizado diversos estudios y análisis con el objetivo de brindar mejoras a las faenas pesqueras de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Los resultados de éstas han considerado que la Caleta existente carece de obras marítimas y de seguridad en las maniobras de zarpe y recalada la Dirección de Obras Portuarias (DOP), durante los años 2016 al 2018, ejecutó una obra con el objetivo de entregar infraestructura de apoyo a los pescadores artesanales de la Caleta Bucalemu.

En el año 2015, las autoridades de la DOP instruyen diseñar y construir una obra de abrigo para mejorar las condiciones de embarque y desembarque para las faenas de Bucalemu. Las condiciones indicadas son que la construcción del proyecto no podría costar más de 5.000 MM\$ y debía ser realizado en un plazo de 5 meses.

Durante la fase de construcción, el proyecto sufrió modificaciones. Estos fueron un giro en el eje del molo principal y un acortamiento en la longitud de ambos molos.

A la fecha, las obras ejecutadas tienen dos problemas principales: agitación en la zona de atraque y embancamiento en la poza de abrigo, este último punto ha sido la causa de la pérdida de calado en parte de la zona abrigada, disminuyendo la superficie útil de trabajo.

El presente informe tiene como finalidad analizar las causas de estos problemas y develar el origen de éstos

2. Proyecto

2.1. Historia del Proyecto

La iniciativa de tener infraestructura marítima en la Región de O'Higgins nace en el año 2006, por un requerimiento realizado por el Senador Juan Pablo Letelier.

En ese año se acuerda que se realizará un estudio técnico de pre factibilidad por parte de la DOP, el cual estará orientado a definir un lugar de emplazamiento y el tipo de obras a realizar.

Dicho estudio fue iniciado en el año 2007 y se limitó a analizar la factibilidad técnica de construir un terminal marítimo a nivel regional. Las localidades analizadas en este estudio fueron: Boca de

Rapel, Matanza, Puertecillo, Pichilemu y Bucalemu. Sin embargo, para el emplazamiento de la infraestructura se analizaron los sectores de Matanzas y Bucalemu.

La consultoría llegó a las siguientes conclusiones: **La construcción de un muelle en la VI Región no es viable desde el punto de vista de una evaluación económico-social. Las características de la costa de esta Región, extraordinariamente abierta, y el traslado permanente de la arena por las corrientes existentes en casi todo el litoral, obligan a idear frentes de atraque o muelles de gran envergadura para evitar embancamientos, los que tienen costos extraordinariamente altos.**

El Ministerio de Desarrollo Social (MDS) objeta técnicamente el proyecto, indicando que: **“los resultados del estudio de prefactibilidad contratado por la dirección de obras portuarias señalan explícitamente que la construcción de una inversión en infraestructura de cierta magnitud no es conveniente desde el punto de vista de una evaluación social, por lo que no se justifica avanzar a la etapa de diseño”**

Durante el año 2010, se realizó la Consultoría “Diseño para la Construcción de Obras Portuarias Menores Caleta Bucalemu, Comuna De Paredones, Provincia Cardenal Caro, VI Región”, adjudicada el 20-07-2010, resolución drop v (ex) n°651. En este estudio de consultoría de desarrollaron trabajos de medición de mareas, topobatimetría, muestras de sedimentos, mecánica de suelos, entre otros. El objetivo estuvo orientado a obtener el diseño para la construcción de una explanada de operación que permitiera el salvaguardo de los botes de los pescadores frente a eventos de mal tiempo.

En el año 2012, la Ley de Presupuesto asignó una glosa especial que otorgó financiamiento para la etapa de diseño, sin RS. Dicha glosa indicaba que “Incluye los estudios de factibilidad y diseño, necesarios para determinar los costos de inversiones en materia Marítimo Portuaria, en la sexta Región de Libertador Gral. Bernardo O’Higgins.”

Es por esto que en ese año Ingresó nueva iniciativa de inversión al MDS, etapa diseño, denominada “CONSTRUCCION MUELLE CALETA BUCALEMU, VI REGIÓN”, con un rate objetado técnicamente (OT).

Dicha consultoría se realizó durante los años 2013 y 2014, llegando los resultados hasta la Etapa de Anteproyectos y selección de alternativas. En esta etapa se plantearon tres alternativas, las cuales se presentan a continuación.

2.2. Alternativas Desarrolladas en Consultoría “Construcción Muelle Caleta Bucalemu”

En el año 2012 se realizó la consultoría “Construcción Muelle Caleta Bucalemu”. Si bien los términos de referencia de ésta carecen de un punto que indique claramente sus objetivos, el punto **2.2 Situación Proyectada** indica: **“Se plantea la construcción de un muelle para la operación de embarcaciones pesqueras artesanales, es decir, una estructura dotada de un cabezo que sirva para el atraque de embarcaciones artesanales de hasta 50 TRG”.**

El foco de este estudio es el diseño de ingeniería de una obra de atraque que mejorara la situación de embarque y desembarque en la caleta de Bucalemu, siendo las etapas de esta señaladas en el Cuadro 1. Es importante destacar que este estudio carece de análisis de rentabilidad social.

Consultoría "Construcción Muelle Caleta Bucalemu"	
Etapa 1	Recopilación de Antecedentes y Estudios Básicos de Condiciones Naturales
Etapa 2	Anteproyectos de Obras Marítimas y Selección de Alternativas
Etapa 3	Mecánica de Suelos
Etapa 4	Desarrollo de Ingeniería de Detalle
Etapa 5	Documentos para Licitar

Cuadro 1: Etapas de la Consultoría

2.2.1. Alternativas

La consultoría entregó tres alternativas para el atraque de embarcaciones pesqueras

Alternativa 1. La infraestructura de la primera alternativa consiste un muelle transparente cuyo cabezo está ubicado afuera de la zona rompiente y orientado de modo tal que le permite a las embarcaciones atracadas enfrentar el oleaje reinante en dirección de proa a popa.

El puente de acceso consta de una primera parte de 335 m de longitud. Esta nace desde la explanada con una de 5 m sobre el NRS (4 m sobre el nivel medio del mar, app), llegando, por medio de una pendiente continua de 4.48%, hasta una altura de 8 m sobre el NRS (7 m sobre el nivel medio del mar, app). La segunda parte del puente de acceso, de 109 m de longitud, se desarrolla horizontalmente a 8 m de altura sobre el NRS. En total el puente de acceso tiene una longitud de 444 m. El tercer y último tramo del puente de acceso, de 163 m de longitud, se desarrolla con una pendiente del 3,06%, desde los 8 metros sobre el NRS hasta alcanzar los 13 metros(12 m sobre el nivel medio del mar, app). En total el puente de acceso tenía una longitud de 607 m.

El cabezo se encuentra a 13 m sobre el NRS, con 90 m de longitud y un ancho que de 9 m, para un primer tramo, y uno de 27, para el segundo.

Tanto el puente de acceso como el cabezo se estructuran sobre pilotes.

La Figura 1 muestra, esquemáticamente, la alternativa emplazada en la zona.

Esta alternativa significaba una inversión del orden de M\$16.141.805, con una operatividad del 0.4%.

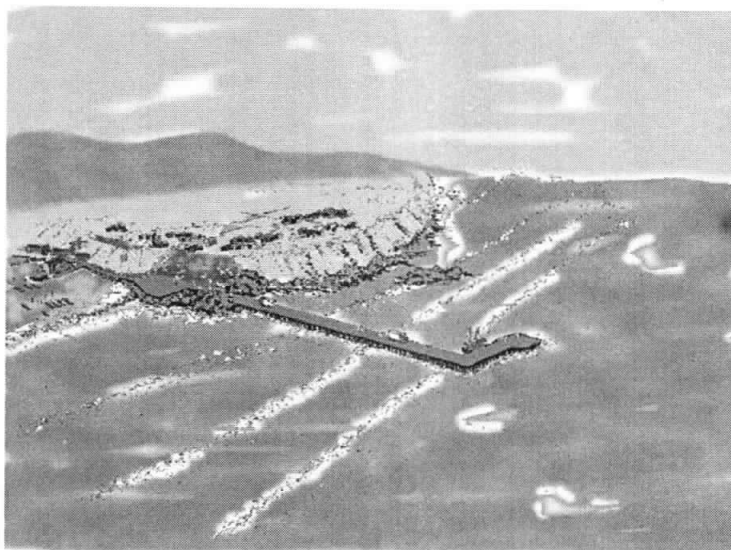


Figura 1:

Alternativa 1

Alternativa 2. La infraestructura de la segunda alternativa consiste también en un puente de acceso que nace de la explanada considerada como existente, en dirección 305° , y remata en el muelle propiamente tal, orientado en la misma dirección y protegido por un rompeolas.

El puente de acceso, en sus dos primeros tramos es idéntico al de la primera alternativa, solo que el segundo tramo tiene una longitud de 142 m.

El tercer tramo del puente de acceso, de 30 m de longitud, se desarrolla con una pendiente del 10%, desde los 8 metros sobre el NRS hasta descender a la cota del muelle, a los 5 metros sobre el NRS, y consiste en una losa de hormigón armado apoyada sobre pilotes de acero hincados en el fondo arenoso.

La planta del cabezo tiene una forma muy similar al de la primera alternativa, con la diferencia de que en ésta la cota es de 5 m sobre el NRS. Esto a raíz de que tanto el cabezo como el tercer tramo del puente de acceso están protegidos del oleaje del Oeste y Suroeste, mediante una escollera coronada por un muro formado por bloques de hormigón. Desde el extremo occidental del muelle se prolonga esta protección hacia el Norte con una longitud de 140 metros, a modo de rompeolas contra las marejadas del Noroeste.

La cota de coronamiento del muro de bloques del rompeolas llega hasta los 16.50 m sobre el NRS (15.5 sobre el nivel medio del mar app.) en la zona más crítica.

Esta alternativa tenía un costo estimado de M\$40.158.224 y una operatividad del 94,5%. La Figura 2 presenta una imagen de la alternativa planteada.

