



Ministerio
de Ambiente



Uruguay
Presidencia



Ministerio
de Asuntos Europeos

Proyecto de Cooperación
Implementado por:



aecid
Agencia Española
de Cooperación
Internacional para el Desarrollo



AFD
Agence Française
de Développement

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LA ZONA COSTERA DE URUGUAY EN EL MARCO DEL NAP COSTAS

CONTRATACIÓN DE EMPRESA CONSULTORA PARA EL
DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DEL
PROYECTO

PLAYA COLONIA DEL SACRAMENTO, PLAYA LA AGUADA,
PLAYA ATLÁNTIDA

ISTEC - **dica**
INGENIERÍA & asociados

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LA ZONA COSTERA DE URUGUAY EN EL MARCO DEL NAP COSTAS

PRODUCTO 3: INFORME DE PROPUESTAS DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA PLAYA ATLÁNTIDA

Playa Colonia del Sacramento – Playa La Aguada – Playa Atlántida

Noviembre 2023

Índice

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PUNTOS ESTRATÉGICOS	6
2.1. Playa Atlántida, Canelones	6
3. MARCO LEGISLATIVO DE GESTIÓN TERRITORIAL	8
3.1. Legislación nacional.....	8
3.1.1. Ley Marco del Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Ley N° 18308/2008 y sus modificativas	8
3.1.2. Ley General de Protección del Medio Ambiente - Ley N° 17283/2000	9
3.1.3. Ley del Interés General de Protección del Medio Ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación - Ley N° 16466/1994	9
3.1.4. Código de Aguas - Decreto-Ley N° 14859/1978 y sus modificativas	10
3.1.5. Ley de Centros Poblados - Ley N° 10723/1946, Ley N° 10866/1946 y sus modificativas	10
3.2. Instrumentos de ordenamiento territorial nacionales	11
3.2.1. Directriz Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible del Espacio Costero del Océano Atlántico y del Río de la Plata - Ley N° 19722/2019	11
3.2.2. Directrices Nacionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Ley N° 19525/2017	11
3.3. Instrumentos de ordenamiento territorial regionales.....	12
3.3.1. Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible Metropolitanas (EROT-M) - Decreto N° 26/2011 (Canelones), Decreto N° 33830/2011 (Montevideo), Decreto N° 3065/2011(San José), Decreto N° 321/011 (Poder Ejecutivo)	12
3.4. Instrumentos de ordenamiento territorial departamentales.....	12
3.4.1. Canelones - Playa Atlántida.....	12

3.4.1.1. Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Decretos N° 0020/2011, N° 0032/2011, N° 0073/2014, N° 0091/2015, N° 0092/2015 y N° 0003/2018	12
3.4.1.2. Plan Local Directrices para la Costa de Oro - Decretos N° 0013/2017 y N° 0002/2022.....	13
3.4.1.3. Ordenanza de la Edificación - Decretos N° 0070/2013 y N° 0090/2015	15
3.4.1.4. En elaboración: Plan Parcial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Atlántida - Junio 2020	16
4. PLAYA ATLANTIDA, CANELONES.....	19
4.1. Análisis de antecedentes de ordenamiento territorial y urbanos.....	19
4.1.1. Reconocimiento del ámbito territorial de trabajo	19
4.1.2. Somera recopilación y estudio de algún antecedente con eventual incidencia en la condición de la costa.....	19
4.1.2.1. Dinámicas territoriales	19
4.1.2.2. Catastro	20
4.1.2.3. Infraestructuras y servicios urbanos.....	22
4.1.2.4. Ocupación de suelo	23
4.1.2.5. Usos y temporalidad	23
4.1.2.6. Sociedad local y población flotante	23
4.1.2.7. Patrimonio natural, cultural	24
4.1.2.8. Marco legal de ordenamiento territorial	24
4.2. Visita al sitio.....	24
4.3. Viento y clima marítimo.....	27
4.3.1. Datos utilizados	27
4.3.2. Viento	27
4.3.3. Nivel de mar	30

4.3.4.	Oleaje	31
4.3.4.1.	Propagación al sitio.....	31
4.3.5.	Caracterización estadística del clima marítimo	33
4.3.5.1.	Régimen medio de viento	33
4.3.5.2.	Régimen medio y extremo de nivel de mar	33
4.3.5.3.	Régimen medio y extremo de oleaje	35
4.3.5.4.	Régimen conjunto de altura de ola significativa y nivel de mar	37
4.3.5.5.	Régimen extremo de nivel de mar en playa	38
4.4.	Evolución histórica de la línea de costa	40
4.4.1.	Datos utilizados	40
4.4.2.	Tendencias	41
4.4.3.	Variabilidad a corto plazo.....	45
4.4.4.	Análisis de equilibrio en planta a largo plazo	48
4.5.	Transporte de sedimentos	50
4.5.1.	Bypass de arena a través de la punta de Atlántida	53
4.5.2.	Efecto de los espigones.....	56
4.6.	Barrancas en tramo de Villa Argentina.....	60
4.7.	Playa húmeda.....	62
4.8.	Resumen de situación actual (línea base)	66
4.9.	Proyección de evolución de la línea de costa.....	73
4.9.1.	Proyección del retroceso por aumento del nivel medio del mar	74
4.10.	Diagnóstico de amenazas de inundación costera y erosión de playas.....	80
4.10.1.	Amenaza por inundación costera.....	80
4.10.2.	Amenaza por erosión de playas.....	82
4.11.	Estudio de drenaje pluvial	86

4.11.1. Identificación infraestructura de descarga a la costa.....	86
4.11.2. Caracterización y trazado de cuencas	86
4.11.3. Estudio hidrológico de cuencas	89
4.11.3.1. Escenario actual	89
4.11.3.2. Escenario futuro.....	92
4.12. Propuesta de alternativas	95
4.12.1. Alternativas de actuación consideradas.....	100
4.12.1.1. No hacer nada	100
4.12.1.2. Intervenciones limitadas y NbS de pequeña escala	100
4.12.1.3. Proteger la línea de costa	102
4.12.1.4. Bosque costero.....	103
4.12.1.5. Rampas de acceso	104
4.12.1.6. Avanzar la línea de costa y NbS de gran escala	104
4.13. Caminos de adaptación	105
4.13.1. Diseño conceptual de las intervenciones	108
4.13.1.1. Sistema de drenes.....	108
4.13.1.2. Reperfilado de playa mansa	109
4.13.1.3. Protección de pie de barranca/talud.....	110
4.13.1.4. Avance y estabilización de la línea de costa	111
4.13.2. Acondicionamiento de descargas pluviales.....	113
4.14. Aspectos urbanos y sociales.....	116
4.14.1. Análisis por tramos	116
4.14.1.1. Punta Piedras Negras.....	117
4.14.1.2. Playa Mansa	117
4.14.1.3. Playa La Serena	118

4.14.1.4. Playa Villa Argentina.....	119
4.14.2. “Desafectación” de la Rambla Presidente Tomás Berreta.....	120
Movilidad general.....	121
Accesibilidad a la playa.....	122
Padrones frentista a la costa.....	123
Infraestructuras y servicios públicos.....	123
4.15. Aspectos económicos.....	124
4.16. Consideraciones generales a nivel de ordenamiento territorial	127
4.16.1.1. Modelo territorial	127
4.16.1.2. Zonificación	128
4.16.1.3. Parámetros de ocupación del suelo	129
4.16.1.4. Normas para la edificación.....	132
4.17. Selección de alternativa.....	133
4.18. Anteproyecto.....	135
4.18.1. Objetivos y criterios generales	135
4.18.2. Relleno y estabilización de playa	135
4.18.3. Perfil de playa mínimo objetivo en los tramos a proteger	136
4.18.3.1. Respuesta del perfil ante eventos extremos	136
4.18.3.2. Ancho mínimo necesario para reconstrucción dunar.....	139
4.18.3.3. Retroceso de la línea de costa esperable en un horizonte de 25 años	141
4.18.3.4. Esquema del perfil mínimo objetivo en los tramos a proteger	141
4.18.4. Distancia entre línea de costa media y morro de los espigones.....	141
4.18.5. Configuración en planta	142
4.18.6. Diseño en alzado de los espigones.....	143
4.18.6.1. Generalidades	143

4.18.6.2. Requisitos de diseño.....	143
4.18.6.3. Sección tipo, modos de fallo y verificación.....	146
4.18.6.4. Cota de coronación.....	149
Espigones nuevos.....	149
Extensión de espigones existentes	149
4.18.6.5. Tormenta de diseño	149
4.18.6.6. Tamaño de roca.....	151
4.18.6.7. Consideraciones finales.....	152
4.18.7. Perfil tipo del relleno de arena	152
4.18.7.1. Perfil objetivo	153
4.18.7.2. Volumen a colocar en sitio y a extraer de la zona de préstamo	153
4.18.7.3. Procedimiento constructivo y perfil de relleno	153
4.18.8. Posibles zonas de préstamo	155
4.18.8.1. Recomendaciones para la caracterización de la zona de préstamo.....	156
4.18.9. Reperfilado de playa y piezómetros	157
4.18.10. Plan de monitoreo y seguimiento	159
4.18.10.1. Perfiles de playa	159
4.18.10.2. Granulometría de arena.....	160
4.18.10.3. Fotografías aéreas.....	160
4.18.10.4. Oleaje y nivel de mar	161
4.18.10.5. Monitoreo playa mansa: piezómetros y fotografía/video	161
4.18.11. Cercas captoras de arena.....	162
4.18.11.1. Confección de cercas captoras para la regeneración dunar.....	162
Metodología instalación de cercas captoras.....	163
Características de las cercas captoras a implantar	166

Metodología de intervención paso a paso:.....	168
4.18.12. Acondicionamiento de descargas pluviales.....	169
4.18.12.1. Descarga 5	171
4.18.12.2. Descarga 7	173
4.18.12.3. Descarga 9	178
4.18.13. Accesos a la playa	179
4.18.13.1. Accesibilidad al acceso de la playa.....	179
4.18.13.2. Acceso de la playa.....	180
4.18.14. Aspectos económicos	181
4.18.15. Evolución temporal	182
4.18.16. Aspectos ambientales.....	183
4.18.17. Recomendaciones para proyecto ejecutivo.....	186
4.18.17.1. Perspectiva de género	186
Anexo: tabla diagnóstico descargas pluviales.....	188

RESUMEN

En el presente informe se realiza un diagnóstico acerca de los diversos procesos que actúan sobre la franja de costa del arco en estudio de Atlántida, en su situación actual y su evolución esperada para los próximos años tomando en consideración el impacto del cambio climático.

Durante la etapa de diagnóstico se identifica el retroceso sostenido de la línea de costa y la pérdida de área de playa ante los diferentes escenarios de aumento del nivel medio del mar producto del efecto del cambio climático. Esto implica la falta de espacio suficiente para atender los requerimientos de la tormenta de 100 años de período de retorno sin que se vean amenazados bienes e infraestructura tales como la rambla, estacionamientos y el Águila. A su vez, se identifican dos descargas pluviales cuya área de cuenca de aporte es mayor que 100 has, generando zonas de afectación significativa a la playa. Finalmente, la playa Mansa tiene un problema de humedad en playa que afecta su potencial uso recreativo.

Para mitigar las problemáticas identificadas durante el diagnóstico, se evalúan diferentes alternativas de solución a nivel conceptual, a partir de las cuales, en conjunto con la contraparte, surgen las siguientes intervenciones a nivel de anteproyecto. Se propone la implantación de un relleno de arena, el cual se distribuye de modo de generar una ganancia de área de playa que iguale la pérdida de playa prevista en los escenarios planteados en el diagnóstico, así como una zona de dunas que brinde protección a la infraestructura existente que se vería amenazada ante una tormenta de 100 años de periodo de retorno. Se colocan en todo el arco cercas captoras con el objetivo de potenciar la recuperación dunar. Para contener dicho relleno se plantea la extensión de 5 espigones existentes, la construcción de 2 espigones nuevos y la reconstrucción de un espigón en mal estado. Los dos espigones nuevos se ubican de modo de generar el encauzamiento de las dos descargas pluviales antes mencionadas. Asimismo, se plantea la construcción de disipadores de energía en dichas descargas para minimizar el potencial erosivo del flujo de agua. En la playa Mansa se plantea el reperfilado de playa para generar un aumento de la cota de berma y así mitigar el problema de playa húmeda. Finalmente, se plantean nuevos accesos a la playa y un sendero interpretativo en la zona de rambla discontinuada.



Figura 0-1: Fotomontaje: comparación situación actual con situación al final de la obra.

1. INTRODUCCIÓN

El ritmo acelerado del cambio climático a nivel global y sus consecuencias, es una problemática a la que debe hacer frente y dar respuesta las políticas públicas. En este sentido, se creó el Plan Nacional de Adaptación para la zona costera de Uruguay (NAP Costas) en el año 2020, a cargo del Ministerio de Medio Ambiente, en el marco del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC).

Los problemas producto del cambio y variabilidad climática, afectan a la población en su totalidad, desde los territorios que habitan, los ecosistemas que los rodean, hasta las infraestructuras que los sirven, siendo de suma importancia poder lograr la adaptación de los territorios y mitigación de las consecuencias.

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto “Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco de NAP Costas”, y tiene como objetivo el diseño a nivel de anteproyecto de las medidas de adaptación del proyecto para 3 sitios estratégicos escogidos como pilotos por parte del Ministerio de Medio Ambiente y del equipo de trabajo encargado del llamado. Los puntos seleccionados son la playa de Colonia del Sacramento, en el departamento de Colonia; la playa de La Aguada, en el departamento de Rocha y la playa de Atlántida perteneciente al departamento de Canelones. Las tres playas seleccionadas como áreas de estudio e intervención, tienen comportamientos bien diferenciados naturalmente determinados por su ubicación

El trabajo se realiza en varias etapas: estudios básicos y análisis de antecedentes, generación de alternativas, comparación y selección de alternativas, y realización del anteproyecto de la alternativa que sea elegida para cada caso de estudio.

El presente informe, correspondiente al **Producto 3 – Playa Atlántida**, incluye la línea de base y el estudio de la dinámica de la línea de costa para la playa Atlántida. Para ello, se evalúan los antecedentes, se cuantifica la evolución histórica de la línea de costa mediante fotos aéreas y satelitales, se determina el régimen medio y extremo de los agentes marítimos (oleaje y nivel de mar), se caracteriza la dinámica de transporte de sedimentos y se modela la evolución de la línea de costa a distintas escalas temporales para comprender la dinámica histórica de la línea de costa de cada sitio y para evaluar la respuesta del sistema ante los efectos del cambio climático y ante las alternativas que se propongan.

Teniendo en cuenta los estudios y análisis previos, se realiza el estudio de factibilidad de las alternativas de intervención para mitigar las amenazas inaceptables de erosión e inundación costera, incluyendo la cuantificación de la evolución esperada de la playa ante cada medida considerada.

Además, se realiza un estudio del drenaje pluvial del sitio, identificando la infraestructura de descarga a la costa, sus cuencas de aportes y estimación de caudales, de manera de tenerlos en cuenta la etapa posterior de anteproyecto de la alternativa seleccionada y el planteo de recomendaciones a tener en cuenta para las mismas en caso que su aporte se considere relevante para el funcionamiento de la alternativa elegida.

Como última etapa del proyecto, se desarrolla el anteproyecto de la alternativa seleccionada en conjunto con la contraparte, que consiste en medidas basadas en la naturaleza, relleno de playa, construcción de espigones, acondicionamiento de descargas pluviales y formalización de accesos a la playa.

Adjunto a este documento, se entregan las siguientes láminas que presentan los detalles del anteproyecto de manera gráfica.

FASE	LÁMINAS
DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	L0 – ÍNDICE L1 – DIAGNÓSTICO L2 – ALTERNATIVA AVANCE Y ESTABILIZACIÓN DE LÍNEA DE COSTAS (RECUPERAR 2 HAS DE PLAYA EXTENDIENDO 3 ESPIGONES) L3 – ALTERNATIVA AVANCE Y ESTABILIZACIÓN DE LÍNEA DE COSTAS (RECUPERAR 2 HAS DE PLAYA EXTENDIENDO 9 ESPIGONES)
ANTEPROYECTO	L4 – PLANTA GENERAL L5 – PLANTA Y CORTE PLAYA VILLA ARGENTINA L6 – PLANTA Y CORTE PLAYA LA SERENA L7 – PLANTA Y CORTE PLAYA MANSA L8 – DETALLE ESPIGÓN DESCARGA N°5 L9 - DETALLE ESPIGÓN DESCARGA N°7 L10 – ACCESO COSTERO JULIO HERRERA Y REISSIG L11 – ACCESO COSTERO JULIO CABRAL L12 - ACCESO COSTERO ARBOL DE JUDEA L13 - ACCESO COSTERO CIRUELO DE JAPÓN L14 – DETALLES DE ACCESOS PLANTAS Y CORTES DE MÓDULOS L15 - DETALLES DE ACCESOS PLANTAS Y CORTES DE MÓDULOS L16 – DETALLES DE ACCESOS COMBINACIÓN DE MÓDULOS

2. PUNTOS ESTRATÉGICOS

El Ministerio de Medio Ambiente y el equipo de trabajo encargado del llamado, han seleccionado 3 sitios estratégicos como piloto de cada departamento a intervenir. Los puntos seleccionados son la playa de Colonia del Sacramento, en el departamento de Colonia; la playa de La Aguada, en el departamento de Rocha y la playa de Atlántida perteneciente al departamento de Canelones. Las tres playas seleccionadas como áreas de estudio e intervención, tienen comportamientos bien diferenciados naturalmente determinados por su ubicación.



Figura 2-1 Zona de actuación playa Colonia del Sacramento – playa Atlántida – playa La Aguada

2.1. PLAYA ATLÁNTIDA, CANELONES

La playa de Atlántida, se encuentra ubicada en el departamento de Canelones, al sur de Uruguay, lo que la caracteriza por pertenecer a las costas del Río de la Plata.

La playa cuenta con una extensión de aproximadamente 2km de orilla, la cual es conformada por un conjunto de playas urbanas: playa, Mansa, La Serena y Villa Argentina.

Las diferentes playas urbanas tienen un área de suelo arenoso de un ancho que varía de 45 a 60m en todo su recorrido, teniendo como característica diferentes tipos de vegetación asociada en su entorno más próximo.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

La playa de Atlántida, pertenece a uno de los balnearios más visitados del departamento de Canelones en la temporada de verano, pero, a diferencia de la playa de la Aguada, año a año se ha ido incrementando la población que reside de forma permanente en la localidad, posibilitado esto gracias a la cercanía con Montevideo y la mejora de la infraestructura de servicios en general, particularmente la infraestructura vial y a nivel de transporte de pasajeros.

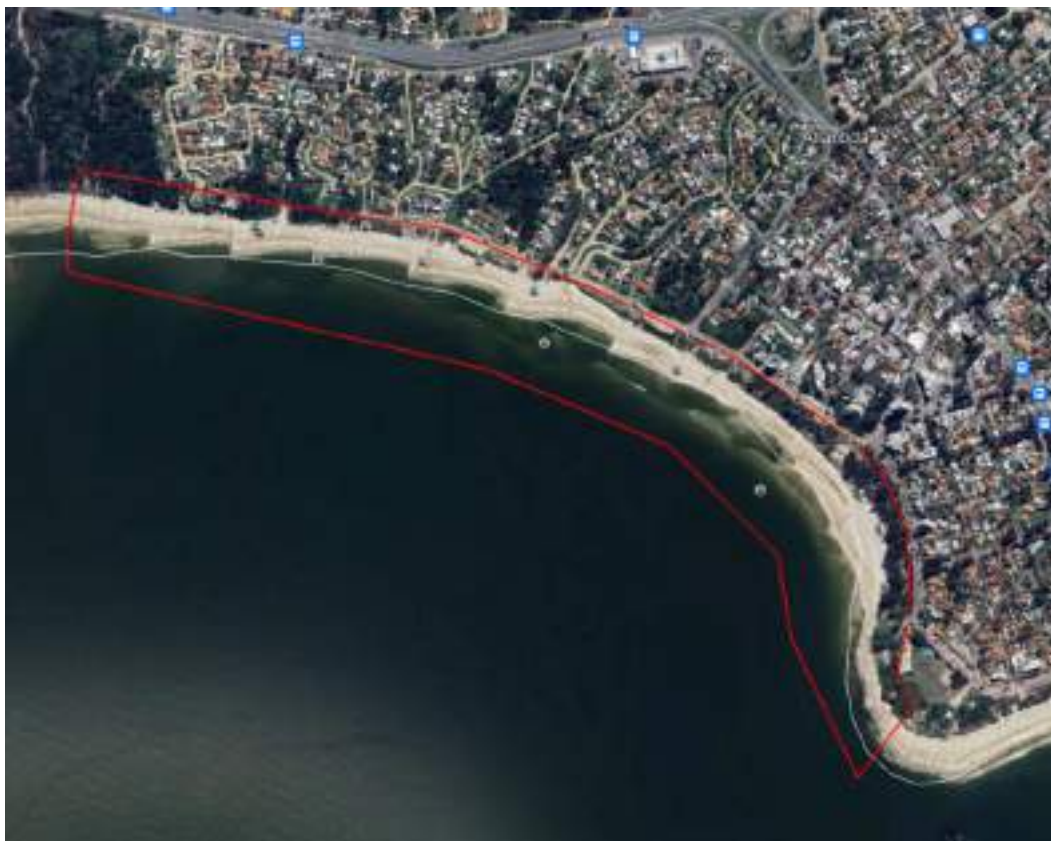


Figura 2-2 Zona de estudio – Playa Atlántida, Canelones

3. MARCO LEGISLATIVO DE GESTIÓN TERRITORIAL

3.1. LEGISLACIÓN NACIONAL

3.1.1. LEY MARCO DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE - LEY Nº 18308/2008 Y SUS MODIFICATIVAS

La Ley Nº 18.308, con vigencia en junio de 2008, establece el marco jurídico regulador general del ordenamiento territorial para el país. En particular, dedica dos artículos a las zonas costeras, dentro del capítulo IV “Sustentabilidad ambiental en el ordenamiento territorial”.

Por el artículo 50 (Protección de las zonas costeras) se profundizan las disposiciones de protección establecidas en el Código de Aguas para las zonas costeras. En forma consecuente, se dispone que éstas “serán especialmente protegidas por los instrumentos de ordenamiento territorial”. Asimismo, determina que “únicamente podrá autorizarse la edificación presentando un Plan Especial que proceda al reordenamiento, reagrupamiento y reparcelación del ámbito” “en la faja de defensa de costa que no cuente con infraestructuras y en la mayoría de cuyos solares no se haya construido”, para “los fraccionamientos ya aprobados y no consolidados”. Reafirma lo mandado por la Ley de Centros Poblados en cuanto a que se “destinará a espacios libres los primeros 150 (ciento cincuenta) metros de la ribera medidos hacia el interior del territorio” y que se “asegurará la accesibilidad” a ésta.

También el artículo 51 (Impactos territoriales negativos en zonas costeras) amplía la protección de zonas costeras al disponer que el Ministerio competente queda obligado a rechazar “fundadamente cualquier emprendimiento” “si el mismo fuera capaz de provocar impactos negativos” “en la faja de defensa de costas”. E incluye en la descripción de impactos negativos a “la construcción de edificaciones sin sistema de saneamiento con tratamiento total de efluentes o conexión a red” y “la materialización de fraccionamientos o loteos sin las infraestructuras completas necesarias”, así como todas “las demás que prevea la reglamentación”. Y amplía la concepción al agregar la exigencia de evaluar “que el emprendimiento pueda ser capaz de generar impactos territoriales acumulativos”.

3.1.2. LEY GENERAL DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE - LEY N° 17283/2000

La Ley N° 17.283, vigente desde diciembre de 2000, regula los contenidos de conformidad con el artículo 47 de la Constitución de la República, que fuera modificado por plebiscito de año 1996. Luego de declarar el alcance del interés general, establece los derechos de los habitantes y los deberes de las personas y del Estado. Y desarrolla su objetivo de “del mandato previsto en el artículo 47 de la Constitución de la República, establecer previsiones generales básicas atinentes a la política nacional ambiental y a la gestión ambiental coordinada con los distintos sectores públicos y privados”.

En el artículo 19 (Cambio climático) comete al Ministerio competente, el establecer “las medidas de mitigación de las causas y de adaptación a las consecuencias del cambio climático.

Además, por el artículo 26 (Costas) declara, por vía interpretativa, los alcances de los artículos 153 y 154 del Código de Aguas. En particular define que “se entiende por ‘modificación perjudicial a la configuración y estructura de la costa’ toda alteración exógena del equilibrio dinámico del sistema costero o de alguno de sus componentes o factores determinantes”.

3.1.3. LEY DEL INTERÉS GENERAL DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE CONTRA CUALQUIER TIPO DE DEPREDACIÓN, DESTRUCCIÓN O CONTAMINACIÓN - LEY N° 16466/1994

A la declaración “de interés general y nacional de protección del medio ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación”, establecida por la Ley 16.466, vigente desde enero de 1994, se incorpora “la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y, en su caso, la recomposición del medio ambiente dañado por actividades humanas”.

En el artículo 6 introduce el sometimiento “a la realización previa de un estudio de impacto ambiental” “las actividades, construcciones u obras, públicas o privadas”, que identifica y deriva al Poder Ejecutivo la reglamentación de “los criterios mínimos de las actividades, construcciones u obras, a partir de los cuales se deberán realizar las evaluaciones de impacto ambiental”. Entre las actividades, construcciones u obras, indica: “las que se proyectaren

realizar en la faja de defensa costera definida por el artículo 153 del Código de Aguas” (250 metros).

Esta ley se encuentra reglamentada por el Decreto N° 349/005 del Poder Ejecutivo, de octubre de 2005.

3.1.4. CÓDIGO DE AGUAS - DECRETO-LEY N° 14859/1978 Y SUS MODIFICATIVAS

El Decreto-Ley N° 14859, con vigencia desde diciembre de 1978, por su artículo 153 establece la “faja de defensa en la ribera del Océano Atlántico, el Río de la Plata, río Uruguay y de la Laguna Merín, para evitar modificaciones perjudiciales a su configuración y estructura”. Y dispone que “el ancho de esta faja será de doscientos cincuenta metros, medidos hacia el interior del territorio a partir del límite superior de la ribera, establecido en los artículos 36 y 37”. También acota que “cuando existiesen rutas nacionales o ramblas costaneras abiertas y pavimentadas, a una distancia menor de doscientos cincuenta metros del límite superior de la ribera, el ancho de la faja de defensa se extenderá solamente hasta dichas rutas o ramblas”. Y determina que “cualquier acción a promoverse en la faja de defensa de costas que modifique su configuración natural, requerirá la autorización previa del Ministerio competente, quien la denegará cuando dicha acción pueda causar efectos perjudiciales a la configuración o estructura de la costa”.

3.1.5. LEY DE CENTROS POBLADOS - LEY N° 10723/1946, LEY N° 10866/1946 Y SUS MODIFICATIVAS

Las leyes N° 10723/1946 y N° 10866, aprobadas en abril y octubre de 1946, regula la formación y expansión de los centros poblados, quedando comprendida “la subdivisión de predios con destino directo o indirecto a la formación de centros poblados y para aprobar el trazado y la apertura de calles, caminos o sendas o cualquier tipo de vías de circulación o tránsito que impliquen o no amanzanamiento o formación de centros poblados”.

Por el numeral 3° de artículo 13 se dispone que “ningún predio y ninguna vía pública que sirva de único acceso a predios podrá situarse ni total ni parcialmente en terrenos inundables, o que estén a nivel inferior a 50 centímetros por encima del nivel alcanzado por las más altas crecientes conocidas. Tampoco podrá situarse ningún predio en los casos de contigüidad a los cauces del dominio público, dentro de las tierras abarcadas por una faja costera de 150

metros de ancho por lo menos, medida según lo dispone el Código de Aguas, a partir de la línea de ribera. En todo fraccionamiento de predios costeros, la faja de 150 (ciento cincuenta) metros determinada a partir de la línea superior de la ribera pasará de pleno derecho al dominio público.

3.2. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL NACIONALES

3.2.1. DIRECTRIZ NACIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ESPACIO COSTERO DEL OCÉANO ATLÁNTICO Y DEL RÍO DE LA PLATA - LEY Nº 19722/2019

La Ley 19.722, aprobada en julio de 2019, “constituye un instrumento de política pública para promover el uso sustentable y democrático de los recursos naturales y culturales de espacio costero”.

Entre sus objetivos, por su artículo 4º, incluye: “la protección de los paisajes naturales y culturales relevantes, la accesibilidad y uso público de las playas y costas en general, la adaptación de las intervenciones en el espacio costero al cambio climático y al aumento de la variabilidad, el respeto por los procesos naturales que se desarrollen en el espacio costero y la promoción de la diversidad y singularidad del mismo, la reversión o mitigación de los impactos negativos sobre el ambiente y sus ecosistemas”.

Por el artículo 7º (Lineamientos) dispone que: en los planes y actuaciones, se deberá tener en cuenta, entre otras: que “se identificarán y respetarán los procesos dinámicos naturales del espacio costero y definirán intervenciones compatibles con el mantenimiento de aquellos” y “se propenderá a que las intervenciones sean compatibles con el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas y que protejan especialmente los componentes vulnerables y sus funciones”.

3.2.2. DIRECTRICES NACIONALES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE - LEY Nº 19525/2017

La Ley 19.525, vigente desde agosto de 2017, constituye un “instrumento general de la política pública en materia de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, con alcance al territorio nacional y zonas sobre las que la República ejerce su soberanía y jurisdicción”.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Uno de sus objetivos estratégicos integrales, por el artículo 5º, plantea “proteger el ambiente, promoviendo la conservación y uso sustentable de la biodiversidad y de los recursos naturales y culturales”.

En el artículo 22 (Aguas pluviales, áreas contaminadas e inundables) dispone que los instrumentos de ordenamiento territorial deberán incluir “el manejo de las aguas pluviales (...) quedando prohibida la urbanización de las áreas (...) que se determinen en como inundables con períodos de retorno menor a cien años”.

3.3. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIONALES

3.3.1. ESTRATEGIAS REGIONALES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE METROPOLITANAS (EROT-M) - DECRETO Nº 26/2011 (CANELONES), DECRETO Nº 33830/2011 (MONTEVIDEO), DECRETO Nº 3065/2011(SAN JOSÉ), DECRETO Nº 321/011 (PODER EJECUTIVO)

Canelones, Montevideo, San José

Las Estrategias Regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible Metropolitanas, se encuentran vigentes desde el año 2011, por la aprobación de los respectivos decretos por las tres juntas departamentales y por el decreto del Poder Ejecutivo. En este caso no se incorporan regulaciones referidas a la faja costera del Río de la Plata.

3.4. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEPARTAMENTALES

3.4.1. CANELONES - PLAYA ATLÁNTIDA

3.4.1.1. Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible - Decretos Nº 0020/2011, Nº 0032/2011, Nº 0073/2014, Nº 0091/2015, Nº 0092/2015 y Nº 0003/2018

El Decreto de Directrices Departamentales fue aprobado por Decreto de la Junta Departamental de Canelones en junio de 2011 y ha recibido varias modificaciones parciales.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Por el Artículo 8º (Directriz 1) respecto de la Dimensión Ambiental, en el Capítulo III (Directrices Departamentales), plantea: “promover la conservación de los recursos naturales, la mejora de la calidad ambiental, la prevención y mitigación de los efectos del cambio climático”. Y dispone: “planificar acciones públicas y privadas para la prevención de los riesgos, la adaptación a la variabilidad y el cambio climático”.

3.4.1.2. Plan Local Directrices para la Costa de Oro - Decretos N° 0013/2017 y N° 0002/2022

El Decreto N° 13, de diciembre de 2017, “fija la estrategia para la transformación del territorio de la Microrregión 4” (Costa de Oro) del departamento de Canelones (artículo 3).

En el artículo 11 (Directrices microrregionales), por la Directriz 1 se plantea la “promoción y puesta en valor del paisaje antropizado y natural, así como sus recursos naturales tendiendo a un desarrollo integral y sustentable” y agrega la “preservación, recuperación y puesta en valor de la faja costera como principal patrimonio identitario”. A su vez, en la Directriz 3 (Promover la dotación de la Costa de Oro con la infraestructura, servicios y equipamientos adecuados, en mejora de la calidad del hábitat y el fortalecimiento del desarrollo local) propone la “dotación de infraestructura capaz de mitigar los efectos del cambio climático y minimizar los riesgos socio-ambientales”.

El artículo 12 (Sistema de Asentamientos Urbanos) cuando define las macro-zonas, delimita la Macro-zona 2 con “Villa Argentina I Atlántida I Estación Atlántida I Las Toscas I Parque del Plata, La Floresta, Las Vegas, Costa Azul”.

Por el artículo 15 (Sistema de Infraestructura y Servicios) se regula el drenaje pluvial, para lo que dispone: “plantear medidas concretas para la mejora del drenaje pluvial existente, y completamiento de zonas sin drenaje pluvial”; “promover espacios públicos que contengan equipamientos de amortiguación de aguas pluviales” y un “sistema de macro y micro drenaje de escala como estrategia para la mitigación de los efectos del cambio climático, que permita direccionar los caudales y evitar impactos erosivos sobre la costa”.

En el artículo 16 (Áreas de valores eco sistémicos) se establece que la “Faja Costera y el sistema dunar” “es un área relevante para la conservación, definida por la presencia de especies prioritarias de plantas, y animales asociados, los ecosistemas representados y los sitios arqueológicos y paleontológicos asociados y con un rol ecológico fundamental”.

El artículo 28 (Unidades territoriales) dispone la zonificación del ámbito del Plan. Para el área de la Playa de Atlántida, se identifican: ZG Zona Genérica (la mayor parte del área), ARU Áreas de Renovación Urbana (casco histórico de Atlántida, hasta la Avenida de Circunvalación), ZRA Zonas de Recuperación Ambiental (Arroyo Solís Chico y su desembocadura) y ZCVE Zona de conservación y valorización eco sistémica (la faja costera).

Las ARU “son áreas (...) sobre los cuales se entiende necesario generar acciones de renovación, dado que cuentan con la fortaleza, existencia de servicios, y ubicaciones estratégicas dentro de suelo urbanizado; pero que carecen de actuaciones inmobiliarias, o de servicio que hayan contribuido al desarrollo de la zona, así como aquellos zonas que requieran un abordaje específico”

Las ZRA “son espacios territoriales con un avanzado estado de degradación, lo que genera que sean de elevada vulnerabilidad ambiental y requieran especial atención, siendo incompatibles con las actividades humanas, y/o son causa de deterioro creciente para los ecosistemas a ellos vinculados” e indica que “dentro de esta zona con el objetivo de conservar y proteger la movilidad del cauce y las desembocaduras de los arroyos, y a efectos de mitigar impactos que de su dinámica pudieran surgir”.

Las ZCVE “serán manejadas principalmente con fines de proteger los recursos naturales, los ecosistemas relevantes, comunidades, la sustentabilidad del medio rural, y el paisaje en beneficio humano y de la naturaleza”, junto con “su protección se basa en primera instancia en la restricción de usos, a los efectos de preservarlas de acciones del proceso urbanizador” y agrega que “asimismo, busca revertir daños que puedan existir, y garantizar su conservación a futuro”.

El artículo 30 (Zona Genérica) establece que para la ZG “regirán las alturas, afectaciones y condicionantes urbanísticas, definidas en la Ordenanza de las Construcciones Civiles [Ordenanza de la Edificación] y su respectiva Reglamentación (Decreto 70/2013 y 90/2015)”. También para las ARU “regirá lo establecido por las zonas genéricas hasta tanto se aprueben los proyectos de detalle específicos de cada ámbitos” (Artículo 31 Áreas de renovación urbana).

Por el artículo 32 (Zona de Recuperación Ambiental) que para la ZRA arroyo Solís Chico “se determinan las alturas, afectaciones y condicionantes urbanísticas establecidas en la ZG; y “se privilegiará toda acción de conservación tendiente a proteger las áreas verdes (público o privado), el sistema de dunas móviles y las playas del Río de la Plata y de la desembocadura

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

de los arroyos comprendidos en el ámbito”. Y, además, “para predios ubicados sobre la desembocadura, zonas de dunas móviles, y/o zonas de faja de defensa de costa se determina: FOS 5%; FOT 10%; FOS V 90%; altura max. de la edificación 6m y la tipología edilicia deberá permitir el movimiento del cordón dunar”.



Figura 3-1 Atlántida - Zonificación

El artículo 41 (Usos según ámbitos y/o actividades particulares) determina que para el “Ámbito de Faja Costera”: “queda excluido totalmente todo tipo de edificaciones residenciales”, “en dicha faja, no se admitirá la construcción de vías públicas paralela a la Ribera Marítima, ni fraccionamientos de suelo con fines urbanos” y que “se podrán realizar acciones tendientes a la conservación y restauración de los ecosistemas costeros así como las instalaciones imprescindibles que permitan usos públicos recreativos y de esparcimiento, pesca artesanal y servicios a las playas”.

3.4.1.3. Ordenanza de la Edificación - Decretos N° 0070/2013 y N° 0090/2015

El Decreto 70, con vigencia desde noviembre de 2013, con su modificativo de mayo de 2015, contiene en el Título segundo (De los Parámetros Urbanísticos) disposiciones sobre la Volumetría de la Edificación (Capítulo V) y regula los Sistemas de Ordenación Urbanística (Capítulo VI). En el Capítulo VII (Afectaciones Urbanísticas de la Edificación), luego de las definiciones generales, es que establece los parámetros urbanísticos (retiros frontal, lateral y

posterior, alturas, factores de ocupación y de densidad habitacional) para el Suelo Urbano Consolidado (Artículo 57º) y para el Suelo Urbano No Consolidado (Artículo 58º).