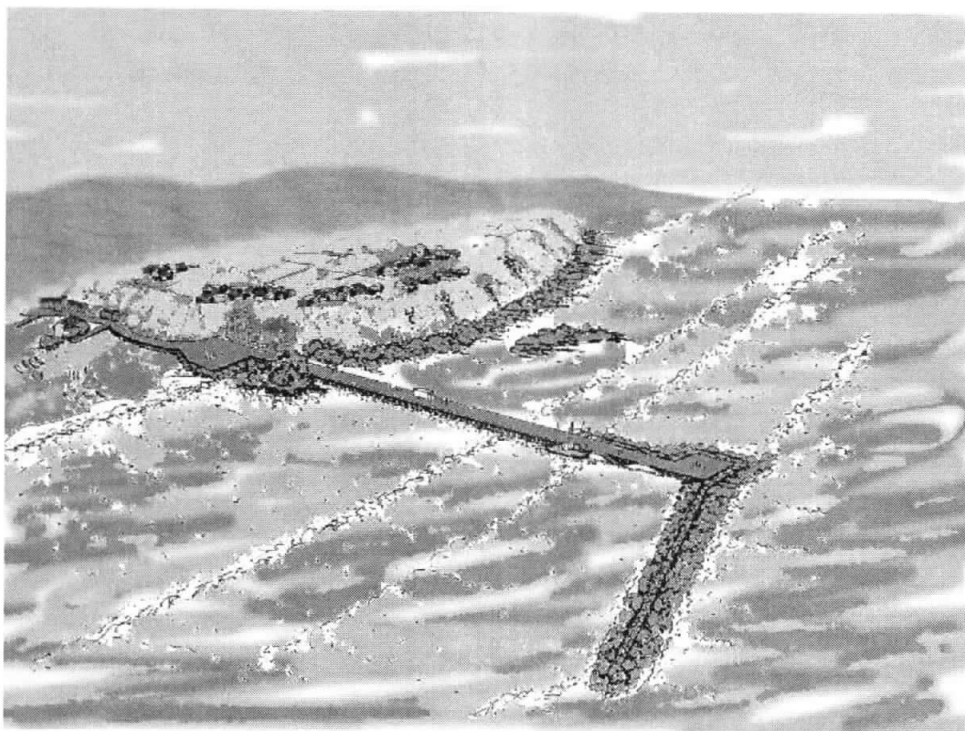


Figura 2: Alternativa 2

}

Alternativa 3. La infraestructura de la tercera alternativa consiste también en un puente de acceso que nace de la explanada considerada como existente y remata en el cabezo, orientado ortogonalmente al puente de acceso y protegido por rompeolas que conforman una dársena.

El puente de acceso es similar al de la alternativa 2 anterior y se diferencia solo en que el tercer tramo tiene en su unión con el muelle un ensanche que alcanza los 16.25 m.

El cabezo, a los 5 m de altura sobre el NRS, tiene en planta una forma muy similar al de la primera alternativa.

Frente al muelle se crea una dársena abrigada por dos rompeolas que nacen de ambos extremos del muelle y que están conformados cada uno por una escollera coronada por un muro de bloques de hormigón. El rompeolas Sur tiene 318,4 metros de longitud y en sus primeros 108 metros la cota de coronamiento del muro es la de 16,50 metros sobre el NRS, y en los 210,40 metros restantes es la de 13 metros sobre el NRS. El rompeolas Norte tiene 116,60 metros de longitud y la cota de coronamiento del muro es de 13 metros sobre el NRS en todo su largo.

La cota de coronamiento de la berma exterior tiene un máximo de 11.72 m sobre el NRS.

Esta alternativa tenía un costo estimado de Mi\$49.553.497 y una operatividad del 99.3%. La

Figura N° 3.3 presenta una imagen de la alternativa planteada.

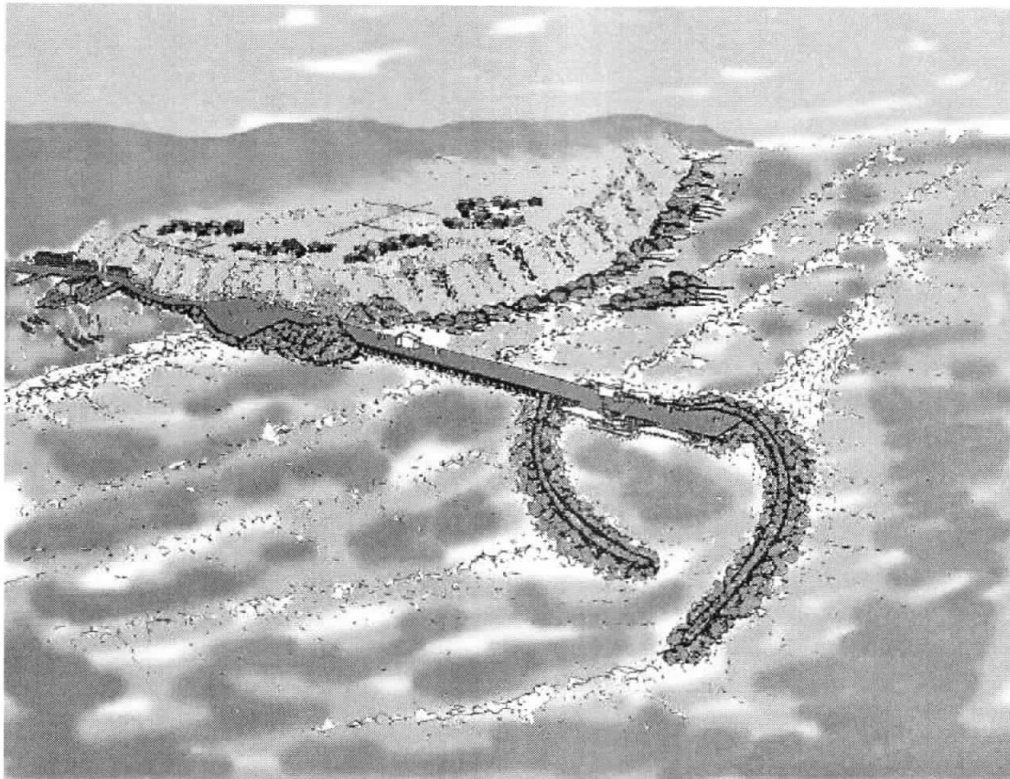


Figura 3:
Alternativa 3

Término
Anticipado
de la
Consultoría
a. La
consultoría
llega

a su término anticipado a raíz de la imposibilidad de realizar la mecánica de suelos. Esto tras infructuosos intentos por parte de la empresa consultora.

2.3. Proyecto Interno Desarrollado por la DOP

En el año 2015, la Dirección de la época instruye respecto a la construcción de una infraestructura para la pesca artesanal en la localidad de Bucalemu. Con respecto a las características del proyecto las autoridades indicaron que su presupuesto no debía exceder los 5.000 MM\$ y que existía un plazo de 5 meses para su ejecución. Se hace hincapié en que tanto el presupuesto como el plazo señalado imponen importantes restricciones al desarrollo de un proyecto emplazado en una zona de importante y conocida dinámica litoral. La encargada del desarrollo de este proyecto fue la División de Proyectos de la DOP, encargándose a un equipo de la sección de ingeniería el diseño del layout, los planos y las especificaciones técnicas y a la unidad de ingeniería costera, la elaboración de las modelaciones numéricas enfocadas en el análisis tanto de las corrientes como del oleaje, basado en información disponible de los estudios realizados en las consultorías anteriormente desarrolladas. Es importante señalar que dada la zona solicitada para la realización del proyecto, el tema de transporte de sedimentos era una condicionante primordial, con lo cual las modelaciones buscaron resolver cual sería la configuración de espigones que minimizaría el embancamiento de la caleta. En ningún momento se propone o plantea el proyecto con ausencia de trabajos de conservación periódica.

La evaluación del proyecto fue desarrollada por el Departamento de Planificación de la DOP, la cual consiguió el RS para éste.

2.4. Proyecto Original

El proyecto original se plantea con un molo de 295 m cuya finalidad es dar protección a las embarcaciones con respecto al oleaje proveniente del Oeste y del Sur Oeste, oleaje reinante en la zona y en el que a su vez se dan las peores condiciones de oleaje. Dadas las condiciones de la dinámica litoral de la zona se plantea en este diseño el emplazamiento de un molo de retención de sedimentos de 200 m, el cual tiene como objetivo evitar el ingreso de los sedimentos provenientes desde el norte.

La Figura 4 muestra la planta del proyecto original. En ella se observa la zona de abrigo que queda entre ambos molos. Las figura 5 y 6 muestran los casos de los modelamientos realizados para oleaje y agitación, respectivamente. El modelamiento de corrientes señala que la generación del molo de abrigo generará corrientes de norte a sur que traerán consigo el transporte de sedimentos hacia la zona abrigada. Por ello se hace necesaria la construcción del contramolo en el lado norte de la caleta. Con ello, su objetivo es contener el avance de los sedimentos desde el norte hacia el sur. La longitud de éste condiciona su eficiencia, siendo sugerida una longitud de 200 m

Es importante destacar que dentro de las tareas realizadas para comprender el funcionamiento del área de interés, se realizaron los siguientes estudios:

1. Propagación de oleaje. desde aguas profundas hasta el sitio de interés.
2. Análisis de Sedimentos. Se representó por medio de modelos numéricos la hidrodinámica local para los casos sin y con proyecto con el objeto de tener un indicador que nos permitiese prever el comportamiento sedimentológico.
3. Evolución de largo plazo en planta de la línea de costa. Por medio formulaciones empíricas se evaluó la forma que adoptaría la planta de la playa (condición de equilibrio) en el largo plazo como consecuencia del molo de abrigo. E

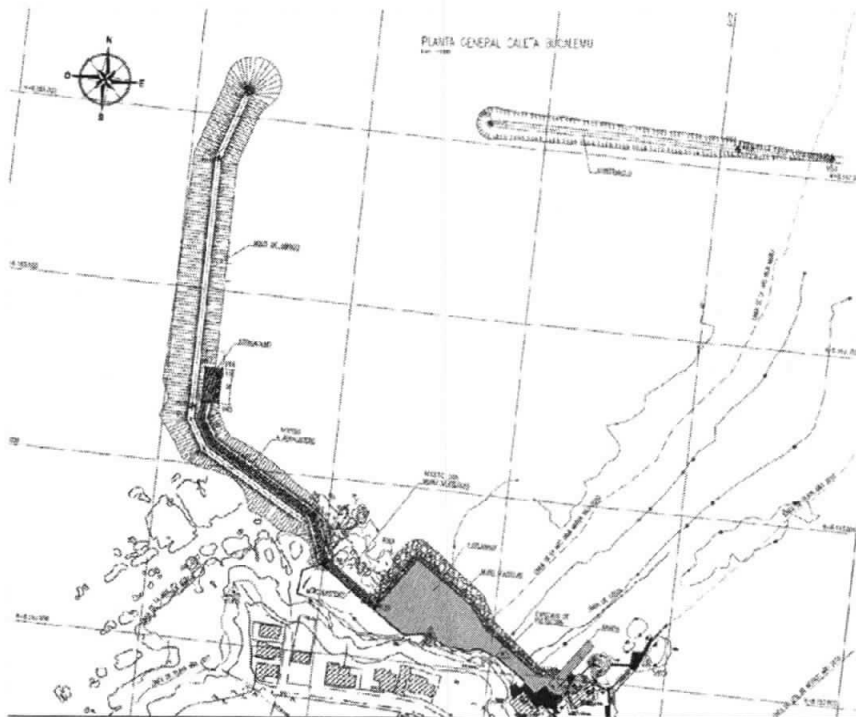


Figura 4: Proyecto Original

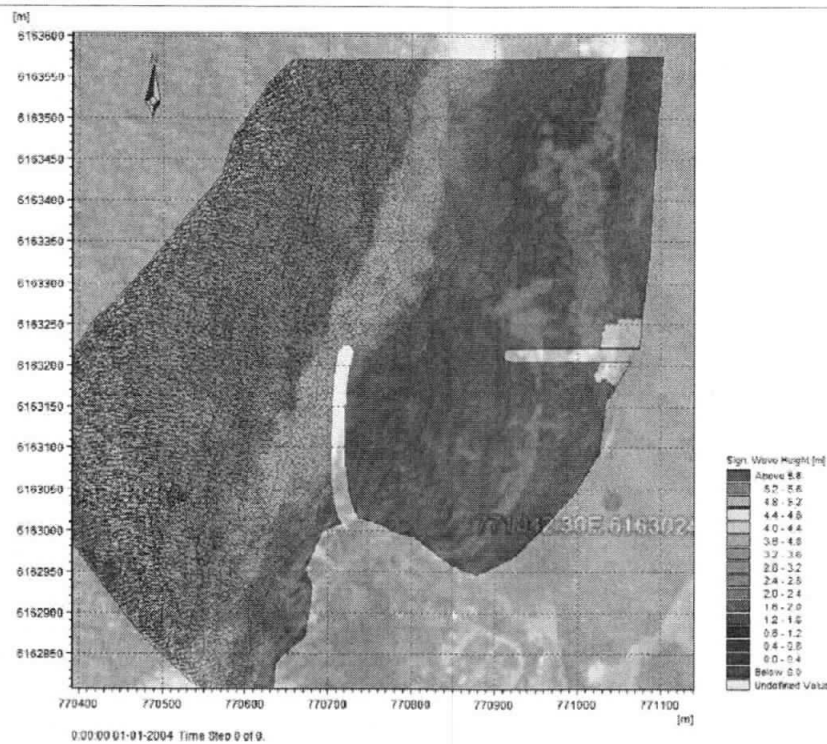


Figura 5: Oleaje Original

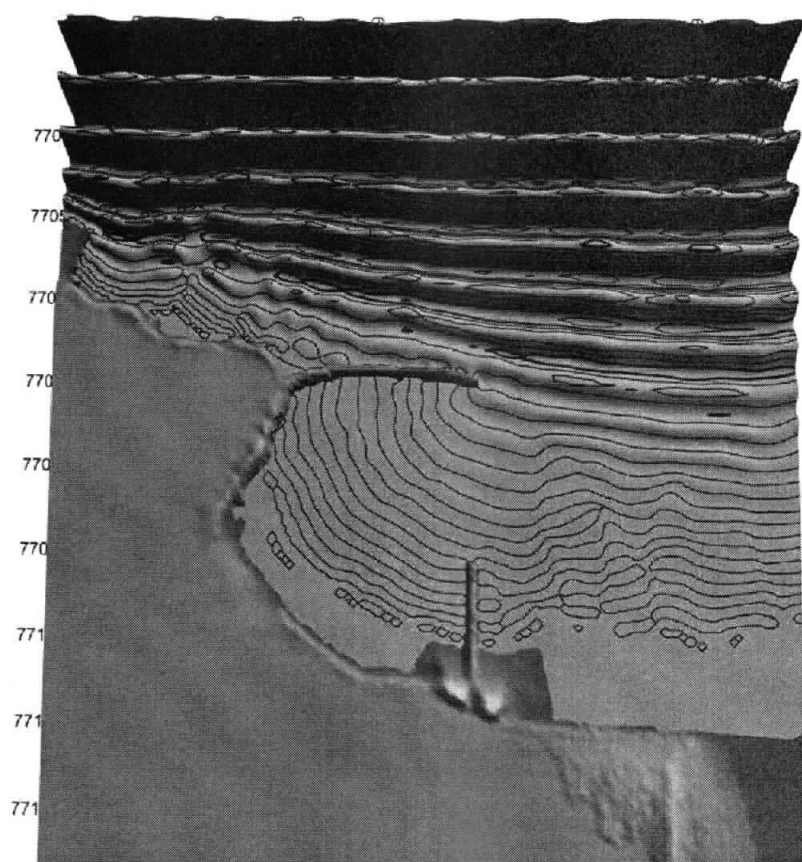


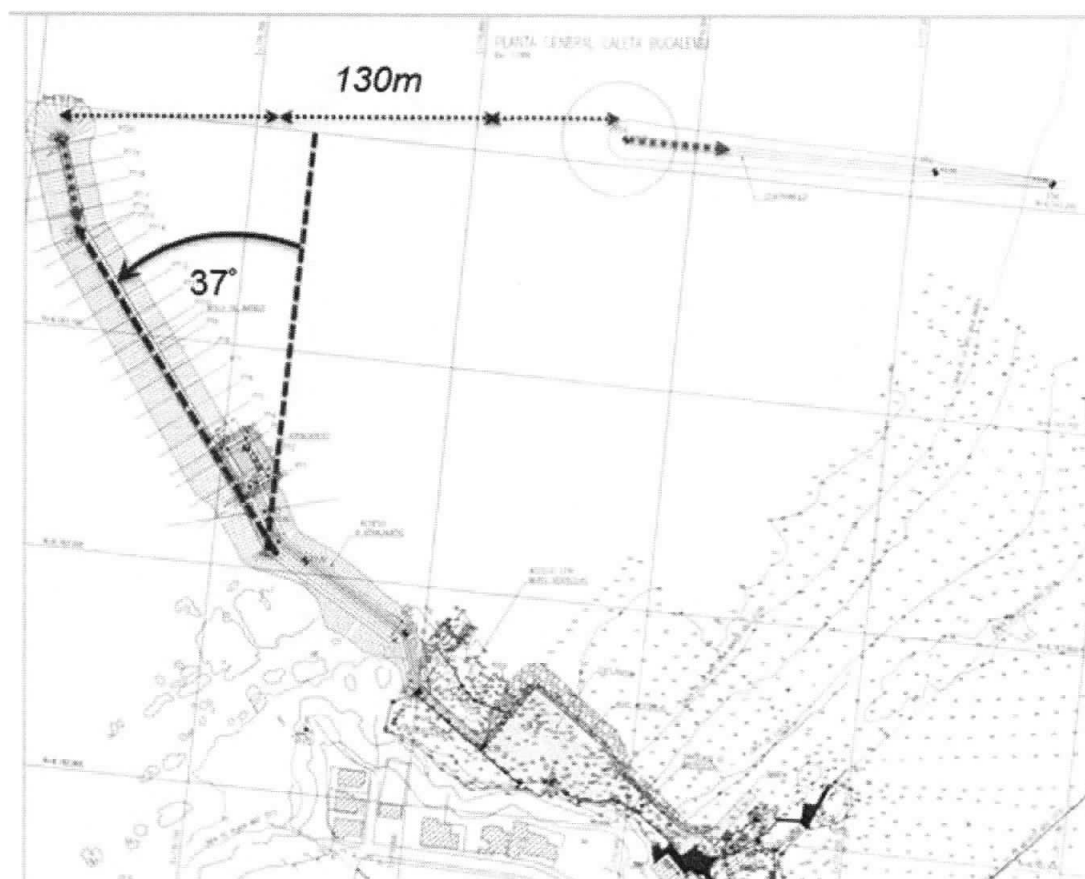
Figura 6: Agitación Original

2.5. Modificación

Durante el proceso constructivo, los pescadores solicitaron a la Autoridad DOP Regional la modificación de la orientación del molo norte, ya que señalan la que la configuración de los espigones no les permitirá hacer de manera adecuada las maniobras de entrada al mar. Producto de ello se plantea la modificación que gira el espigón principal, abriendo la bocana de entrada. Tal modificación es mostrada en la Figura 7. Esta configuración es modelada obteniéndose que la nueva condición producirá una merma menor en la zona abrigada, la cual es entendida y aceptada por los pescadores, entendiéndose la ganancia que esto tendrá en términos de operatividad. Las figuras 8 y 9 muestran casos modelados de oleaje y agitación, respectivamente. En ellos se observa que la zona de abrigo tiene una agitación levemente mayor que aún permite la operación de las naves de manera adecuada.

De este modo el proyecto queda conformado por un espigón de 295 m destinado a dar abrigo del oleaje proveniente de aguas profundas y un contramolo de 200 m cuyo objetivo es detener el transporte de sedimentos proveniente del Norte.

Esta modificación al proyecto fue modelada y analizada tanto en su agitación como en el transporte de sedimentos tal como muestran las Figuras 8 y 9 . Se hace hincapie en que estas modelaciones consideran el largo el largo original del proyecto.