Zona	Categoría de suelo	Área mín. m2	Frente mín. m	FOS máx. %	FOT máx. %	Permeab. FOSV	Altura máx. m
ZG	U. No C.	800	15	40	120	50	9
ARU	U. Consol.	400	12	60	240	30	12
ZRA	Urbano	800	15	5	10	90	9
ZCVE	Urbano	-	-	-	-	-	-

Tabla 3-1 Parámetros Urbanísticos - Área de Playa de Atlántida. Fuente: Plan Local Directrices para la Costa de Oro y Ordenanza de la Edificación.

3.4.1.4. En elaboración: Plan Parcial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Atlántida - Junio 2020

En junio de 2020 se llevó a cabo la Audiencia Pública del proyecto de Plan Parcial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Atlántida. Resulta oportuno señalar que el ámbito del Plan comprende el casco histórico de Atlántida y que, al este, se extiende únicamente hasta la Calle 58.

En el artículo 8 (Ordenamiento Estructural) se incorporan disposiciones sobre el Drenaje pluvial. Allí se determina que “se establece preservar el sistema hídrico natural, la traza de los cursos de agua y los puntos de descarga a la rambla”; “se realizarán tareas de mantenimiento periódicas de los cursos de agua, canales e infraestructura existente”. También que “en zonas carentes de elementos de drenaje o con insuficiencia de capacidad, se conformarán cunetas con dimensiones y pendientes adecuadas y se colocarán alcantarillas de cruce de calles manteniendo el sentido del escurrimiento natural” y agrega que “se prohibirán canalizaciones cerradas en el perímetro frontal de los jardines hacia las calles”.



Figura 3-2 Atlántida - Espacios Territoriales (Proyecto)

Además incorpora “lineamientos de gestión de escurrimientos para las urbanizaciones de la pieza”: para el caso de un escenario futuro de ocupación del suelo, el FOSV aplicado a todos los padrones urbanos será del 50% o lo que indique la norma por Espacio Territorial” y completa con que “para el caso de padrones con uso residencial con áreas mayores o iguales a 2000 m2, se admitirán impermeabilizaciones mayores al 50 % en la medida que se internalicen los costos asociados a la infraestructura necesaria para la correcta disposición de los caudales”.

El Artículo 14 (Definición y Delimitación) establece los Espacios Territoriales (ET). Para el área de la Playa de Atlántida corresponden el ET 03 “Casco Fundacional: Playa Brava, Playa Mansa, Circunvalación Sur (Roger Balet, Rambla, Av. Circunvalación)” y el ET 05 “Edén, Edén Rock, Riviera, Riviera del Mar”.

Zona	Categoría de suelo	Área mín. m2	Frente mín. m	FOS máx. %	FOT máx. %	Permeab. FOSV	Altura máx. m
ET 03	U. Consol.	400	12	60	180	30	8,50
ET 05	U. No C.	800	15	40	120	50	8,50

Tabla 3-2 Parámetros Urbanísticos (PROYECTO) - Área de Playa de Atlántida. Fuente: Artículo 17 del Proyecto de Plan Parcial

4. PLAYA ATLANTIDA, CANELONES

4.1. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y URBANOS

4.1.1. RECONOCIMIENTO DEL ÁMBITO TERRITORIAL DE TRABAJO

El ámbito territorial de análisis está comprendido por el gran arco de playa entre la punta rocosa, en el extremo sur de la ciudad de Atlántida, frente a la isla De la Sirena, y el límite oeste de la urbanización con suelo rural, en el balneario Villa Argentina. Comprende las playas: Mansa, La Serena y Villa Argentina.

Prácticamente a todo lo largo del arco transcurre una rambla vehicular, con excepción de un pequeño tramo de unos 400 metros en el extremo oeste, en que se interrumpe. Desde su extremo este hasta la calle Árbol de Judea, la calzada vehicular está acompañada por una vereda peatonal del lado de la playa, no es así en el otro costado, en que solamente existe acera en el casco histórico, hasta la calle Ciudad de Montevideo.

A lo largo del tramo considerado, se constatan realidades urbanas bien diferentes. Se reconoce el casco histórico consolidado y realidades urbanas de menor consolidación.

4.1.2. SOMERA RECOPIACIÓN Y ESTUDIO DE ALGÚN ANTECEDENTE CON EVENTUAL INCIDENCIA EN LA CONDICIÓN DE LA COSTA

4.1.2.1. Dinámicas territoriales

El ámbito considerado es un sector urbano estable, en general con muy baja dinámica de renovación, aunque registra algún ritmo de incorporación de obra nueva en Balneario Argentino.

El casco histórico de Atlántida, balneario fundado en 1911, llega hasta la calle Roger Balet. Corresponde a un área urbana consolidada, con infraestructuras urbanas completas. Tiene en sus calles con calzada de material asfáltico, cordones y veredas pavimentadas, aunque el escurrimiento de pluviales es superficial. Registra retiros frontales fuertemente enjardinados y tiene buen arbolado urbano.

La prolongación hacia el noroeste del casco histórico, que data de la década de 1940, en los primeros trescientos metros y prácticamente hasta la avenida Circunvalación, repite casi igual

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

las características anotadas, aunque con menos predominio del verde, por la ausencia de arbolado alineado y como consecuencia del predominio de usos comerciales y de servicio, en las plantas bajas y ocupando los retiros.

El resto del área tiene una condición de cierta uniformidad, con las calzadas en material granular, sin veredas, en algún sector con cordón cuneta y en situaciones puntuales con cunetas, pero con escurrimiento superficial, en todos los casos. Aquí se aprecian algunos predios de buena superficie, en algún caso con pequeñas construcciones y en su mayoría, aparentemente sin uso o vacantes.

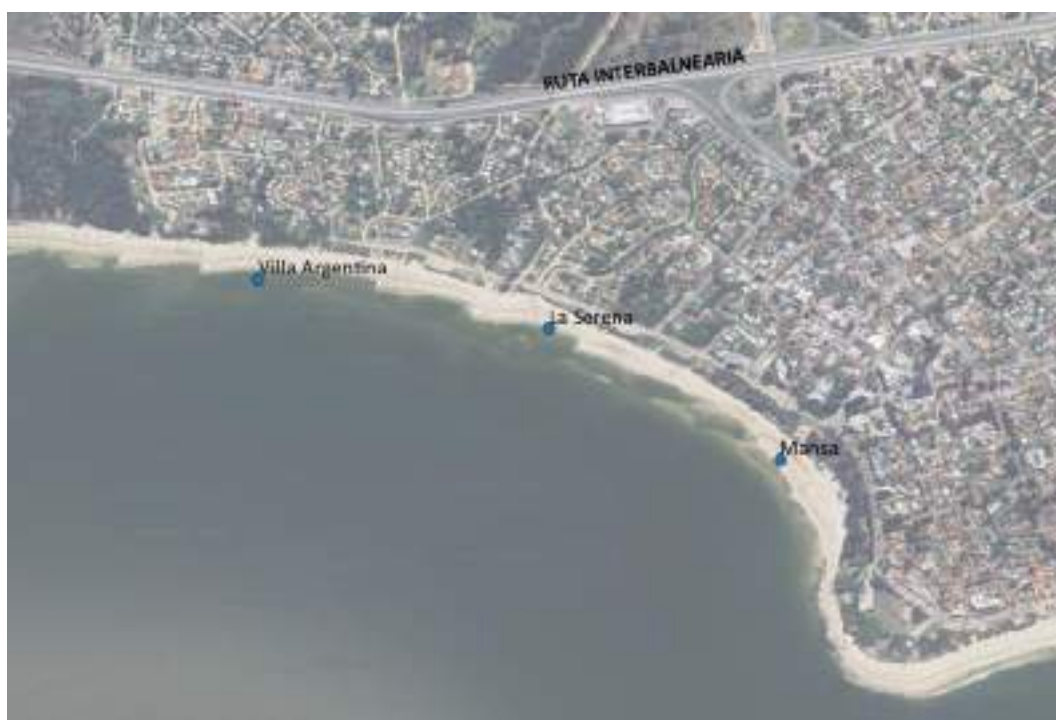


Figura 4-1 Playas de Atlántida

4.1.2.2. Catastro

El amanzanado del casco histórico es sumamente regular, con manzanas cuadradas de unos 90 metros de lado. Los padrones son también de forma regular, con un mínimo de unos 600 m².

En su prolongación hacia el noroeste hasta la avenida Circunvalación, la situación es muy similar, aunque con manzanas algo trapezoidales y lo es también en la cuña entre las calles Roger Balet y Ciudad de Montevideo. Aquí desaparece la regularidad en la forma y área de los padrones, ahora con un mínimo de unos 400 m² y con la aparición de grandes padrones.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

En el resto del sector, el amanzanado adopta formas irregulares, con fuerte presencia de trazados curvos pintoresquistas en sus vías públicas, que suelen acompañar cañadas. Los padrones, que son con formas irregulares como consecuencia del diseño del tejido y las manzanas, tienen superficies muy similares, con un mínimo en el orden de los 400 m² y llegando cerca de los 1.000 m² en pocos ejemplos.

Los predios de gran superficie son pocos y, con un par de excepciones, se localizan sobre la Rambla.

Se han verificado las titularidades solamente de los padrones localizados entre la Rambla costanera existente y la costa. La información suministrada por el Ministerio de Ambiente (MA) resulta suficiente.

En la información detallada se verifican cuatro padrones de propiedad privada en el área costera entre la Rambla y el borde. Uno de ellos, es de gran superficie y se localiza en playa La Serena, próximo a la playa de Villa Argentina y lo informado es muy escueto, aunque registra una sucesión.

Los otros tres padrones están en la zona alta de la punta, en el este hacia la playa Brava. A pesar de la información recibida, en la Memoria de Información del Plan Parcial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Atlántida afirma que la totalidad de la denominada “Manzana 0”, en que están comprendidos los mencionados padrones, es de propiedad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

padrón Nº	manzana Nº	área m ²	destino observado (16-02-23)	informado por Ministerio de Ambiente (registro reciente)*
3985	391	9.099	PLAYA	08/01/1973 SUCESION Amparado reserva de Prioridad
1880	1	768	vacante	29/06/1990 COMPRAVENTA ADQUIRENTE
1881	1	1.259	vacante	08/08/1975 PARTICION ADJUDICATARIO
1874	2	799	vacante	05/05/1997 SUCESION HEREDEROS

Fuentes: <https://visor.catastro.gub.uy/visordnc/> y https://visualizador.ide.uy/ideuy/cone/load_public_project/ideuy/-consulta:02-03-23

* Fuente: archivo “Padrones DGR PANDO-ATLÁNTIDA-CANELONES.pdf” recibido 24/03/2023

Tabla 4-1 Padrones costeros de propiedad privada en el área costera de Atlántida



Figura 4-2 Padrones Costeros del arco de playa Atlántida

4.1.2.3. Infraestructuras y servicios urbanos

En todo el ámbito que se analiza existen infraestructuras urbanas de: red de agua potable, red de energía eléctrica, alumbrado público. En el casco histórico y su expansión temprana hasta la avenida Circunvalación, registra calzadas vehiculares de pavimento asfáltico, en general con cordones y aceras pavimentadas y arbolado urbano alineado. En el resto del ámbito las calzadas son de material granular, con perfil rural, ausencia de aceras y casi sin arbolado urbano.

También en el casco histórico existe red de saneamiento, la que se extiende hacia el norte solamente hasta la calle 24. El drenaje de pluviales es superficial en todo el ámbito. En el casco histórico y en su extensión inicial hacia el norte, hasta la avenida Circunvalación, el agua escurre contra el cordón, mientras que en el resto del ámbito de estudio existen, en general, cunetas.

4.1.2.4. Ocupación de suelo

La ocupación de suelo es en muy elevada en centro histórico y particularmente intensa en su extensión, con eje en la calle 11, al norte de la calle Roger Balet hasta la avenida Circunvalación. El suelo libre en los padrones queda prácticamente restringido al área de retiro frontal y pequeños patios, no siempre existentes, con lo cual se desdibuja la presencia de corazón de manzana, escasamente representado en el área.

Es a partir de las calles 24 y 26, hacia el noroeste, que el tejido se esponja, con la aparición de retiros laterales y jardines de fondo. Esta morfología, con mucha menor ocupación de suelo, se consolida a partir de la avenida Circunvalación. Es así que, en el resto del ámbito, la densidad de ocupación de suelo es baja, con fuerte presencia de áreas verdes en los padrones.

4.1.2.5. Usos y temporalidad

La ciudad de Atlántida conserva su carácter de centro urbano balneario, con notoria temporalidad en la ocupación y en la actividad.

La concentración de servicios de todo tipo, especialmente comerciales, y otros usos no residenciales se concentra sobre todo en la extensión inicial del casco histórico y en éste, particularmente en un área con eje en las calles 11, Ciudad de Montevideo y Roger Balet, y sus proximidades, así como sobre la avenida Gral. Artigas. En el resto del área los servicios dispersos son escasos y situaciones muy puntuales. La hotelería no se ubica sobre la costa, sino que se dispersa en el sector, con cierta concentración en el área comercial anotada.

4.1.2.6. Sociedad local y población flotante

importante peso de población flotante de residencia temporal, tanto en los fines de semana y feriados como, sobre todo, en temporada estival. En cualquier caso, la población permanente es importante. El dato censal (INE, 2011) es que muy poco más del 50% de las viviendas existentes se encontraba con ocupantes permanentes, para todo el municipio de Atlántida.

La distribución de la residencia de los pobladores permanentes no es uniforme en todo el municipio y, seguramente, es más alta en el área central de Atlántida y sus proximidades, junto con su enorme territorio rural. Los guarismos de población permanente descienden hacia el oeste, en Villa Argentina, y hacia el este, sobre la Playa Brava.

4.1.2.7. Patrimonio natural, cultural

En los documentos de avance del Plan Parcial de Ordenamiento Territorial “se identifican ciertos aspectos [...] del territorio soporte -culturales y naturales- que deben ser tenidos en cuenta por su valor patrimonial” e incluye: “el frente litoral costero sobre el Río de la Plata (playas mansa, brava e interfaces)”, el “casco fundacional, trazado y centralidad principal de la ciudad de Atlántida”, el “barrio Jardín como paisaje cultural, trazado, tejido y forestación”, las “cañadas, activos ambientales paisajísticos” y la “rambla de Atlántida en sus sectores caracterizados: ‘primeros chalets’, ‘edificaciones Art Decó’ y ‘chalet modernos’”.

El frente litoral costero, en el caso de las playas Mansa, La Serena y Villa Argentina, la presencia del barranco y las áreas forestadas constituyen, sin duda, la singularidad del paisaje a preservar. En el frente costero se localizan también los elementos destacados que el proyecto de Plan identifica como plausibles de protección: el Edificio El Planeta, el Hotel Rex, las Casonas de la Rambla y, particularmente afectada en su situación, El Águila.

4.1.2.8. Marco legal de ordenamiento territorial

El Departamento de Canelones registra un importante avance en la generación de legislación de ordenamiento territorial. Para Atlántida se encuentra en elaboración desde el año 2018 el Plan Parcial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Atlántida, que fue puesto de manifiesto en el año 2020. Para Atlántida, entonces, actualmente las actuaciones se encuadran en la normativa general del Departamento y en el Plan Local Directrices para la Costa de Oro (Decretos N° 0013/2017 y N° 0002/2022).

La legislación de ordenamiento territorial se resume y analiza en el correspondiente anexo.

4.2. VISITA AL SITIO

En el mes de febrero se realizaron las recorridas de campo para el reconocimiento del espacio a intervenir y de su área de influencia. Se recorrió el arco de playa de Atlántida, registrando el estado de las playas, dren, protecciones y espigones existentes, vegetación, áreas de parque y descargas pluviales.



Playa del Águila, se observa la protección de gaviones, las cárcavas y espigones existentes



Bajada de madera de la Playa del Águila.



Descarga continuación Julio Casal y la rambla. 11 tuberías de 800mm. No presenta arena, zona buffer previo a la playa.



Canal abierto aguas arriba de la descarga de Julio Casal.



Zona de descarga a la playa (descarga Julio Casal).



Descarga Av. Ciruelo de Japón y la rambla. 11 caños de 1000 mm. Los caños del lado izquierdo se encuentran obstruidos por arena.



Aguas arriba de descarga Ciruelos de Japón. Canal con vegetación, se



Descarga pluvial desmoronada (calle 26 y la rambla).



Zona del anfiteatro: dren abarca la zona de duna frente al anfiteatro,

canalizó con tubería de chapa de 1000 mm.

se observan tapas de pozo de bombeo.

Descarga pluvial bajo escalinata anfiteatro.

En una siguiente visita realizada en noviembre del 2023 se pudieron observar los siguientes aspectos:



Espigón de Villa Argentina: se encuentra en mal estado, sin cumplir con la función del espigón por la falta de apoyo.



Cercas captoras de la Playa del Águila.



Descarga Av. Ciruelo de Japón: se encuentran obstruidas con arena 5 de las 11 bocas.



Descarga calle Paul Harris reconstruida en julio 2023.



Se observa erosión en la interfaz del hormigón con la arena.



Descarga calle Paul Harris.

4.3. VIENTO Y CLIMA MARÍTIMO

4.3.1. DATOS UTILIZADOS

Se utilizan las siguientes series de datos:

- Viento y oleaje del reanálisis global ERA5.
- Viento medido en Pontón de Recalada.
- Nivel de mar medido por ANP en el Puerto de Montevideo.
- Nivel de mar del hindcast global GTSM.
- Nivel de mar del hindcast local generado por el IMFIA.

4.3.2. VIENTO

Se utiliza el viento del reanálisis ERA-5 correspondiente al nodo (35°S,56°W). Estos datos son de paso horario, con velocidad de viento asimilable a media en 10 minutos medida a 10 m de altura ($V_{10m,10min}$). La Figura 4-3 presenta una comparación de cuantiles de la velocidad de viento del reanálisis con la velocidad de viento medida en la estación de Pontón de Recalada. Se observa que el reanálisis tiende a subestimar la velocidad de viento medida, por lo que se procede a realizar una corrección por cuantiles según se describe a continuación.

La velocidad de viento del reanálisis se corrige mediante una función de la forma:

$$V^*(t) = A(\theta)V(t)^{B(\theta)} + C(\theta)$$

en donde los coeficientes $A(\theta)$, $B(\theta)$ y $C(\theta)$ dependen de la dirección de procedencia del viento y se estiman a partir de gráficos de cuantiles similares a los de la Figura 4-3, pero calculados para distintas ventanas direccionales. En la calibración de los parámetros se utilizan únicamente los datos simultáneos de ERA5 y medidos en Pontón de Recalada.

La Figura 4-4 presenta los coeficientes direccionales $A(\theta)$, $B(\theta)$ y $C(\theta)$ obtenidos. La Figura 4-5 presenta la comparación de cuantiles entre la velocidad de viento del reanálisis corregida y la velocidad de viento medida en Pontón de Recalada; se observa que el reanálisis corregido reproduce adecuadamente las velocidades de viento medidas en el mar.

Por último, la Figura 4-6 compara el histograma de frecuencias de la dirección de viento del reanálisis con el obtenido a partir de los datos medidos en Pontón de Recalada. Nuevamente,

se observa que el reanálisis reproduce adecuadamente la dirección del viento observada en la estación marítima.

Se concluye por tanto que la serie de viento del reanálisis ERA-5, con velocidades de viento corregidas, reproduce adecuadamente el viento medido en el mar en la zona de estudio, tanto en términos de velocidad como en términos de dirección. En lo que sigue se utilizará únicamente esta serie de viento, sin recurrir a los datos medidos.

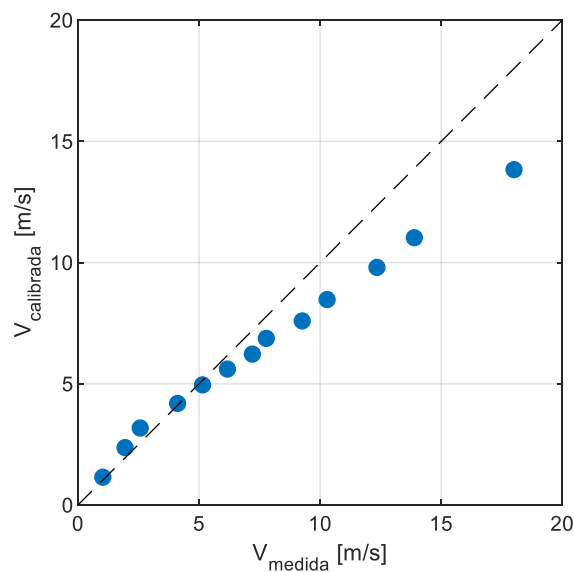


Figura 4-3 Gráfico de cuantiles de velocidad de viento sin calibrar (datos simultáneos, $p = [1 \ 5 \ 10:90 \ 95 \ 99]$).

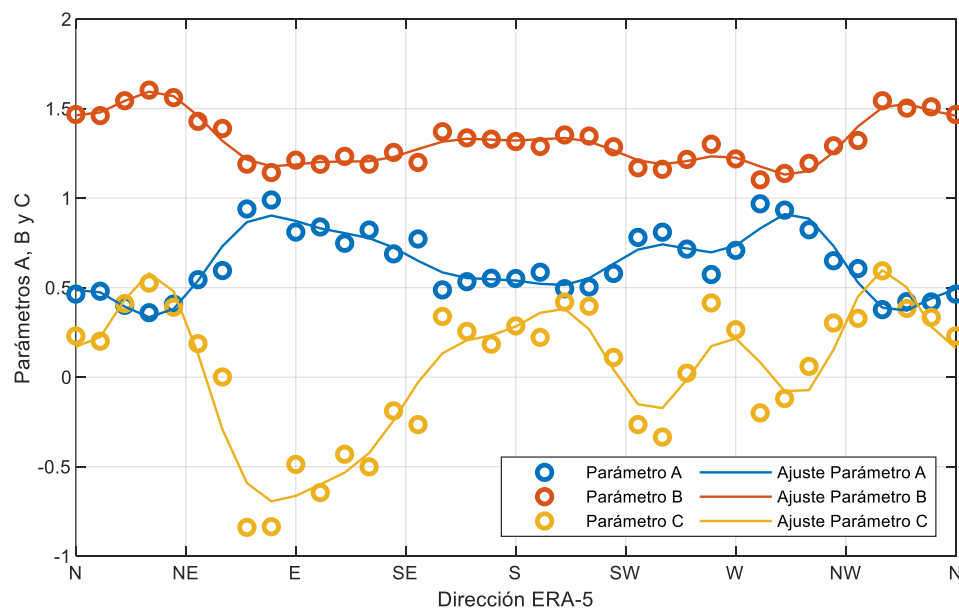


Figura 4-4 – Parámetros de la corrección de la velocidad de viento.

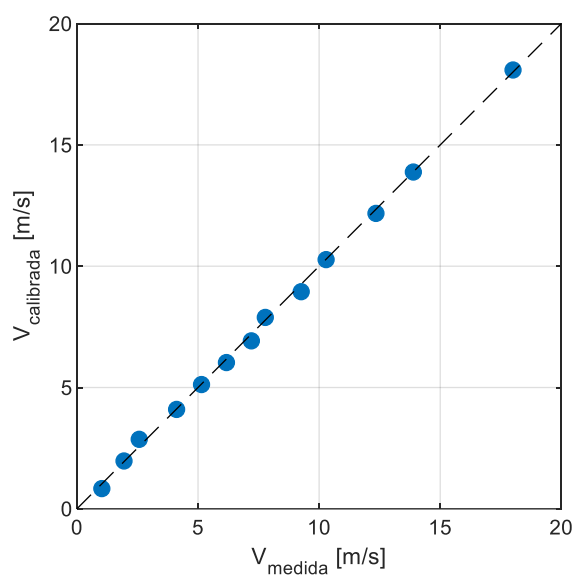


Figura 4-5 – Gráfico de cuantiles de velocidad de viento corregida (datos simultáneos, probabilidades [1%, 5%, 10%, 20%, ..., 90%, 95%, 99%]).

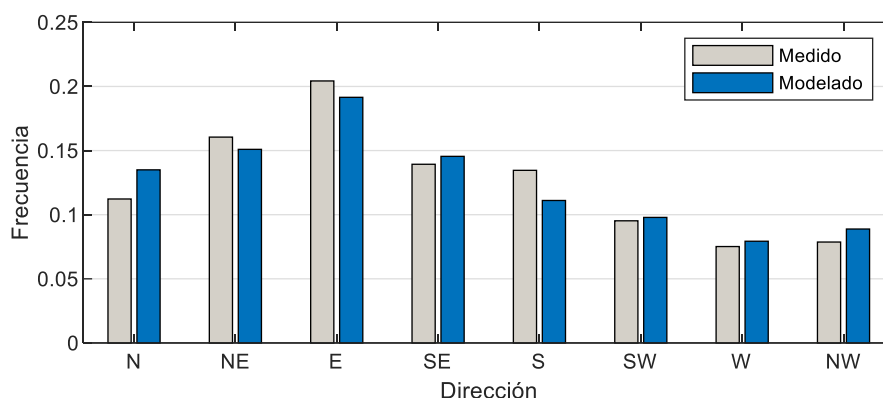


Figura 4-6 – Histogramas de frecuencia de dirección de viento contruidos usando únicamente datos simultáneos entre el reanálisis y las series medidas.

4.3.3. NIVEL DE MAR

Se construye una serie continua de paso horario de nivel de mar en Montevideo mediante el siguiente procedimiento:

1. Se toma la serie medida en el puerto de Montevideo por ANP y, en aquellos casos en que el registro se realiza con paso de tiempo menor al horario, se toma para cada hora el promedio de los registros disponibles para dicha hora. Esta serie presenta datos faltantes en varios períodos, aunque tiene los años 2019 y 2020 completos.
2. Se utiliza la serie anterior para corregir mediante *quantile mapping* los datos del *hindcast* GTSM, obteniéndose una serie horaria sin datos faltantes para el período 1979-2018. La Figura 4-7 presenta la comparación de cuantiles de la serie de nivel de mar medido con la de nivel de mar del *hindcast* GTSM; se observa que una vez aplicada la corrección el *hindcast* reproduce adecuadamente los niveles de mar medidos.
3. Se completa la serie de datos corregidos GTSM con los datos medidos por ANP del período 2019-2020.

Como resultado final se tiene una serie horaria de datos de nivel de mar que cubre el período 1979 hasta 2020 inclusive.

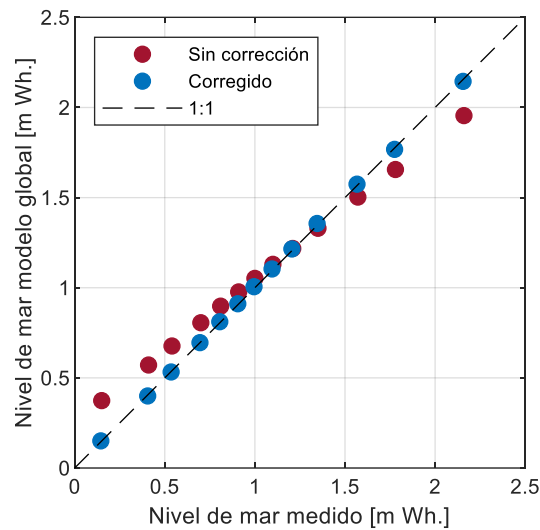


Figura 4-7 – Comparación de cuantiles de los datos de nivel de mar medidos y del hindcast GTSM sin corregir y corregido (probabilidades [1%,5%,10%,20%, ...,90%,95%,99%]).

4.3.4. OLEAJE

4.3.4.1. Propagación al sitio

Para la propagación del oleaje desde los nodos ERA5 hasta la zona de estudio se utiliza el modelo SWAN de generación y propagación de oleaje. La modelación se realiza utilizando tres mallas anidadas, con paso espacial de 500 m, 100 m y 20 m respectivamente (ver Figura 4-8).

Existen datos de oleaje medidos en la zona por parte de DNH-MTOP, los cuales podrán ser usados para validar el modelo numérico una vez se cuente con autorización de DNH-MTOP para el uso de los datos en el marco de este proyecto.

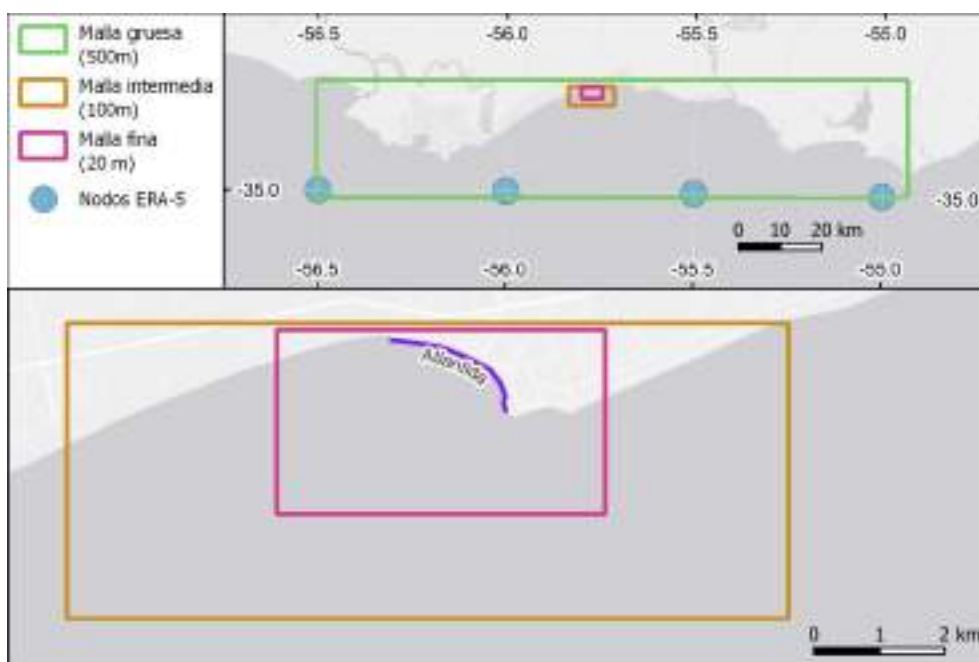


Figura 4-8 – Mallas utilizadas en el modelo SWAN para la propagación del oleaje.

4.3.5. CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL CLIMA MARÍTIMO

4.3.5.1. Régimen medio de viento

La Figura 4-9 presenta el régimen medio de velocidad y dirección de viento (velocidad media en 10 minutos a 10 m de altura sobre la superficie del mar, según se describe en la sección 4.3.2) característico de la zona de estudio.

Vw-Dw	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-2	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%	0,4%	7%
2-4	1,2%	1,4%	1,3%	1,1%	1,2%	1,3%	1,1%	0,9%	0,9%	0,8%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,7%	1,1%	16%
4-6	1,7%	1,9%	1,7%	1,6%	1,8%	1,9%	1,4%	1,1%	1,0%	0,9%	0,8%	0,8%	0,8%	0,9%	1,0%	1,4%	21%
6-8	1,7%	1,9%	1,7%	1,7%	1,9%	2,1%	1,3%	1,2%	0,9%	0,8%	0,7%	0,7%	0,8%	0,9%	1,0%	1,2%	20%
8-10	1,1%	1,3%	1,3%	1,4%	1,7%	1,7%	1,0%	1,0%	0,9%	0,8%	0,7%	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%	16%
10-12	0,5%	0,6%	0,8%	1,0%	1,2%	1,1%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,3%	11%
12-14	0,2%	0,2%	0,4%	0,5%	0,7%	0,4%	0,4%	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%	6%
14-16	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	3%
16-18	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1%
18-20	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
20-22	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
22-24	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Total	7%	8%	8%	8%	9%	9%	7%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	5%	100%

Figura 4-9 – Frecuencia media anual de velocidad y dirección de viento sobre el mar.

4.3.5.2. Régimen medio y extremo de nivel de mar

La Figura 4-10 presenta la distribución de probabilidad acumulada empírica (régimen medio) del nivel de mar en Montevideo. Esta distribución está construida a partir de la serie de datos que combina datos medidos y de los *hindcast* descrita en la sección 4.3.3.

Por otro lado, para estimar el régimen extremo de nivel de mar se considera que resulta más adecuado usar la serie de máximos anuales de nivel de mar medido por ANP que la serie horaria reconstruida descrita en la sección 4.3.3. Por un lado, los datos de *hindcast* pueden tener errores en los eventos puntales, que si bien no generan inconvenientes cuando se trabaja con toda la información (como es el caso del régimen medio) sí pueden generar algún sesgo cuando se trabaja solo con algunos eventos seleccionados (como es el caso del régimen extremo); por otro lado, la serie de máximos anuales medidos cubre un período de tiempo mayor que las series horarias medidas y de los *hindcast*, lo que redundará en una reducción en la incertidumbre en la caracterización del régimen de extremos.

Para la caracterización del régimen de extremos de nivel de mar en puerto se ajusta una distribución de extremos generalizada (GEV) a la serie de máximos anuales medida en

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Montevideo por ANP, utilizando el método de los momentos L para estimar los parámetros de la distribución y la técnica de *bootstrapping* no paramétrica para la estimación de los límites del intervalo de confianza de 90%. La Figura 4-11 presenta el régimen de extremos de nivel de mar obtenido.

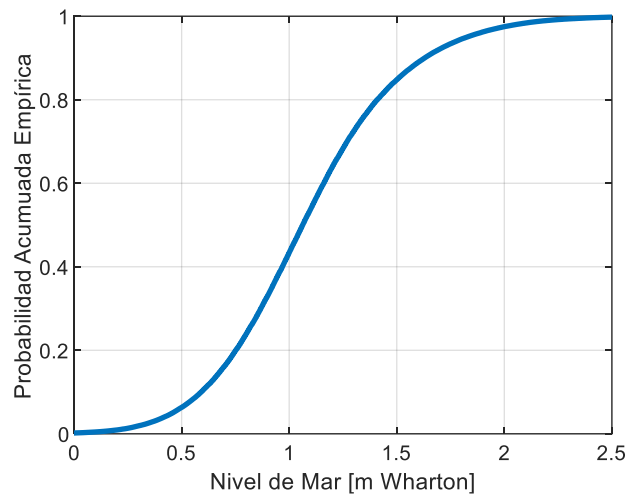


Figura 4-10 – ECDF de la serie de nivel de mar en Montevideo, construida en la sección 2.3, la cual se toma como válida para Atlántida.

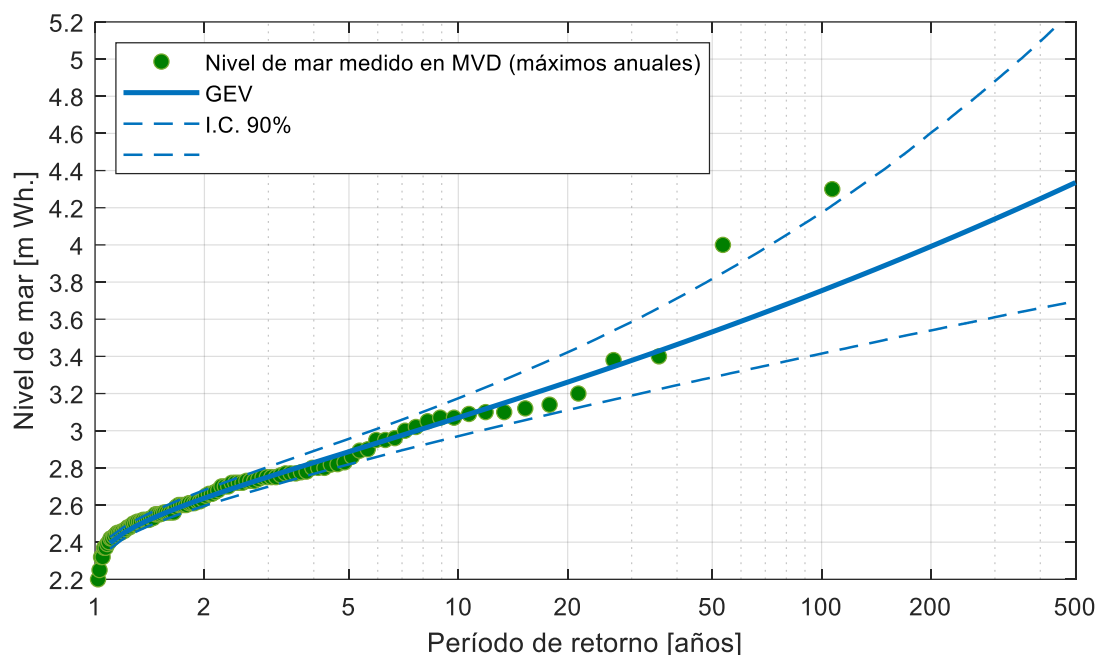


Figura 4-11 – Régimen de extremos del nivel de mar en Montevideo, estimado a partir de la serie de máximos anuales medida por ANP.

4.3.5.3. Régimen medio y extremo de oleaje

Para la etapa de diagnóstico y diseño de alternativas se utilizará el oleaje propagado hasta distintos puntos ubicados a lo largo del arco de playa desde el Águila hasta zona de rocas al Este de la playa Mansa (ver Figura 4-12). A efectos de resumir el régimen medio y extremo de oleaje en la zona, en este informe se presentan únicamente los resultados correspondientes al nodo “ATL04”.

A continuación, se presentan el régimen medio anual conjunto de ocurrencia de: altura de ola significativa y dirección media (Figura 4-13), altura de ola significativa y período medio (Figura 4-14), y período medio y dirección media (Figura 4-15). Por último, la Figura 4-16 presenta el régimen de extremos de altura de ola significativa, obtenido mediante el método de máximos anuales, usando el método de los momentos L para estimar los parámetros de la distribución Gumbel, y la técnica de *bootstrapping* no paramétrica para la estimación de los límites del intervalo de confianza de 90%. Cabe señalar la diferencia entre el valor máximo de altura de ola significativa de la serie, correspondientes al evento de agosto de 2005 (2,9 m) y el resto de los máximos anuales (todos con altura de ola significativa menor a 2,2 m).



Figura 4-12 – Ubicación de nodos de referencia en los que se saca el oleaje frente a la playa de Atlántida.