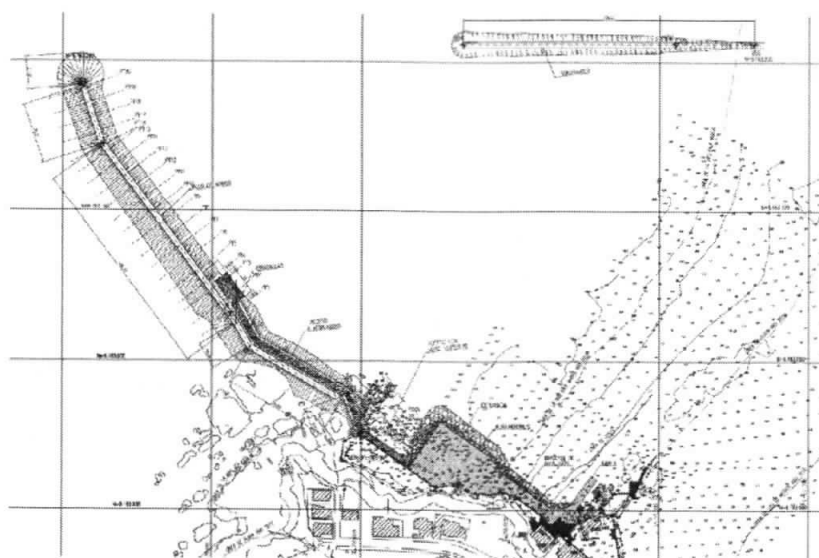


Figura 7: Modificación

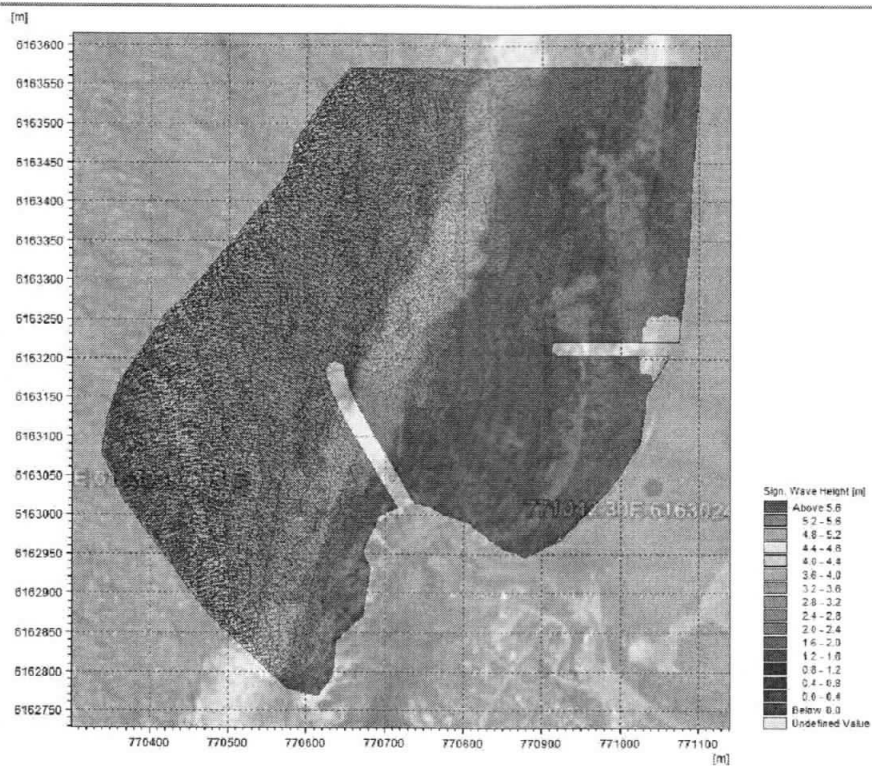


Figura 8: Oleaje Modificación

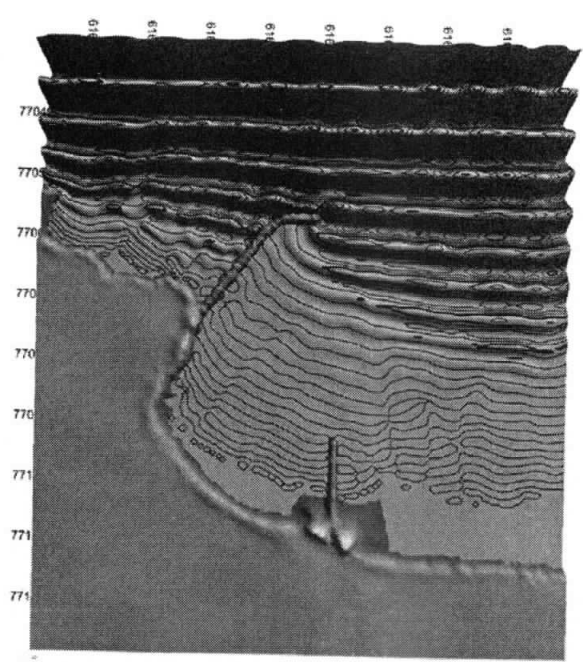


Figura 9: Agitación Modificación

2.6. Proyecto Ejecutado

La obra que finalmente fue construida corresponde a un molo de protección de 250 m y un contramolo de 145 m. La razón de estas disminuciones correspondió a temas reglamentarios asociado a porcentajes de aumento y modificaciones de obra, sumados a los cambios en el lecho marino como consecuencia de encontrarse en una zona sedimentológicamente dinámica. Tal disminución significa un 15% menos de longitud en el molo principal y un 28% menos en el contramolo. Ciertamente estas nuevas disminuciones alteran el funcionamiento del proyecto prestando una protección significativamente menor a la proyectada, principalmente en lo que se refiere a la retención de sedimentos.

Tabla de Longitudes de Molos		
Situación del Proyecto	Molo	Contramolo
Proyecto Original Diseñado	295 m	200 m
Modificación	295 m	200 m
Proyecto Construido	250 m	145 m

Cuadro 2: Longitudes de Molos

Las variaciones del fondo marino detectadas en la etapa constructiva, han sido analizadas y una interpretación teórica respecto de estas puede corresponder al efecto de eventos climáticos fuera de los criterios de diseño. Lo anterior, dado la práctica usual de diseño de este tipo de proyecto, pueden existir eventos que se escapan fuera de “lo normal” considerando la variabilidad climática del medio marino. Es así como el evento de agosto de 2015, correspondiente a un frente de mal tiempo que afectó gran parte de la costa central del país, causando grandes daños en infraestructura y modificaciones de corto plazo en algunos sectores de la costa del país, principalmente en la Región de Valparaíso, impactando notoriamente las costas de Viña del Mar y alrededores. Este fenómeno más tarde fue catalogado como “meteotsunami” por reunir las características de un evento de gran energía impulsado además por variaciones bruscas de presión atmosférica que a su vez hicieron variar el nivel del mar (fenómeno de marea meteorológica gobernado por la denominada ley del barómetro invertido). Este comentario es necesario indicarlo haciendo alusión que estas NO son consideradas condiciones de diseño dado su incerteza de ocurrencia y de afectación ya que son fenómenos extraños dentro de la escasa historia de datos registrada en Chile. Más referencias de este tipo de fenómenos puede encontrarse en el documento: “Meteotsunami Occuring Along the Southwest Coast South America, Carvajal, Contreras, Winckler, Sepúlveda, 2017”.

Por otro lado, y en adición a lo expuesto anteriormente, se tiene el registro de incremento de marejadas “anormales” de los últimos años (Ref: ANÁLISIS DE EVENTOS DE MAREJADAS EN LAS COSTAS DE CHILE, Junio 2016, Servicio Meteorológico de la Armada de Chile), lo cual nuevamente representan eventos de difícil predicción pero de los cuales se está dejando registro pero que bajo ningún caso puede asegurarse como una tendencia que permita relacionarlo con un periodo de

vías útil del proyecto dada la poca información existente de los eventos extremos con afectación en las costas de Chile.

Estos eventos, no esperados y que no son posibles de predecir para la elaboración de un diseño en forma previa dado que son fenómenos aleatorios del clima, se estima fueron los que generaron cambios en el fondo marino en el proceso de inicio de la obra. Cabe destacar que no existen metodologías numéricas o empíricas para predecir eventos climáticos extremos como los de Agosto de 2015, con anticipación ni tampoco predicción de efectos locales del comportamiento del sedimento bajo el mar toda vez que la obra enfrentó día a día la condición marítima existente.

3. Análisis de Funcionamiento del Proyecto

3.1. Análisis Apertura de Barra del Año 2017

Producto de la apertura del estero de Paredones en 2017 realizado por la I.Municipalidad de Paredones, se produjo el ingreso de sedimentos, lo que causó un importante embancamiento al interior de la zona de abrigo. Esto significó una disminución importante de cota al interior de la zona de abrigo a razón de que el material existente en la playa fue arrastrado al interior de la poza.

Las variaciones de los perfiles mostrados en la Figura 10 indican que los sedimentos que se ubicaban en parte alta de la playa (cotas superiores a +2.0m NRS) fueron acarreados y depositados en la zona de rompientes, producto de la apertura del Estero Paredones al interior de la poza el año 2017. Los sedimentos depositados han permanecido en el tiempo en la zona de rompiente, tal vez fluctuando y moviéndose dentro del área abrigada, esto queda de manifiesto porque el perfil no ha vuelto a su posición original.

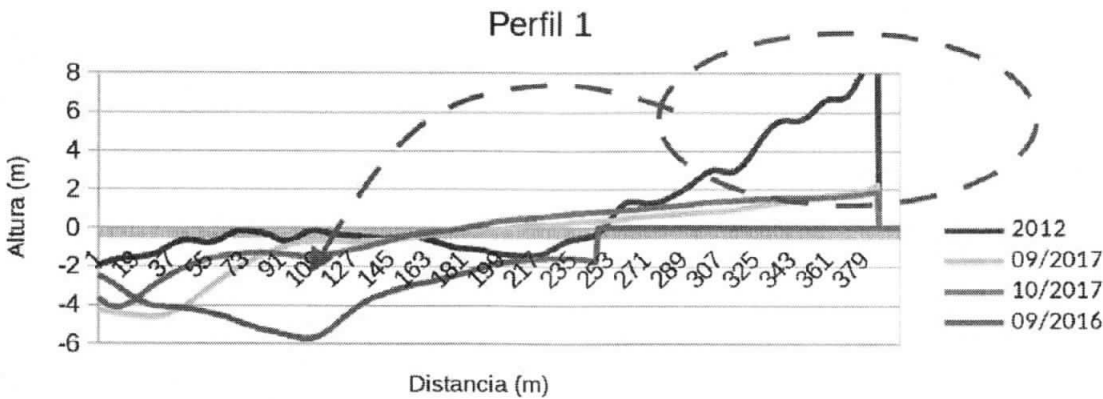


Figura 10: Comparación histórica de perfiles

Las otras mediciones realizadas indican que el material al interior de la zona de abrigo se encuentra en una situación estable y sus cambios se deben a procesos estacionales.

3.2. Operatividad

Durante el año 2019 y por medio de un dron, fue posible captar la llegada de embarcaciones pesqueras. De ello se pudo constatar que se aproximan perpendicular a los frentes de oleaje hasta llegar al cabezo del molo. Ahí disminuyen la velocidad y avanzan esperando la llegada del tractor que apoya en el varado de la embarcación en la playa. Las figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23 apoyan lo anteriormente señalado. Se puede visualizar en figuras 21, 22 y 23, que al existir un bajo rocoso en el track de acercamiento de la embarcación a la playa, esta debe hacer una maniobra de alejamiento del molo para rodear este bajo y luego retomar su ruta hacia la playa.

La obra existente no fue ejecutada de la manera en que se diseñó, analizó y modeló, provocando que el comportamiento de ésta no coincide con las modelaciones matemáticas ni con las hipótesis iniciales del proyecto. Sin embargo, la infraestructura presta abrigo a las embarcaciones de la zona, permitiendo una llegada más segura, toda vez que la aproximación hacia la playa se produce por el costado del molo principal donde existe mayor profundidad, lugar que queda al resguardo del oleaje incidente y en una zona donde el embancamiento de la poza no afecta específicamente esta maniobra. Es importante mencionar, que los sectores con menor profundidad se dan más hacia el sector central de la poza de abrigo, que en la Figura 11 corresponde a la zona de espuma por rompimiento de oleaje, no siendo así en el sector cercano al molo principal, manteniendo cierta profundidad para el ingreso de las embarcaciones.

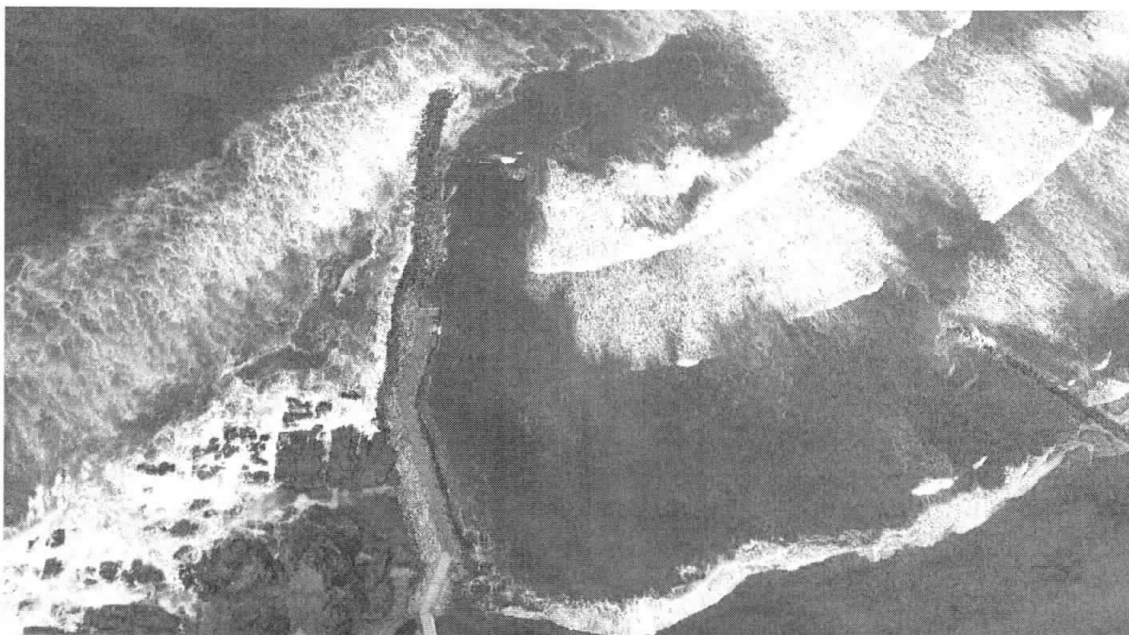


Figura 11

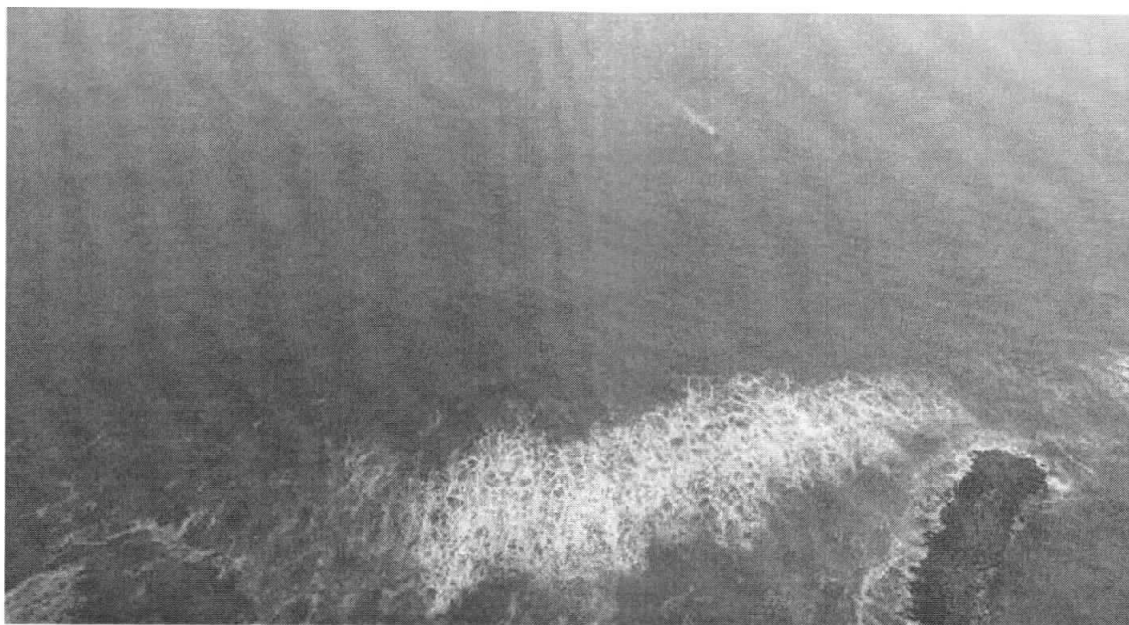


Figura 12: Maniobra embarcación pesquera



Figura 13: Maniobra embarcación pesquera



Figura 14: Maniobra embarcación pesquera



Figura 15: Maniobra embarcación pesquera



Figura 16: Maniobra embarcación pesquera

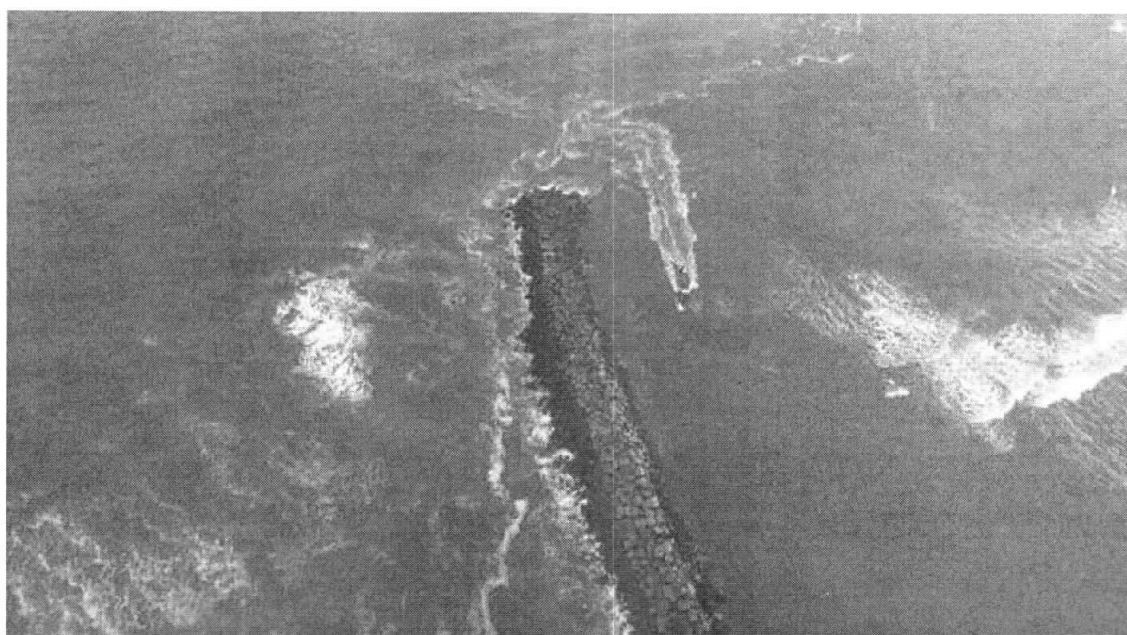


Figura 17: Maniobra embarcación pesquera

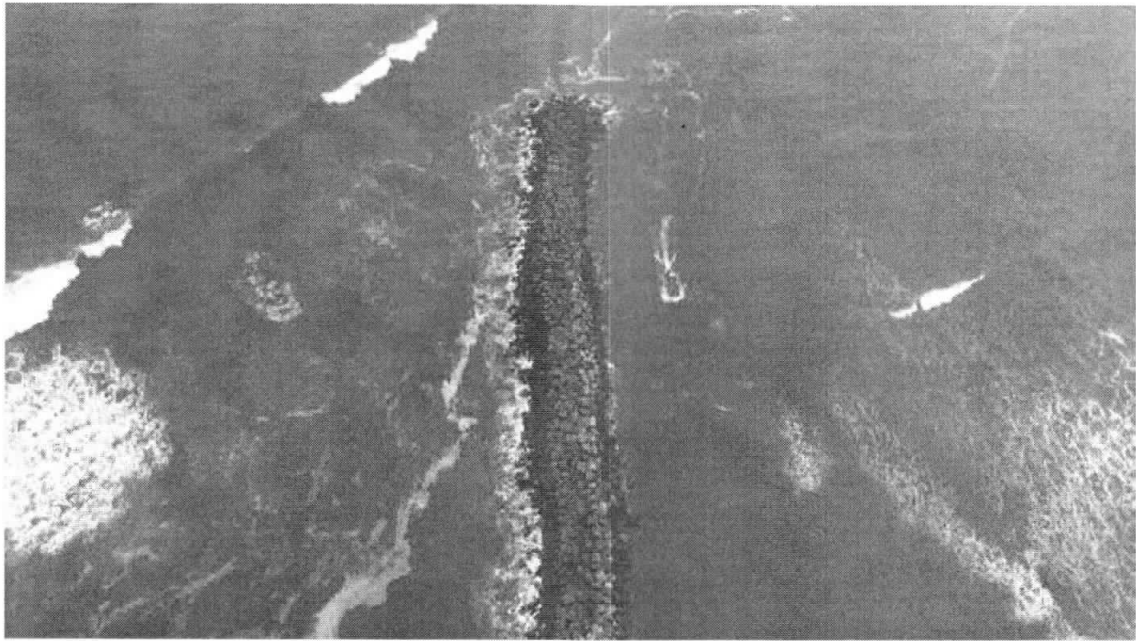


Figura 19: Maniobra embarcación pesquera

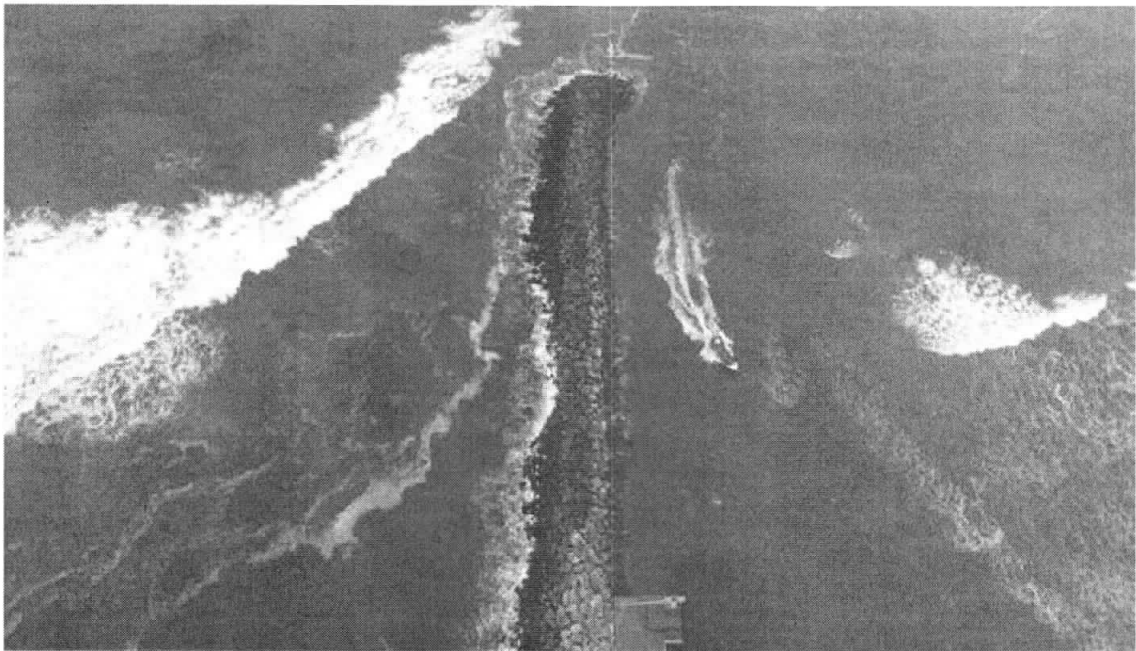


Figura 20: Maniobra embarcación pesquera

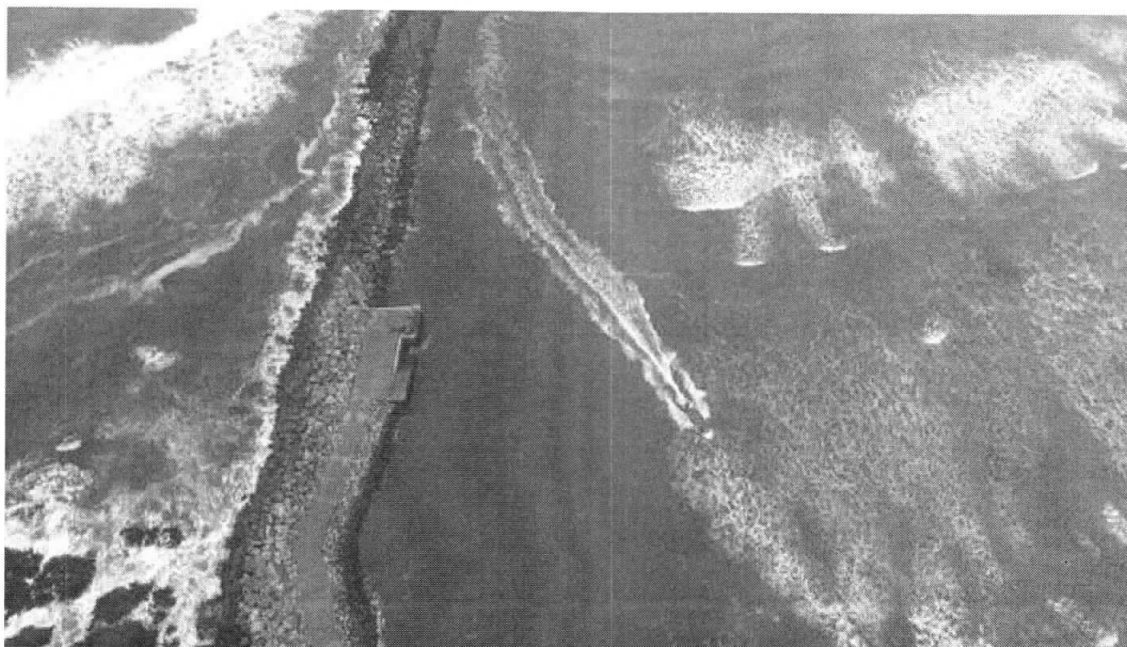


Figura 21: Maniobra embarcación pesquera



Figura 22: Maniobra embarcación pesquera



Figura 23: Maniobra embarcación pesquera

3.4. Levantamientos batimétricos

3.4.1. Fecha de Levantamientos realizados

A la fecha se cuenta con 11 levantamientos topobatimétricos en Bucalemu. Estos consideran desde antes del inicio del proyecto hasta la fecha. Con ellos es posible tener una mayor claridad con respecto al desarrollo del transporte de sedimentos al interior de la zona abrigada y cómo la obra ha alterado el comportamiento de la costa en la zona. Durante el año 2019, se ha dificultado la posibilidad de levantamientos dado que los pescadores comenzaron a generar altos cobros por el uso de embarcaciones de apoyo, lo que se está coordinando para continuar con levantamientos durante el mes de enero de 2020.