Hs-Dm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-0.5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,4%	24,1%	21,5%	6,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	54%
0.5-1.0					0,0%	0,0%	1,3%	13,2%	15,8%	5,1%	1,3%	0,1%	0,0%	0,0%			37%
1.0-1.5							0,0%	0,9%	4,3%	2,4%	0,5%	0,0%					8%
1.5-2.0								0,1%	0,7%	0,6%	0,0%						1%
2.0-2.5									0,0%	0,0%	0,0%						0%
>2.5										0,0%	0,0%						0%
Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	38%	42%	14%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Figura 4-13 – Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa y dirección media en el nodo ATL 04.

Hs-Tm	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
0-0.5	0,0%	0,2%	2,6%	9,8%	16,9%	14,4%	7,2%	2,1%	0,4%	0,1%	0,0%	54%
0.5-1.0	0,0%	0,3%	3,5%	10,8%	11,1%	6,7%	2,7%	1,1%	0,4%	0,1%	0,0%	37%
1.0-1.5		0,0%	0,5%	3,5%	2,9%	1,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%		8%
1.5-2.0			0,0%	0,2%	0,9%	0,2%	0,0%	0,0%				1%
2.0-2.5				0,0%	0,0%	0,0%						0%
>2.5					0,0%							0%
Total	0%	1%	7%	24%	32%	22%	10%	3%	1%	0%	0%	100%

Figura 4-14 – Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa y período medio en el nodo ATL 04.

Tm-Dm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1%
4				0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	1,2%	2,1%	1,8%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%			7%
5						0,0%	1,1%	7,1%	9,0%	6,1%	0,9%	0,0%					24%
6						0,0%	0,9%	12,5%	13,7%	4,7%	0,1%						32%
7							0,2%	10,0%	10,8%	1,4%	0,0%						22%
8							0,0%	5,2%	4,6%	0,2%							10%
9								1,7%	1,4%	0,0%							3%
10								0,4%	0,4%								1%
11								0,1%	0,1%								0%
12								0,0%	0,0%								0%
Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	38%	42%	14%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Figura 4-15 – Frecuencia media anual conjunta de período y dirección medias en el nodo ATL 04.

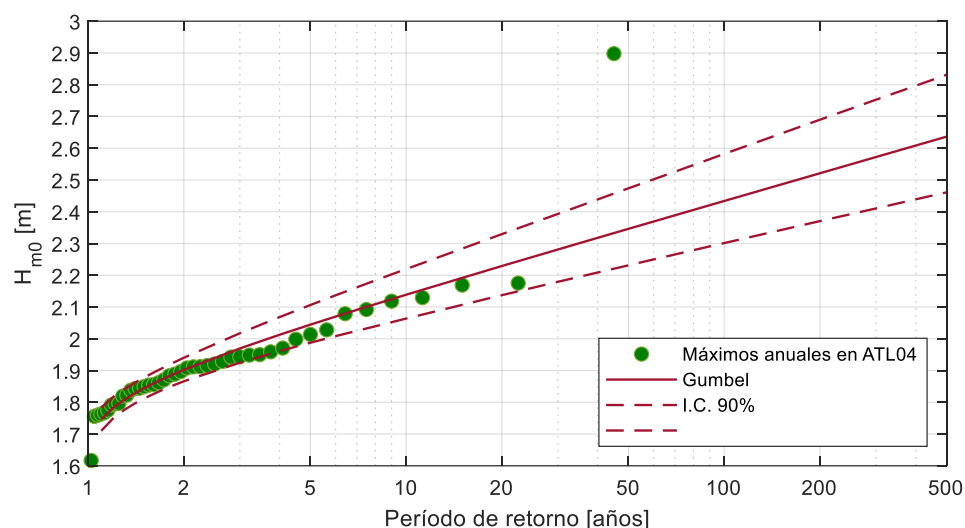


Figura 4-16 – Régimen de extremos de altura de ola significativa en el nodo ATL04.

4.3.5.4. Régimen conjunto de altura de ola significativa y nivel de mar

La Figura 4-17 presenta el régimen medio anual conjunto de altura de ola significativa en el punto “ATL04” y el nivel de mar en puerto de Montevideo (referido al cero Wharton).

Hs-SL	-1.0 a -0.5	-0.5 a 0	0 a 0.1	0.5 a 1	1 a 1.5	1.5 a 2	2 a 2.5	2.5 a 3	3 a 3.5	Total
0-0.5	0,0%	0,2%	4,7%	26,1%	21,4%	1,5%	0,0%			54%
0.5-1.0		0,0%	1,4%	10,7%	17,6%	6,5%	0,4%	0,0%		37%
1.0-1.5			0,0%	0,3%	2,4%	4,2%	1,2%	0,0%		8%
1.5-2.0				0,0%	0,1%	0,4%	0,7%	0,2%	0,0%	1%
2.0-2.5				0,0%			0,0%	0,0%	0,0%	0%
>2.5								0,0%	0,0%	0%
Total	0%	0%	6%	37%	41%	13%	2%	0%	0%	100%

Figura 4-17 – Frecuencia media anual conjunta de altura de ola significativa en el nodo ATL 04 y nivel de mar (referido al 0 Wharton).

4.3.5.5. Régimen extremo de nivel de mar en playa

El nivel de mar total en playa puede diferir del nivel de mar medido en el puerto por el efecto del *set-up* de oleaje. Es previsible que la diferencia entre el nivel de mar en playa y el nivel de mar en puerto sea mayor en los puntos en que se tiene mayor exposición al oleaje.

Se aplica la siguiente metodología para estimar el régimen de extremos del nivel de mar total en playa:

1. Se utiliza la formulación de Stockdon et al. (2006)¹ para estimar la serie temporal de *set-up* en playa a partir de la serie de oleaje:

$$s = \beta_f (H_0 L_0)^{1/2}$$

en donde s es el *set-up* en playa [m], β_f es la pendiente de playa, H_0 es la altura de ola significativa en aguas profundas y L_0 es la longitud de onda en aguas profundas. El oleaje utilizado para calcular el *set-up* son las series de oleaje en los puntos indicados en la Figura 4-12. La pendiente de playa típica de la zona se obtiene de los relevamientos locales suministrados por la contraparte, utilizándose un valor uniforme igual a 5% para todo el arco de playa.

2. Se suma la serie horaria de nivel de mar en puerto descrita en la sección 4.3.3 a la serie de *set-up* calculada previamente, obteniéndose una serie horaria de nivel de mar total en playa.

¹ Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., & Sallenger, A. H. (2006). Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Coastal Engineering, 53(7), 573–588. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.12.005>

3. Se estima el régimen de extremos de nivel de mar en puerto y nivel de mar total en playa a partir de las series horarias de estas variables, y se calcula la diferencia entre ambos regímenes extremos para distintos períodos de retorno, así como el incremento en la amplitud de los intervalos de confianza.
4. Estos incrementos en el régimen de extremos y en la amplitud de los correspondientes intervalos de confianza se suman al régimen de extremos de nivel de mar en puerto, calculado a partir de la serie de máximos anuales medidos por ANP (Figura 4-11 en sección 4.3.5.2), obteniéndose una estimación del régimen de extremos del nivel de mar total en playa que combina la información histórica de niveles de mar máximos anuales medidos en puerto con la información de oleaje y set-up calculada en este proyecto.

La Figura 4-18 presenta el régimen de nivel de mar total en playa estimado para el nodo ATL04 (el estimado en los nodos ALT03 y ALT05 es igual al obtenido en ATL04 a efectos prácticos). Se observa que el set-up aporta unos 25 cm a los valores extremos de nivel de mar en playa respecto a los de nivel de mar en puerto.

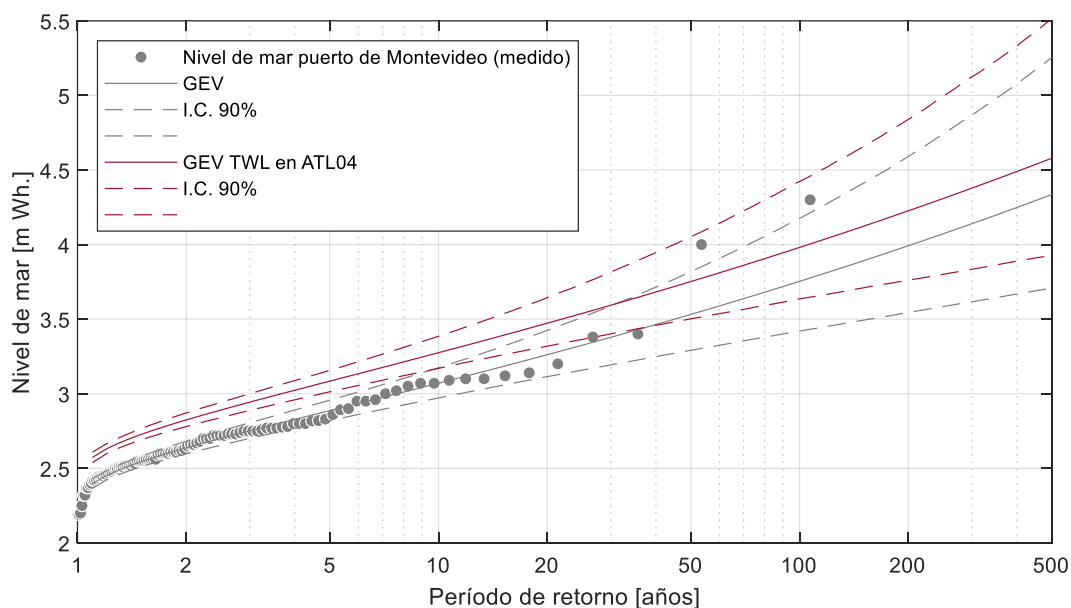


Figura 4-18 – Régimen de extremos del nivel de mar total en playa (TWL) correspondiente al nodo ATL04 (en rojo), junto con el régimen de extremos del nivel de mar en el puerto de Montevideo (en gris).

4.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA

4.4.1. DATOS UTILIZADOS

Para el análisis de la evolución histórica de la línea de costa se utiliza información satelital obtenida mediante la herramienta CoastSat². Definida una región de interés, esta herramienta descarga las imágenes satelitales de las colecciones Sentinel 2 y Landsat 5, 7, 8 y 9 desde Google Earth Engine, aumenta su resolución mediante un algoritmo de *pansharpenning*, y finalmente identifica la posición de la línea de costa en cada una de las imágenes. Una vez obtenidas las líneas de costa, se definen perfiles de playa y, para cada perfil, se determina la progresiva a la que se encuentra la línea de costa para cada imagen satelital. En este caso, se definieron perfiles cada 100 m, totalizando 23 perfiles a lo largo de la zona de estudio (ver Figura 4-19).

Dado que tanto la georreferenciación de las imágenes satelitales como el algoritmo de identificación de la línea de costa implementado en CoastSat pueden presentar sesgos hacia el mar o hacia tierra para los distintos satélites, se realiza la siguiente corrección de sesgos en los resultados, previo a su análisis:

- Las progresivas de línea de costa provenientes del satélite Landsat 9 se corrigen con las progresivas del satélite Sentinel 2 utilizando la diferencia entre las medianas del año 2022.
- Las progresivas provenientes de los satélites Landsat 7 y Landsat 8 se corrigen con las progresivas del satélite Sentinel 2 utilizando la diferencia entre las medianas del período común 2016-2022.
- Las progresivas provenientes del satélite Landsat 5 se corrigen con las progresivas del satélite Landsat 7 (ya corregidas) utilizando la diferencia entre las medianas del período común 2000-2011.

² Vos, K., Splinter, K. D., Harley, M. D., Simmons, J. A., & Turner, I. L. (2019). CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling and Software*, 122, 104528. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>

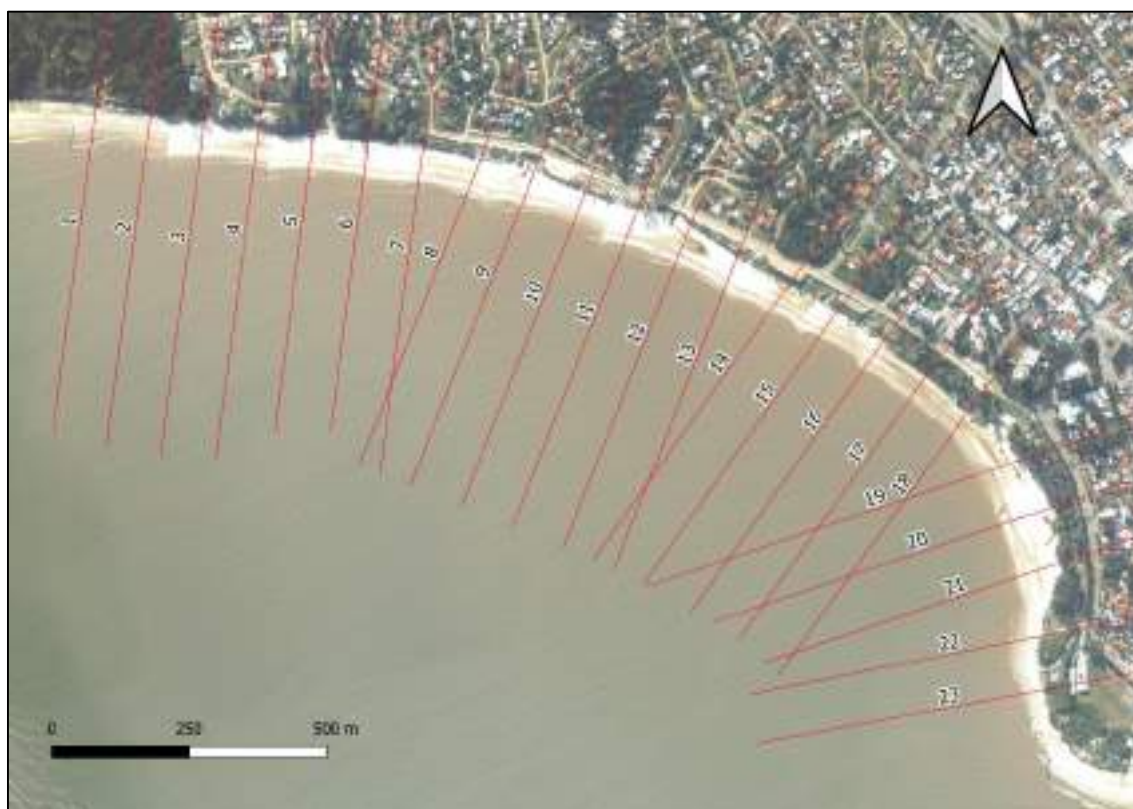


Figura 4-19 – Localización de los perfiles utilizados para el análisis de la evolución de la línea de costa a partir de imágenes satelitales.

4.4.2. TENDENCIAS

Para cuantificar la tendencia a la erosión o acreción de la línea de costa se procedió de la siguiente forma:

1. Se determinó la mediana de la progresiva de la línea de costa en cada uno de los perfiles usando los datos de los períodos 1985-1994 (período inicial) y 2013-2022 (período final). Estas dos posiciones medianas de la línea de costa están separadas entre sí 28 años.
2. Para cada perfil se calculó la tasa de cambio de la posición de la línea de costa en m/año, como la diferencia entre la mediana de 2013-2022 y la mediana de 1985-1994, dividido entre los 28 años de diferencia entre ambas. Las tasas de cambio positivas (negativas) corresponden a acreción (erosión).
3. La tasa de erosión (acreción) también se cuantificó en términos de volumen de material perdido (ganado) por año en cada perfil ($\text{m}^3/\text{año}$), multiplicando la tasa de cambio de la posición de la línea de costa por 100 m (distancia entre perfiles) y por la

altura activa del perfil, calculada como la suma de la diferencia de cota entre la berma de la playa (estimada a partir de los relevamientos de playa suministrados por la Intendencia de Canelones y del MDT del servicio de Infraestructura de Datos Espaciales) y la profundidad de cierre. Esta última se calcula para cada perfil utilizando la formulación de Nicholls et al (1996)³, la cual establece que la profundidad de cierre es:

$$h_c = 2,28H_e - 68,5 \left[\frac{H_e^2}{gT_e^2} \right];$$

en donde H_e es la altura de ola significativa excedida en promedio 12 hrs al año y T_e es el período asociado; para el cálculo de la profundidad de cierre se utiliza en cada perfil la serie de oleaje del nodo costero más próximo (ver Figura 4-12). Para ubicar en planta la curva correspondiente a la profundidad de cierre se utiliza la batimetría local suministrada por la Intendencia de Canelones.

Este análisis se realiza sin corregir la posición de la línea de costa por efecto del nivel de mar al momento del registro de la imagen satelital. Esto se justifica en que: (a) se trabaja con la mediana de las progresivas y no con las progresivas instantáneas, por lo que el resultado es asimilable a una condición de nivel medio; (b) para hacer la corrección de la progresiva por el nivel de mar es necesario tener el dato medido (no de *hindcast*) en el momento en que se tomó la imagen satelital, lo que implica que se deban descartar todas aquellas imágenes para las que no hay dato medido, con la subsecuente pérdida de información que esto implica.

La mediana de la posición de la línea de costa se realiza considerando períodos de 10 años para: (a) minimizar la influencia de la variabilidad interanual y los ciclos climáticos de varios años (e.g. períodos de Niño/Niña) en el cálculo de las tendencias; y (b) para tener suficientes datos de posición de línea de costa en el período inicial (1985-1994), en el cual la frecuencia de muestreo satelital era sensiblemente menor a la actual.

En todo el análisis se usa la mediana en lugar de la media para reducir la sensibilidad de los resultados a valores de progresiva de la línea de costa particularmente altos o bajos, ya sea

³ Nicholls, R.J., Birkemeier, W.A., Hallermeier, R.J., 1996. Application of the Depth of Closure Concept, in: Coastal Engineering Proceedings. American Society of Civil Engineers, New York, NY, pp. 3874–3887. <https://doi.org/10.1061/9780784402429.299>

que estos sean reales u originados en errores del algoritmo de identificación de la línea de costa implementado en CoastSat.

La Figura 4-20 presenta el cambio en la mediana de la posición de la línea de costa calculada para los períodos 1985-1994 y 2013-2022 para cada perfil en la playa Mansa de Atlántida. En general se observa que el tramo desde el Águila a calle Espinillo ha registrado un avance de 3 m en promedio, con un máximo de 10 m, mientras que el tramo que va desde la plazoleta “Un Sol para Atlántida” hasta el embarcadero de yates presenta un retroceso promedio de 13 m, alcanzando un máximo de 18 m. La Figura 4-21 presenta las tasas de erosión o acreción para cada perfil, tanto en m/año como en m³/años; considerando la zona de estudio en su conjunto, se tiene que no hay pérdida ni ganancia significativa de sedimentos en el sistema (<100 m³/año). En la Figura 4-22 se presenta la mediana de la línea de costa para ambos períodos y se señalan en rojo (verde) las áreas erosionadas (de acumulación); en el período analizado se han perdido aproximadamente 0,6 has de playa.

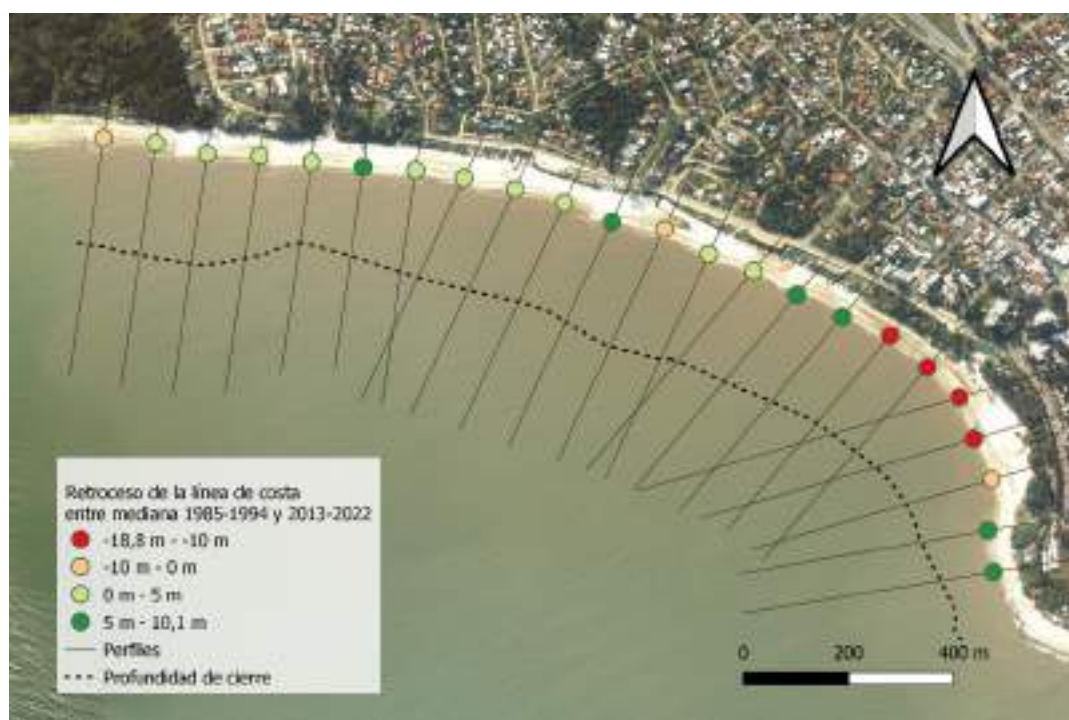


Figura 4-20 - Cambio en la posición de la línea de costa entre mediana 1985-1994 y mediana 2013-2022.

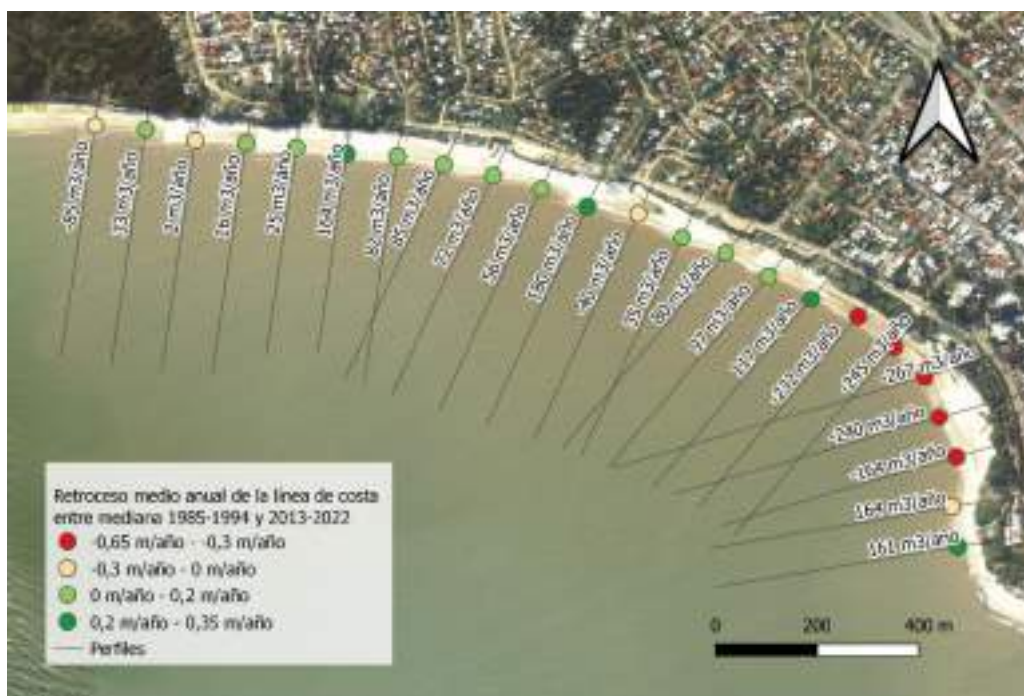


Figura 4-21 – Tasas anuales de erosión/acreción en cada perfil, expresadas en términos de cambio en la posición de la línea de costa (m/año) y cambio de volumen (m³/año). Valores negativos (positivos) corresponden a erosión (acreción).

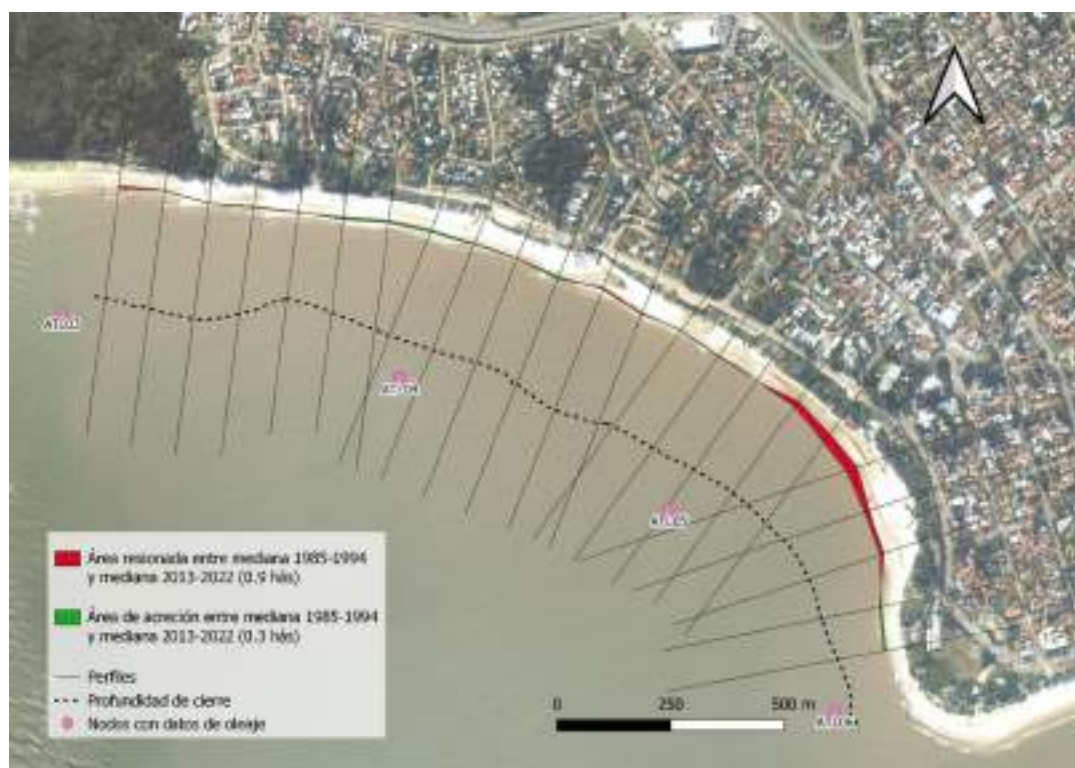


Figura 4-22 - Zonas de erosión (rojo) y acreción (verde) entre la mediana 1985-1994 y la mediana 2013-2022.

4.4.3. VARIABILIDAD A CORTO PLAZO

La variabilidad a corto plazo del perfil de playa incluye el avances y retrocesos del perfil por efecto de tormentas y períodos de calma, el ciclo anual de erosión y acreción de playa y la variabilidad interanual producto de la existencia de años más severos y menos severos, entre otros, pero deja por fuera la tendencia a largo plazo de erosión o acreción caracterizada en el apartado anterior.

Esta variabilidad se caracteriza calculando la desviación estándar de la posición de una curva de nivel fija (en este caso la curva correspondiente al nivel medio del mar), por lo tanto, resulta necesario tener en cuenta el nivel de mar al instante de la toma de las imágenes satelitales.

Para el cálculo de la desviación estándar se procede de la siguiente forma:

1. Se utiliza únicamente la información satelital obtenida desde 2013 en adelante, dado que en este período se dispone de un volumen de información significativamente mayor al disponible en el período previo a 2013, producto de la incorporación de las imágenes de los satélites Landsat 8, Sentinel 2 y, más recientemente, Landsat 9.
2. Para el análisis se seleccionan únicamente algunos perfiles en los que se ha observado que no existe tendencia en la posición de la línea de costa en el período 2013 – actualidad.
3. Se determina el nivel de mar medido en puerto al momento de la toma de las imágenes satelitales. Se descartan todas las imágenes para las que no se dispone de medición de nivel de mar.
4. Utilizando una ventana móvil de 60 cm, se determina la mediana de la progresiva de la línea de costa para cada valor del nivel de mar, tomando el nivel de mar cada 10 cm (esto resulta en una estimación del perfil de playa a partir de las imágenes satelitales; ver Figura 4-23).
5. A cada dato de progresiva de la línea de costa se le resta el valor de la mediana correspondiente al nivel de mar registrado al momento de la captura de la imagen, obteniéndose así una serie de datos de progresiva con media cero, asimilables a la posición del perfil de playa respecto a su posición media (este proceso es equivalente a trasladar la línea de costa instantánea hasta la curva de corte del perfil con el nivel medio de mar, usando siempre la misma forma del perfil de playa). Los datos resultantes de esta transformación se muestran en la Figura 4-24.

6. Por último, asumiendo una distribución normal para la posición del perfil de playa, su desviación estándar de dicha posición se calcula como el rango inter-cuartiles dividido entre 1,349, lo que reduce la sensibilidad de la estimación a la presencia de valores atípicamente altos o bajos.
7. Asumiendo independencia entre los datos obtenidos, se estima el retroceso esperable para períodos de retorno de 10 años y 100 años.

Este procedimiento de análisis se aplicó a los perfiles que presentan mayor estabilidad en el período reciente. Las Figura 4-23 y Figura 4-24 presentan un ejemplo de aplicación al perfil 10, la Figura 4-25 muestran la evolución de la progresiva para ese mismo perfil. Los resultados obtenidos varían a lo largo de la playa, con anchos, para un período de retorno de 100 años, del orden de 30 m en el tramo Oeste, 45 m en la zona central y 25 m en la parte Este. En promedio, los resultados obtenidos son:

- Retroceso del perfil de 10 años de período de retorno: 32 m con una desviación estándar de 4.4 m.
- Retroceso del perfil de 100 años de período de retorno: 40 m con una desviación estándar de 5.4 m.

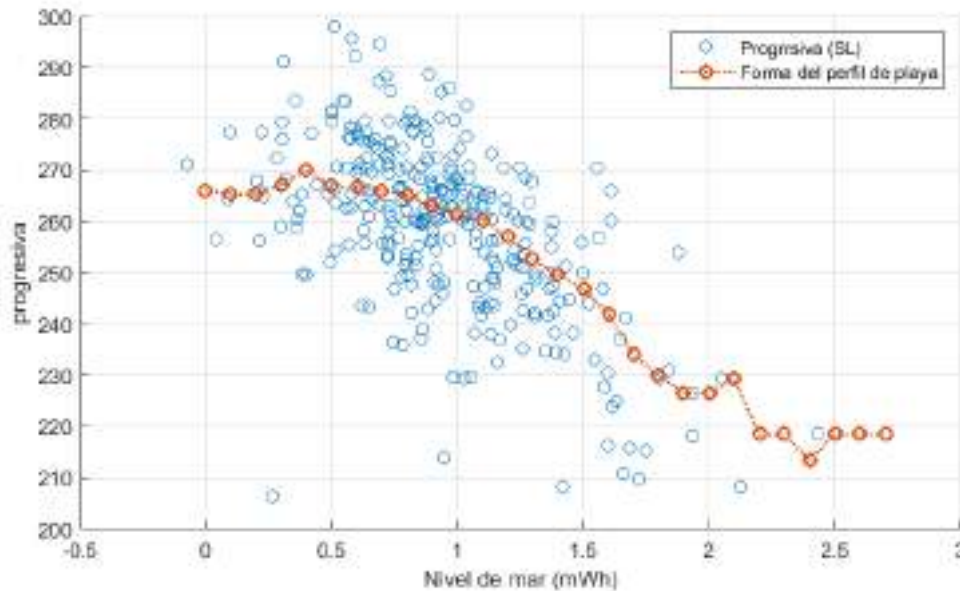


Figura 4-23 – Progresiva de la línea de costa y nivel de mar concomitante (puntos azules). Mediana de la progresiva para cada nivel de mar (puntos naranjas).

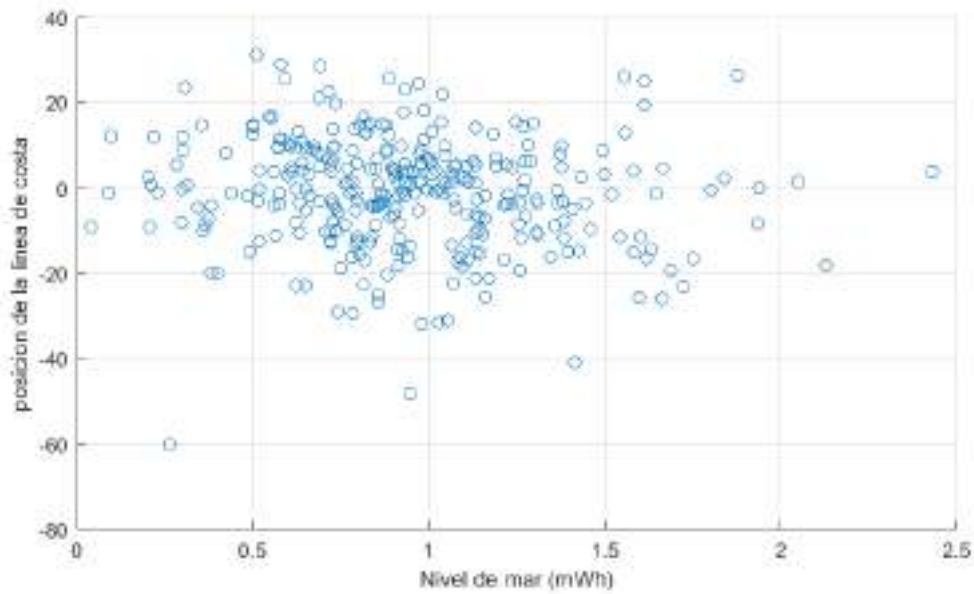


Figura 4-24 – Avance/retroceso del perfil de playa y nivel de mar concomitante.

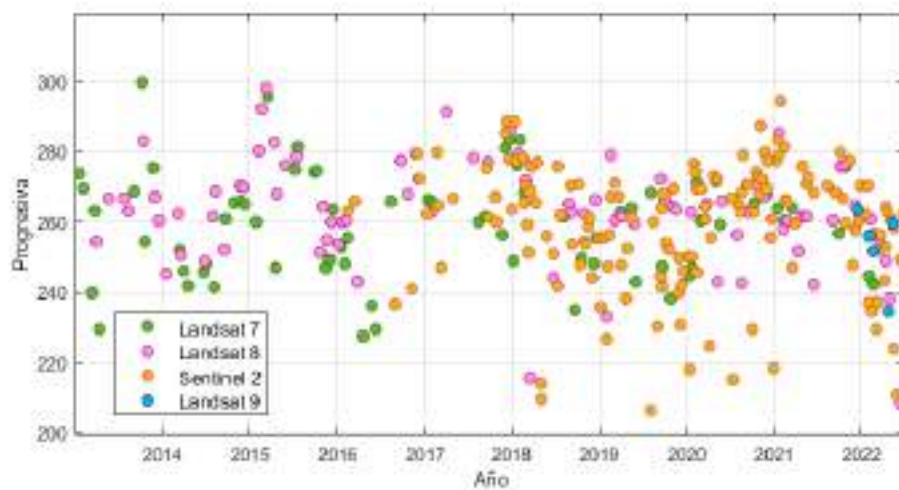


Figura 4-25 - Evolución de la progresiva de la línea de costa en el perfil 10 para el período 2013-2022.

4.4.4. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO EN PLANTA A LARGO PLAZO

Se utiliza la parábola de equilibrio en planta para analizar la estabilidad a largo plazo de la playa Mansa de Atlántida, mediante el uso de la herramienta MepBay (Klein et al. 2003⁴). Para la aplicación de la parábola de equilibrio se deben definir tanto el punto de difracción del oleaje (punto duro aguas arriba, en términos de corriente litoral) y la orientación de la costa en el límite aguas abajo corriente litoral de la playa. Para este último parámetro se considera la orientación de la playa en Marindia.

La Figura 4-26 presenta el resultado obtenido de aplicar la parábola de equilibrio. Se observa que la posición de equilibrio estático a largo plazo estaría notoriamente por detrás de la línea de costa actual. De acuerdo con lo discutido en Hsu et al. (2021)⁵, esta situación se asocia a condiciones de equilibrio dinámico o retroceso de la línea de costa, según exista o no aporte de sedimento al sistema (la dinámica de transporte de sedimentos en el sistema se analiza en el apartado siguiente).

⁴ Klein, A. H. da F., Vargas, A., Raabe, A. L. A., & Hsu, J. R. C. (2003). Visual assessment of bayed beach stability with computer software. *Computers & Geosciences*, 29(10), 1249–1257. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.08.002>

⁵ Hsu, J.R.C., Lee, J.L., Klein, A.H.F., González, M., Medina, R. 2021. Headland-Bay Beaches. Static Equilibrium Concept for Shoreline Management. *Advances Series on Ocean Engineering*. Volume 53. World Scientific Publishing. <https://doi.org/10.1142/12026>



Figura 4-26 – Forma de equilibrio estático en planta a largo plazo para el arco de playa desde Marindia a Atlántida (playa Mansa), considerando como punto de difracción del oleaje la Isla de la Sirena.

4.5. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En este tramo de costa el transporte de sedimentos en playa está controlado mayoritariamente por efecto del oleaje, siendo los transportes de origen eólico de segundo orden en la morfodinámica de las playas (ver e.g. Solari et al. 2018⁶). Se procede por tanto a estimar únicamente el transporte potencial litoral de arena generado por el oleaje.