- Diciembre 2012
- Septiembre 2016
- Septiembre 2017
- Octubre 2017
- Mayo 2018
- 24 de Octubre de 2018
- 12 de Noviembre de 2018
- 27 de Noviembre de 2018
- Diciembre de 2018
- Febrero 2019
- Mayo 2019

3.4.2. Levantamientos

- Los levantamientos topobatimétricos tienen distintas envergaduras las que están dadas por las condiciones de mar del momento del levantamiento.
- Los levantamientos existentes han sido recopilados generándose mallas de interpolación en las zonas en las que hay datos y dejando vacías las áreas en que no hay. De este modo se construyen los perfiles en las siguientes figuras.

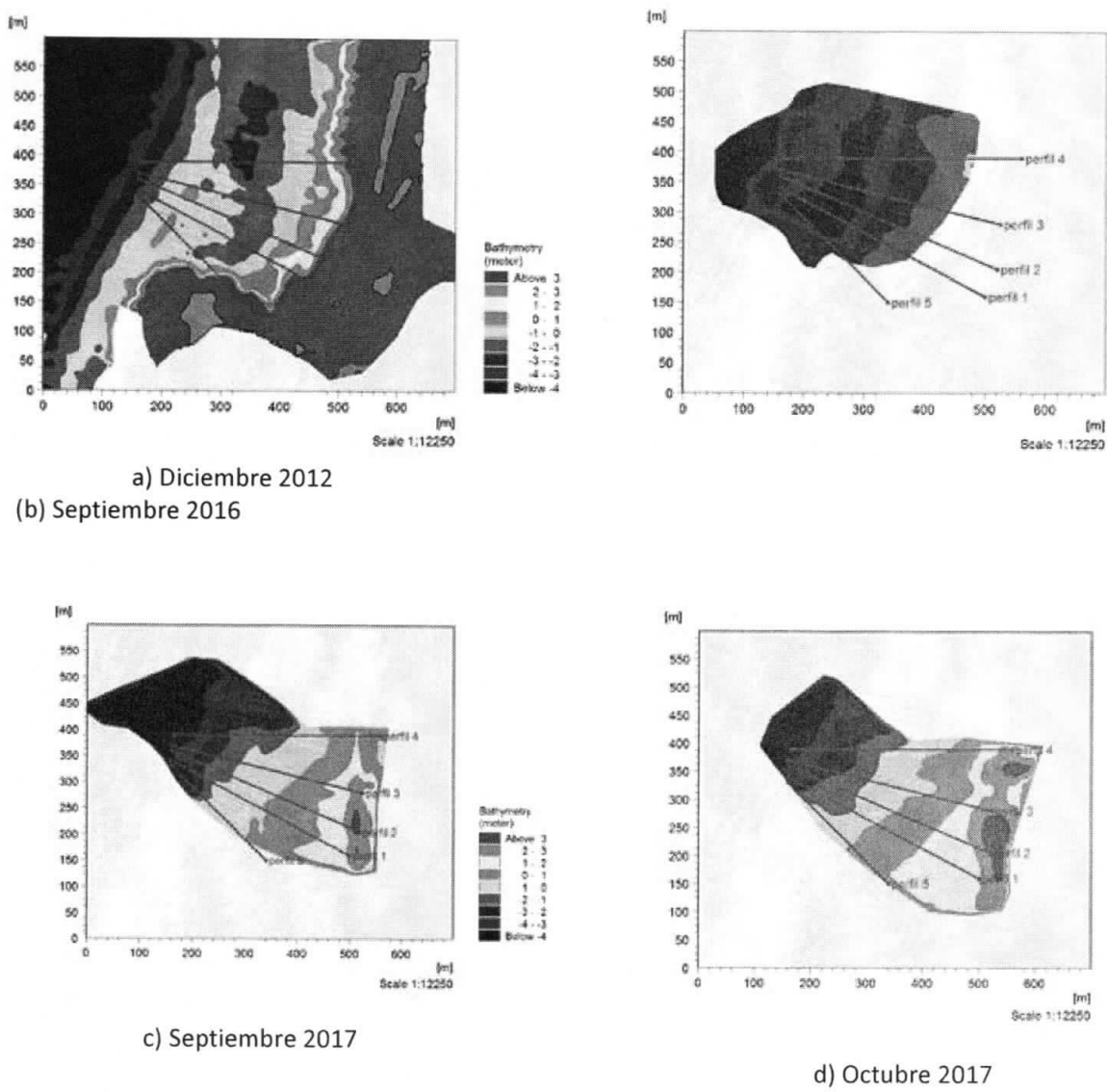
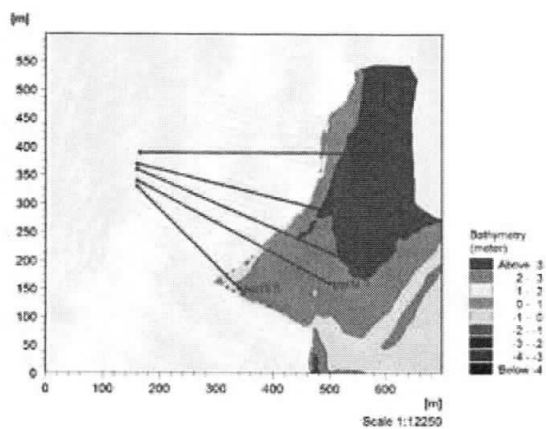
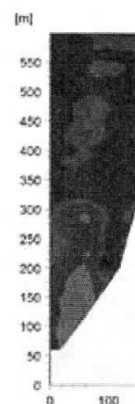


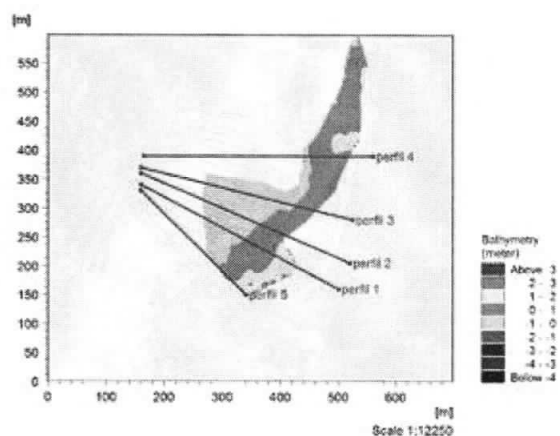
Figura 22: Planta de Levantamientos



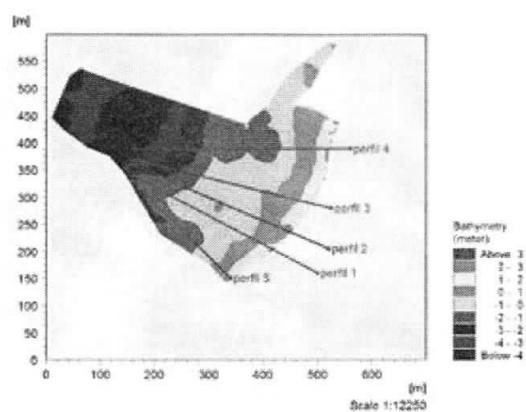
(e) Mayo 2018



(f) 14 de Octubre de 2018

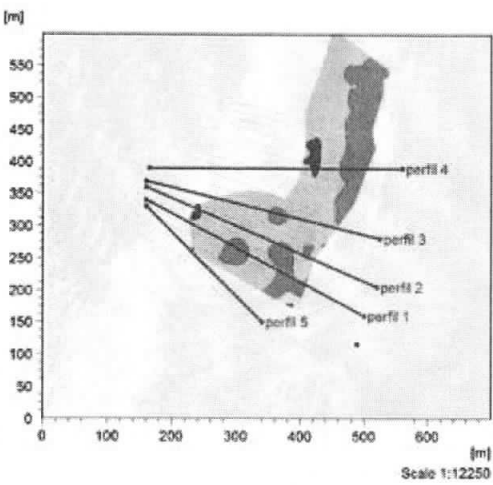


(g) 12 de Noviembre de 2018

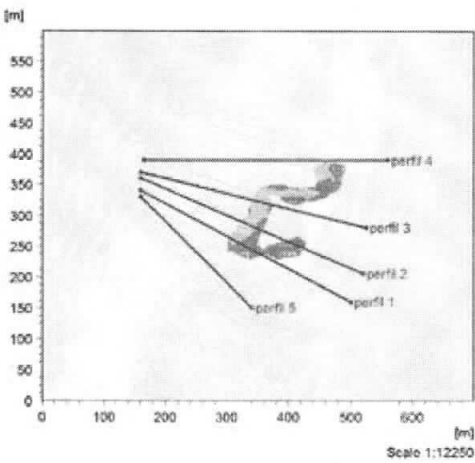


(h) 27 de Noviembre de 2018

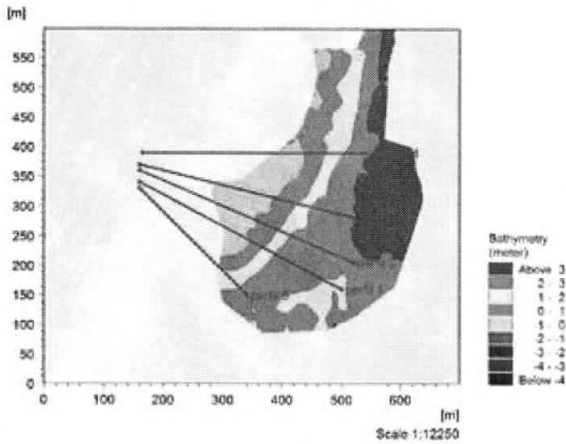
Figura 23: Planta de Levantamientos (cont)



(i) Diciembre 2018



(j) Febrero 2019

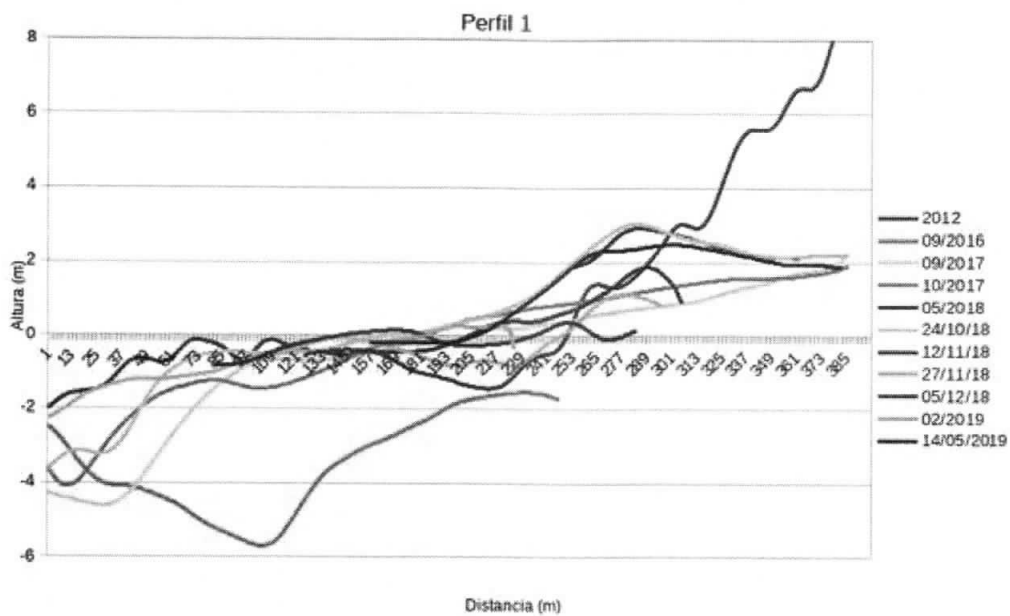


(k) Mayo 2019

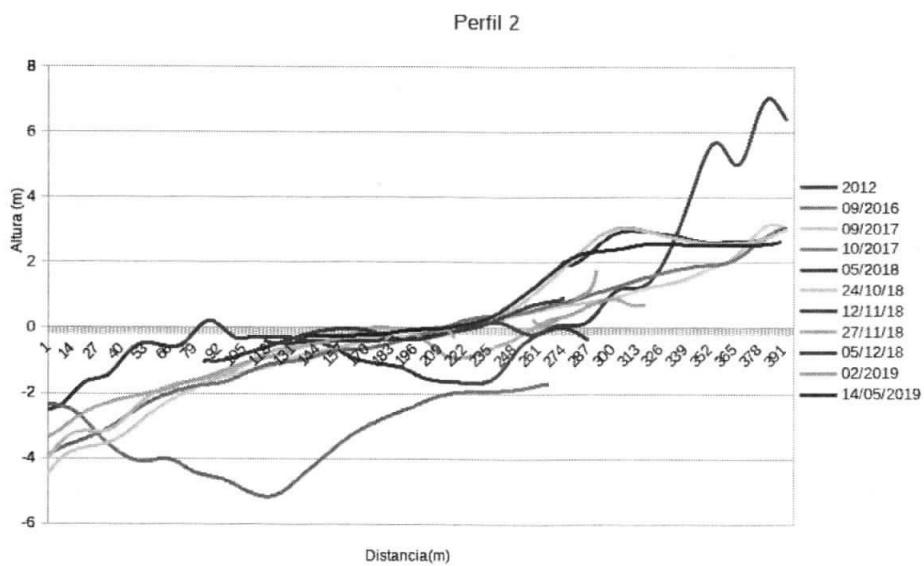
Figura 24: Planta de Levantamientos (cont)

3.3.3. Perfiles

Tomando en cuenta la existencia de datos levantados se han tomado perfiles en las líneas señaladas en las figuras 22, 23 y 24:

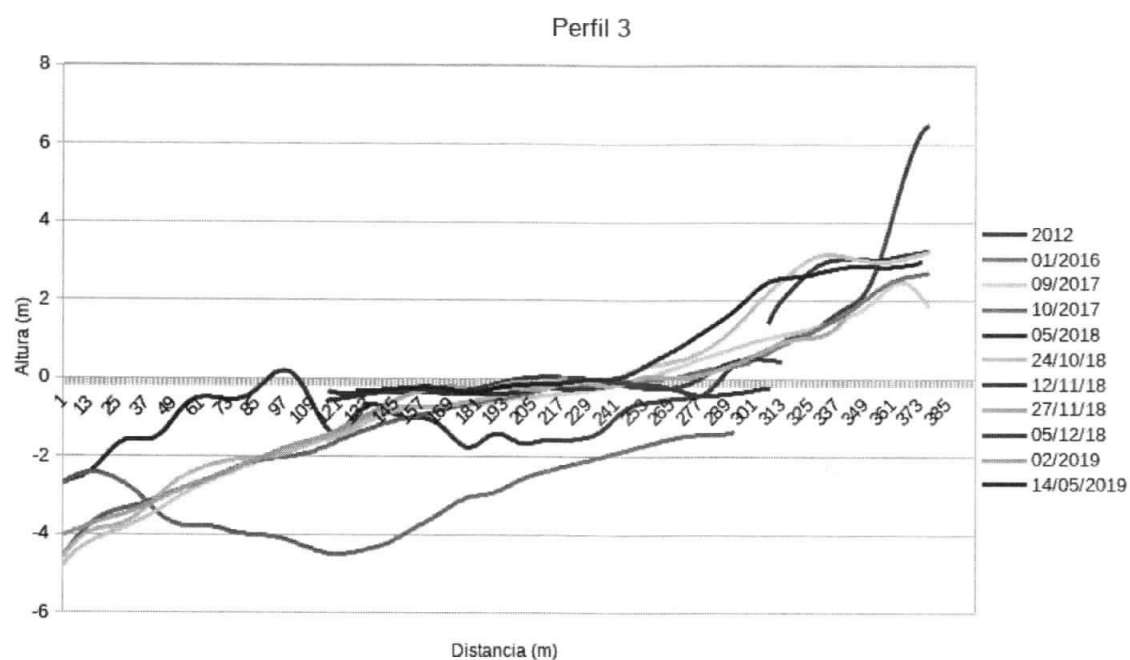


(a) Perfil 1

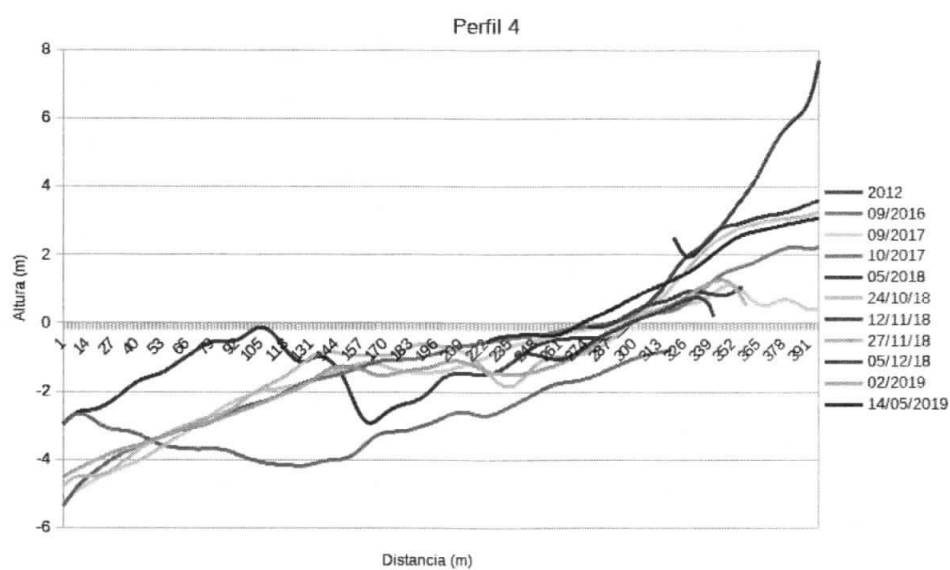


(b) Perfil 2

Figura 25: Perfiles

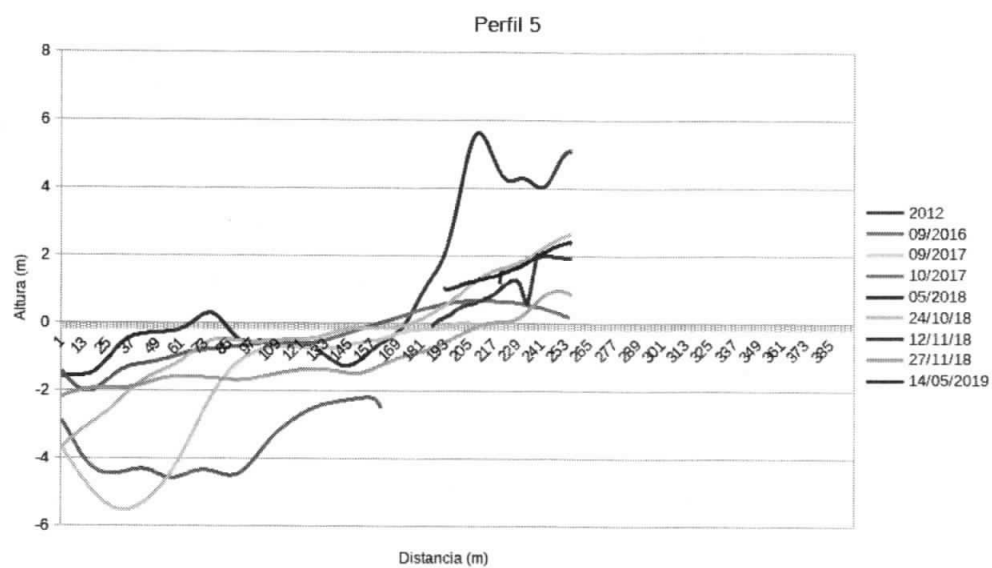


(a) Perfil 3



(b) Perfil 4

Figura 26: Perfiles (cont)



(a) Perfil 5

Figura 27: Perfiles (cont)

3.4.3. Análisis

Las variaciones de los perfiles expuestos en la figura 28 muestra que los sedimentos que se ubicaban en parte alta de la playa (cotas superiores a +2.0m NRS) fueron acarreados y depositados en la zona de rompientes, producto de la apertura del Estero Paredones al interior de la poza el año 2017.