Se calcula el transporte litoral potencial en cada uno de los perfiles de playa ya utilizados para el análisis de la evolución de la línea de costa (ver Figura 4-19), utilizando para ello la fórmula del CERC:

$$Q_{cerc} = k_{cerc} c_g H_b^2 \sin 2\alpha_{bs}$$

Usando el coeficiente de calibración k_{cerc} propuesto por Mil-Homens et al. (2013)⁷:

$$k_{cerc} = \left[\left(2232.7 \left(\frac{H_b}{L_o} \right)^{1.45} + 4.505 \right) \left(16 \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) (1 - p) \right) \right]^{-1}$$

En donde α_{bs} es el ángulo en la rompiente relativo a la costa (ver Figura 4-27), H_b es la altura de ola en la rompiente, c_g es la celeridad de grupo en la rompiente, L_o es la longitud de onda en aguas profundas, ρ_s y ρ_w son la densidad de la arena y del agua, respectivamente, y p es la porosidad de la arena. Para el cálculo de las características del oleaje en la rompiente en cada perfil se propaga el oleaje desde el nodo costero más próximo (ver Figura 4-12) hasta la rompiente mediante ley de Snell, considerando como criterio de rotura la relación $H_b/h = 0,6$.

Según la convención de ángulos utilizada, el sentido del transporte litoral positivo (negativo) corresponde a transporte hacia la derecha (izquierda) para un observador que esté parado en la playa mirando hacia el mar.

La Figura 4-28 muestra el transporte litoral potencial neto anual en perfiles extremos al Oeste y Este de la playa Mansa de Atlántida. Se observa que el transporte potencial neto es similar en ambos perfiles (aprox. 10.000 m³/año), lo cual es coherente con la situación de línea de costa relativamente estable y balance de sedimentos próximo a cero determinada en la

⁶ Solari, S., Alonso, R., Teixeira, L., 2018. Analysis of Coastal Vulnerability along the Uruguayan coasts. J. Coast. Res. 85, 1536–1540. <https://doi.org/10.2112/SI85-308.1>

⁷ Mil-Homens, J., Ranasinghe, R., van Thiel de Vries, J.S.M., Stive, M.J.F., 2013. Re-evaluation and improvement of three commonly used bulk longshore sediment transport formulas. Coast. Eng. 75, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.01.004>

sección 4.4.2. A su vez, se tiene que el transporte bruto en la zona presenta valores de 60.000 m³/año en el extremo Oeste y 100.000 m³/año en el tramo Este.

La Figura 4-29 muestra el transporte litoral potencial neto anual en los diferentes perfiles de la playa Mansa de Atlántida. Se observa una capacidad de transporte similar en todo el tramo (aprox. 100.000 m³/año), excepto en la zona entre la explanada y el club de Yates. A diferencia de lo observado en los extremos, el transporte negativo (hacia el Este) en la zona de estudio es despreciable frente al positivo, debido a la orientación de la playa respecto al oleaje.

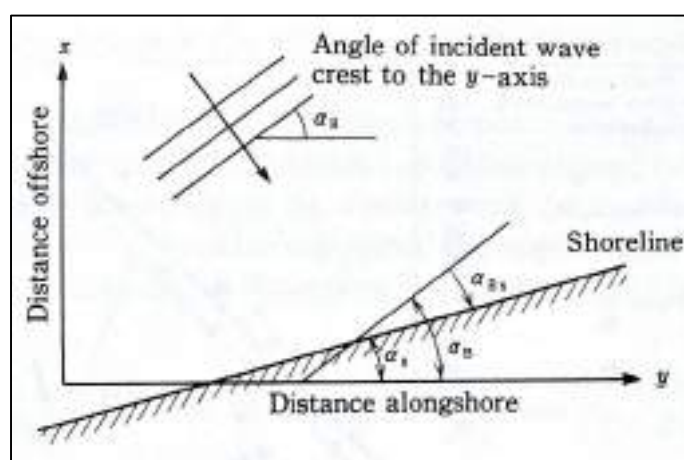


Figura 4-27 – Convención de ángulos (tomado de figura 3.2 de Horikawa 1988 Part IV⁸).

⁸ Horikawa, Kiyoshi, ed. 1988. Nearshore Dynamics and Coastal Processes. Theory, Measurement, and Predictive Models. University of Tokyo Press.



Figura 4-28 - Transporte litoral neto estimado para la zona. Se muestra el resultado del transporte neto.

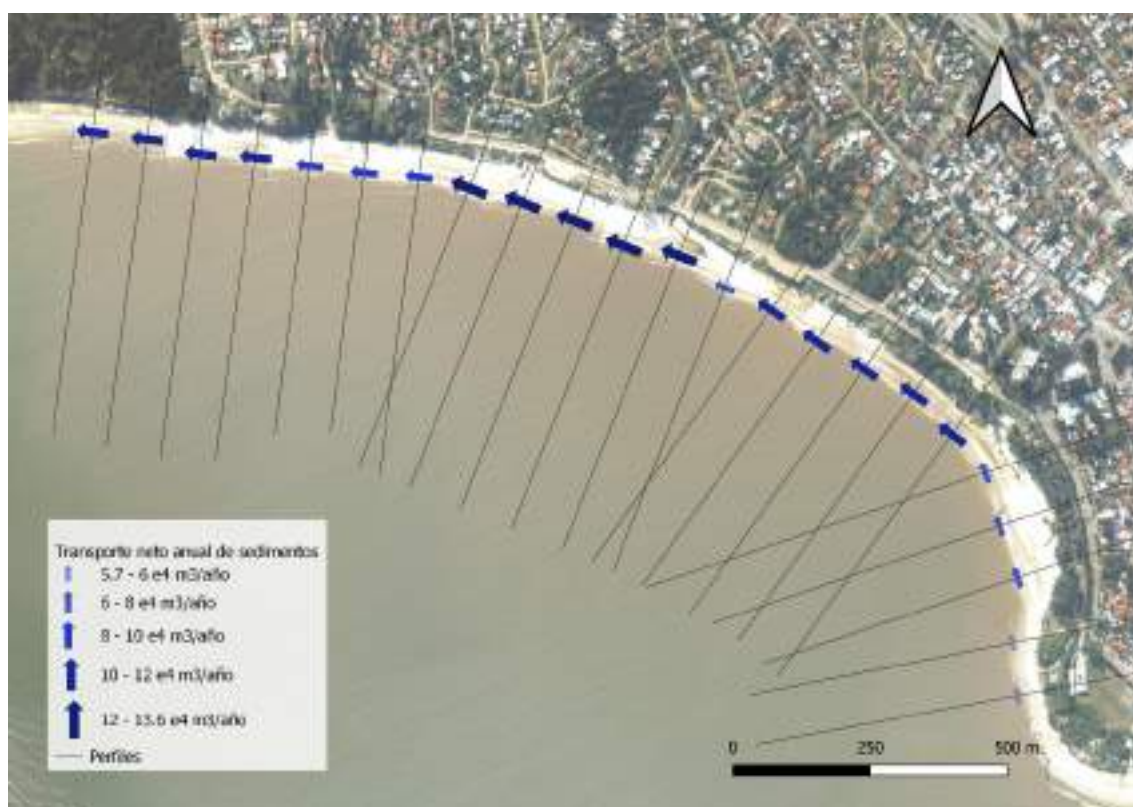


Figura 4-29 – Transporte litoral neto estimado para cada uno de los perfiles de playa.

4.5.1. BYPASS DE ARENA A TRAVÉS DE LA PUNTA DE ATLÁNTIDA

Las dimensiones de la punta rocosa de Atlántida (incluyendo la Isla de la Sirena), así como el hecho de que en general se observe que la misma está tapada de arena, permiten concluir que no hay una interrupción al transporte litoral en esta saliente y que los aprox. 10.000 m³/año de transporte potencial neto de la playa Brava no estarán obstaculizados para alcanzar la playa Mansa. Sin embargo, cabe señalar algunas particularidades respecto a cómo podría estar ocurriendo este transporte.

En la zona inmediatamente al Oeste de la punta de Atlántida se tiene que el oleaje incide de forma muy oblicua. Esto tiene dos consecuencias: en primer lugar, el transporte litoral potencial en este tramo inicial de la playa Mansa sería relativamente bajo en comparación al del resto de la playa, y en segundo lugar la incidencia oblicua propicia la generación de salientes de arena por inestabilidad en el transporte litoral (ver e.g. Murray & Ashton 2013⁹). En este sentido, el análisis de las imágenes satelitales de alta resolución disponibles en Google Earth Pro sugiere que el transporte de sedimentos desde la playa Brava hacia la Mansa estaría ocurriendo por transporte litoral en una barra de arena que se establece por delante del primer tramo de la playa Mansa y que se une a la playa recién a la altura de la Calle 24, pasando la explanada y la zona de playa húmeda (ver ejemplos en Figura 4-31). Este proceso sería coherente con los mecanismos de *bypass* de arena existentes en algunas puntas rocosas (Klein et al. 2020¹⁰; ver Figura 4-32).

⁹ Murray, A.B., Ashton, A.D., 2013. Instability and finite-amplitude self-organization of large-scale coastline shapes. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 371, 20120363. <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0363>

¹⁰ Klein, A.H.F., Vieira da Silva, G., Tabora, R., da Silva, A.P., Short, A.D. 2020. Headland bypassing and overpassing: Form, processes and applications. Chap. 23 in D.W.T. Jackson & A.D. Short (Eds.) *Sandy Beach Morphodynamics*, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00023-0>



Figura 4-30 - Esquema de bypass de arena a través de punta de Atlántida.



Figura 4-31 – Fotos satelitales de julio de 2019 (arriba) y marzo de 2020 (abajo).



Classification	Main driver process	Conceptual model	Examples
Headland cross-embayment bypassing (HBE)			
	Wave shoaling-induced cross-embayed sand bypassing	 <p>Adapted from Smith (2001).</p>	 <p>Adapted from Goodwin et al. (2013).</p>
Headland bypassing: Waves + tides/wind HBE1/wk HBE1/wk HBE1/wk	HBE HBE HBE assisted by tidal (t), wind (w) driven and/or shelf (s) currents	Examples: Vieira da Silva (2016a, 2018) 'Y' and 'S' (Vieira da Silva, 2016a) 'S' Byron Bay (Goodwin et al., 2016; see HBE 'offshore loss')	See Fig. 23.7 in Box 23.3.

Figura 4-32 – Ejemplo de mecanismo de bypass de salientes rocosas (tomado de Klein et al. 2020).

4.5.2. EFECTO DE LOS ESPIGONES

El análisis de las imágenes satelitales de alta resolución disponibles en Google Earth Pro muestra que con excepción de los dos primeros espigones ubicados en el tramo Este de la playa, los restantes tienden a acumular arena en su lado Este (ver e.g. Figura 4-33) aunque en ocasiones no se aprecia una diferencia significativa en las características de la playa o el avance de la línea de costa entre sus lados Este y Oeste (ver Figura 4-34 y Figura 4-35). La interpretación que se hace de esto es que cuando el transporte litoral es hacia el Oeste y la línea de costa no ha avanzado tanto como para enterrar los espigones, éstos son capaces de retener arena y afectar la configuración de la línea de costa.

Esto es coherente con lo señalado en el MTOP (1979)¹¹. En el mismo se indica que en la década de los 60 se observó una fuerte erosión en la playa mansa de Atlántida, lo que originó la construcción de 5 espigones entre 1970 y 1974, los cuales en poco tiempo produjeron una

¹¹ Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – UNESCO. Conservación y Mejora de Playas – URU. 73.007. Uruguay, 1979.

acumulación apreciable de arena y una elevación de la playa. Se indica a su vez que la forma de la acumulación de arena evidencia la existencia de transporte litoral hacia el Oeste, y que los espigones han sido eficaces y han logrado detener la erosión de la playa en la zona protegida. La Figura 4-36 presenta la foto aérea de Atlántida de los vuelos de 1966, en donde se observa que el ancho de playa en el primer tramo de la playa mansa es menor al del tramo final (zona del Águila). La Figura 4-37 muestra la foto aérea de la playa mansa de 1978, incluida en MTOP (1979); allí se observa que el ancho de playa en el primer tramo de la playa mansa, en la zona en donde se construyó la batería de 5 espigones entre 1970 y 1974, es mayor al ancho de playa en la zona sin espigones.



Figura 4-33 – Foto satelital de febrero de 2020. En todos los espigones se observa acumulación de arena en su lado Este.



Figura 4-34 – Foto satelital de octubre de 2013. Solo algunos de los espigones muestran acumulación de arena en su lado Este; otros parecen completamente tapados de arena.



Figura 4-35 – Foto satelital de julio de 2015. En general no se observa diferencia en la acumulación de arena entre los lados Este y Oeste de los espigones.



Figura 4-36 – Foto aérea de la playa mansa de 1966 (tomada del visualizador de ide.uy).



Figura 4-37 – Foto aérea de la playa mansa tomada en 1978. Figura 8.20 (y su pie de figura) de “Conservación y Mejora de Playas” (MTO, 1979).

4.6. BARRANCAS EN TRAMO DE VILLA ARGENTINA

MTO (1979) informa sobre el retroceso de barrancas en la zona de Villa Argentina (tramo Oeste de la playa mansa). Según este informe la erosión de las barrancas es de origen pluvial y marítimo, siendo este último el dominante. Se indica también que la erosión de las barrancas pudo verse incrementada por la construcción de los 5 espigones mencionados anteriormente, lo cual es coherente con el transporte litoral neto en dirección Este-Oeste señalado tanto en MTO (1979) como en este informe.

Posterior a dicho informe se extendió el campo de espigones al tramo oeste de la playa mansa (Villa Argentina). El análisis presentado en la sección 4.4.2 indica que esta extensión del Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

campo de espigones ha sido una medida exitosa a la hora de estabilizar la posición de la línea de costa, aunque no dice nada específico respecto a la erosión de las barrancas. Por otro lado, si bien la bibliografía existente no es meridianamente clara respecto a la situación actual de las barrancas, la misma parecería indicar que en la zona en que hay espigones el eventual retroceso de las mismas es producido por las descargas pluviales:

- Goso (2011)¹² cita a Goso & Goso (2004)¹³ para señalar que la velocidad del retroceso del acantilado ha sido de 0,6 m/año, indicando que el principal responsable de este retroceso ha sido el drenaje de pluviales.
- De Goso & Goso (2004) se deduce que el retroceso indicado surge de conocer la posición del barranco al momento de construcción de El Águila (aprox. 1940) y en una fecha indeterminada previa a la publicación: en ese período el retroceso de la barranca habría sido de algo menos de 40 m, lo que resultaría en los 0,6 m/año informados. Se hace notar que este resultado no diferencia entre el período pre-espigones y el período post-espigones, por lo cual dicho resultado no aporta información relevante para cuantificar el eventual retroceso de las barrancas en la actualidad.
- Gutierrez & Panario (2006)¹⁴ comentan que luego de la construcción de los espigones se aceleró el proceso de erosión de las barrancas al Oeste del último espigón construido, resultando en un retroceso de las barrancas de 11 m entre 1985 y 2003, aunque no se indica en qué datos y con qué metodología se obtuvo dicha estimación de los retrocesos.

En resumen, no hay evidencia de que las barrancas en la zona de Atlántida y Villa Argentina en la cual hay espigones estén sufriendo un proceso de retroceso por acción marítima, aunque sí podría haber zonas afectadas por descargas de pluviales.

¹² C. Goso 2011. Geología y problemática costera del departamento de Canelones (Uruguay). En R.A. López & S.C. Marcomini (Eds.) “Problemática de los Ambientes Costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina”. Editorial Croquis.

¹³ C. Goso & H. Goso 2004. Medio ambiente, riesgos geológicos y registros cenozoicos de Uruguay. En “Cuencas sedimentarias de Uruguay – Cenozoico”. DIRAC.

¹⁴ Gutierrez & Panario 2006. Evolución de la desembocadura del Arroyo Pando (Canelones, Uruguay): ¿tendencias naturales o efectos antrópicos? En Menafra et al. (Eds.) “Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya”. Vida Silvestre.

4.7. PLAYA HÚMEDA

La playa Mansa de Atlántida tiene un problema de humedad en playa que afecta su potencial uso recreativo (ver Figura 4-38 y Figura 4-39).

Goso & Goso (2004) discuten brevemente el problema del anegamiento de la playa Mansa de Atlántida y Villa Argentina, indicando que el problema comenzó en 1999. Los autores incluyen un esquema de la conformación geológica de la zona y una foto de la playa Mansa de Atlántida de 2002 en que se ve claramente la problemática señalada, las cuales se reproducen aquí en la Figura 4-40 y la Figura 4-41, respectivamente.

En torno a 2007 la Intendencia de Canelones instaló un sistema de drenes y bombeo en la zona. A su vez, la Intendencia ha realizado distintas intervenciones en los sistemas pluviales para disminuir, amortiguar y desacelerar drenajes hacia la costa. Sin embargo, como se evidencia en las fotos satelitales recientes (ver ejemplo en Figura 4-38 y Figura 4-39), el problema de playa húmeda o anegamiento persiste. En este sentido, se han recibido comentarios respecto a que el sistema de los drenes no estaría operando, aunque no se tienen documentos que lo confirmen.

Del análisis de las fotos satelitales surge que a la fecha el tramo de playa más comprometido por los problemas de playa húmeda es el comprendido entre las calles 12 y 24 (entre 300 m y 400 m lineales de playa).



Figura 4-38 – Foto satelital del 20/1/2015 (tomada de Google Earth Pro).



Figura 4-39 – Foto satelital del 2/1/2022 (tomada de Google Earth Pro).

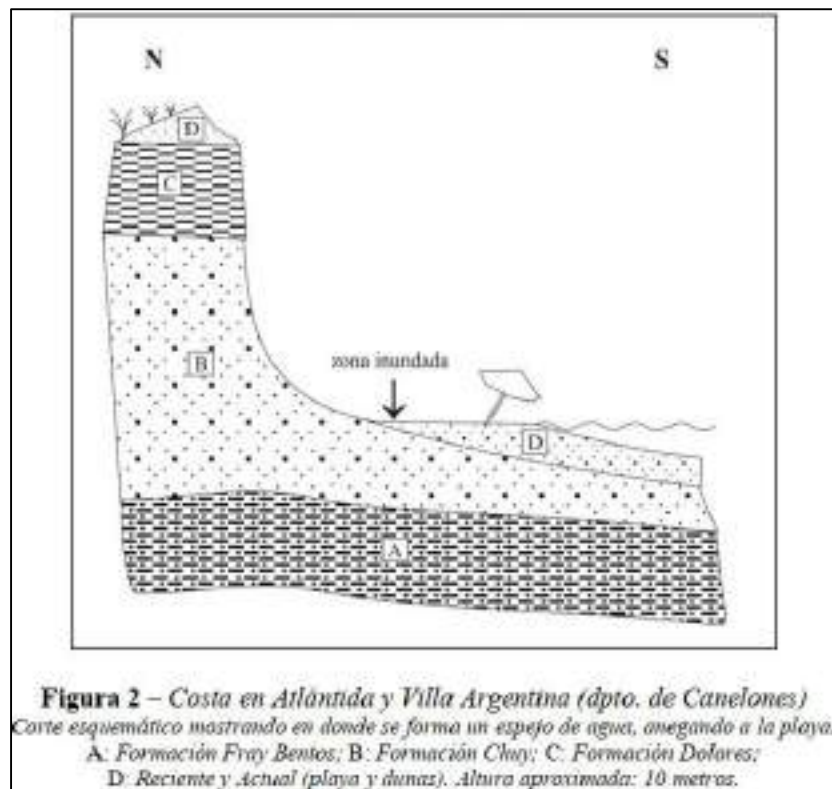


Figura 4-40 – Esquema de la configuración geológica de la playa Mansa de Atlántida (tomado de Goso & Goso 2004).



Figura 4-41 - Foto de 2002 de la playa mansa de Atlántida (Lámina XXV-C de Goso & Goso 2004).

4.8. RESUMEN DE SITUACIÓN ACTUAL (LÍNEA BASE)

El análisis de equilibrio estático a largo plazo de la línea de costa (sección 4.4.4) indica que la playa se encuentra por delante de su posición de equilibrio estática. A su vez, el análisis del transporte litoral potencial de sedimentos (sección 4.5) muestra que la capacidad de transporte litoral en la zona de estudio es un orden de magnitud mayor a la capacidad de aporte de sedimentos desde la playa Brava (100.000 m³/año contra 10.000 m³/año). Estos resultados indicarían una tendencia al retroceso de la playa que sin embargo no se ha observado en las últimas décadas: el análisis de las imágenes satelitales muestra que, excepto en el tramo Este de la playa Mansa, la línea de costa se ha mantenido relativamente estable desde 1985 hasta la fecha (sección 4.4.2). Se concluye por tanto que los espigones construidos a partir de inicio de los años 70 del siglo pasado han sido exitosos en la estabilización de la línea de costa en la playa Mansa de Atlántida y Villa Argentina, coincidiendo con lo observado ya en 1979 en el informe de playas del MTOP.

El análisis de variabilidad de posición del perfil de playa (sección 4.4.3) muestra que se necesitan en promedio 32 m (40 m) de playa para atender los eventos de erosión de período de retorno 10 años (100 años). Al analizar la disponibilidad de espacio actual se ve que existe disponibilidad a lo largo de todo el tramo de costa estudiado (ver Figura 4-45, Figura 4-46 y Figura 4-47), aunque en algunos tramos el evento de 100 años de período de retorno estaría próximo al pique del barranco. Esto es coherente con los análisis encontrados en la bibliografía en cuanto al retroceso de los barrancos (sección 4.6). Visto que luego de la construcción de los espigones se ha logrado mantener un ancho de playa estable y suficiente para atender los eventos extremos de erosión, la principal amenaza a la estabilidad de las barrancas hoy en día serían las descargas de pluviales.

Por último, la zona de la playa Mansa ubicada entre la explanada y el embarcadero de yates presenta el inconveniente de estar húmeda casi ininterrumpidamente, lo que disminuye su atractivo para la recreación (ver Figura 4-48). Del análisis de las imágenes satelitales se deduce que este tramo de playa es a su vez el único tramo de la zona de estudio que presenta tendencias de retroceso de la línea de costa (sección 4.4.2), aunque con la información disponible no es posible determinar si este retroceso ocurrió manteniendo siempre un mismo perfil de playa o si el perfil de playa ha presentado tendencia a una menor pendiente (perfil más tendido). A su vez, el análisis de las imágenes satelitales de alta resolución sugiere que en esta zona el aporte de transporte litoral podría ser limitado, dado que el mismo parecería

estar ocurriendo aguas afuera de una barra o lengua de arena que suele ubicarse por delante de esta playa (sección 4.5.1). Por otro lado, la bibliografía disponible señala al aumento del nivel de la napa como responsable del anegamiento de la playa Mansa (sección 4.7), algo que no pudo ser verificado en el marco de este proyecto con la información disponible, pero que será considerado como hipótesis de trabajo en la propuesta de alternativas de intervención.



Figura 4-42: Espigones frente a estacionamiento y plazoleta "Un sol para Atlántida".



Figura 4-43: Espigón donde se evidencia acumulación de arena del lado Este.



Figura 4-44 – Profundidad de cierre calculada para cada nodo de oleaje (puntos violetas), curva estimada de posición en planta de la profundidad de cierre (línea cortada) y ubicación y profundidad de los morros de los espigones (puntos rojos). Cotas respecto a NMM, positivo hacia abajo.



Figura 4-45 – Tramo de costa desde el Águila hasta monumento “Mujer en la playa”. Línea de costa actual obtenida como la mediana 2013-2022 de CoastSat (celeste); franja correspondiente a evento de erosión de 10 años de período de retorno (amarillo); franja correspondiente a evento de erosión de 100 años de período de retorno (naranja). En ambas franjas se consideró el resguardo adicional de 5 m.



Figura 4-46 – Tramo de costa desde el monumento “Mujer en la playa” hasta la explanada. Línea de costa actual obtenida como la mediana 2013-2022 de CoastSat (celeste); franja correspondiente a evento de erosión de 10 años de período de retorno (amarillo); franja correspondiente a evento de erosión de 100 años de período de retorno (naranja). En ambas franjas se consideró el resguardo adicional de 5 m.



Figura 4-47 – Tramo de costa desde la explanada hasta el club de Yates. Línea de costa actual obtenida como la mediana 2013-2022 de CoastSat (celeste); franja correspondiente a evento de erosión de 10 años de período de retorno (amarillo); franja correspondiente a evento de erosión de 100 años de período de retorno (naranja). En ambas franjas se consideró el resguardo adicional de 5 m.



Figura 4-48 – Zona húmeda de la playa de Atlántida. Foto de Gustavo Marquez Photography tomada de google earth.

4.9. PROYECCIÓN DE EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

De los estudios realizados por IH-Cantabria para la costa de Uruguay¹⁵, así como de Jackson et al. (2022)¹⁶ se desprende que el principal cambio en los agentes marítimos asociados al cambio climático es el aumento del nivel medio del mar, siendo los cambios en las mareas (meteorológica y astronómica) y en el oleaje de segundo orden respecto a aquel. A su vez, de los estudios presentados en las secciones anteriores surge que el tramo de costa analizado no tiene déficit de sedimentos. Por lo tanto, para la proyección de la evolución de la línea de costa a mediano y largo plazo se considerará únicamente el retroceso de la línea de costa por redistribución de los sedimentos en el perfil de playa, producto del aumento del nivel medio del mar.

Siguiendo lo establecido en los términos de referencia del proyecto, se trabaja con las proyecciones de aumento del nivel medio del mar correspondientes al escenario RCP 8.5. La Figura 4-49 superpone la evolución reciente del nivel medio del mar medido en Montevideo (datos de ANP) con la proyección de aumento del nivel medio del mar incluida en el informe de IH-Cantabria.

Para las proyecciones de la evolución de la línea de costa a futuro se consideran dos horizontes temporales: 2050 y 2075. A su vez, a efecto de estas proyecciones al horizonte 2050 se le asocia un aumento de nivel medio del mar de 20 cm respecto al nivel medio actual, mientras que al horizonte 2075 se le asocia un aumento de 40 cm. Cabe señalar que estas proyecciones son coherentes con las últimas proyecciones regionales incluidas en el IPCC AR6¹⁷.

¹⁵ IH-Cantabria. Desarrollo de herramientas tecnológicas para evaluar los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en la zona costera de Uruguay. D3.2: proyecciones de cambio climático del oleaje y residuo del nivel del mar en Uruguay. Proyecciones regionales del nivel medio del mar en Uruguay. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-08/Proyecciones%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico%20del%20oleaje%20y%20residuo%20del%20nivel%20del%20mar%20en%20Uruguay_0.pdf

¹⁶ Jackson, M., Fossati, M., & Solari, S. (2022). Sea Levels Dynamical Downscaling and Climate Change Projections at the Uruguayan Coast. *Frontiers in Marine Science*, 9(March), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.846396>

¹⁷ Ver herramienta en línea: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

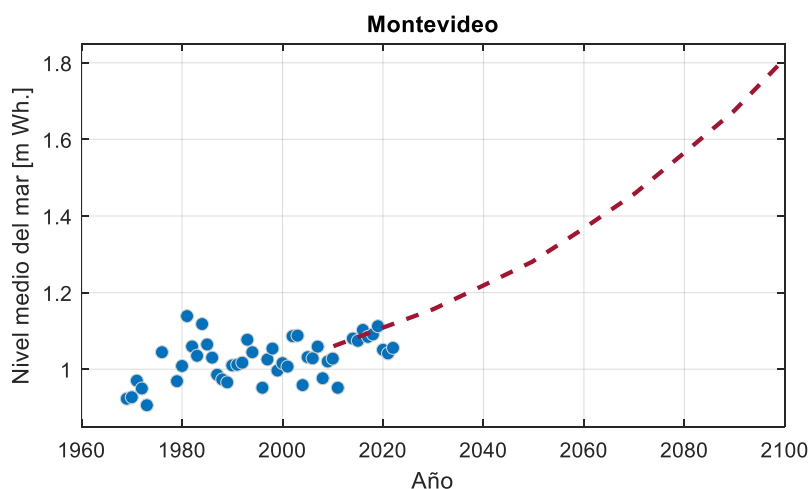


Figura 4-49 – Superposición de los datos de nivel medio anual medido en Montevideo por ANP y proyección del aumento del nivel medio del mar para el escenario RCP8.5 informada por IH-Cantabria para la costa de Uruguay.

4.9.1. PROYECCIÓN DEL RETROCESO POR AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

El aumento del nivel medio del mar produce una redistribución de los sedimentos en el perfil de playa, el cual típicamente resulta en un retroceso del perfil, sin afectar la forma del mismo, si existe suficiente disponibilidad de sedimentos (por ejemplo, en el caso de un perfil con duna que sirva de fuente de sedimentos), o en el descenso del perfil cuando se tiene un revestimiento, barranco o muro costero que limite el suministro de sedimentos desde tierra.

Para calcular el retroceso del perfil (o su descenso en caso de perfiles en que el retroceso esté limitado, por ejemplo, por la presencia de roca) se utiliza el modelo ShoreTrans¹⁸. Éste es un modelo sencillo de traslación del perfil de playa basado en reglas, que utiliza el perfil de playa medido (no una parametrización o un perfil simplificado) para estimar el cambio en la línea de costa resultante del aumento del nivel medio del mar de forma realista. Los perfiles de playa se construyeron combinando la información topo-batimétrica proporcionada por la Intendencia de Canelones con la información del modelo digital del terreno disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales (ide.uy). En todos los perfiles se consideró que la erosión

¹⁸ McCarroll, R. J., Masselink, G., Valiente, N. G., Scott, T., Wiggins, M., Kirby, J. A., & Davidson, M. (2021). A rules-based shoreface translation and sediment budgeting tool for estimating coastal change: ShoreTrans. *Marine Geology*, 435, 106466. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106466>

máxima puede llegar hasta el pie del barranco. La Figura 4-50 presenta un ejemplo de aplicación del modelo ShoreTrans al perfil 12.

Las figuras siguientes muestran los resultados de retroceso de línea de costa en la playa Mansa de Atlántida por efecto del aumento del nivel medio de mar para escenarios de aumento de 20 cm (Figura 4-51) y 40 cm (Figura 4-52) respecto al nivel medio actual. Se observa que los perfiles 15 a 20 (zona de la curva) muestran un retroceso mayor, con un máximo en el perfil 19 de 11 m para 2050 y 22 m para 2075.

La Figura 4-53 muestra los descensos a pie de barranco calculados con el ShoreTrans para un aumento de nivel medio del mar de 20 cm. Se observa que las zonas comprometidas que podrían requerir protección son la zona del Águila y de la plazoleta “Un Sol para Atlántida”.

Por último, se calculó el retroceso de los distintos perfiles par aumentos del nivel medio del mar de hasta 1 m. Con esto se estimó el retroceso medio de la línea de costa para toda la zona de estudio (Figura 4-54) y, a partir de este último, la consecuente reducción en el área de playa (Figura 4-56; la Figura 4-55 presenta el área de playa actual), así como la longitud de barrancas/taludes que estarían amenazados ante eventos extremos de oleaje (Figura 4-57).

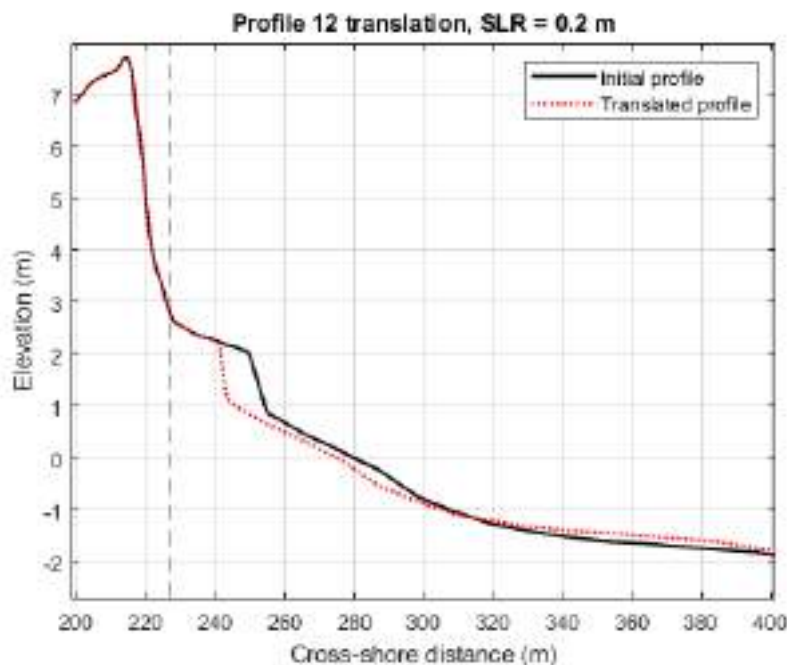


Figura 4-50 – Ejemplo de la aplicación del modelo ShoreTrans al perfil 19, considerando un aumento del nivel medio del mar de 20 cm.

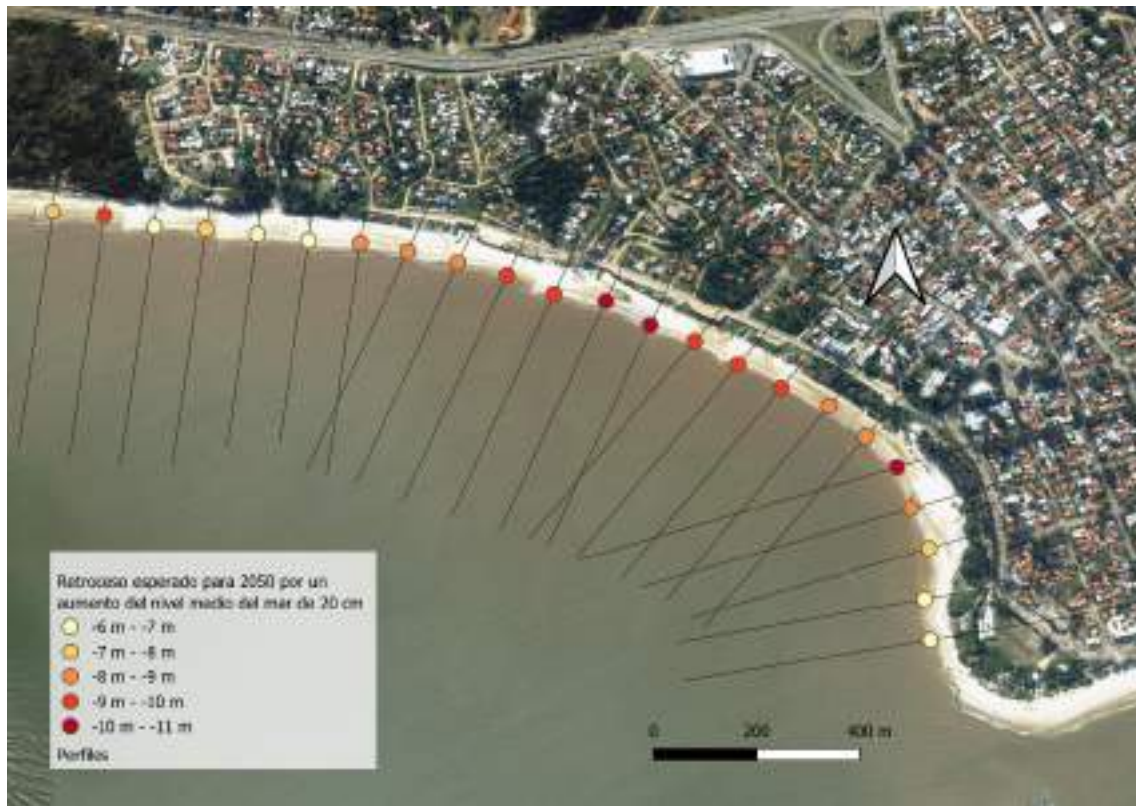


Figura 4-51 – Retroceso esperable de la línea de costa por efecto de un aumento de 20 cm del nivel medio del mar, calculado con el modelo ShoreTrans.

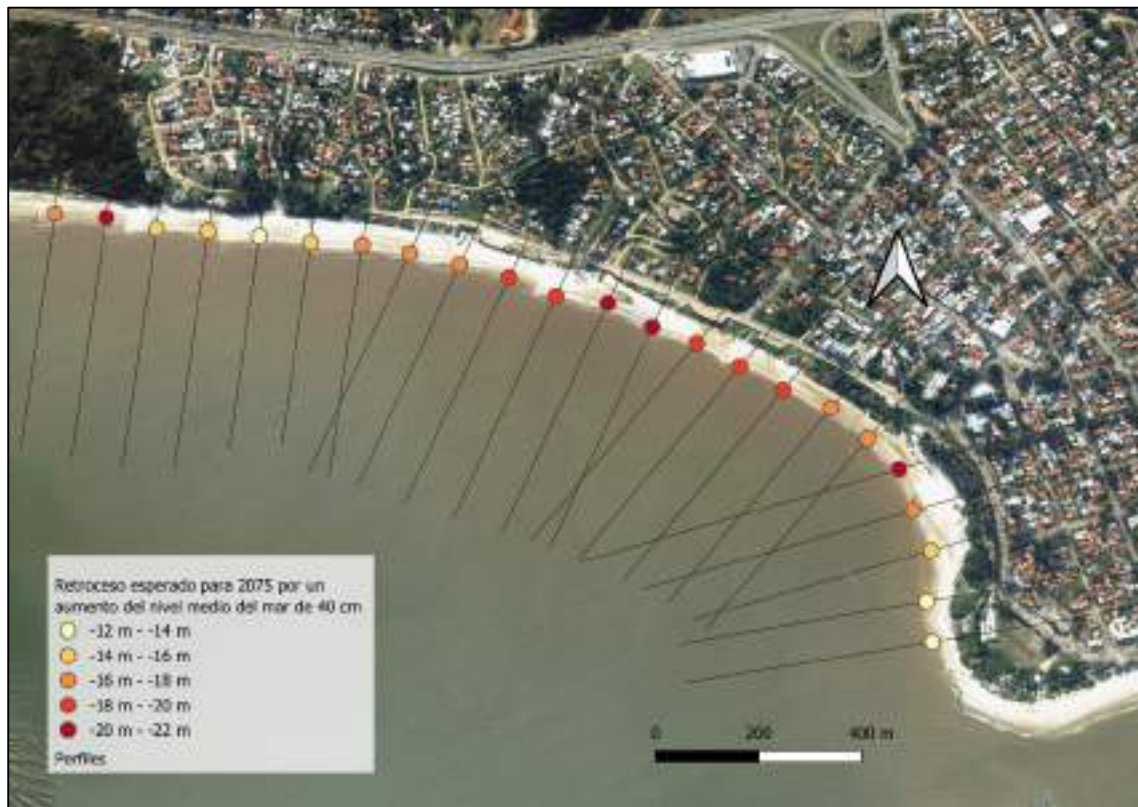


Figura 4-52 – Retroceso esperable de la línea de costa por efecto de un aumento de 40 cm del nivel medio del mar, calculado con el modelo ShoreTrans.