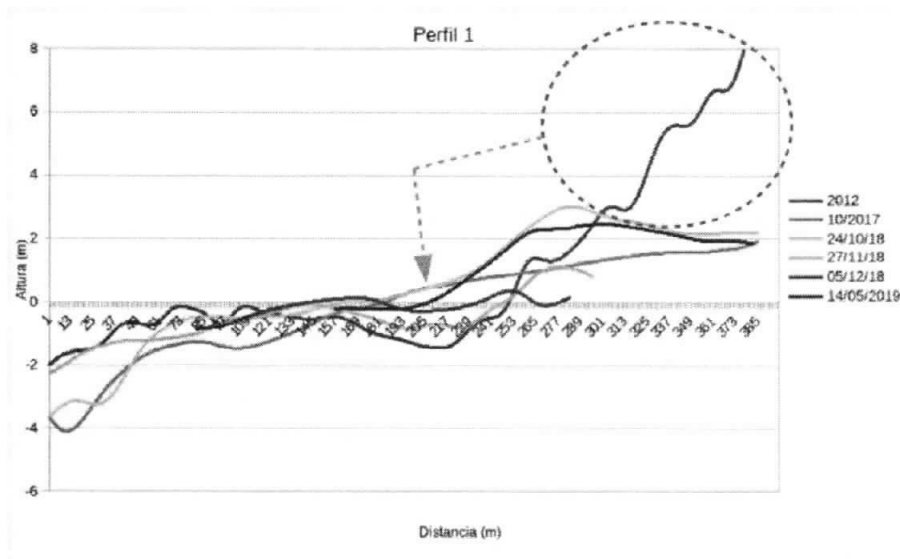


Figura 28: Perfil 1

- Las figuras 25a y 25b permiten ver el importante cambio en el fondo producido entre los años 2012 y 2016. Esto da cuenta de la importante dinámica litoral que en la zona de observa y además se plantea como origen de esto al evento de agosto de 2015, indicado anteriormente. En las mediciones posteriores a la obra se distingue el notorio embancamiento producido por la apertura de la barra y luego de ellas se observa una estabilización en el fondo, lo que indica que el embancamiento, luego de esta situación no ha sido de una envergadura comparable a la ocurrida tras la apertura de la barra en el año 2017.
- Los sedimentos depositados han permanecidos en el tiempo en la zona de rompiente, tal vez fluctuando y moviéndose dentro del área abrigada lo que podría interpretarse como un nuevo equilibrio sedimentológico. Esto queda de manifiesto en la figura 25a. En ella, sin embargo se observa que el perfil no ha vuelto a su posición original.
- Los perfiles muestran el comportamiento estacional que ha presentado la zona de Bucalemu. Se observa una acreción de la zona de playa durante el año 2018 que luego es transportado por acción de las marejadas, volviéndose a la situación de equilibrio.

Del análisis realizado a las batimetrías existentes se puede concluir lo siguiente:

- Se observa que la apertura del Estero Paredones al interior de la poza produjo el transporte del material de la playa hacia la zona de rompiente provocando un embanque en toda la zona cercana a la línea de costa, prueba de ello, es la perdida de calado mostrada en los 5 perfiles analizados.

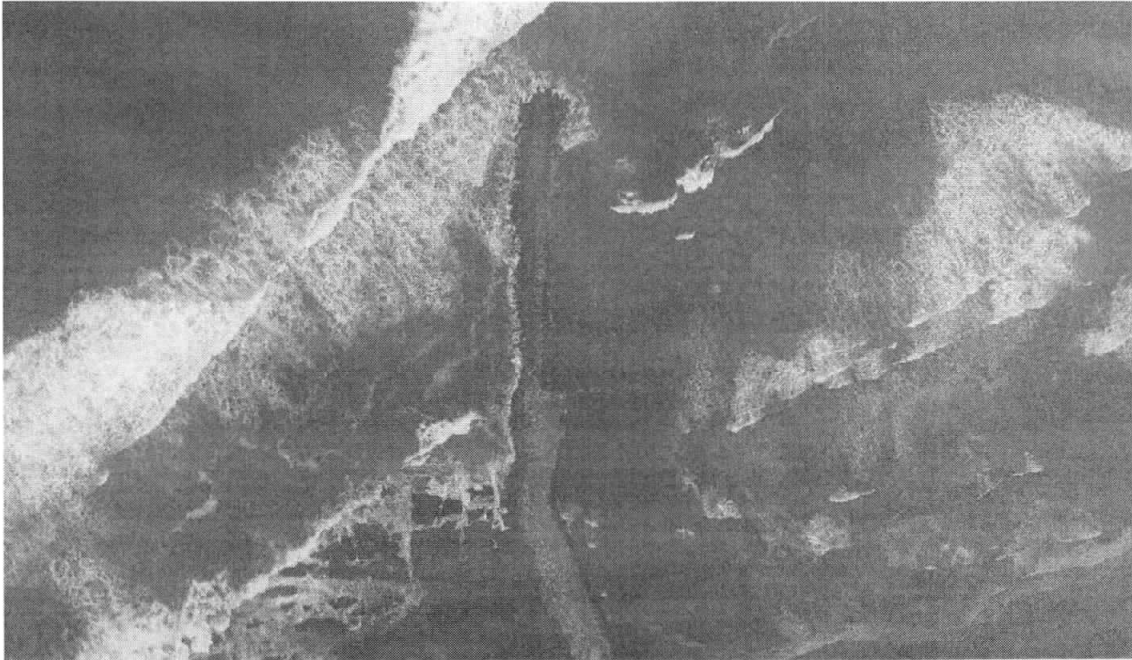


Figura 30: Molo

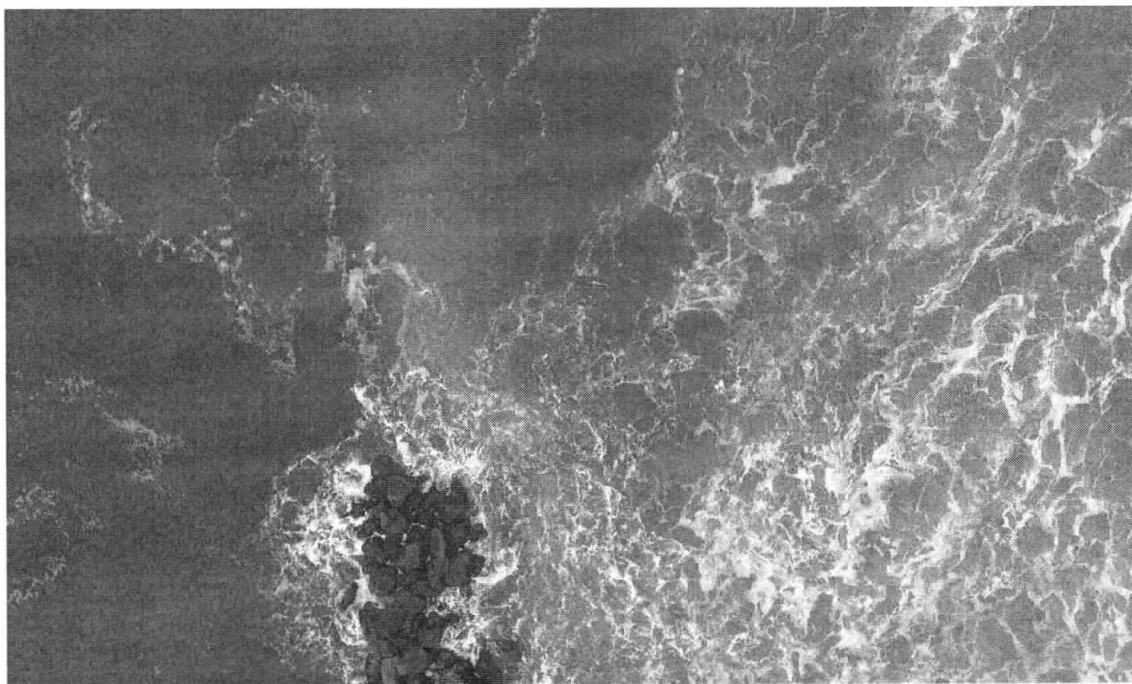


Figura 31: Contramolo

De lo planteado en el informe y de lo observado durante el desarrollo y funcionamiento del proyecto de concluye lo siguiente:

- La instrucción para desarrollar un diseño con este tipo de características, con las restricciones que a éste se impusieron, como presupuesto por debajo de los 5.000 MM\$ y plazo de cinco meses para su desarrollo. Se entiende que lo diseñado no busca dar una solución completa a los problemas de agitación, sino una mejora en las maniobras de carga y descarga. El proyecto diseñado, es planteado con la necesidad de eventuales trabajos de conservación de retiro de sedimentos.
- Es importante insistir que el proyecto sufrió cambios significativos en el transcurso de su construcción, los que obligaron a modificar el diseño original con las consecuencia de un menor nivel de abrigo.
- Las modificaciones del diseño impactaron de manera directa en el oleaje residual al interior de la zona abrigada y al mismo tiempo en las corrientes litorales generadas en su interior, esto cambios han influido en la operación de la zona de embarque.
- Las nuevas condiciones hidrodinámica inciden en que los sedimentos que ingresen a la zona abrigada se depositen en su interior (especialmente en su parte central), sin embargo, el monitoreo batimétrico muestra que esto han permanecido estables y que los cambios suscitados en el calado responden cambios estacionales, es decir que existen períodos en que el calado aumenta y períodos en que disminuye.
- En el proyecto fue analizado el transporte de sedimentos tanto en la configuración proyectada como en la modificada, obteniéndose una razón de embancamiento que estaba dentro de lo esperable. En cuanto a esto es importante señalar que el estado del arte del análisis de sedimentos sólo permite una estimación cualitativa del comportamiento de éstos, ya que las tasas de embancamiento tienen asociada una alta incertidumbre.
- La obra finalizada con los largos menores a los proyectados favorece las tasas de embancamiento en la zona abrigada.
- En el año 2017 la apertura del estero de Paredones provocó el ingreso de sedimentos desde la playa, lo que causó un importante embancamiento al interior de la zona de abrigo.
- La nueva caleta presenta dificultades en su operación como consecuencia del nivel de exposición al oleaje, no obstante, las simulaciones muestran que si el proyecto se completa de la manera en que fue concebido (los molos se extienden), la zona de embarque tendría condiciones adecuadas para funcionar.
- Del seguimiento realizado a la caleta se observa que la zona, antes del proyecto, presentaba una importante dinámica litoral y exposición a oleaje en extremo energético. Esto disminuye considerablemente con la construcción de la obra, siendo el único cambio importante en el fondo, el producido por la apertura de la barra durante el invierno de 2017. Posterior a esta fecha los cambios en el fondo se observan como cambios estacionales, pudiendo indicar que tiende a un equilibrio de la dinámica costera.
- A pesar de los inconvenientes suscitados en la caleta Bucalemu, el molo tal como está, presta un nivel de abrigo que permite que las embarcaciones puedan acceder y varar en la playa de manera segura.