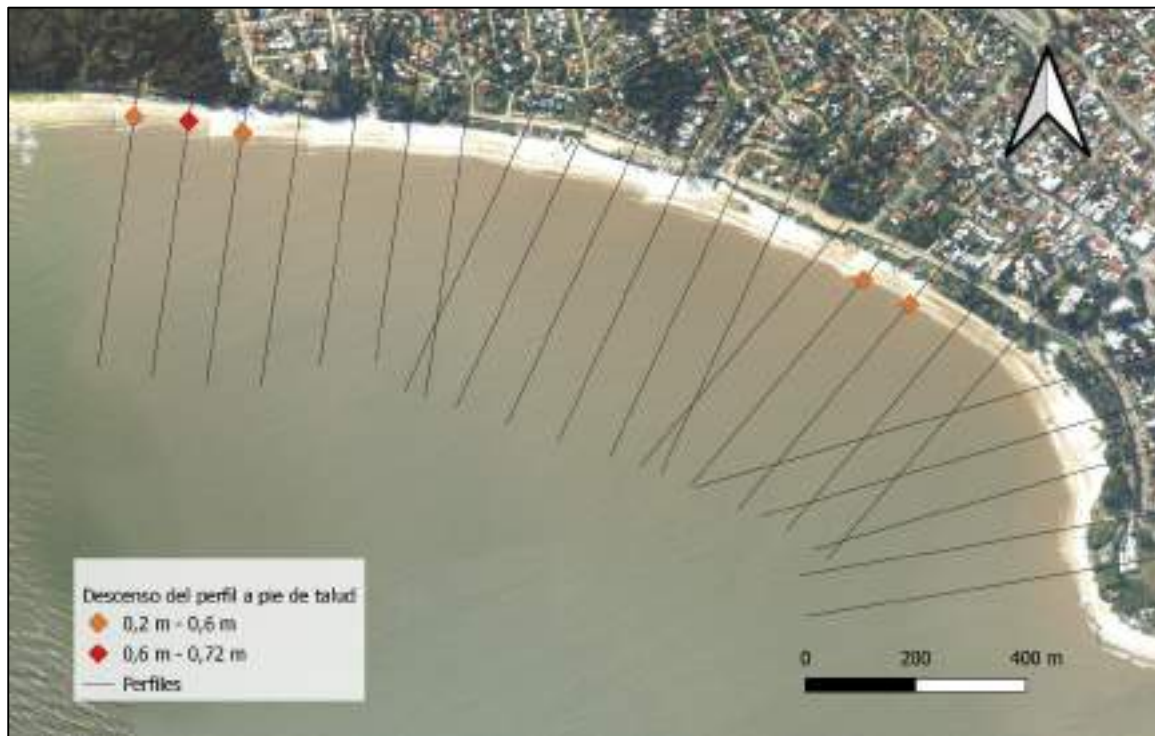


Figura 4-53 - Descenso esperable a pie de barranco por efecto de un aumento de 20 cm del nivel medio del mar, calculado con el modelo ShoreTrans.

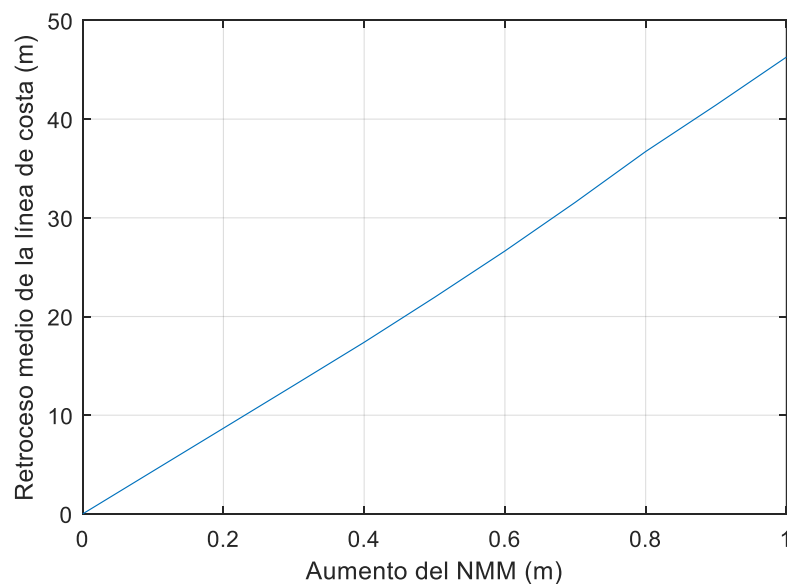


Figura 4-54 – Evolución del retroceso medio de la línea de costa en función del aumento del Nivel Medio del Mar (m).



Figura 4-55 – Área de playa actual (aprox. 14 has).

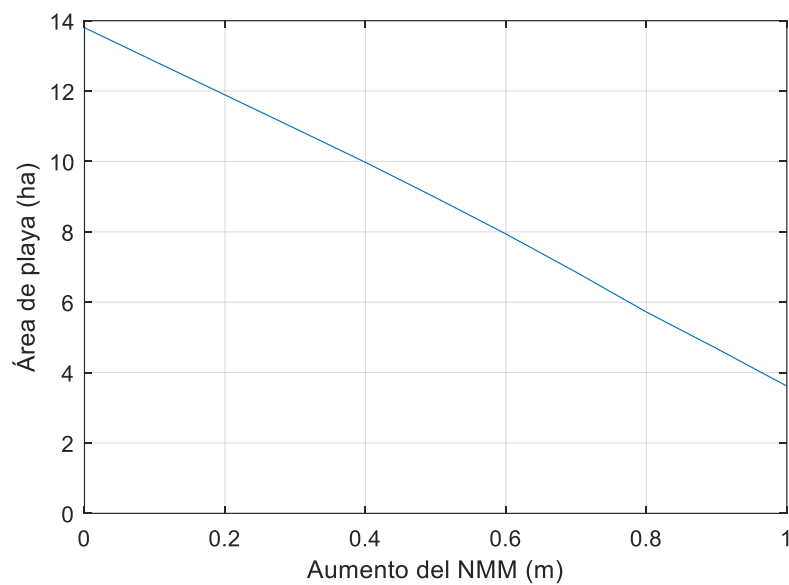


Figura 4-56 – Evolución del área total de playa en función del aumento del Nivel Medio del Mar (NMM).

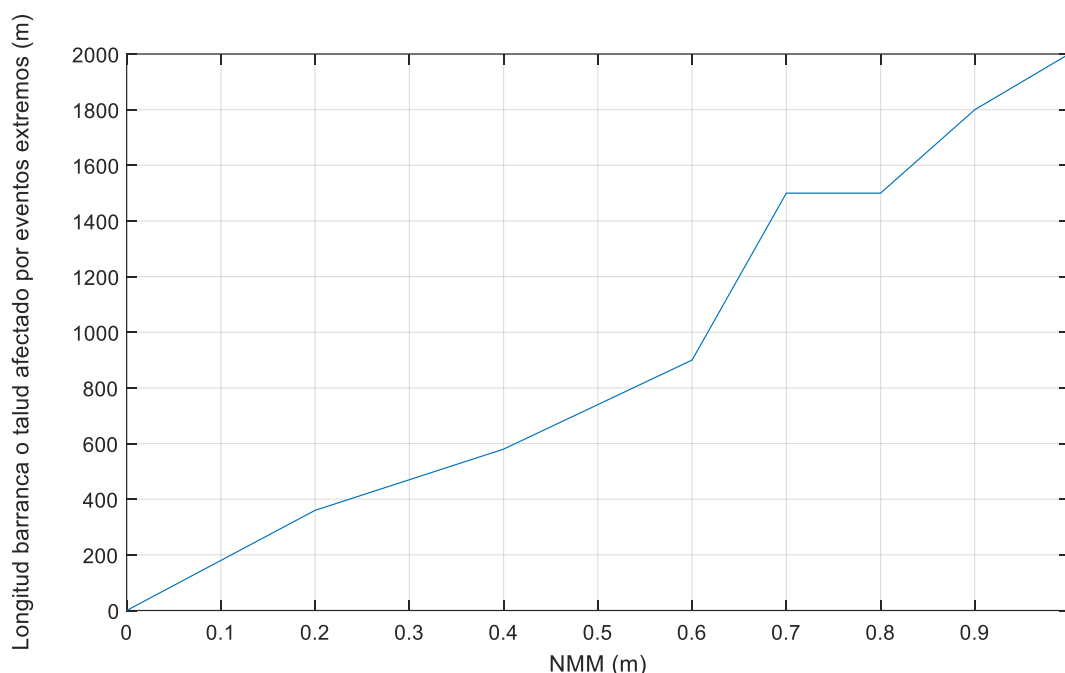


Figura 4-57 – Longitud total de pie de barranca o talud afectada por eventos extremos en función del aumento del Nivel Medio del Mar (NMM).

4.10. DIAGNÓSTICO DE AMENAZAS DE INUNDACIÓN COSTERA Y EROSIÓN DE PLAYAS

4.10.1. AMENAZA POR INUNDACIÓN COSTERA

Para el cálculo de las áreas inundadas por agentes marítimos se utilizan los resultados de nivel de mar total en playa obtenidos en la sección 4.3.5.5, y se determinan las áreas inundadas bajo las siguientes hipótesis:

- No se consideran efectos dinámicos en la propagación de la onda tierra dentro. Dado un nivel de mar total en playa, todas las áreas cuyo nivel del terreno sea menor a este nivel de mar y tengan conectividad directa o mediante macro-drenaje de pluviales con la playa se considerarán inundadas. Este es un método conservador, comúnmente denominado como BTM (*BathTub Method*)¹⁹.

¹⁹ Ver, por ejemplo: Williams, L. L., & Lück-Vogel, M. (2020). Comparative assessment of the GIS based bathtub model and an enhanced bathtub model for coastal inundation. *Journal of Coastal Conservation*, 24(2), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00735-x>

- No se considera la ocurrencia conjunta de precipitación y nivel de mar en playa. Esto implica que la zona que se identifique como inundable es solo aquella que se inunda por efecto directo de los agentes marítimos, quedando sin mapear las zonas inundables por efecto de agentes continentales (precipitación) o por eventos compuestos (precipitación y nivel de mar severos o extremos actuando en simultáneo).
- No se considera el efecto del run-up. El nivel de mar total en playa sí incluye el efecto del set-up, pero el caudal de rebase que se pueda producir en dunas, revestimientos u otros elementos no es tenido en cuenta para el cálculo de la inundación.

Para el cálculo de las zonas inundadas se considera el escenario actual y dos escenarios futuros, con aumento del nivel medio del mar +20 cm y +40 cm (representativos de los horizontes temporales 2050 y 2075 en el escenario RCP8.5).

Como ya se comentó en la sección 4.9, el principal cambio en los agentes marítimos asociados al cambio climático es el aumento del nivel medio del mar, siendo los cambios en las mareas (meteorológica y astronómica) y en el oleaje de segundo orden. Por lo tanto, el nivel de mar total en playa para los escenarios futuros se determina sumando el nivel de mar total correspondiente al clima actual (ver Tabla 4-2) a los aumentos de nivel medio de mar considerados.

La Figura 4-58 presenta un ejemplo de las manchas de amenaza de inundación costera obtenidas con la metodología propuesta para un período de retorno de 100 años con un aumento del nivel medio del mar de 40 cm.

	Nivel de mar total en playa [m Wh.] clima actual					
Punto	Tr 10	Tr 20	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
3	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.6
4	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.6
5	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.6

Tabla 4-2 Nivel de mar total en playa para distintos períodos de retorno (Tr, en años) y para los tres puntos en que se tienen datos de oleaje (ver Figura 4 12), considerando el clima actual.

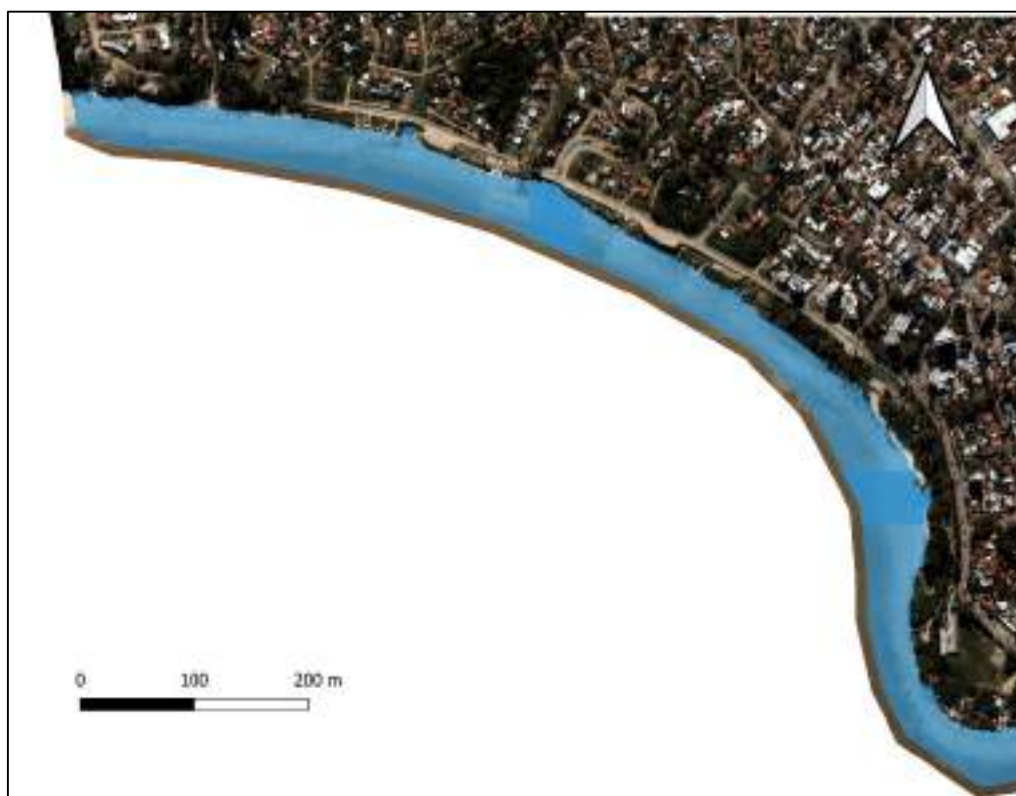


Figura 4-58 Ejemplo de las manchas de amenaza de inundación costera obtenidas con la metodología propuesta para Tr 100 con un aumento del nivel medio del mar de 40 cm.

Superponiendo las manchas de inundación con el padronario, resulta en todos los escenarios (desde el menos exigente TR10 al más exigente TR100+40cm) que el único padrón afectado corresponde al padrón costero N°5985. A su vez se destaca que para el escenario de TR100 + 40cm, el agua ingresa por los cursos ubicados por la calle Julio César y Av. Ciruelo de Japón (cuenca de aporte N°5 y N°7 respectivamente, ver sección 4.11).

4.10.2. AMENAZA POR EROSIÓN DE PLAYAS

La amenaza por erosión de playas se cuantifica de dos maneras:

1. Determinando el área de playa y volumen de arena perdido frente en distintos escenarios y horizontes temporales. Para esto se utilizan los retrocesos estimados en la sección 4.9.1 por aumento del nivel medio del mar.
2. Determinando los tramos de costa en los que no hay espacio suficiente para atender el retroceso de la línea de costa más la variabilidad del perfil de playa sin alcanzar infraestructuras existentes. En este caso se utilizan las proyecciones calculadas en la sección 4.9 más la variabilidad del perfil de playa estimado en la sección 4.4.3.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Se definen dos escenarios para calcular las proyecciones de línea de costa y las correspondientes pérdidas de área y volumen de arena:

- Línea de costa a 2050 considerando déficit de sedimentos del sistema y aumento del nivel medio del mar de 20 cm.
- Línea de costa a 2075 considerando déficit de sedimentos del sistema y aumento del nivel medio del mar de 40 cm.

Para cada una de estas líneas de costa se calcula también la franja de variabilidad del perfil de playa con los valores correspondientes a retrocesos estimados de período de retorno 10 años y 100 años, lo que permite identificar los tramos de costa en los que se prevé existirán amenazas a la rambla u otras infraestructuras costeras. Las figuras siguientes muestran ejemplos de los resultados obtenidos para horizonte temporal 2050 con cambio climático (Figura 4-59) y horizonte temporal 2075 con cambio climático (Figura 4-60). La Tabla 4-3 presenta las áreas de playa y parque perdidas para cada uno de los escenarios analizados, junto con el volumen de arena perdido en el sistema.

Horizonte - escenario	Pérdida de área de playa/parques [has]	Volumen de arena perdido del sistema [m3]
2050 con aumento NMM +20cm	2	95.000
2075 con aumento NMM +40cm	4	190.000

Tabla 4-3 Área de playa/parque y volumen de arena perdidos para cada uno de los escenarios analizados.



Figura 4-59 – Línea de costa proyectada para 2050, considerando aumento del nivel medio del mar de 20 cm, y franja de variabilidad del perfil de playa considerando retroceso del perfil de 100 años de período de retorno.



Figura 4-60 – Línea de costa proyectada para 2075, considerando aumento del nivel medio del mar de 40 cm, y franja de variabilidad del perfil de playa considerando retroceso del perfil de 100 años de período de retorno.

4.11. ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL

4.11.1. IDENTIFICACIÓN INFRAESTRUCTURA DE DESCARGA A LA COSTA

Se identifican 12 descargas de escurrimiento pluvial al arco de playa estudiado en Atlántida. La ubicación de las mismas, así como los cursos de agua e infraestructura existente, se presenta en la Figura 4-61.



Figura 4-61: Descargas de pluviales al arco de playa en estudio (Atlántida).

4.11.2. CARACTERIZACIÓN Y TRAZADO DE CUENCAS

Utilizando el modelo digital del terreno y curvas de nivel del IDE, se trazan las cuencas de aporte asociadas a cada descarga. Las cuencas trazadas y su área se presentan en la Figura 4-62 y Tabla 4-4 respectivamente.

Tal como se observa, las cuencas 5 y 7 tiene una superficie mayor a las 100 hectáreas y reciben aportes del Norte de la Ruta Interbalnearia (RI). Ambas descargas están constituidas por 11 caños de 600mm u 800mm (dimensión a verificar en campo).

- En el caso de la cuenca 5 (descarga continuación Julio Casal y la rambla) no presentaba aterramiento durante la recorrida y contaba con vegetación previo a la playa (zona buffer), sin embargo, en fotografías anteriores si se observa socavación aguas abajo de la misma (ver tabla del Anexo). Aguas arriba de la descarga se observa un canal abierto empastado ocupando la faja publica disponible.
- La descarga de la cuenca 7 (descarga Av. Ciruelo de Japón) si presentaba aterramiento durante la recorrida, pero no así en fotografías anteriores (ver tabla del Anexo). Aguas arriba de la descarga se observa un canal abierto empastado el cual se canalizó con tubería de chapa. Según información recabada durante la visita, no hay desbordes en esa zona, pero si hay problemas aguas arriba donde el canal se hace menos profundo.

Ambas descargas erosionan la playa en eventos de precipitación, según información aportada por la intendencia, y se encuentran bastante alejadas de los espigones existentes (más de 80m). En ambos casos, se identifican espacios libres donde se podrían implementar medidas de control en fuente como amortiguadores y zonas de infiltración (0.4 hectáreas aproximadamente al sur de RI en la cuenca 5 y 2.5 hectáreas y 1.3 hectáreas al sur y norte de RI para la cuenca 7) y espacio disponible al sur de la Rambla (distancia a la línea de costa actual mayor a 70m).

Las cuencas 9, 10 y 11, le siguen en superficie encontrándose esta en el rango de las 10 y 50 hectáreas.

- La descarga de la cuenca 9 (calle 26 y la rambla) se encontró desmoronada durante la recorrida y ya fue refaccionada (ver tabla del Anexo) lo cual puede deberse a que se haya visto sobrepasada frente a algún evento de precipitación. A su vez, según informa la intendencia, erosiona la playa durante estos eventos. El predio ubicado inmediatamente aguas arriba de la descarga al norte de la Rambla aún se encuentra desocupado según imágenes satelitales (padrón 1.577), lo cual puede ser una oportunidad para implementar alguna medida de amortiguación o infiltración.
- La descarga de la cuenca 10 se ubica bajo la platea del anfiteatro, corresponde a una zona de playa húmeda donde se construyó dren.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

- La descarga de la cuenca 11 se encuentra alejada de los espigones existentes (90m aproximadamente) y a 100m de la línea de costa actual.

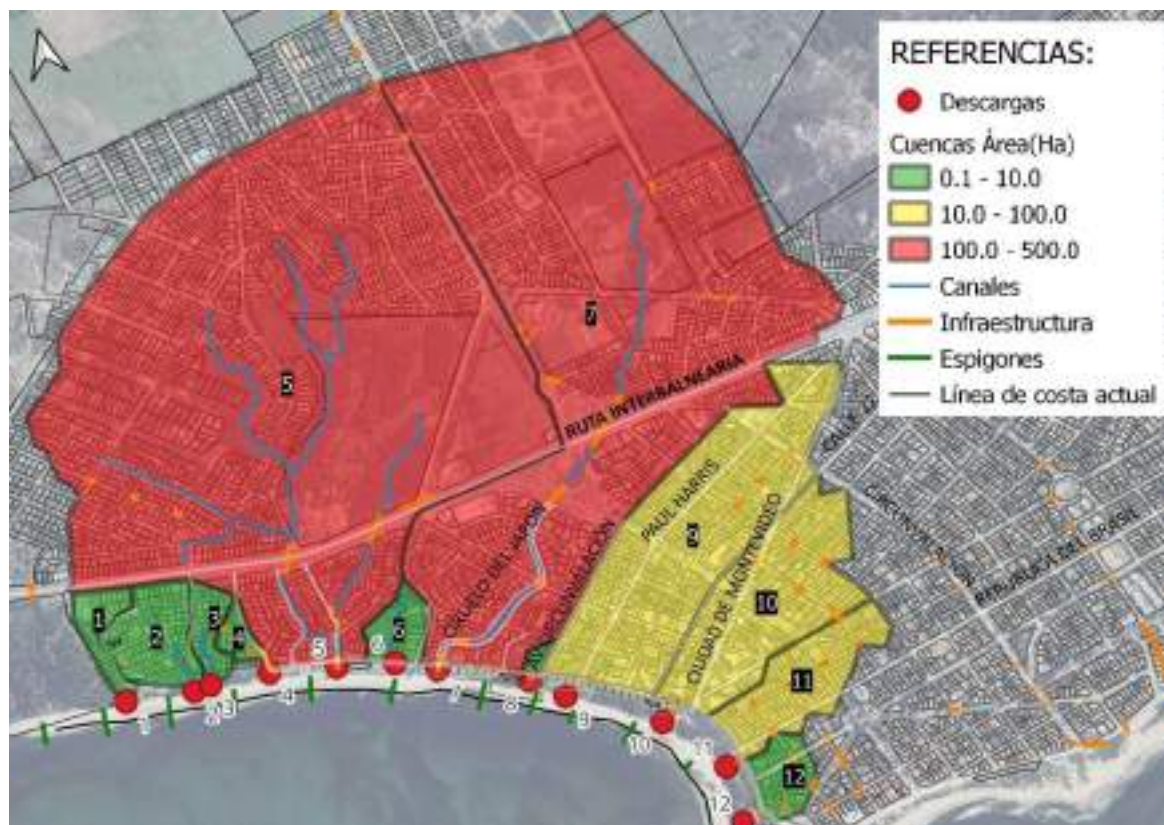


Figura 4-62: Cuencas asociadas a las descargas identificadas en el arco de playa en estudio de Atlántida.

ID Cuenca	Area (ha)
1	3,2
2	7,3
3	3,0
4	1,6
5	174,8
6	3,4
7	140,7
8	0,6
9	36,8
10	21,6
11	10,6
12	4,1

Tabla 4-4: Área (hectáreas) de las cuencas de aporte de las descargas- Playa Atlántida

Las restantes cuencas tienen una superficie menor a las 10 hectáreas:

- Las cuencas 1, 2 y 3 en general carecen de infraestructura de drenaje lo que genera que el agua escurra de forma superficial por calle y terrenos privados hacia la costa. La mayoría de las calles son de tierra y en pocos casos se observa la existencia de cunetas empastadas y alcantarillas de cruce bajo calle y de acceso a predios privados. La descarga de las cuencas 2 y 3 se mantiene natural a través de cárcavas.
- La descarga de las cuencas 4 y 8 están vinculadas a las escaleras de hormigón y mampostería de acceso a la playa, empleando estas como elemento de disipación de energía dado el fuerte desnivel natural que se registra entre la Rambla y la playa.
- La descarga de la cuenca 6 se encuentra cerca de uno de los espigones existentes (10m aproximadamente) y a casi 100m de la línea de costa actual. El predio ubicado inmediatamente aguas arriba de la descarga al norte de la Rambla aún se encuentra desocupado según imágenes satelitales (padrón 4.998), lo cual puede ser una oportunidad para implementar alguna medida de amortiguación o infiltración.
- La descarga de la cuenca 12 se encuentra alejada de los espigones existentes (270m aproximadamente) y a 100m de la línea de costa actual.

4.11.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE CUENCAS

4.11.3.1. Escenario actual

Se calcula el tiempo de concentración de las cuencas utilizando el método de Desbordes donde se considera un tiempo de entrada de 5 minutos. A partir del resultado de tiempo de concentración para cada cuenca, se determina qué método de cálculo de escurrimiento es más adecuado para cada caso, ya sea Método Racional (para cuencas con $t_c < 20\text{min}$), método del NRCS (para cuencas con $t_c > 60\text{min}$) o ambas metodologías ($20\text{min} < t_c < 60\text{min}$). Los resultados, tanto del tiempo de concentración como del método de cálculo de escurrimiento a emplear en cada cuenca se presentan en la Tabla 4-5.

Cuenca	Área (ha)	Pendiente (%)	tc (min)	Método de cálculo de caudal
1	3,2	1,2	17	RACIONAL
2	7,3	4,3	14	RACIONAL
3	3,0	4,0	12	RACIONAL
4	1,6	2,9	12	RACIONAL
5	174,8	1,3	46	AMBOS MÉTODOS
6	3,4	4,1	13	RACIONAL
7	140,7	1,2	45	AMBOS MÉTODOS
8	0,6	2,5	11	RACIONAL
9	36,8	1,3	29	AMBOS MÉTODOS
10	21,6	0,6	32	AMBOS MÉTODOS
11	10,6	0,7	26	AMBOS MÉTODOS
12	4,1	1,0	19	RACIONAL

Tabla 4-5: Resultados de tiempo de concentración y metodología a utilizar para cada cuenca - Playa Atlántida

Con el objetivo de obtener el Coeficiente de escorrentía (C) utilizado en el Método racional, así como el Número de curva (NC) utilizado en el método del NRCS, se determina la cobertura actual para cada cuenca. Se toma muestra de una manzana tipo que sea representativa de la cobertura urbana de la zona, así como también se consideran las zonas no desarrolladas. A partir de la identificación de dichas zonas, se pondera por áreas para cada cuenca, ya sea el coeficiente de escorrentía (C-Método Racional) o el número de curva (NC-Método NRCS). La manzana tipo considerada se presenta en la Figura 4-63, el área impermeable es del 50%. A partir de dicha manzana tipo, se realiza la ponderación por área con cobertura permeable e impermeable para obtener el coeficiente de escorrentía para cada TR de interés. Los resultados se presentan en la Tabla 4-6.



Figura 4-63: Manzana tipo consideradas para la clase de cobertura urbana ($A_{imp}=50\%$) – Playa Atlántida.

Cobertura urbana Atlántida					
Áreas manzana tipo		Período de retorno (años)	Cobertura		
			C impermeable	C verde (desarrollado)	C ponderado
A total (m2)	12341	TR2	0,75	0,25	0,50
A impermeable (m2)	6259	TR5	0,8	0,28	0,54
A verde (m2)	6082	TR10	0,83	0,3	0,57
%Impermeable	51%	TR50	0,92	0,37	0,65
		TR100	0,97	0,41	0,69

Tabla 4-6: Coeficiente de escorrentía calculado para la manzana tipo urbana.

En los casos donde se utiliza el Método del NRCS, se calcula el número de curva para cada cuenca, ponderando por área según el tipo de cobertura

Cobertura	NC	Descripción
Consolidado	77	65% impermeable
Área verde	68	Pradera/Pastizal

Tabla 4-7: Números de curva utilizados – Playa Atlántida.

Según los resultados presentados en la Tabla 4-5, se calculan los caudales pico para cada cuenca y cada período de retorno estudiado. Para los casos donde se deben usar ambas metodologías, se selecciona el caudal pico mayor, en todos los casos resulta mayor el método

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

racional. La precipitación de referencia $P(3,10)$, para 3 horas de duración y 10 años de período de retorno es de 78 milímetros para la ciudad de Atlántida, según las curvas IDF de todo el Uruguay.

En la Tabla 4-8 se presentan los caudales obtenidos para el escenario actual en cada cuenca para los diferentes periodos de retorno en estudio.

Cuenca	Caudal máximo (m ³ /s) Método Racional según TR				
	2	5	10	50	100
1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9
2	0,7	1,0	1,2	1,8	2,1
3	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9
4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
5	7,8	10,8	13,2	20,3	24,2
6	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9
7	6,2	8,7	10,6	16,4	19,5
8	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
9	2,4	3,3	4,0	6,1	7,3
10	1,3	1,8	2,3	3,4	4,1
11	0,7	1,0	1,3	1,9	2,3
12	0,3	0,5	0,6	0,9	1,0

Tabla 4-8: Caudales máximos en las descargas de Atlántida para el escenario actual.

4.11.3.2. Escenario futuro

Para el planteo del escenario futuro se toma en consideración la incidencia de los siguientes dos factores:

- **Aumento de la impermeabilización del suelo**

Para su cuantificación se considera como insumo el Plan Parcial de Atlántida, utilizando como referencia la lámina correspondiente a la memoria de ordenación L01 (Espacios territoriales). En la misma se presentan los distintos espacios territoriales, donde para cada uno de ellos se establece un valor de Factor de Ocupación de Suelo Verde (FOSv). Dicho parámetro se define como el porcentaje de la superficie total del predio cuyo suelo no se puede impermeabilizar ($FOSv = \frac{\text{Área suelo permeable}}{\text{Área total del predio}}$). Para plantear el escenario que produce mayores caudales pico, se asume la mayor impermeabilización del suelo permitida en cada cuenca. Los FOSv de los espacios territoriales que integran las cuencas de estudio van desde 30% a 50%. Por lo tanto, a partir de esta información, se

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

calcula el coeficiente de escurrimiento futuro para cada cuenca de estudio, los cuales se presentan en la Tabla 4-9.

Cuenca	C futuro				
	TR2	TR5	TR10	TR50	TR100
1	0,50	0,54	0,57	0,65	0,69
2	0,50	0,54	0,57	0,65	0,69
3	0,50	0,54	0,57	0,65	0,69
4	0,50	0,54	0,57	0,65	0,69
5	0,44	0,48	0,50	0,58	0,62
6	0,43	0,47	0,50	0,57	0,62
7	0,44	0,47	0,50	0,58	0,62
8	0,37	0,41	0,43	0,51	0,55
9	0,54	0,59	0,61	0,69	0,74
10	0,54	0,59	0,61	0,69	0,74
11	0,60	0,64	0,67	0,76	0,80
12	0,60	0,64	0,67	0,76	0,80

Tabla 4-9 – Coeficientes de escurrimiento para escenario de impermeabilización máxima.

• Aumento de intensidad de lluvia por cambio climático

Se realiza una revisión de antecedentes asociados al impacto del cambio climático en los eventos extremos de precipitación. En este sentido, los estudios prevén un aumento de las precipitaciones acumuladas anuales para Uruguay. Este aumento se estima que será debido a un incremento de eventos de lluvias más intensas. Se estima que, para un horizonte cercano el aumento de la precipitación media anual será del 10% mientras que en un horizonte temporal lejano será de entre 20-30%. Por lo tanto, en el marco de este proyecto se considerará la afectación por cambio climático como un 20% de aumento en la intensidad de lluvia. Se destaca que este valor tiene gran incertidumbre ya que no se cuenta con la tecnología suficiente para tener un valor certero. El mismo podrá ser modificado con estudios de mayor precisión para la zona. (Referencias: Barreiro (2020)²⁰, Inter-American Development Bank (2012)²¹, Dica & Asociados (2020)²², CSI- Dica & Asociados (2023)²³).

²⁰ Proyecciones climáticas con reducción de escala sobre Uruguay, Marcelo Barreiro, 2020.

²¹ Climate change adaptation case study: The Pantanoso River Urban Catchment Montevideo (Uruguay), Inter-American Development Bank, 2012

²² Plan de Aguas Pluviales Urbanas de la ciudad de Rivera, Dica & Asociados, 2020.

²³ Plan estratégico sectorial de drenaje pluvial urbano para Uruguay, CSI- Dica & Asociados, 2023.

Tomando en cuenta ambos factores mencionados, se procede a calcular los caudales pico futuros utilizando la metodología antes presentada. En la Tabla 4-10 se presentan los resultados para cada cuenca de estudio.

Cuenca	Caudal máximo (m3/s) Método Racional según TR					% Aumento
	2	5	10	50	100	
1	0,3	0,5	0,6	0,9	1,0	19%
2	0,8	1,2	1,4	2,2	2,5	19%
3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,1	19%
4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	19%
5	9,3	13,0	15,9	24,4	29,1	20%
6	0,4	0,5	0,6	0,9	1,1	20%
7	7,6	10,6	13,0	19,9	23,7	22%
8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	20%
9	3,1	4,3	5,3	8,0	9,4	31%
10	1,8	2,4	3,0	4,5	5,3	31%
11	1,1	1,5	1,8	2,8	3,2	47%
12	0,5	0,7	0,8	1,3	1,5	46%

Tabla 4-10 Caudales pico en el escenario futuro para cada cuenca. El porcentaje de aumento se refiere a los caudales de TR 10 años.

4.12. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

Siguiendo la lógica propuesta en las “Estrategias para la protección de la costa” del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España²⁴, las medidas de gestión orientadas a la protección y adaptación de la costa frente a los efectos del cambio climático pueden clasificarse en:

- Medidas orientadas a **entender** mejor el sistema (e.g. estudios de disponibilidad de sedimentos, estudios de riesgo, actividades de formación y capacitación, monitorización de la costa, etc.).
- Medidas orientadas a **planificar** (e.g. revisión de procedimientos administrativos, coordinación entre administraciones, etc.).
- Medidas de **actuación** en el medio físico.

Dentro de las medidas de actuación en el medio físico se distinguen:

- Medidas **basadas en la naturaleza**, como ser la gestión del sedimento costero, la regeneración de playas y mantenimiento de playa seca, el mantenimiento y rehabilitación de ecosistemas costeros (sistemas dunares, marismas, humedales).
- Medidas de **estabilización de la costa**, consistente en la construcción de infraestructura orientada a limitar el movimiento de los sedimentos (e.g. espigones, diques exentos).
- Medidas de **defensa de la costa**, consistente en la construcción de infraestructura que fija la posición de la línea de costa impidiendo el retroceso de la misma y proporcionando protección a la infraestructura localizada en su trasdós (e.g. revestimientos, muros costeros).
- Medidas de retroceso controlado.

En esta misma línea, varios manuales y publicaciones relativas a la adaptación de la costa al cambio climático diferencian entre cinco posibles estrategias de actuación:

- **no hacer nada,**
- **retiro,**
- **mantener la línea de costa,**
- **avanzar la línea de costa,**

²⁴ Ver: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategias-proteccion-costa/>

- **intervenciones limitadas.**

las cuales se presentan en forma esquemática en la Figura 4-64. Claramente esta última clasificación se enmarca dentro de lo que serían actuaciones en el medio físico, y tiene varias concordancias con la clasificación propuesta en las “Estrategias para la protección de la costa”. Por ejemplo, varias de las soluciones basadas en la naturaleza podrían encuadrarse en lo que se denomina intervenciones mínimas, mientras que las medidas de defensa de la costa corresponderían a la estrategia de mantener la línea de costa.

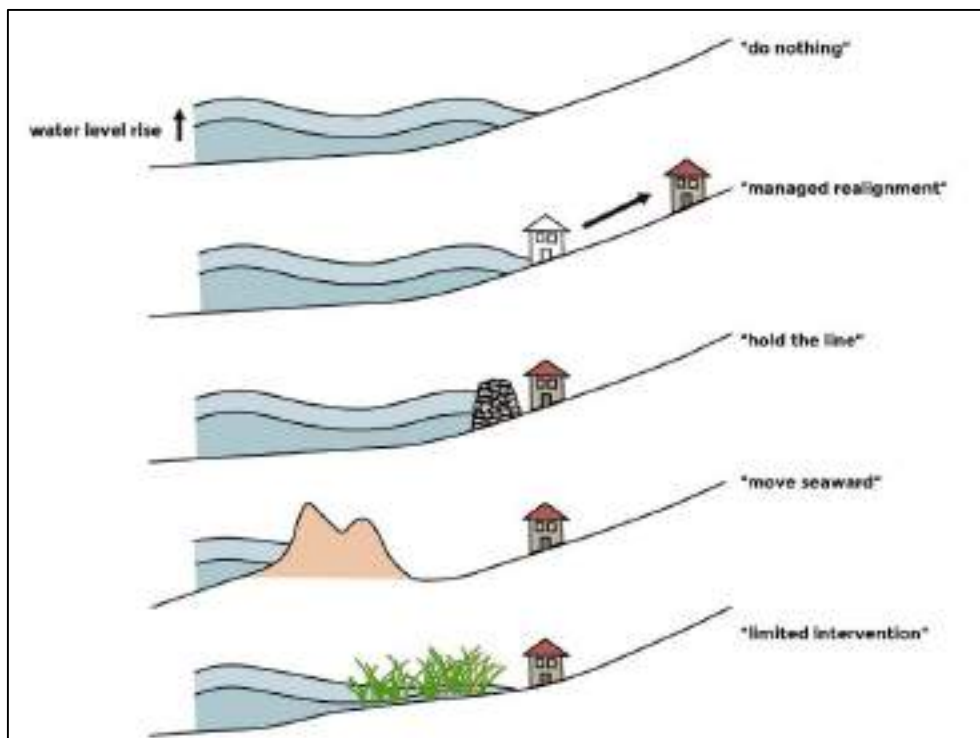


Figura 4-64 Esquema de estrategias de defensa de la costa, tomado de Stelljes et al. (2018)

En este proyecto el foco está en la propuesta de medidas de actuación en el medio físico, dando prioridad a las medidas basadas en la naturaleza, pero teniendo en cuenta que: (1) en ocasiones puede ser necesario o conveniente plantear soluciones híbridas, que combinen elementos “verdes”, o ecosistemas, con elementos “grises” u obras de infraestructura litoral tradicionales²⁵, y (2) que las medidas de actuación que se propongan podrán requerir de

²⁵ Morris, R. L., Boxshall, A., & Swearer, S. E. (2020). Climate-resilient coasts require diverse defence solutions. *Nature Climate Change*, 10(6), 485–487. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0798-9>

medidas complementarias orientadas a entender y planificar para asegurar el buen funcionamiento y adaptación de las primeras.

La denominación de soluciones basadas en la naturaleza en este contexto se refiere a la creación o restauración de hábitats para proveer servicios de protección contra erosión e inundación costera, junto con otros beneficios. En este sentido, resulta relevante lo establecido en recientemente publicado “International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management” (Bridges et al. 2021)²⁶:

“El término características naturales y basadas en la naturaleza (NNBF, por sus siglas en inglés) se refiere al uso de las características del paisaje para producir beneficios FRM²⁷. Los proyectos NNBF también pueden producir otros beneficios económicos, medioambientales y sociales conocidos como beneficios colaterales (co-beneficios) de los NNBF. Estos elementos del paisaje pueden ser naturales (producidos exclusivamente por procesos naturales) o basados en la naturaleza (producidos por una combinación de procesos naturales e ingeniería humana) e incluyen elementos como playas, dunas, humedales, arrecifes e islas. Los elementos paisajísticos pueden utilizarse solos, combinados entre sí o en combinación con medidas convencionales de ingeniería como diques, muros de contención y otras estructuras.”

En este mismo manual se señala que, sin ser estrictamente sinónimos, existe una diversidad de términos en la bibliografía que hacen referencia a este mismo concepto (ver Figura 4-65).

²⁶ Bridges, T. S., J. K. King, J. D. Simm, M. W. Beck, G. Collins, Q. Lodder, and R. K. Mohan, eds. 2021. International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center. <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/handle/11681/41946>

²⁷ FRM se refiere a las medidas adoptadas para reducir los daños futuros causados a las personas y los bienes por las inundaciones y la erosión en los sistemas costeros y fluviales.

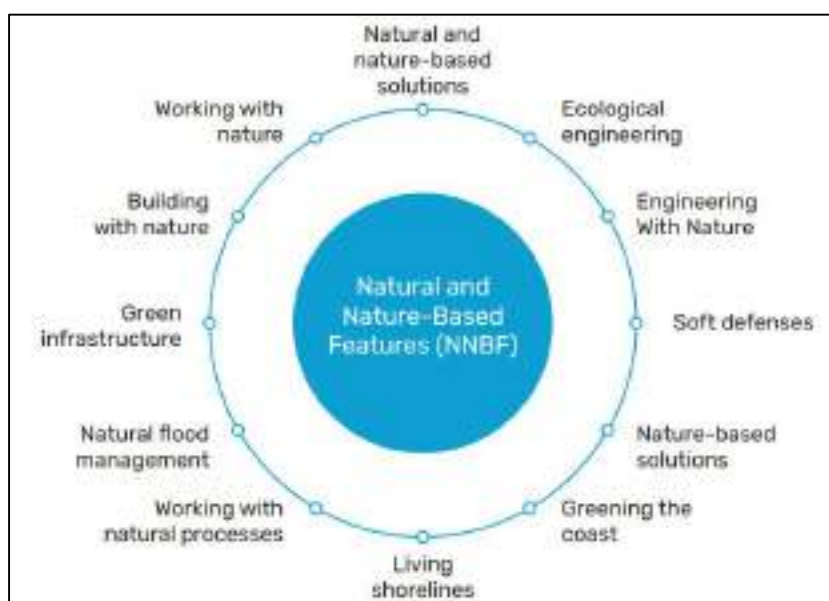


Figura 4-65 – Términos usados en la bibliografía en la que se abordan las soluciones basadas en la naturaleza (Figure 1.1 de Bridges et al. 2021).

Las soluciones basadas en la naturaleza (NbS) han adquirido una importancia cada vez mayor para abordar los desafíos de la fragmentación de ambientes, la consecuente pérdida de servicios ecosistémicos y la variabilidad y el cambio climático²⁸.

Según la definición de PNUMA (2022)²⁹, las NbS son acciones proteger, conservar, restaurar, utilizar y gestionar de forma sostenible los ecosistemas terrestres naturales o modificados.

Esto significa una herramienta para abordar de manera efectiva y adaptativa los desafíos sociales relacionados con el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, urbanización, seguridad del agua, entre otros.

A nivel costero el abordaje NbS en Uruguay ha tenido varios ejemplos exitosos de intervención enmarcadas en proyectos de adaptación basada en ecosistemas (AbE). Gran parte de ellos liderados por el actual Ministerio de Ambiente (ex MVOTMA)³⁰ y la Oficina de

²⁸ Meyer, K., and Hessenberger, D. (2022). *Prototype database of international Nature-based Solutions case studies: supplementary report to the CCICED special policy study on value assessment of Nature-based Solutions*. Gland, Switzerland: IUCN.

²⁹ United Nations Environment Programme/UNEP (2022a). Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022.5/5. Nature-based solutions for supporting sustainable development.

³⁰ Proyecto: Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay (PNUD-GEF URU/07/2013).

Planeamiento y Presupuesto³¹ a partir de varios proyectos de desarrollo local, adaptación al cambio climático y restauración costera. Todas estas iniciativas fueron realizadas en coordinación con gobiernos subnacionales (municipales y departamentales) y en varias de estas oportunidades involucrando a la sociedad civil a nivel local, desarrollando a su vez el enfoque de adaptación basada en comunidades (AbC).

³¹ Programa de Desarrollo y Gestión Subnacional de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto Área de Políticas Territoriales, Préstamo No. 2668/OC-UR CP N° 002/2014 – Piloto de Gestión de Riesgos en el Departamento de Canelones- Zona Costera.

4.12.1. ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN CONSIDERADAS

Se describen a continuación las alternativas de intervención que se consideran adecuadas para el caso de la playa Mansa de Atlántida y Villa Argentina, en función de los resultados alcanzados en los apartados previos. El diseño conceptual de estas alternativas se presenta en la sección 4.13.1.

La alternativa de retroceso se descarta a priori dada la fuerte consolidación de la trama urbana en la zona.

4.12.1.1. No hacer nada

En este caso se mantendrían las problemáticas actuales ya identificadas en cuanto a playa húmeda o anegamiento (sección 4.7), se comenzaría a perder playa a medida que aumenta el nivel medio del mar (ver Figura 4-56 en sección 4.9.1), y la pérdida de playa comenzaría a generar problemas de erosión de barrancas en la medida que estas no son protegidas (ver Figura 4-57 en sección 4.9.1). Eventualmente sería impostergable la protección de las barrancas para evitar la afectación a la rambla o la alternativa de disponer de la totalidad de la faja pública, comprendida entre los frentes de los padrones del amanzanado urbano y el borde costero, para el manejo de las dinámicas costeras. Respecto a esta última alternativa, “desafectación” de la Rambla Presidente Tomás Berreta, en la sección 4.14.2 se abordan en forma somera las consecuencias sobre la situación actual, tanto en la movilidad general, como sobre la condiciones de accesibilidad a la playa, para los padrones frentistas a la costa y sobre las infraestructuras y servicios urbanos.

4.12.1.2. Intervenciones limitadas y NbS de pequeña escala

En esta categoría entran una serie de medidas que podrían tomarse para mejorar la situación actual de la playa en cuanto a su uso recreativo y su capacidad de adaptarse al aumento del nivel medio del mar manteniendo sus funciones de recreación y protección.

Medidas orientadas a reducir el anegamiento de playa

Del diagnóstico de la situación actual (sección 4.7) surge que existen entre 300 m y 400 m lineales de playa que están fuertemente afectados por humedad o anegamiento de la playa. De la revisión bibliográfica se desprende que esto estaría asociado a un aumento del nivel de la napa en la zona.

De cara a reducir el nivel de la napa en la zona de playas se propone construir un sistema de drenes que descarguen al mar. A diferencia del sistema de drenes implementado previamente en la zona, este sistema no estaría forzado por un sistema de bombeo, sino que funcionaría por gravedad, lo que tendería a reducir los costos de operación y mantenimiento. Como contrapartida, el sistema requeriría de una obra de protección en la zona de descarga del dren al mar.

Previo al diseño ejecutivo de esta alternativa deberá verificarse la hipótesis de base de que el anegamiento está producido por aumento de la napa, para lo cual será necesario implementar campañas de medición específicas.

Medidas orientadas a la reconstrucción de dunas y al aumento del nivel de berma

Hay zonas de la playa en las que sería viable implementar medidas tendientes a fomentar la formación de dunas primarias: cercas captoras y revegetación de playas. Esta medida cumpliría la doble función de ayudar a aumentar la cota de la berma, por lo tanto, aumentando las áreas de playa seca utilizables para recreación, y de aumentar la capacidad de la playa de proteger el pie de barrancas y taludes durante eventos extremos de nivel de mar y oleaje.

La Intendencia Departamental de Canelones tiene una vasta experiencia en materia de restauración dunar. Basado en estos antecedentes, se plantea la realización de 1.600 metros de cercas captoras en el tramo de playa definido por el proyecto.

Cercas captoras	1.600 metros
------------------------	--------------

Las cercas deberán ser realizadas en forma periódica de forma de fortalecer y conservar zonas con dunas preexistentes; restaurar el sistema de dunas en base a parches dunares relictuales en el extremo oeste del tramo del proyecto; y regenerar dunas en las zonas donde hoy persiste una zona de playa anegada y que representa la zona más comprometidas en materia de falta de arena.

La construcción de cercas captoras que permitan la recarga de arena, implica una protección extra del pie de barranca frente al efecto del oleaje y también permitirá generar un parche de bosque costero que debido a sus raíces permita proteger la barranca de posible embates del oleaje o dando sostén durante eventos extremos de precipitaciones de lluvia.

De forma complementaria se podría aportar arena a la playa seca. Para esto se identificaron dos posibilidades: recarga de playa con los sedimentos recogidos de la voladura de arena de Parque del Plata o reperfilado de playa mediante medios mecánicos.

El reperfilado de playa mediante medios mecánicos se considera una alternativa particularmente recomendable en la zona de la playa Mansa, en donde el transporte litoral estaría ocurriendo fundamentalmente por delante de la barra/banco de arena ubicado frente a la playa (ver sección 4.5.1). El objeto del reperfilado mecánico sería aumentar la cota de la berma en la zona de playa, a fin de ganar área de playa seca, y disponibilizar sedimentos para alimentar los procesos de reconstrucción y revegetación dunar.

En la medida que los volúmenes involucrados sean menores al aporte por transporte litoral que se estimó ingresa a la playa Mansa desde la playa Brava (aprox. 10.000 m³/año, ver sección 4.5.1), la arena que se saque de la zona de la lengua de arena/barra sería repuesta por el transporte litoral.

Esta medida debería ser acompañada de un monitoreo topo-batimétrico detallado para evaluar la efectividad de la medida.

Mejora de las descargas de pluviales

Las descargas de pluviales en la playa generan zonas de arena húmeda que impactan de forma negativa sobre el potencial de uso recreativo de la playa y sobre la posibilidad de generar sistemas de duna vegetada. Si bien este punto no se discute en profundidad en este informe, se entiende que las descargas de pluviales podrían intervenir con una combinación de medidas duras (disipadores y sistemas de drenes) y NbS (generación de bañados de infiltración) que podrían reducir los impactos negativos de las descargas, al menos en condiciones de flujo base o bajas precipitaciones.

4.12.1.3. Proteger la línea de costa

Esta alternativa implicaría proteger el pie de barrancos y taludes en la medida que el ancho de playa no sea suficiente para dar protección, a fin de evitar que la rambla y la infraestructura aledaña se vean amenazadas. En este caso los metros lineales de protección necesarios en la medida que aumenta el nivel medio del mar sería los metros lineales amenazados (ver Figura 4-57 en sección 4.9.1). Esta protección podría implementarse mediante un enrocado sobre filtro granular o de geotextil.

4.12.1.4. Bosque costero

Esta alternativa persigue 2 componentes de adaptación. Por un lado, mejorar la performance de los parches de bosque ya existentes ante eventos extremos (viento y lluvia) disminuyendo su riesgo de caída y procesos de erosión que se desencadenan a partir de la caída de árboles exóticos de gran porte (eucaliptus sp) presentes sobre la rambla de Atlántida.

Además, en zonas de pie de barranca que se busca proteger con enrocado se complementará dicho enrocado con la plantación de árboles y arbustos nativos. Esto permitirá dar mayor estructura y durabilidad al enrocado y favorecer la recarga de arena delante del enrocado.

Para estas acciones se recurrirá a especies de bosque nativo psamófilo que la Intendencia Departamental de Canelones tiene definida en la Ordenanza Forestal para el arbolado de los distintos sectores del departamento, el cual posee especificaciones precisas para el Municipio de Atlántida.

En 3 tramos especialmente se plantea, la posibilidad de realizar acciones de manejo del bosque costero, reemplazando especies exóticas (eucaliptus mayoritariamente) reforestando con especies nativas y jerarquizando estos espacios como un parque costero sobre la barranca para uso peatonal y fortalecimiento del ecosistema de bosque costero nativo en la zona.

Luego en la zona de protección de pie de barranca, se plantea la forestación con especies arbustivas nativas para delimitar la zona de enrocado, enmascarar el pie de la barranca e interactuar con las cercas captoras confeccionadas para fortalecer la recarga de arena de este tramo de playa. Para la zona de gaviones al pie de “El Águila” se plantea complementar el enrocado con la plantación de flora nativa (árboles y arbustos) para complementar la protección ya existente.

Estas acciones además de ser una ventaja para minimizar efectos de la erosión frente a eventos extremos, representa la jerarquización el bosque psamófilo, un ecosistema de alta fragilidad y cada vez más fragmentado en la faja costera de Canelones, así como a escala nacional. Es por eso que también en materia de equipamiento se plantea la posibilidad de realizar senderos peatonales interpretativos de bajo impacto paralelo a la línea de costa que atraviesen la zona donde se realizarán este tipo de intervenciones de manejo, que articulen y ordenen los accesos a la costa (preexistentes y propuestos) y pongan en valor el ecosistema del bosque costero.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Bosque costero (manejo exóticas y plantación)	5,73 hectáreas
Bosque costero pie de barranca	0,63 hectáreas

4.12.1.5. Rampas de acceso

Si bien el tramo de costa del proyecto cuenta con varios accesos desde la rambla a la costa, atendiendo la accesibilidad universal a la zona de playa, se sugieren agregar 3 accesos más de forma de atender puntos comúnmente utilizados por la comunidad local, de manera de facilitar el ingreso a la playa y evitar la presión de uso sobre el cordón dunar.

Rampas de acceso (3)	150 metros
-----------------------------	------------

4.12.1.6. Avanzar la línea de costa y NbS de gran escala

Visto que el transporte litoral potencial en la zona de la playa Mansa de Atlántida es de aprox. 100.000 m³/año (ver sección 4.5), no resulta recomendable avanzar la línea de costa mediante un relleno de arena sin implementar obras de estabilización ya que el mismo migraría rápidamente hacia el Oeste. En primera aproximación el mantenimiento de un relleno de playa sin la construcción de obras de estabilización requeriría de un mantenimiento anual equivalente al transportado por año, lo que implicaría la implementación de rellenos de playa de gran escala.

Las alternativas que se consideran viables para lograr un avance de la línea de costa son:

- construcción de nuevas obras de estabilización o ampliación de las existentes, junto con un relleno de playa para alcanzar una línea de costa de equilibrio, o
- construcción de nuevas obras de estabilización o ampliación de las existentes, dejando que se alcance una línea de costa de equilibrio con los aportes de sedimentos por efecto del transporte litoral.

La primera de las opciones tiene como ventaja que no se provocaría erosión al Oeste de Villa Argentina, dado que con el aporte inicial de arena se alcanzaría una forma de equilibrio y no se estaría capturando parte de los 10.000 m³/año de arena que se estimó circulan en la zona.

Como contrapartida, el costo de inversión es mayor dada la necesidad de implementar un relleno de arena.

Por el contrario, la segunda alternativa implica que durante algunos años, mientras la línea de costa alcanza una nueva posición de equilibrio, el transporte litoral se vería interrumpido total o parcialmente, lo que desencadenaría un proceso erosivo al Oeste de villa Argentina. Esta fue la medida implementada con la construcción de los espigones en los años 70 del siglo pasado, con resultado exitoso en cuanto a la captura y estabilización de arena en la playa Mansa, pero con consecuencias adversas al Oeste de Villa Argentina (ver sección 4.5.2).

En cuanto a las posibles obras de estabilización de los sedimentos, se considera que los espigones resultan más recomendables que los diques exentos por las siguientes razones:

- los espigones ya han mostrado su eficacia en la estabilización de la línea de costa en esta zona,
- pueden ser contruidos desde tierra, lo que reduce los costos,
- según sea el diseño utilizado, son obras que presentan mayor facilidad de adaptación (posibilidad de alargarlos o acortarlos) en la medida que se considere necesario.

4.13. CAMINOS DE ADAPTACIÓN

No todas las alternativas de adaptación son efectivas para todos los escenarios de aumento del nivel medio del mar, ni todas son necesarias de manera urgente. En este sentido, resulta conveniente prever cuáles son las alternativas que resulta más conveniente implementar de forma inmediata, hasta qué punto estas alternativas serían efectivas, y cuándo sería necesario implementar nuevas alternativas. Con esta información sobre la mesa se pueden definir distintos caminos de adaptación posibles, que no son más que una secuencia de acciones que será previsible llevar a cabo para adaptarse al aumento del nivel medio del mar.

En este sentido, no es viable establecer límites exactos de hasta qué situación de aumento de nivel medio del mar podría ser efectiva cada una de las alternativas de intervención planteadas, pero en una primera instancia se proponen los siguientes límites (ver Figura 4-66):

- Intervenciones limitadas y NbS de pequeña escala: se considera que estas medidas podrán ser efectivas para retrasar la pérdida de playa seca y proveer una protección marginal al pie de las barrancas y taludes, pero no es previsible que las mismas logren retardar el proceso de retroceso de la línea de costa por aumento del nivel medio del mar de forma significativa. A efectos de este análisis se considerará que estas medidas podrán ser efectivas para un aumento del nivel medio del mar de hasta 15 cm, lo que equivale a la pérdida de 1,5 has de playa, sin desmedro de que esto deberá ser monitoreado.
- Proteger la línea de costa: esta medida en principio no tiene un límite en cuanto a su efectividad, en la medida que se justifique la inversión necesaria para su implementación. Dado el desarrollo urbano de la zona, es previsible que la implementación de esta medida esté justificada desde el punto de vista económico. A efectos de este análisis no se establece un límite para la efectividad de esta medida.
- Avanzar la línea de costa: considerando la opción de estabilizar la línea de costa sin implementar rellenos de arena, se prevé que esta medida podrá ser efectiva en la medida que el impacto en la erosión al Oeste de la Villa Argentina sea tolerable.

De cara a pensar posibles caminos de adaptación se considera que las alternativas limitadas y NbS de pequeña escala pueden ser implementadas en lo inmediato, y que no será recomendable abandonarlas cuando sea necesario comenzar a implementar las medidas de avance o protección de la línea de costa. Por otro lado, si bien una alternativa es combinar las medidas limitadas y la protección, sin incluir el avance de la línea de costa (ver camino 01 en Figura 4-67), se entiende que la pérdida de área de playa que implicaría esto (Figura 4-56) hace que sea recomendable primero combinar las intervenciones limitadas con el avance de la línea de costa, y postergar lo más posible la implementación de la protección (ver camino 02 en Figura 4-68).

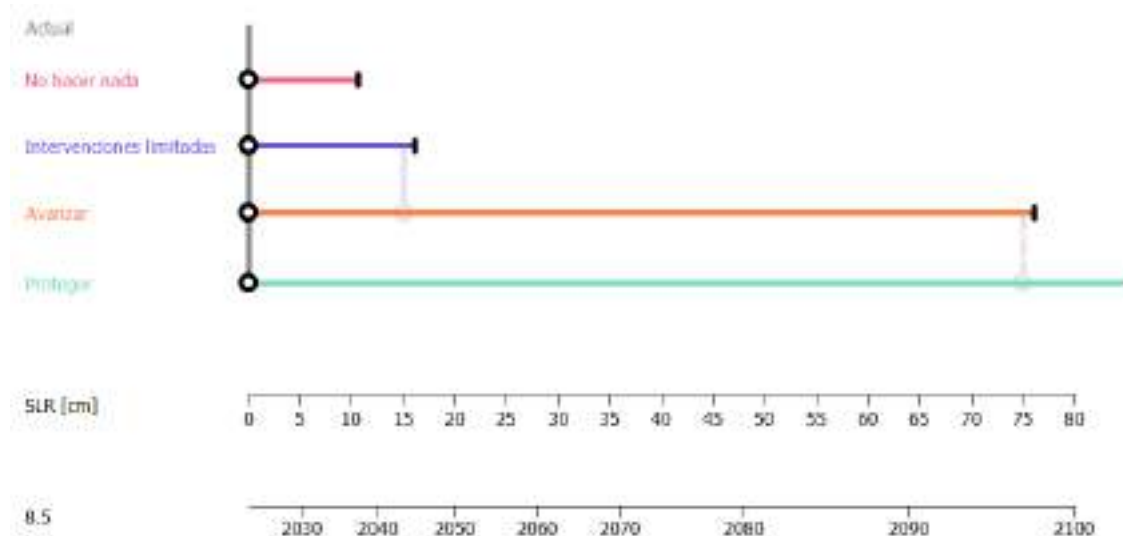


Figura 4-66 – Alternativas de adaptación consideradas.

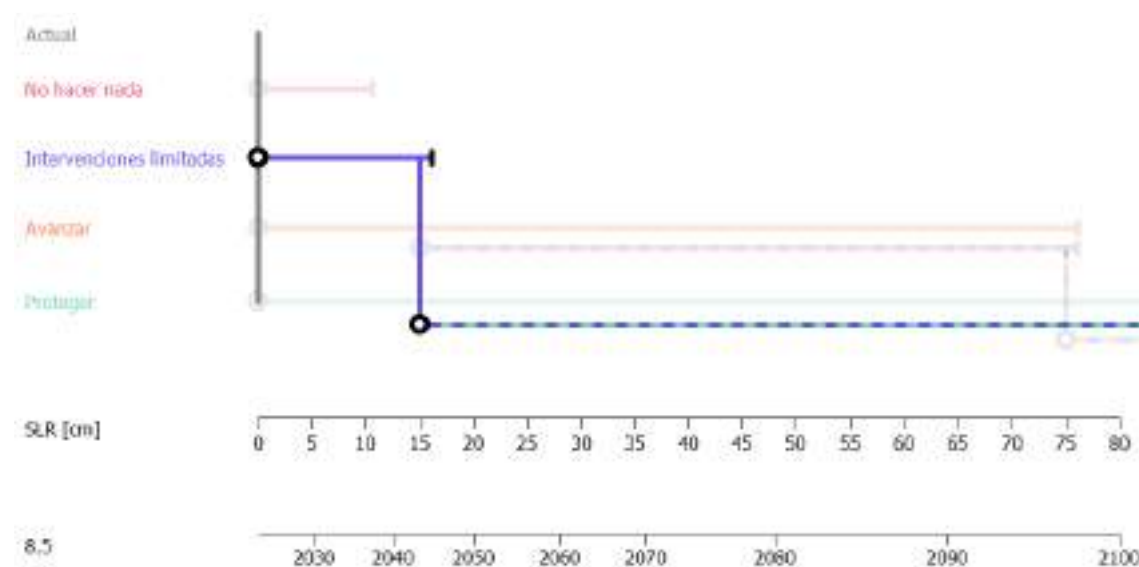


Figura 4-67 – Camino de adaptación 01: Intervenciones limitadas → combinación de intervenciones limitadas y protección.

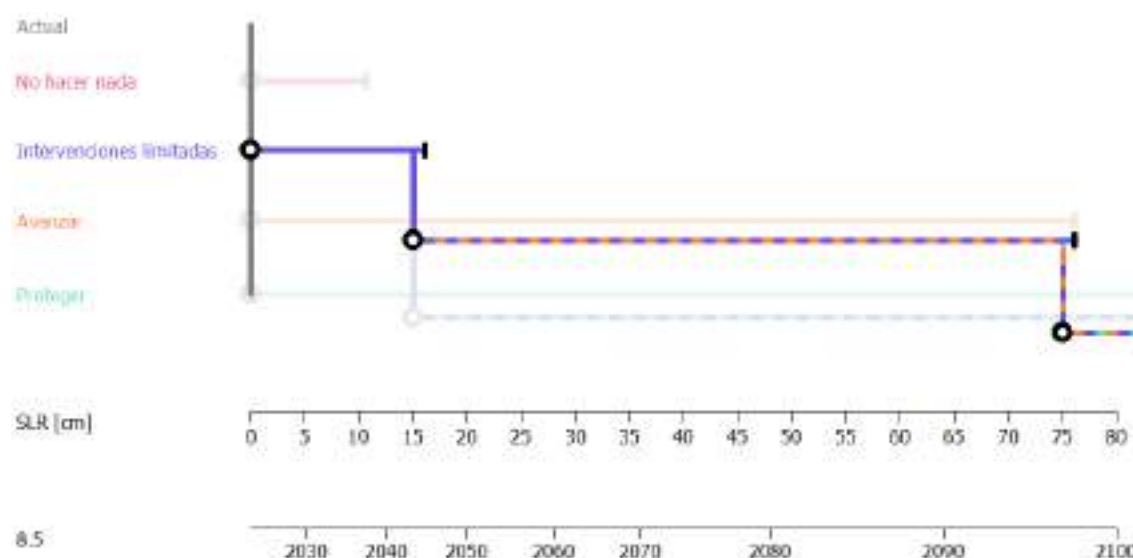


Figura 4-68 – Camino de adaptación 02: Intervenciones limitadas → combinación de intervenciones limitadas y avanzar → combinación de intervenciones limitadas y protección.

4.13.1. DISEÑO CONCEPTUAL DE LAS INTERVENCIONES

Se presenta a continuación el diseño conceptual de las alternativas de intervención consideradas, a fin de poder realizar una primera presupuestación y evaluación de las mismas.

4.13.1.1. Sistema de drenes

La Figura 4-69 presenta la ubicación en planta del sistema de drenes propuesto. El sistema estará compuesto de 400 m de drenes de piedra partida con filtro de geotextil, colocados paralelos a la línea de costa, de aproximadamente 1 m de ancho por 2 m de alto; tres drenes de piedra partida con filtro de geotextil o tuberías enterradas, que conecten el dren con el mar, de unos 40 m de longitud cada uno; tres protecciones de enrocado para la zona donde el dren o la tubería podría quedar expuesta a la acción del oleaje (ver esquema en la Figura 4-70).

Se recomienda, previo a realizar el diseño ejecutivo de esta medida y su implementación, medir durante al menos un año con una red de piezómetros a fin de confirmar la hipótesis de base de que el problema de anegación de la playa se origina en los niveles elevados de la napa en la zona. Esta red de piezómetros se podrá conservar en caso de implementarse la medida para dar seguimiento a la mismo.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023



Figura 4-69 – Vista en planta de la localización de los drenes.

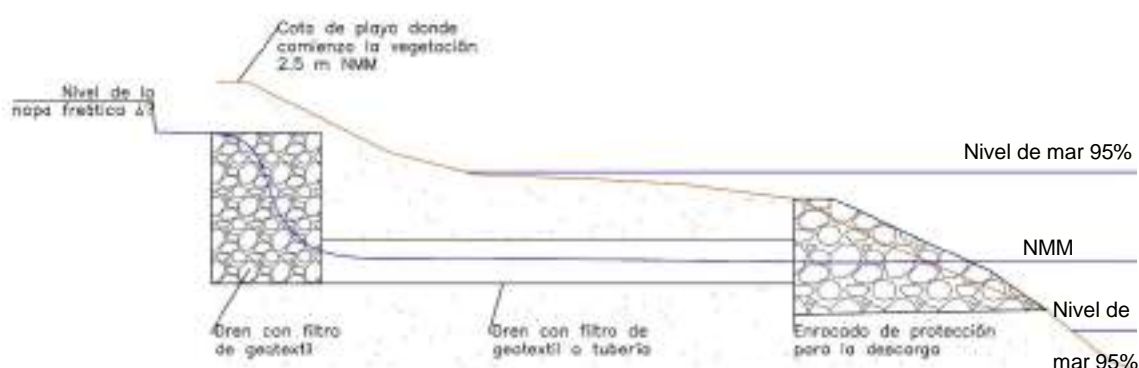


Figura 4-70 – Corte transversal a la playa del sistema de drenes.

4.13.1.2. Reperfilado de playa mansa

El reperfilado de playa se haría una vez por año, previo al verano (Noviembre), entre las calles República del Paraguay y Calle 22, retirando del frente de la lengua/barra de arena, en condiciones de bajante, unos 30 cm de arena en una longitud de 300 m de playa y en un ancho de 20 m de playa, los cuales serían colocados en la zona de berma, contra la duna primaria incipiente. Esto implica movilizar aproximadamente 1.800 m³ de arena por año, los

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

cuales se prevé sean repuestos por la arena que ingresa por transporte litoral desde la playa Brava. Deberán implementarse medidas de fijación de la arena tan pronto se finalice cada movilización, para evitar pérdida de sedimento del sistema por transporte eólico.

El reperfilado de playas es equivalente al *beach scraping* o rascado de playas. Cabe señalar que: (1) no existen recomendaciones detalladas para la implementación de esta medida, ni recomendaciones de cómo incorporar esta medida en las estimaciones de la respuesta del perfil de playa a mediano y largo plazo, y (2) que los efectos positivos de esta medida se han asociado a la incorporación de medidas de fijación de los sedimentos (cercas captoras y revegetación dunar) que eviten la pérdida de los sedimentos recién movilizados³². En este sentido, esta medida debe ser implementada en el marco de estrictas campañas de seguimiento (cualitativo y cuantitativo) y en el marco de un proceso de seguimiento y revisión continua. Se propone por tanto aplicar esta técnica siguiendo los siguientes lineamientos generales:

- Realizar un **relevamiento sistemático de perfiles** de playa tanto en la zona intervenida como en alguna zona no intervenida que se defina como referencia para evaluar el efecto de las medidas.
- **Evaluar el efecto de esta medida con periodicidad anual** para definir su ajuste y/o continuidad.

Se recomienda comenzar con el monitoreo de los perfiles de playa al menos dos años antes de comenzar con las intervenciones.

4.13.1.3. Protección de pie de barranca/talud

En caso de no tomarse medidas de avance de la línea de costa, se prevé que será necesario proteger unos 360 m y 580 m de pie de barranca o talud a 2050 (20 cm de aumento de NMM; Figura 4-71) y 2075 (40 cm de aumento del NMM; Figura 4-72), respectivamente.

La protección podría materializarse mediante enrocado, en talud 1:1,5, apoyado sobre filtro geotextil, con aprox. 3 m de altura y 1 m de ancho; esto implicaría, para el escenario de 20 cm de aumento de NMM (horizonte 2050), aproximadamente 1.080 m³ de roca y 2.000 m² de filtro geotextil.

³² Ellis, J.T., Román-Rivera, M.A., 2019. Assessing natural and mechanical dune performance in a post-hurricane environment. J. Mar. Sci. Eng. 7. <https://doi.org/10.3390/jmse7050126>



Figura 4-71 – Protección de pie de barranca o talud, asumiendo que no hay avance de la línea de costa, para un aumento del NMM de 20 cm.

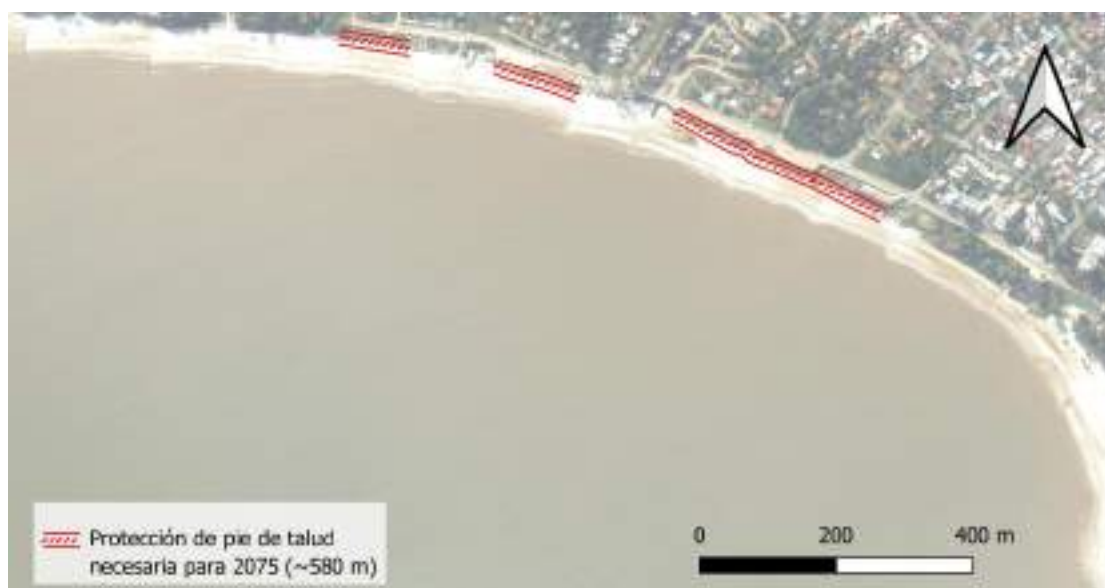


Figura 4-72 – Protección de pie de barranca o talud, asumiendo que no hay avance de la línea de costa, para un aumento del NMM de 40 cm.

4.13.1.4. Avance y estabilización de la línea de costa

Se plantean dos alternativas para el avance de la línea de costa:

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

1. Extender los espigones actuales una longitud equivalente a la que se quiere avanzar la línea de costa, dejando que el transporte litoral aporte sedimentos para lograr el avance de la línea de costa (equivalente a lo ya implementado en el sitio).
2. Extender solo tres de los espigones, de forma tal de alcanzar un avance significativo en esto tres espigones que compense la pérdida de área de playa producto del aumento del NMM. Al igual que en la opción anterior, en este caso se permitiría que sea el transporte litoral el que aporta sedimentos para el avance de la línea de costa.

Las dos opciones implicarían una pérdida de área de playa al Oeste de Villa Argentina equivalente a la que se gana por el avance de los espigones.

La opción 2, al no lograr un avance uniforme de la línea de costa, debería ser complementada por medidas de protección de pie de barranca o talud en algunos tramos de playa. Como contrapartida, la opción 2 lograría una acreción de playa muy notoria en algunas zonas, la que podría aprovecharse para generar una zona de parques y recuperación del sistema dunar autóctono.

Bajo la lógica de recuperar las 2 has de playa que se perderían con un aumento del NMM de 20 cm, estas opciones implicarían:

1. Extender en 10 m la longitud de 9 espigones, con una altura de 2 m, usando roca uniforme en talud 1:1,5, lo que implicaría aproximadamente 900 m³ de enrocado.
2. Extender en 50 m la longitud de 3 espigones, con una altura de 2 m, usando roca uniforme en talud 1:1,5, lo que implicaría aproximadamente 1.500 m³ de enrocado. Construir 240 m de protección de pie de barranco/talud, con enrocado apoyado sobre filtro de geotextil, colocado en talud 1:2, con altura 3 m y ancho 1 m, lo que implicaría aproximadamente 720 m³ de enrocado y 1.500 m² de filtro geotextil.

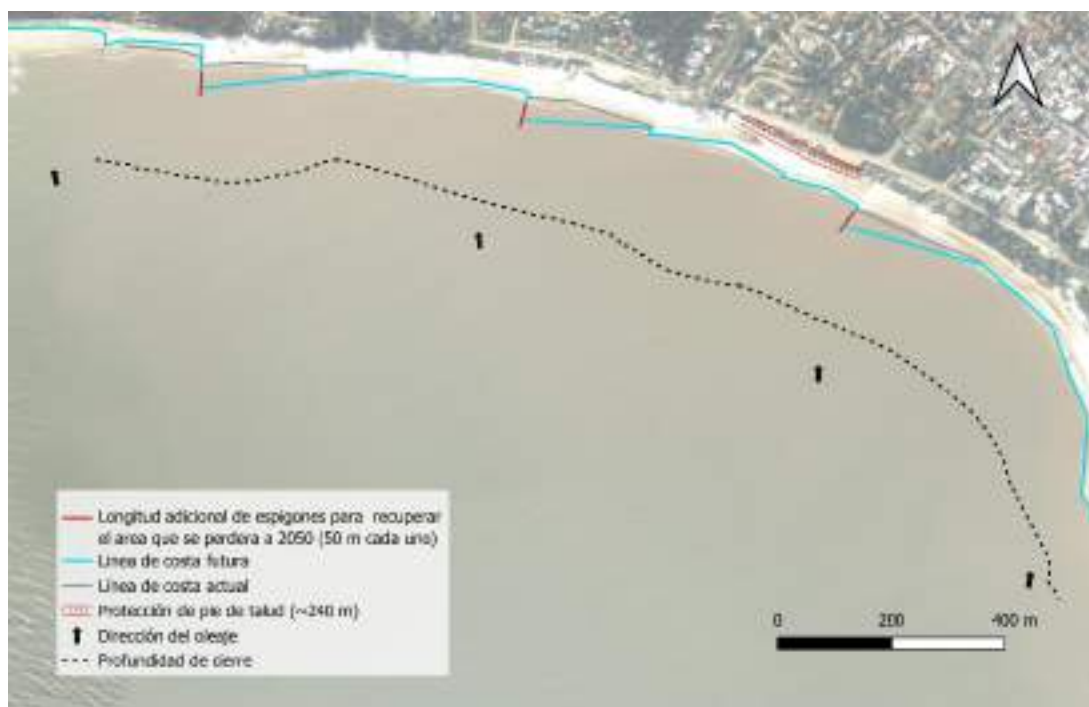


Figura 4-73 – Alternativa de extender únicamente 3 espigones.

4.13.2. ACONDICIONAMIENTO DE DESCARGAS PLUVIALES

Con el objetivo de disminuir la cantidad de lengüetas de descarga presentes en la costa, se plantea el acondicionamiento de las descargas de mayores dimensiones utilizando una solución basada en la naturaleza. En particular, para las descargas 5, 7, 9 y 11 se plantea la implantación de un cuenco de infiltración que funcione para los caudales de estiaje, es decir que el cuenco tendrá capacidad para infiltrar los flujos base que escurran hasta estas descargas. El funcionamiento esperado del sistema consiste en que se infiltre el escurrimiento para caudales bajos (evitando así la descarga continua a la playa), mientras que, para caudales altos, se infiltra parte del caudal llenando el cuenco, con lo cual se abre la berma y descarga a la playa.

El cuenco filtrante se materializa con una capa de roca rodeada de geotextil rematada superficialmente con vegetación, en particular especies hidrófilas herbáceas y arborescentes. A su vez, entre el cuenco filtrante y la descarga, se interpone un enrocado que disipe la energía del flujo protegiendo la playa y la estructura de descarga. Finalmente, aguas abajo del cuenco filtrante se coloca una estructura que contenga y proteja el cuenco (geotubos). La

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

función del mismo es proteger el cuenco de infiltración en el caso de que un evento de tormenta alcance a erosionar la berma. La implementación del geotubo evita que en tales eventos de tormenta el cuenco se vea afectado por el oleaje, pudiendo desmoronar el sistema. Dichos elementos se pueden observar de manera conceptual en el esquema presentado en la Figura 4-74.

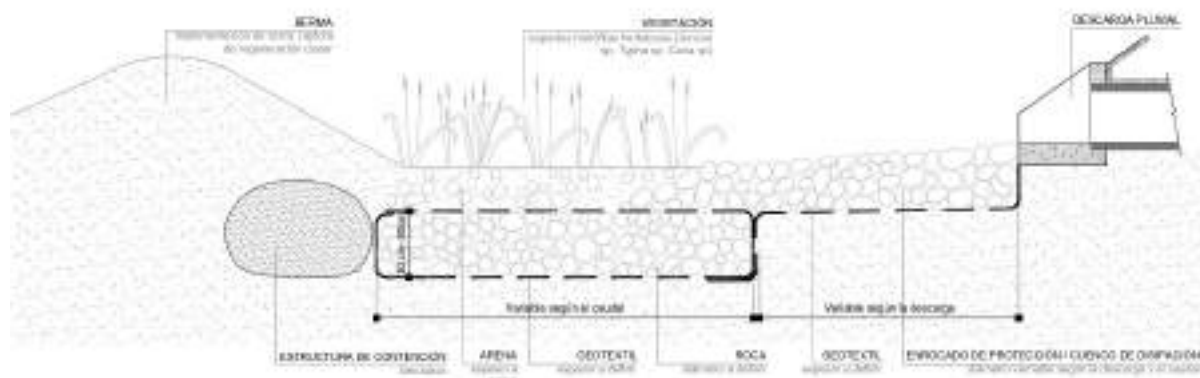


Figura 4-74 – Esquema conceptual del sistema de adaptación de las descargas pluviales.

Los caudales para los que se dimensionan los cuencos, se calculan con los caudales específicos de estiaje máximos presentados en “Regionalización de estadísticas de caudales” (DINAGUA, 2019) para la cuenca que incluye a la ciudad de Atlántida (Cuenca de nivel 2 N°27).

Cuenca	Caudal estiaje max (l/s)
5	35,1
7	28,3
9	7,4
11	2,1

Tabla 4-11 –Caudales de estiaje máximos para las tres descargas a acondicionar.

Para calcular el área en planta necesaria para infiltrar los caudales de estiaje, se debe considerar tasa de infiltración de la arena (desde 10^{-3} a 10^{-5}). Se considera la tasa de la arena ya que será el estrato que se ubique bajo el manto de roca y geotextil. Debido a que posee una permeabilidad menor que la de la roca, será el estrato que limite la infiltración. Se toma el valor medio del rango de tasas de infiltración de arenas disponible (10^{-4}). Cabe señalar que en el proyecto ejecutivo se deberá realizar un estudio de permeabilidad de la arena del sitio, para obtener la tasa de infiltración real de la arena de la playa de Atlántida.

Además del área en planta, se calcula el área transversal necesaria para que la velocidad del flujo en este escenario sea menor o igual que 0,8 m/s (velocidad máxima que podría resistir la vegetación). Con dicha área y el ancho disponible se estima el tirante del flujo observando que el mismo es del orden de milímetros (lámina de agua para caudales de estiaje). Finalmente se halla el largo del cuenco utilizando el área en planta necesaria para infiltrar los caudales de estiaje. En la Tabla 4-12 se presentan los resultados del dimensionado de los cuencos, donde se verifica a partir de la imagen satelital que se cuenta con el espacio necesario en cada descarga.

Cuenca	Caudal estiaje máx (l/s)	Área cuenco (m ²)	Área transversal (m ²)	Ancho (m)	Tirante (m)	Largo (m)
5	35,1	351,3	0,04	16,0	0,003	22,0
7	28,3	282,8	0,04	20,0	0,002	14,1
9	7,4	73,9	0,01	9,2	0,001	8,0
11	2,1	21,4	0,003	5,0	0,001	4,3

Tabla 4-12 – Dimensionado de los cuencos de infiltración.

Adicionalmente se dimensiona el cuenco de disipación utilizando la formulación propuesta para riprap apron en el Manual del HEC 14³³. A partir de dichas recomendaciones, se obtiene el tamaño de la roca (D_{50}), profundidad, largo de la protección y ancho para cada boca.

Cuenca	D_{50} (m)	Profundidad (m)	Largo (m)	Ancho (m)
5	0,20	0,7	3,2	4,5
7	0,15	0,5	3,2	4,5
9	-	-	-	-
11	-	-	-	-

Tabla 4-13– Dimensionado de cuenco de disipación. Descargas 9 y 11 a dimensionar.

Cabe señalar que esta intervención es válida si se verifica que la napa se encuentra por debajo del nivel inferior del cuenco filtrante. Por lo tanto, en la etapa de proyecto ejecutivo se deberán realizar los estudios piezométricos pertinentes que permitan determinar en nivel de la napa freática en las zonas a intervenir.

Para la descarga 10 se plantea que el escurrimiento sea conducido hasta el sistema de drenes planteado pudiendo evacuar directamente hacia la playa.

³³ Federal Highway Administration, 2006. Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels (Hydraulic Engineering Circular No.14)

4.14. ASPECTOS URBANOS Y SOCIALES

4.14.1. ANÁLISIS POR TRAMOS

El ámbito costero, objeto de la presente consultoría, registra varios tramos algo diferenciados entre la Punta Piedras Negras y el límite oeste de Villa Argentina.

La Punta Piedras Negras constituye un primer tramo de playa, seguida hacia el noroeste por la playa Mansa, fuertemente caracterizada por su urbanización consolidada, fuerte arbolado y el emplazamiento de numerosos servicios. Con transición en el anfiteatro Expo-platea, a la altura de las calles Roger Valet y Montevideo, se desarrolla hacia el oeste la playa La Serena, de urbanización menos consolidada. Aproximadamente a la altura de la avenida Árbol de Judea la playa se vuelve más agreste y la Rambla se interrumpe en la calle Juan Zorrilla de San Martín, en la playa Villa Argentina.

En todo el arco costero, se deben considerar algunos hitos y puntos clave para la instrumentación de los lineamientos generales y las propuestas particulares de proyecto y gestión, sobre los que deberá basarse los aspectos del diseño concreto.

Hitos o puntos clave:

- cruces peatonales (cebras), si bien no se registra una buena tasa de respeto, permiten reconocer puntos de concentración de concurrencia de gente;
- pasarelas peatonales de acceso a la playa y particularmente, grandes escalinatas en sectores con mucho desnivel por el relieve abrupto;
- localización de casetas de guardavidas en la playa, que generan polos de atracción con mayor afluencia de público en la playa;
- estacionamientos vehiculares, con acceso previsto desde la calzada de la rambla; se plantea la necesidad mejorar su delimitación, en función de la conservación ecosistémica del área costera (lo que puede llevar a proponer la eliminación de alguno de ellos);
- paradores, “chiringuitos”, emprendimientos de deportes acuáticos y otros servicios similares, que son atractores de público, deben contar con facilidades próximas de estacionamiento vehicular;
- miradores existentes como son particularmente: “Un sol para Atlántida”, la “Mujer en la playa” y “El Águila”, los que constituyen hitos de interés en la faja costera;

- equipamientos y mobiliario urbano, atractivos para la concurrencia de personas y puntos de concentración de asistencia en playas (equipamientos para ejercicios, juegos infantiles y otros).

Debe tenerse en cuenta que algunos de estos hitos no están fijos y si bien su localización actual tiene ataduras en la memoria urbana del colectivo social, podrían relocalizarse y así se habrá de encarar en las etapas de proyecto.

4.14.1.1. Punta Piedras Negras

Se trata del extremo sur del cabo que avanza sobre el río, conformado por una playa arenosa con extensos afloramientos rocosos, a los que debe su denominación. En su lado oeste se encuentran las instalaciones del llamado Puerto de Atlántida. Éste cuenta con infraestructuras mínimas, consistentes en una planchada/rampa de hormigón que se extiende hasta la arena húmeda y está apenas protegida del sur por una muy pequeña escollera de enrocado.

Más arriba y por detrás de la línea de abundante vegetación, se localiza una playa de estacionamiento vehicular, de unos 700 m² y aún más arriba, las instalaciones del Yatch Club de Atlántida, que ocupan unos 3.000 m² con edificios y áreas pavimentadas para vehículos y embarcaciones. Más al sur y también entre la importante vegetación, se encuentran varias edificaciones de entre 80 y 300 m² cada una, además de áreas de uso para estacionamiento vehicular.

En este sector se plantea la gestión de cuidado del sistema, con la eliminación de los múltiples senderos informales y su reemplazo por pasarelas de protección de la duna, el manejo de vegetación de estabilización con especies nativas propias del ecosistema, en un proceso de sustitución de ejemplares de especies exóticas, y, especialmente, el control de acceso de vehículos a la playa por la rampa para embarcaciones.

4.14.1.2. Playa Mansa

Si bien los límites entre los tramos de playas no son definidos, ya que el arco de playa resulta único, exclusivamente a los efectos de este informe, se puede asumir que la playa Mansa de Atlántida se extiende entre las últimas afloraciones rocosas de la playa Punta Piedras Negras y el espigón en el eje de la calle 22, aproximadamente.

Es en este tramo de la faja costera en que se localizan numerosos equipamientos y servicios, en distintas alturas respecto al fuerte desnivel natural que se registra entre la rambla

Presidente Tomás Berreta y la playa. Eso ha originado un importante número de infraestructuras de circulación, duras de hormigón y mampostería, blandas en madera (escaleras y rampas), así como sendas informales sobre el terreno. Resultará necesario controlar las circulaciones y otras actividades, para una gestión que reduzca la erosión, acompañando las actuaciones sobre el drenaje pluvial. Para ello, todas las circulaciones se deberán concretar mediante pasarelas de madera sobre pilotis, evitando que se lleven a cabo sobre el suelo. Complementando este objeto, también se trabajará con la sustitución de vegetación exótica por plantación de especies nativas.

La zona de playa arenosa es la que requiere un trabajo específico para su mejoramiento, con actuación para avanzar hacia la superficie de arena seca, la regeneración del sistema de dunas y apuntar para alguna mejora del ancho disponible.

En el otro borde, sobre la calzada de la Rambla, el grado de consolidación es importante. La vialidad de la rambla está bien delimitada, con calzada, cordón y acera, formalizadas (aunque el cordón y la acera llegan solamente hasta unos 30 m al oeste del anfiteatro).

4.14.1.3. Playa La Serena

También con límites imprecisos, la playa La Serena se extiende desde el extremo oeste de la zona más consolidada de la playa Mansa de Atlántida, aproximadamente a la altura de la Calle 22, y la descarga de la cañada a la altura del estacionamiento del monumento Mujer en la Playa, aproximadamente.

Se trata de un sector con modesta consolidación del borde urbano. La Rambla pavimentada se prolonga en una ancha banquina de material granular, apenas limitada hacia el espacio costero por sencillos bolardos de tronco de madera. Este sector carece de aceras. A lo largo de ésta se localizan algunos equipamientos, como se adelantó: áreas para estacionamiento vehicular, explanadas peatonales que ofician con interesantes miradores al paisaje (Sol de Atlántida y otros puntos), junto con algún mobiliario urbano.

Toda actuación que se efectúe para el mejoramiento de la rambla, particularmente para la circulación y actividad peatonal, además de ver de disminuir las áreas de los estacionamientos vehiculares, deberá ser cuidadosamente diseñada para reducir la erosión del barranco y la playa.

Se trata, simultáneamente de actuar con el objeto de aumentar, en lo posible, el ancho total de la faja disponible entre la calzada de la rambla y la costa del río. Para ello, se sugiere

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

estudiar la construcción de áreas de estacionamiento vehicular al norte de la calzada vehicular de la Rambla, en los puntos en que el frente de los padrones se encuentra distante (entre las calles Grevillea y Julio Herrera y Reissig, ya en Villa Argentina), lo que requerirá un cuidadoso proyecto, dado el desnivel existente. Con ello, se podrán eliminar las extensas explanadas de estacionamiento vehicular al sur de la rambla, sobre las dunas.

El gran desnivel entre la Rambla y la costa, se salva en una faja de ancho escaso, que se reduce crecientemente de este a oeste, siendo la reducción de ancho acompañada con disminución en la cobertura vegetal y reducción de su porte. Registra tramos de barranco con gran erosión, vinculados con descargas de pluviales y con accesos informales.

En este sector se plantea la restitución de dunas y la implantación controlada de flora nativa para la fijación. Simultáneamente con las acciones sobre las descargas de aguas del drenaje urbano, deberán eliminarse los accesos informales e instalar escaleras y rampas de madera sobre pilotis.

4.14.1.4. Playa Villa Argentina

Este tramo, al igual que el de la playa La Serena, se caracteriza fuertemente por la presencia de los espigones que la segmentan ligeramente y generan frentes del arco costero discontinuos. El ancho de la playa arenosa es algo creciente hacia el oeste, mientras que el ancho total de la faja entre el límite de los padrones y la costa también aumenta, aunque levemente.

La rambla Presidente Tomás Berreta se interrumpe a la altura de la calle Juan Zorrilla de San Martín, resultando unos 500 metros libres en el frente del balneario Villa Argentina sobre la costa, en el oeste del arco costero urbanizado, objeto de la presente consultoría. Allí, los pocos padrones frentistas a la costa han extendido la utilización de suelo en el espacio público, eliminando la vegetación natural, en varios de los casos.

En este sector en el extremo oeste, se despliega un área más ancha que en los tramos al este de éste, un tanto más agreste de vegetación sobre el área de fuerte desnivel. En el sector de esta playa en que corre la Rambla es donde el pronunciado desnivel entre ésta y la playa arenosa se desenvuelve con menor ancho y registra la más importante erosión, como en todo el arco costero, tanto por las descargas de los drenajes de pluviales urbanos como por los accesos peatonales informales.

En todo el tramo resulta imprescindible actuar simultáneamente con el diseño de la descarga de las aguas del drenaje urbano con la eliminación de los accesos informales, junto con la revisión de los existentes, especialmente en su vínculo con la protección del cordón dunar y el manejo de aguas pluviales.

En el sector sin rambla, se sugiere incorporar una pasarela peatonal junto al límite sur de los padrones, al mismo tiempo como sendero de interpretación y a los efectos de poder controlar y concentrar los accesos a la playa en escaleras y rampas a construir y apuntar a evitar así, los accesos informales.

Posiblemente, además de los trabajos para la restitución de dunas y su fijación por la implantación de flora nativa, resulte necesario alguna operación de protección de la base del barranco, como ya se ha realizado para “El Águila”.

4.14.2. “DESAFECTACIÓN” DE LA RAMBLA PRESIDENTE TOMÁS BERRETA

La rambla costanera de Atlántida registra dos tramos claramente identificables, como ya de describió: la rambla “histórica”, propia del tejido urbano fundacional, entre la Punta Piedras Negras y la calle Ciudad de Montevideo en su empalme con la calle Roger Balet, y la rambla construida posteriormente, que se extiende hacia el oeste desde la intersección indicada hasta la calle Juan Zorrilla de San Martín, en el balneario Villa Argentina.

Si bien el primer tramo y más antiguo, con cordones y veredas construidas, se desarrolla a cierta distancia de la costa, no siempre muy lejos del barranco que, con su fuerte desnivel, caracteriza el paisaje de ambos tramos.

En el segundo tramo, la rambla, ya sin vereda, se localiza muy próxima al borde el barranco e, incluso, han tenido que realizarse algunos rellenos en varios puntos, en general coincidentes con las cárcavas de las vertientes de escurrimiento de pluviales, las que se canalizaron con conducciones subterráneas (las que se caracterizan en otros apartados del presente trabajo).

Esta situación se verifica ya en el extremo noroeste del primer tramo, donde la construcción de la rambla y del anfiteatro “Expo-platea”, se llevó a cabo en una gran cárcava, mediante importantes rellenos y dejando una zona baja, al norte, detrás de la rambla.

El ancho de la faja pública, entre los frentes de los padrones del amanzanado urbano y el borde costero, resulta clave en la caracterización de ambos tramos. En el segundo tramo, la faja pública se angosta a la mitad de su ancho muy abruptamente, en seguida al noroeste del anfiteatro Expo-platea. Pasa de unos doscientos metros a menos de cien, con lo cual la infraestructura de vialidad queda localizada casi en el costado del barranco en grandes sectores. Las excepciones son algunas explanadas, estas sí con borde en el barranco, tres de ellas utilizadas para estacionamiento vehicular.

Se plantea, entonces, como alternativa, la posibilidad de disponer de la totalidad de la faja pública para el manejo de las dinámicas costeras, lo que permitiría tolerar el retroceso controlado de la barranca, en algún sector, junto con, además, gestionar en mejores condiciones las vertientes de pluviales, que son una de las causas significativas en la erosión de aquella.

Para ello resulta necesario intervenir sobre la condición actual de la primera línea de la urbanización sobre la costa. En una primera aproximación, estas alteraciones podrían plantarse en fases a lo largo del tiempo y por sectores, en función de la evolución constatada y la efectividad de las acciones que se emprendan.

Resulta notoria y evidente la potencia y valor que representaría esta alternativa para la conformación y restauración natural del paisaje costero.

Una posible primera acción estaría constituida por la eliminación de la calzada de tránsito vehicular, lo que podría encararse en etapas, según las necesidades y el resultado del monitoreo imprescindible.

Una actuación de este tipo, que elimine la continuidad vehicular de la rambla costanera, sería volver a una situación relativamente reciente, en que existía algún tramo de calzada, discontinuado por interrupciones de profundas vertientes de aguas pluviales. Esto tendría consecuencias sobre la situación actual, tanto en la movilidad general, como sobre las condiciones de accesibilidad a la playa, para los padrones frentistas a la costa y sobre las infraestructuras y servicios urbanos. Se abordan a continuación en forma somera.

Movilidad general

La eliminación de la calzada vehicular de la Rambla Presidente Tomás Berreta deberá ser sustituida por alguna alternativa de circulación paralela a la costa, dando acceso a ésta “en peine”, asegurando el retorno y el estacionamiento fuera de la faja costera, para los vehículos.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

La alternativa es muy clara y podría estar constituida por las calles Natalio Michelizzi, Guayabo, Sófora, Del Árbol de Judea y Del Eucalipto, continuo de vías públicas a unos cien metros de la actual. Los anchos de faja pública existente en estas vías (de entre 17 y 20 metros) permitirían resolver eficientemente la transformación necesaria para el nuevo tránsito vehicular.

La única dificultad a solucionar sería el cruce de la cañada existente a lo largo y entre las dos calzadas paralelas de la avenida Ciruelo del Japón.

Otra cuestión sería el acceso a la zona costera del amanzanado en el extremo oeste de Villa Argentina, aunque de limitada entidad ya que no se trataría de una condición muy diferente de la actual. En Villa Argentina se observa un amanzanamiento muy irregular con algunas manzanas oblongas, muy largas y perpendiculares a la costa, que generan una estructura de circulación intrincada y con condiciones de conectividad deficitarias. La condición extrema está constituida por la manzana N° 220, entre las calles Julio Herrera y Reissig y Acuña de Figueroa, que se extiende desde la calzada de servicio de la Ruta Interbalnearia (Poetas Uruguayos) y la costa, con lo que se interrumpe cualquier vínculo intermedio este-oeste.

Respeto al estacionamiento vehicular para la concurrencia a la playa, tendría que recurrirse a una solución “de punta” o “en espina”, en los tramos de los “cul de sac” de acceso “en peine” que se concretarían. No resulta admisible que se adoptara la generación de playas de estacionamiento vehicular en la faja costera, en el extremo de los “cul de sac”.

Accesibilidad a la playa

Si bien la rambla sería, en la actualidad, la principal conectividad entre el centro de Atlántida y el oeste, no se registra transporte público en ella. En estas condiciones, el acceso a las playas es exclusivamente en forma peatonal o desde vehículo motorizado particular. Sobre este último ya se realizaron los comentarios pertinentes en el párrafo anterior.

El acceso peatonal no cambiaría sustancialmente en caso de sustituir la rambla por una vehicular paralela a ésta. Si se va al pie a la playa desde un padrón cualquiera, la situación no cambia. Si es desde un vehículo particular, corresponde lo ya descrito. Pero, además, resulta conveniente y así se recomienda, la incorporación de una pasarela peatonal “blanda” de madera, a modo de sendero de interpretación, contra el límite frontal de las manzanas frentistas a la costa.

Padrones frentista a la costa

Con la posible eliminación de la calzada vehicular en la costa se generarían situaciones particulares disímiles, para las cuales corresponde analizar soluciones alternativas distintas.

En la primeras siete u ocho manzanas de este a oeste, la condición dominante es la de padrones esquina o padrones pasantes, con lo cual todos ellos tienen disponible un frente sobre la calle perpendicular del “peine” para el acceso o por la calle posterior, paralela a la costa. Solamente existe un padrón (el N° 199 en la manzana 182), que quedaría sin acceso vehicular, por lo que habría que resolver el diseño de un acceso particular, único, en la faja costera.

En Villa Argentina, a partir de la avenida Árbol de Judea al oeste, la situación cambia y son numerosos los padrones con frente a la actual rambla costanera (manzanas 209 y 219). Para estos quince padrones deberá diseñarse una alternativa de acceso mediante una calzada estrecha y de accesibilidad exclusiva para esos vecinos, sin continuidad y sin estacionamiento público sobre ella.

En el penúltimo tramo, entre las calles Juan Zorrilla de San Martín y Delmira Agustini, los padrones son doble frente y tienen acceso por la paralela posterior, Yamandú Rodríguez. Aquí, la dificultad está constituida por la apropiación, con diferentes alcances, de espacio público costero por parte de los padrones frentistas. Es por eso que, resulta recomendable, incorporar actuaciones físicas para el control del espacio, con la incorporación de una pasarela peatonal de madera, como sendero de reconocimiento, a lo largo y lo más próxima posible, a los límites frontales de los padrones.

Infraestructuras y servicios públicos

La infraestructura más significativa, que sería removida, está constituida por los componentes materiales de la actual calzada vehicular (pavimentos y subbase) de la Rambla Presidente Tomás Berreta, que deberán ser retirados del lugar y cuya obra debe realizarse en condiciones de protección para los ecosistemas, así como su disposición final, muy especialmente.

Además, también constituiría una obra de importancia, el mejoramiento de las actuales calzadas vehiculares de las calles, paralelas a la costa, que sustituirán la funcionalidad urbana de conectividad de la actual rambla.

Asimismo, a lo largo de la actual rambla costanera, se localizan las infraestructuras urbanas de UTE, ANTEL y OSE. Las redes de UTE y ANTEL son mediante líneas aéreas, con doble postación, alineadas en el límite frontal de los padrones. En el caso de padrones en equina y padrones pasantes, con el tiempo, estas líneas deberían ser retiradas y sustituidas por líneas en las calles perpendiculares o en la paralela posterior, ya que resulta necesario el tendido por el frente costero, mejorando así, notoriamente, las condiciones de paisaje. Las líneas de OSE, subterráneas, podrían permanecer, aunque también sería conveniente que fueran retiradas de la faja costera, para conectar los servicios desde las transversales, también.

Próximas a la calzada vehicular, se localizan columnas de iluminación pública, con línea área eléctrica que las conecta entre ellas. El eventual retiro de la calzada vehicular llevaría consigo la eliminación del actual sistema de iluminación pública. Éste podrá ser sustituido por iluminación peatonal, acompañando la pasarela de madera, sendero de interpretación, con mejores condiciones de protección para la biodiversidad y baja contaminación del cielo nocturno.

4.15. ASPECTOS ECONÓMICOS

Se realiza una estimación de costos preliminar considerando los principales componentes de las alternativas propuestas. Es importante destacar que el diseño de las alternativas es a nivel de diseño conceptual, por lo tanto, el presupuesto estimado puede variar a medida que se avance en el proyecto y se realice un diseño más detallado de las diferentes componentes (rubros).

ALTERNATIVA: EXTENDER 3 ESPIGONES						
RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos	% de incidencia
1 INTERVENCIONES LIMITADAS Y Nbs DE PEQUEÑA ESCALA						
1,1	Sistema de drenes playa Mansa	1,0	Global	3.541.350	3.541.350	2,1%
1,2	Cerca capibras	1.600,0	ml	3.000	4.800.000	2,8%
1,3	Recarga de playa: reperfilado de playa mediante medios mecánicos (gasto anual)	1.800,0	m3	390	702.000	0,4%
1,4	Bosque costero (manejo exóticas y plantación) / Pie de barranca	63.600,0	m2	800	50.880.000	29,9%
1,5	Monitoreo	3,0	Global	195000	585.000	0,3%
2 DESCARGAS PLUVIALES						
2,1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000	15,1%
2,2	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	10,0	Unidad	2.730.000	27.300.000	16,1%
3 PROTECCIÓN DE PIE DE BARRANCA/ALUD						
3,1	Suministro y colocación enrocado de protección	720,0	m3	23.400	16.848.000	9,9%
3,2	Suministro y colocación filtro geotextil	1.500,0	m2	83	125.118	0,1%
4 AVANCE Y ESTABILIZACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA						
4,1	Suministro y construcción de espigones (enrocado)	1.500,0	m3	23.400	35.100.000	20,7%
5 ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO						
5,1	Rampas de acceso	150,0	ml	6.600	990.000	0,6%
5,2	Pasarela peatonal playa Villa Argentina	400,0	ml	8.400	3.360.000	2,0%

NOTAS Precio de oficina en pesos uruguayos Se suponen solo un 10% de imprevistos Se presenta el total con leyes pero SIN iva	SUBTOTAL SIN LEYES	169.971.468
	IMPREVISTOS 10%	16.997.147
	TOTAL SIN LEYES	186.968.614
	LEYES 14%	26.175.606
	IVA 22%	37.393.723
	TOTAL CON LEYES S/IVA	213.144.220

Tabla 4-14: Rubrado y costo estimado de la alternativa de extender 3 espigones.

ALTERNATIVA: EXTENDER 10 ESPIGONES						
RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos	% de incidencia
1 INTERVENCIONES LIMITADAS Y Nbs DE PEQUEÑA ESCALA						
1,1	Sistema de drenes playa Mansa	1,0	Global	3.541.350	3.541.350	2,5%
1,2	Cerca capibras	1.600,0	ml	3.000	4.800.000	3,5%
1,3	Recarga de playa: reperfilado de playa mediante medios mecánicos (gasto anual)	1.800,0	m3	390	702.000	0,5%
1,4	Bosque costero (manejo exóticas y plantación) / Pie de barranca	63.600,0	m2	800	50.880.000	36,6%
1,5	Monitoreo	3,0	Global	195000	585.000	0,4%
2 DESCARGAS PLUVIALES						
2,1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000	18,5%
2,2	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	10,0	Unidad	2.730.000	27.300.000	19,6%
3 AVANCE Y ESTABILIZACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA						
3,1	Suministro y construcción de espigones (enrocado)	900,0	m3	23.400	21.060.000	15,2%
4 ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO						
4,1	Rampas de acceso	150,0	ml	6.600	990.000	0,7%
4,2	Pasarela peatonal playa Villa Argentina	400,0	ml	8.400	3.360.000	2,4%

NOTAS Precio de oficina en pesos uruguayos Se suponen solo un 10% de imprevistos Se presenta el total con leyes pero SIN iva	SUBTOTAL SIN LEYES	138.958.350
	IMPREVISTOS 10%	13.895.835
	TOTAL SIN LEYES	152.854.185
	LEYES 14%	21.399.586
	IVA 22%	30.570.837
	TOTAL CON LEYES S/IVA	174.253.771

Tabla 4-15: Rubrado y costo estimado de la alternativa de extender 10 espigones.

ALTERNATIVA: NO FIJAR LINEA DE COSTA Y PROTEGER BARRANCA						
RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos	% de incidencia
1	INTERVENCIONES LIMITADAS Y Nbs DE PEQUEÑA ESCALA					
1.1	Sistema de drenes playa Mansa	1,0	Global	3.541.350	3.541.350	2,2%
1.2	Cerca captoras	1.600,0	ml	3.000	4.800.000	3,0%
1.3	Recarga de playa: reperfilado de playa mediante medios mecánicos (gasto anual)	1.800,0	m3	390	702.000	0,4%
1.4	Bosque costero (manejo exóticas y plantación) / Pie de barranca	63.600,0	m2	800	50.880.000	31,8%
1.5	Monitoreo	3,0	Global	195000	585.000	0,4%
2	DESCARGAS PLUVIALES					
2.1	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca mayor a 50 hectáreas	2,0	Unidad	12.870.000	25.740.000	16,1%
2.2	Reacondicionamiento de descarga pluvial - Cuenca menor a 50 hectáreas	10,0	Unidad	2.730.000	27.300.000	17,0%
3	PROTECCIÓN DE PIE DE BARRANCA/TALUD					
3.1	Suministro y colocación enrocado de protección	1.800,0	m3	23.400	42.120.000	26,3%
3.2	Suministro y colocación filtro geotextil	2.000,0	m2	83	166.824	0,1%
4	ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO					
4.1	Rampas de acceso	150,0	ml	6.600	990.000	0,6%
4.2	Pasarela peatonal playa Villa Argentina	400,0	ml	8.400	3.360.000	2,1%

NOTAS Precio de oficina en pesos uruguayos Se suponen solo un 10% de imprevistos Se presenta el total con leyes pero SIN iva	SUBTOTAL SIN LEYES	160.185.174
	IMPREVISTOS 10%	16.018.517
	TOTAL SIN LEYES	176.203.691
	LEYES 14%	24.668.517
	IVA 22%	35.240.738
	TOTAL CON LEYES S/IVA	200.872.208

Tabla 4-16: Rubrado y costo estimado de la alternativa de no fijar la línea de costa y proteger la barranca.

Alternativa	Precio de oficina (\$)	Precio de oficina (USD)
Extensión 3 espigones	\$ 213.144.220	\$ 5.465.236
Extensión 10 espigones	\$ 174.253.771	\$ 4.468.045
Protección barranca	\$ 200.872.208	\$ 5.150.569

Tabla 4-17: Comparación de costos de oficina para las tres alternativas, tanto en pesos uruguayos como en dólares.

4.16. CONSIDERACIONES GENERALES A NIVEL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

En este apartado se desarrollan las condiciones del ordenamiento territorial vigente para la zona costera de la playa de Atlántida, objeto de análisis de la consultoría, así como del proyecto de Plan Parcial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible en proceso de elaboración, a efectos de considerar algunas de sus disposiciones que, desde este punto de vista, aportarían al enfrentamiento integrado de los problemas actuales y previsibles de drenaje pluvial, inundación y erosión costera

4.16.1.1. Modelo territorial

El encuadre conceptual del ordenamiento territorial para el sector se basa en las definiciones contenidas en el Decreto de Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (de 2011 y modificativos posteriores). Allí se establece el marco general que plantea

- Promover la conservación de los recursos naturales, la mejora de la calidad ambiental, la prevención y mitigación de los efectos del cambio climático.
- Planificar acciones públicas y privadas para la prevención de los riesgos, la adaptación a la variabilidad y el cambio climático.

El modelo territorial queda delineado por el Plan Local Directrices para la Costa de Oro (decretos de 2017 y 2022). Resulta oportuno reseñar las principales disposiciones referidas a la temática, que fijan la estrategia para la transformación del territorio de la Microrregión 4 (Costa de Oro).

- Promoción y puesta en valor del paisaje antropizado y natural, así como sus recursos naturales tendiendo a un desarrollo integral y sustentable y la preservación, recuperación y puesta en valor de la faja costera como principal patrimonio identitario (Directriz 1, artículo 11).
- Promover la dotación de la Costa de Oro con la infraestructura, servicios y equipamientos adecuados, en mejora de la calidad del hábitat y el fortalecimiento del desarrollo local y dotación de infraestructura capaz de mitigar los efectos del cambio climático y minimizar los riesgos socio-ambientales (Directriz 3, artículo 11).

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

- Plantear medidas concretas para la mejora del drenaje pluvial existente, y completamiento de zonas sin drenaje pluvial; promover espacios públicos que contengan equipamientos de amortiguación de aguas pluviales y un sistema de macro y micro drenaje de escala como estrategia para la mitigación de los efectos del cambio climático, que permita direccionar los caudales y evitar impactos erosivos sobre la costa (Sistema de Infraestructura y Servicios, artículo 15).
- La Faja Costera y el sistema dunar, es un área relevante para la conservación, definida por la presencia de especies prioritarias de plantas, y animales asociados, los ecosistemas representados y los sitios arqueológicos y paleontológicos asociados y con un rol ecológico fundamental (Áreas de valores eco sistémicos, artículo 16).

El proyecto de Plan Parcial en elaboración, que refiere al casco histórico de Atlántida, incorpora además disposiciones sobre el drenaje pluvial.

- Preservar el sistema hídrico natural, la traza de los cursos de agua y los puntos de descarga a la rambla.
- Se realizarán tareas de mantenimiento periódicas de los cursos de agua, canales e infraestructura existente.
- En zonas carentes de elementos de drenaje o con insuficiencia de capacidad, se conformarán cunetas con dimensiones y pendientes adecuadas y se colocarán alcantarillas de cruce de calles manteniendo el sentido del escurrimiento natural.
- Se prohibirán canalizaciones cerradas en el perímetro frontal de los jardines hacia las calles.

4.16.1.2. Zonificación

El mencionado Plan Local Directrices para la Costa de Oro, en su artículo 28, dispone la zonificación de su ámbito territorial.

La casi totalidad del área sujeto del presente análisis queda comprendida en la Zona Genérica (ZG) y un pequeño sector correspondiente al casco histórico de la urbanización, hasta la Avenida de Circunvalación, se define como Área de Renovación Urbana (ARU).

- Las ZG son las zonas delimitadas por las áreas rurales, urbanas y suburbanas de la microrregión de Costa de Oro, exceptuando las zonas y/o áreas definidas como ARU, ADU, AO, ZRA, ZCVE o ZDP.

- Las ARU son áreas sobre los cuales se entiende necesario generar acciones de renovación, dado que cuentan con la fortaleza, existencia de servicios, y ubicaciones estratégicas dentro de suelo urbanizado; pero que carecen de actuaciones inmobiliarias, o de servicio que hayan contribuido al desarrollo de la zona, así como aquellos zonas que requieran un abordaje específico.

La faja costera fue zonificada por el artículo 16 del Plan (Sistema de valores eco sistémicos / paisajísticos / patrimoniales). La misma está integrada por el suelo existente al sur de las ramblas, y en sectores donde no existe rambla se considera hasta una faja de 250 metros, medidos desde la línea superior de la ribera hacia el interior del territorio, conforme a lo establecido en el código de aguas. Y confirma que es un área relevante para la conservación, definida por la presencia de especies prioritarias de plantas, y animales asociados, los ecosistemas representados y los sitios arqueológicos y paleontológicos asociados y con un rol ecológico fundamental.

El proyecto de Plan Parcial, en elaboración desde 2020, propone delimitar tres espacios territoriales (ET), dentro de la ARU: ET01 (Microcentro de Atlántida), ET02 (Serena, Jardín, Alto del Mar, Barracas y Villa Argentina sur) y ET03 (Casco fundacional: Playa Brava, Playa Mansa y Circunvalación Sur).

4.16.1.3. Parámetros de ocupación del suelo

En el Plan Local Directrices para la Costa de Oro dispone que en la ZG (Zona Genérica) regirán las alturas, afectaciones y condicionantes urbanísticas, definidas en la Ordenanza de Construcción y su respectiva Reglamentación. También, establece, en el artículo 30, que para las ARU (Área de Renovación Urbana) regirá lo establecido por las zonas genéricas (ZG) hasta tanto se aprueben los proyectos de detalle específicos de cada ámbitos (que, en este caso, estaría constituido por el Plan Parcial en elaboración).

El Plan Local establece (artículo 41), para el Ámbito de Faja Costera, que:

- Queda excluido totalmente todo tipo de edificaciones residenciales.
- No se admitirá la construcción de vías públicas paralela a la Ribera Marítima, ni fraccionamientos de suelo con fines urbanos.
- Se podrán realizar acciones tendientes a la conservación y restauración de los ecosistemas costeros, así como las instalaciones imprescindibles que permitan usos públicos recreativos y de esparcimiento, pesca artesanal y servicios a las playas.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Por su parte, la Ordenanza de la Edificación (Decretos de 2013 y 2015) contiene disposiciones sobre la Volumetría de la Edificación (Capítulo V) y regula los Sistemas de Ordenación Urbanística (Capítulo VI). En el Capítulo VII (Afectaciones Urbanísticas de la Edificación), luego de las definiciones generales, es que establece los parámetros urbanísticos (retiros frontal, lateral y posterior, alturas, factores de ocupación y de densidad habitacional) para el Suelo Urbano Consolidado y para el Suelo Urbano No Consolidado.

En el proyecto de Plan Parcial en elaboración se propone la modificación de los parámetros de FOS máximo (factor de ocupación de suelo) y FOSV máximo (factor de ocupación de suelo verde) en gran parte de la ARU (Área de Recuperación Urbana). Así, para el ET02 (Serena, Jardín, Alto del Mar, Barracas y Villa Argentina sur) plantea una importante disminución del FOS y el consecuente aumento del FOSV. Mientras, propone mantener ambos parámetros en sus valores actuales para el ET01 (Microcentro de Atlántida) y el ET03 (Casco fundacional: Playa Brava, Playa Mansa y Circunvalación Sur).

Cabe anotar que también plantea disminuir el FOT máximo y la altura máxima en el ET02 y el ET03, manteniendo los vigentes solamente en el ET01.

Zona	Categoría de suelo	Área mín. m ²	Frente m	FOS máx. %	FOT máx. %	Permeab. FOSV	Altura m
ZG	U. No C.	800	15	40	120	50	9
ARU	U. Cons.	400	12	60	240	30	12
ET01	U. Cons.	400	12	60	240	30	12
ET02	U. Cons.	400	12	40	120	50	8,50
ET03	U. Cons.	400	12	60	180	30	8,50

Tabla 4-18 Parámetros Urbanísticos - Área de Playa de Atlántida. Fuente: Elaboración propia sobre el Plan Local Directrices para la Costa de Oro, la Ordenanza de la Edificación y el Proyecto de Plan Parcial. Los parámetros para ET01, ET02 y ET03 son los propuestos

El proyecto de Plan Parcial en elaboración también complementa sus determinaciones al proponer que, para el caso de padrones con uso residencial con áreas mayores o iguales a 2000 m², se admitirán impermeabilizaciones mayores al 50 % en la medida que se internalicen

los costos asociados a la infraestructura necesaria para la correcta disposición de los caudales.

Como puede apreciarse, la normativa vigente (reafirmada y afinada en las regulaciones de detalle que se proyectan) encara seriamente medidas que apuntan a reducir las superficies impermeables en los padrones privados. Incluso, debe resaltarse, la modificación normativa que se impulsa en el proyecto de Plan Parcial aumenta la exigencia de suelo permeable en los padrones privados, respecto a la vigente, para la mayor parte del amanzanado adyacente a la playa.

Se trata de un conjunto de decisiones positivas ya que las acciones que generan impermeabilización de suelo provocan aumentos de la escorrentía, y constituyen uno de los principales factores que dificultan la gestión del drenaje urbano, muy especialmente en las situaciones, cada vez más frecuentes, de eventos extremos de precipitación.

Pero, en este marco, también se entiende oportuno y se propone que se establezca la protección para las escorrentías naturales y su flora asociada. Es por ello se sugiere incorporar el texto un condicionamiento para la aplicación de los factores de ocupación, exigiendo que se dejen libres de cualquier afectación a estas zonas de escorrentía natural y su flora asociada, en los predios privados, a efectos de su preservación. Este aspecto apunta a la preservación de zonas de humedales existentes actualmente por su valor ecosistémico y su participación en el drenaje, que se sugieren mantener.

En los casos en los cuales se exceda este porcentaje, por razones fundadas, se deberán efectuar las obras necesarias que aseguren caudales similares de salida, en forma similar a lo que dispone el Costaplan y según lo que se disponga en la reglamentación específica.

También debiera profundizarse y así se propone, en la adopción de alternativas de sistemas de control de drenaje a nivel de los padrones. En particular se debiera evaluar la posible aplicación de pavimentos permeables, barriles de lluvia y zanjias filtrantes, especialmente en los casos de que se pretenda superar los valores de FSV establecidos.

En virtud de lo expresado, cabe recomendar que se avance cuanto antes en las etapas aun faltantes y se logre aprobar el Plan Parcial a la brevedad, con las disposiciones que se analizaron y los aportes que se agregan.

4.16.1.4. Normas para la edificación

En consideración del sistema del drenaje pluvial, las normativas de edificación, en general se entienden adecuadas, ya que no inciden en su funcionamiento. Sin embargo, se reconocen temáticas para las cuales la realidad observada, exclusivamente respecto a las condiciones de drenaje pluvial, lleva a sugerir incorporaciones a la normativa actualmente vigente.

En el caso de Atlántida, el fuerte desnivel entre el área urbanizada y el nivel del mar, lleva a alejar toda necesidad de previsión por inundabilidad en el comportamiento en el futuro. Si habría que analizar las condiciones de inundabilidad (actual y previsible según el diseño de los drenajes urbanos y el aumento de escorrentías en las áreas urbanas y rurales de las microcuencas), aunque se trata áreas todas ellas fuera de los términos de la presente consultoría.

Seguramente resulte necesario, en las áreas próximas a las cañadas y otros cursos menores de agua en el suelo próximo a la costa, profundizar en disposiciones para condicionar y limitar las modificaciones de relieve en el interior de los predios privados.

Estas modificaciones de relieve debieran reducirse a permitir la modificación de los niveles naturales cuando resulten imprescindibles para la conformación de pequeños sectores planos o para facilitar los desagües, siempre sin afectar la configuración esencial del terreno, por lo que, en ningún caso, deben admitirse rellenos generales.

Esto ya que los rellenos, en la mayoría de los casos, conducen a un resultado de aumento de la impermeabilidad y reducción del aporte a la laminación, lo que aumenta la escorrentía, afectando el manejo del drenaje urbano. Además, los puntos bajos y las escorrentías naturales, constituyen contribuciones de singular importancia para la gestión del drenaje pluvial, por sus efectos de infiltración y laminación natural.

Debe tenerse en cuenta que existen numerosos ejemplos de excelentes soluciones arquitectónicas con las edificaciones sobre pilotis, que simultáneamente aportan valores ambientales y contribuyen eficazmente al manejo del drenaje urbano, junto con su participación en la calidad del paisaje.

4.17. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

En función de los resultados presentados en la etapa de diagnóstico y evaluación de alternativas, se profundiza en la propuesta de intervención a desarrollar en la etapa de anteproyecto. Se plantean ciertas modificaciones a las alternativas presentadas en la etapa de evaluación del producto 2. A continuación se realiza una breve síntesis de las principales modificaciones planteadas en esta instancia respecto a lo presentado en el producto 2.

Con el objetivo de mantener el área de playa actual para el horizonte de proyecto (año 2050), se propone la extensión de 5 espigones, la reconstrucción de un espigón en mal estado y la construcción de 2 espigones nuevos. Estos últimos se ubican de modo de encauzar las dos descargas pluviales de mayores caudales.

A su vez, se plantea realizar un relleno de playa para generar un aporte de sedimento al sistema, el cual será estabilizado por los espigones extendidos y nuevos. Con este aporte de arena, se gana el área de playa necesaria para mantener la misma al año 2050, así como para generar una reconstrucción dunar. Dichas dunas se emplean para proteger la barranca, la rambla y la zona del Águila. De este modo, se evita la inclusión de un enrocado de protección de pie (planteado en el producto 2) y se aprovecha el servicio ecosistémico de protección prestado por el sistema dunar. Como beneficio de realizar el aporte de arena se evita que al extender los espigones y generar nuevos, los mismos se colmaten de forma natural, quitando sedimento del sistema en su conjunto, lo cual tendría un impacto negativo corriente litoral abajo del arco en estudio.

En cuanto a las descargas pluviales, en la etapa de anteproyecto se hace foco en las que generan mayores caudales de descarga a la playa. En este sentido, se encauzan las dos descargas mayores (5 y 7) mediante la inclusión de dos espigones nuevos. Dichas descargas vierten a la sombra de los espigones nuevos por lo cual, los mismos protegen el relleno de playa que se coloca, donde la playa resultante tendrá un valor importante para su uso recreativo.

Finalmente, en la zona de playa mansa se detecta la problemática de playa húmeda. Se plantea en una primera etapa intervenciones como el beach scraping y la instalación de piezómetros. Con el perfilado de playa se busca elevar la cota de berma y generar mayor área de playa seca. Si ello resuelve el problema de playa húmeda se evita la construcción de

un dren por gravedad. De no ser así, se tendrá mayor información, a partir de las medidas en los piezómetros, para el diseño del dren.

En la Figura 4-75 se presenta la situación actual y el fotomontaje de la situación al final de la obra.



Figura 4-75: Fotomontaje: comparación situación actual con situación al final de la obra.

4.18. ANTEPROYECTO

4.18.1. OBJETIVOS Y CRITERIOS GENERALES

Se toman los siguientes criterios generales para el anteproyecto:

- 1) Se deberá proteger mediante el ecosistema playa-duna los tramos de pie de talud y pie de barranco identificados como amenazados en la etapa de diagnóstico (ver Figura 4-71 y Figura 4-72), así como el tramo en que se ubica El Águila, el cual ha sido señalado por la Intendencia de Canelones como de particular preocupación. Esta protección debe ser tal que un evento de 10 años de período de retorno no alcance el pie del talud actual, y un evento de 100 años de período de retorno no alcance la línea de infraestructuras a proteger.
- 2) Se deberá asegurar que a 2050 el área de playa en el tramo Mansa-Villa Argentina será igual o mayor al actual. Teniendo en cuenta las pérdidas de playa previstas (ver Figura 4-56), esto implica que la intervención propuesta deberá lograr una ganancia de playa de al menos 2 has.
- 3) El proyecto buscará minimizar el impacto sobre la playa de las dos descargas de pluviales de mayor caudal (descargas 5 y 7; ver Figura 4-62).

4.18.2. RELLENO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYA

Se selecciona un relleno de playa junto con obras de estabilización del relleno. El relleno de playa deberá contemplar el volumen necesario para alcanzar el perfil de playa mínimo objetivo que se calcula a continuación, en el apartado 4.18.3. Para la estabilización del relleno se propone la extensión de algunos espigones, la reconstrucción de un espigón en mal estado, junto con la construcción de dos nuevos para encauzar las descargas de pluviales 5 y 7; la extensión de los espigones contempla la distancia existente entre su morro y la línea de costa actual (apartado 4.18.4). La configuración en planta propuesta, que cumple con los objetivos y requisitos establecidos en la sección precedente, así como lo calculado en los apartados 4.18.3 y 4.18.4, se presenta en el apartado 4.18.5.

4.18.3. PERFIL DE PLAYA MÍNIMO OBJETIVO EN LOS TRAMOS A PROTEGER

Se define el perfil de playa mínimo objetivo como el perfil mínimo que debe asegurarse para que la erosión de la duna producida por un evento de 10 años de período de retorno no alcance el pie de talud/barranco actual y un evento de 100 años no alcance la infraestructura protegida. La Figura 4-76 presenta la ubicación de los tramos prioritarios a proteger, en los cuales el espacio entre el pie de talud/barranca y los bienes e infraestructura es mínimo.

4.18.3.1. Respuesta del perfil ante eventos extremos

La erosión producida por tormentas de 10 y 100 años de período de retorno se estima utilizando el modelo X-Beach, en su versión 1D (perfil de playa), forzado con estados de mar representativos de condiciones extremas correspondientes al nodo ATL04 (ver Figura 4-12).

Visto que existe fuerte dependencia positiva entre el nivel de mar y la altura de ola significativa en este tramo de costa (ver Figura 4-17 y Figura 4-78), para la definición de las combinaciones posibles de oleaje y nivel de mar de 10 y 100 años de período de retorno se asume que ambas variables están fuertemente correlacionadas.

La Tabla 4-19 presenta las dos combinaciones definidas para forzar el modelo de evolución del perfil de playa. Para la definición de las tormentas se asume:

- que la tormenta dura tres días y que tiene forma triangular con igual duración del tramo ascendente que el descendente,
- que el máximo de la altura de ola significativa y del nivel de mar son simultáneos,
- que los valores al inicio y fin de la tormenta para estas dos variables son 1,6 m y +2,2 m Wh., respectivamente (valores correspondientes a 99% de probabilidad de no superación según el régimen medio anual),
- que el periodo medio espectral del oleaje (T_m) es 6,5 s, constante a lo largo de toda la tormenta (ver Figura 4-77),
- que el oleaje incide de forma normal a la playa durante toda la tormenta.

El perfil inicial se toma como un perfil idealizado, estimado a partir de los relevamientos topobatimétricos proporcionados por la Intendencia de Canelones (ver sección 4.18.7). Al perfil idealizado se agrega una duna de 2 m de altura (entre las cotas +3 m Wh. y +5 m Wh.), para representar las condiciones futuras, una vez implementado el proyecto. El resultado es un

perfil idealizado representativo de las condiciones futuras en la zona de Villa Argentina y La Serena de Atlántida (ver Figura 4-79).

El perfil de playa obtenido al forzar el modelo con las tormentas de 10 y 100 años de periodo de retorno se presenta en la Figura 4-80 y en la Figura 4-81, respectivamente. La Tabla 4-20 presenta los resultados de retroceso del frente de duna obtenidos para ambos períodos de retorno.

En función de estos resultados se concluye que, para cumplir con los criterios establecidos previamente, el pie de talud/barranco actual debe ubicarse a al menos 16 m del pie de duna, y los bienes e infraestructura a proteger debe ubicarse a al menos 30 m del pie de duna.

Período de retorno (Tr)	Hm0 [m]	Nivel de mar [m Wharton]
10 años	2,1	+3,1
100 años	2,45	+3,8

Tabla 4-19 Combinaciones de altura de ola significativa y nivel de mar de 100 años de período de retorno seleccionadas para el análisis de erosión del perfil de playa.

Período de retorno (Tr)	Retroceso del frente de duna [m]
10 años	16
100 años	30

Tabla 4-20 Retroceso del frente de duna obtenido.



Figura 4-76 Tramos prioritarios para protección utilizados a nivel de anteproyecto.

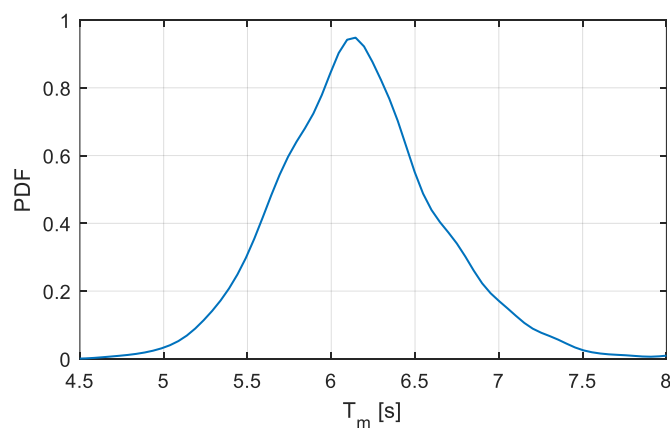


Figura 4-77 Densidad de probabilidad empírica del período medio espectral (T_m) condicionado a alturas de ola significativas mayores a 1,6m, en el nodo ATL04.

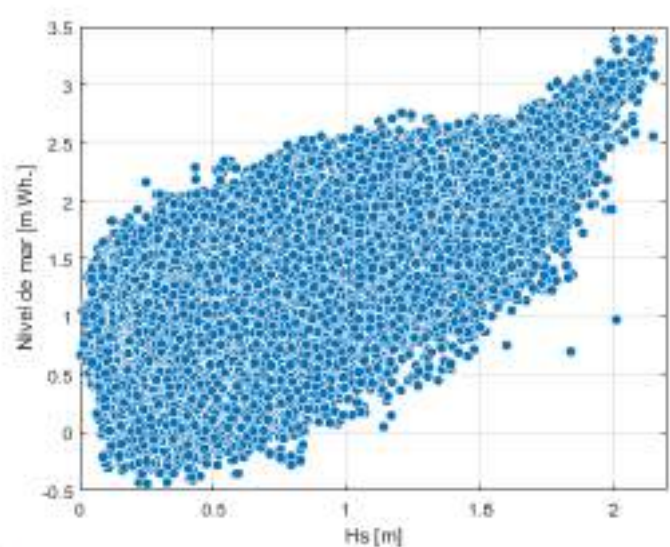


Figura 4-78 Gráfico de dispersión de altura de ola significativa y nivel de mar en ATL04.

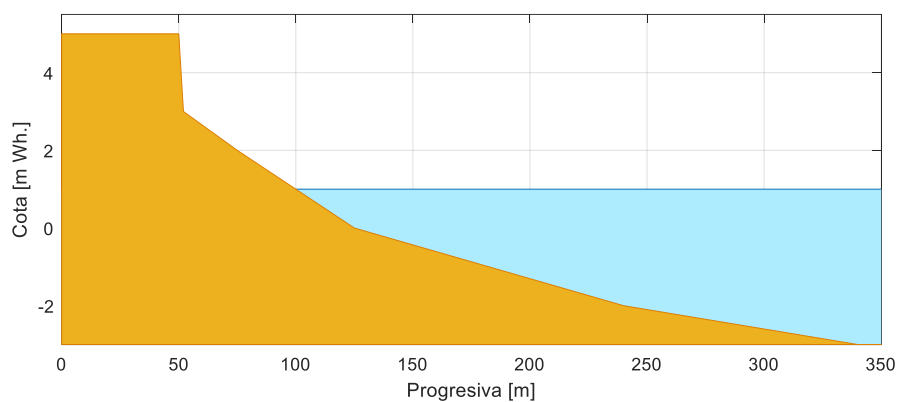


Figura 4-79 Perfil idealizado utilizado en X-Beach.

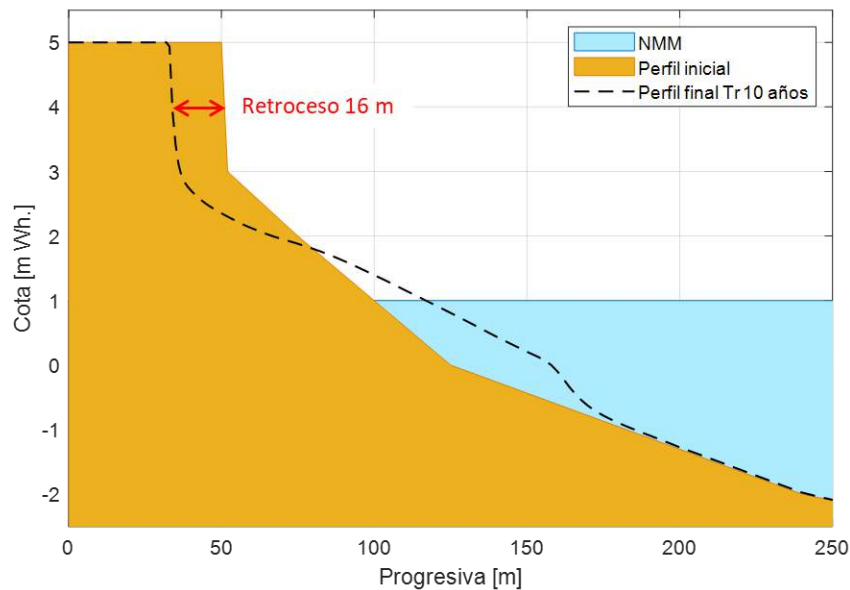


Figura 4-80 Retroceso del frente de duna estimado para evento de 10 años de período de retorno.

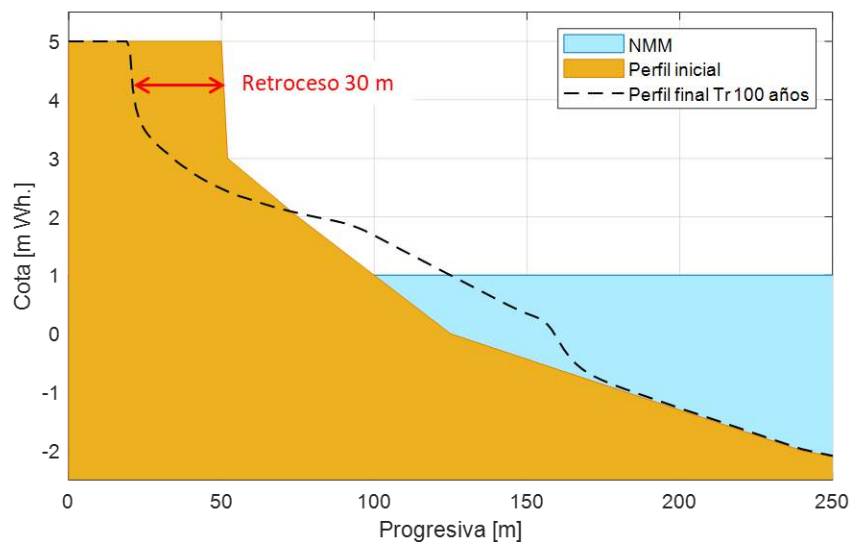


Figura 4-81 Retroceso del frente de duna estimado para evento de 100 años de período de retorno.

4.18.3.2. Ancho mínimo necesario para reconstrucción dunar

Se estimó el ancho de playa mínimo necesario para lograr la reconstrucción de dunas a partir del análisis de la línea de costa media de los últimos 10 años, obtenida a partir de las imágenes satelitales (ver sección 4.4), y la posición del pie de duna obtenido de fotos satelitales de alta resolución y los vuelos disponibles en la IDE. La Figura 4-82 y la Figura 4-83 muestran dos ejemplos, para la zona de La Serena/Villa Argentina y Las Toscas/Parque

del Plata, respectivamente. En función de este análisis, se define el ancho de playa mínimo para la regeneración de dunas igual a 50 m.



Figura 4-82 Distancia estimada entre línea de costa promedio reciente y el pie de duna en la zona de La Serena/Villa Argentina, Atlántida.

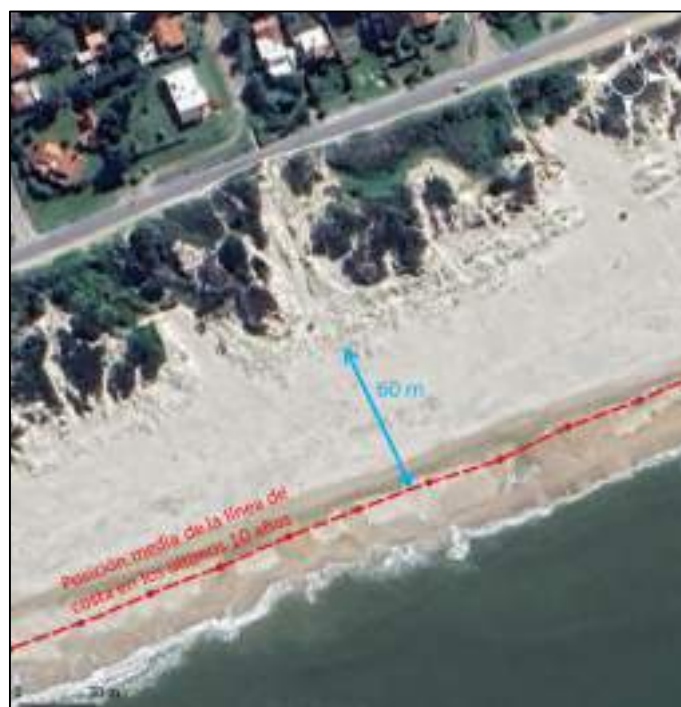


Figura 4-83 Distancia estimada entre línea de costa promedio reciente y el pie de duna en la zona de Las Toscas/Parque del Plata.

4.18.3.3. Retroceso de la línea de costa esperable en un horizonte de 25 años

Para el diseño del perfil de playa objetivo se considera un retroceso medio de la línea de costa a 2050 de aproximadamente 8 m (ver sección 4.9.1), los cuales se deben tener en cuenta en la definición del perfil de playa mínimo objetivo en los tramos a proteger.

4.18.3.4. Esquema del perfil mínimo objetivo en los tramos a proteger

La Figura 4-84 presenta el esquema del perfil de playa mínimo objetivo propuesto para los tramos a proteger, a fin de atender el retroceso esperable de la playa por aumento del NMM y la erosión por eventos extremos de 10 y 100 años de período de retorno, sin que se vean afectados los bienes/infraestructuras a proteger.

El talud del frente de duna se asumió 1:1, mientras que las pendientes de la playa emergida y sumergida son 4% y 1,75%, respectivamente (ver sección 4.18.7).

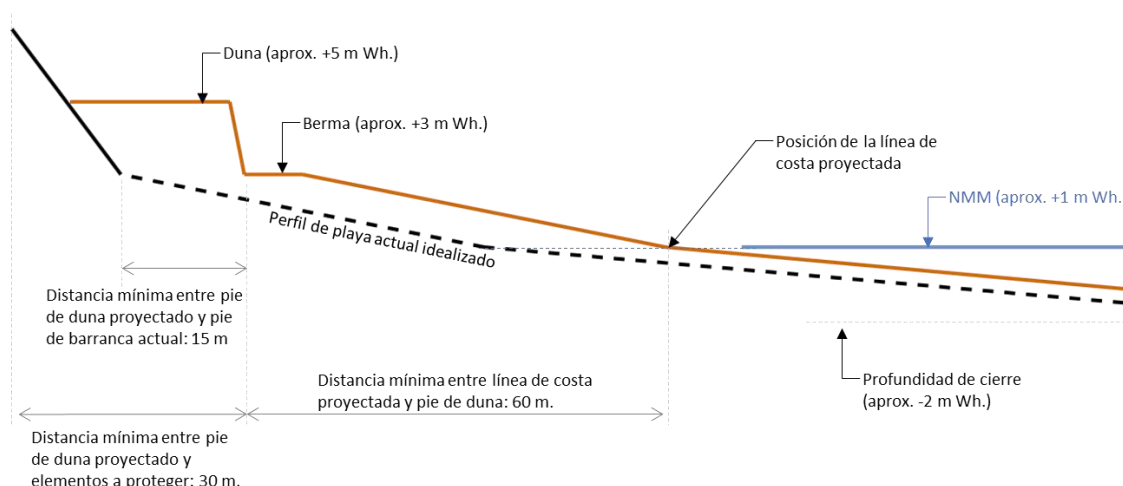


Figura 4-84 Esquema del perfil de playa mínimo objetivo en las secciones a proteger.

4.18.4. DISTANCIA ENTRE LÍNEA DE COSTA MEDIA Y MORRO DE LOS ESPIGONES

El relleno de playa propuesto implica un avance de la línea de costa tal que se alcance el perfil de playa mínimo objetivo (descrito previamente) en los tramos a proteger. Para estabilizar el relleno se propone la ampliación de varios espigones y la construcción de dos nuevos; el diseño de estos deberá contemplar el hecho de que la posición media de la línea de costa no alcanza el morro de los espigones, sino que, en promedio, se mantiene a una

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

distancia aproximadamente constante. Para establecer la distancia entre el morro de los espigones y la línea de costa media se recurre al análisis de la situación actual en el sitio, midiendo la distancia entre la posición media de la línea de costa de los últimos diez años y el morro de los espigones existentes (ver Figura 4-85). En función de esta información, se establece que la distancia a considerar entre la línea de costa objetivo y el morro de los espigones a ampliar/construir, es 20 m.



Figura 4-85 Ejemplo de distancia entre línea de costa media de los últimos diez años y el morro de los espigones existentes.

4.18.5. CONFIGURACIÓN EN PLANTA

La Figura 4-86 presenta la configuración en planta del relleno de playa propuesto, esquematizado mediante la posición objetivo de la línea de costa y la zona de reconstrucción de dunas, junto con los espigones a extender, los dos nuevos espigones a construir y el espigón en mal estado a reconstruir. Esta propuesta cumple con los objetivos y requisitos establecidos en el apartado 4.18.1 y desarrollados en los apartados 4.18.3 y 4.18.4.



Figura 4-86 Esquema del relleno y estabilización propuesto.

4.18.6. DISEÑO EN ALZADO DE LOS ESPIGONES

4.18.6.1. Generalidades

Se considera para el diseño de los espigones que el material utilizado para su construcción será granito, cuya densidad se asume 2.600 kg/m^3 . La densidad y el resto de las características de la roca que se mencionan en este documento (intrínsecas, propias de la roca, y extrínsecas, asociadas al proceso de producción, traslado y construcción) deberán ser verificadas durante la etapa de diseño ejecutivo y, de ser necesario, el diseño de los espigones deberá ajustarse acorde a las características del material y el proceso constructivo a usar en la ejecución de la obra.

4.18.6.2. Requisitos de diseño

Para la definición de los requisitos de diseño se utilizan las Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM) de Puertos del Estado de España. En particular se recurre a la ROM 1.0-09 (Puertos del Estado, 2009) a fin de definir la vida útil y fiabilidad mínima de los espigones.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Las figuras 2.2.33 y 2.2.34 de la ROM 1.0-09 (Puertos del Estado, 2009), las cuales se reproducen en la Figura 4-87 y la Figura 4-88 de este documento, muestran que, para obras de regeneración y defensa de playas, los vida útil y la probabilidad de fallo máxima admisible asociada a ELU son 15 años y 20%, respectivamente. Teniendo en cuenta que existe poca experiencia a nivel nacional en el diseño y ejecución de obras litorales, y que por lo tanto el fallo de estas obras podría generar cierto grado de alarma en la sociedad, se opta por ser algo más exigente que lo mínimo recomendado y diseñar con una vida útil igual a la del horizonte del proyecto: 25 años.

En lo que sigue las verificaciones de los modos de fallo del espigón se realizarán mediante técnicas relativamente simplificadas, basadas en métodos de Nivel I o semideterministas, para cuya aplicación se define una o más tormentas de diseño cuyo período de retorno sea coherente con los requisitos de probabilidad de fallo máxima admisible en la vida útil. Para esto se calcula el período de retorno del fallo asumiendo independencia entre años consecutivos:

$$Tr_{fallo} = \left[1 - (1 - p_f)^{\frac{1}{v_u}} \right]^{-1} \quad (\text{Ec. 1})$$

De donde surge que para una vida útil de 25 años y una probabilidad de fallo máxima de 0,2, el período de retorno del fallo, el cual se asociará a las tormentas de diseño, es aprox. 100 años.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE IRE ¹		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V _m) ⁷ (años)
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r ₃	Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	r ₂ (r ₃) ¹	Medio (alto) ¹	25 (50) ¹
	PUERTO PESQUERO		r ₂	Medio	25
	PUERTO NAÚTICO-DEPORTIVO		r ₂	Medio	25
	INDUSTRIAL		r ₂ (r ₃) ¹	Medio (alto) ¹	25 (50) ¹
	MILITAR		r ₂ (r ₃) ²	Medio (alto) ²	25 (50) ²
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r ₂ (r ₃) ³	Medio (alto) ³	25 (50) ³
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ⁴		r ₃	Alto	50
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r ₂ (r ₃) ⁵	Medio (alto) ⁵	25 (50) ⁵
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		r ₁ (r ₃) ⁶	Bajo (alto) ⁵	15 (50) ⁷
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r ₁	Bajo	15

¹ El índice IRE se elevará a r₂ cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materia primas minerales estratégicos y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.
² El índice IRE se elevará a r₃ cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.
³ En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.
⁴ Se entienden como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquellos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
⁵ El índice IRE se elevará a r₂ cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.
⁶ El índice IRE se elevará a r₂ cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.
⁷ Los índices inferiores a r₂ de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Figura 4-87 Valores de IRE y vida útil mínima para distintas obras marítimas (figura 2.2.33 de la ROM 1.0-09).

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE ISA		P _{fallu}	P _{fallu}	
ÁREAS PORTUARIAS	COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s ₁	Alto	0.01	0.07
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas ³	s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s ₃	No significativo	0.20	0.20
	PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₃	No signif.	0.20	0.20
	NÁUTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₃	No signif.	0.20	0.20
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s ₁	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s ₃	No significativo	0.20	0.20
	MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique ¹		s ₁	Alto	0.01	0.07
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₃	No signif.	0.20	0.20
	PROTECCIÓN ⁴	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s ₁	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ⁵			s ₄	Muy alto	0.0001	0.07
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			s ₂ (s ₃) ⁶	Bajo (alto) ⁴	0.10 0.0001	0.10 0.07
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			s ₂ (s ₃) ⁶	Bajo (muy alto) ⁵	0.10 0.0001	0.10 0.07
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			s ₃	No signif.	0.20	0.20
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES			s ₃	No signif.	0.20	0.20

¹ PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.

¹ En el caso de que en la superficie adosada al dique esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.ej. estaciones marítimas, lonjas...), depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de abrigo, se considerará un índice ISA muy alto (s₄) (P_{fallu}=0.0001; P_{fallu} = 0.007).

² Se consideran mercancías peligrosas los grupos de de sustancias prioritarias incluídas en el anexo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CE) en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER, Decisión 2004/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989), (Ver ROM 5.1-05).

³ Se entiende como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquellos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.

⁴ El índice ISA se elevará a s₁ cuando la toma de agua o el punto de vertido estén asociados con el abastecimiento de agua para uso urbano o industrial o con la producción energética.

⁵ El índice ISA se elevará a s₄ cuando en caso de fallo pudieran resultar afectadas edificaciones o otras instalaciones industriales.

Figura 4-88 Valores de ISA y probabilidad de fallo máxima admisible para distintas obras marítimas (figura 2.2.34 de la ROM 1.0-09).

4.18.6.3. Sección tipo, modos de fallo y verificación

Se considera una sección tipo con las siguientes características:

- taludes de roca 1V:1,5H,

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

- sección de material uniforme de peso medio W ,
- capa de fundación/nivelación de dos capas de roca de peso medio $W/10$ en el perfil sumergido,
- los espigones serán no transitables por peatones.

Con estas consideraciones, el modo de fallo principal a considerar en esta etapa es la erosión del talud exterior. Se considera que el resto de los modos de fallo no aportan a la probabilidad de fallo de la obra.

No se prevé que existan modos de fallo geotécnicos relevantes, pero se recomienda prever una campaña de cateos durante la etapa de proyecto ejecutivo, así como la verificación de los asentamientos esperables.

El ancho de coronación de los espigones nuevos y de las extensiones será el mínimo necesario para su construcción. En esta etapa este ancho se estima en 3,5 m, pero podrá ser revisado durante el proyecto ejecutivo en conversaciones con la empresa constructora.

En esta etapa se asume que la roca será colocada de forma aleatoria. La Figura 4-89 presenta un ejemplo de rocas colocadas de forma aleatoria. Debe tenerse en cuenta que la colocación de la roca de forma aleatoria no es equivalente a volcar el material; la colocación de la roca de forma aleatoria implica:

- las rocas son colocadas de a una, comenzando desde el pie y subiendo en el talud desde allí,
- la roca no debe soltarse desde más de 30 cm de altura,
- el equipo de construcción tiene capacidad de ajustar la posición de la roca y, de ser necesario, volver a levantarla y cambiarla de lugar.

En caso de que se considere viable, durante la fase de proyecto ejecutivo podrá considerarse la utilización del método de “colocación selectiva” (ver Figura 4-90), el cual permite obtener mayor estabilidad de la coraza mediante su colocación cuidadosa que asegure mayor trabazón entre las piezas.



Figura 4-89 Ejemplo de enrocado colocado de forma aleatoria (Figure VI-4-2 del Coastal Engineering Manual).



Figura 4-90 Ejemplo de enrocado colocado de forma selectiva (Figure VI-4-3 del Coastal Engineering Manual).

4.18.6.4. Cota de coronación

Espigones nuevos

Estarán coronados a la cota +2,5 m Wh. desde su arranque hasta una distancia de 10 m tierra adentro de la línea de costa proyectada. Desde allí la cota de coronación descenderá con una pendiente de aprox. 2,3% hasta alcanzar la cota +1,5 m Wh. en el morro, el cual estará ubicado a una distancia de 20 m aguas adentro de la línea de costa proyectada.

Extensión de espigones existentes

Si el espigón actual está coronado a cota mayor a +2,5 m Wh, se usará para la extensión la misma configuración de cotas de coronación descrita previamente para los espigones nuevos.

Si el espigón actual está coronado a cota entre +2,5 m Wh. y +1,5 m Wh., entonces se mantendrá esta cota hasta una distancia de 10 m tierra adentro de la línea de costa proyectada. Desde allí la cota de coronación descenderá con una pendiente de aprox. 2,3% hasta alcanzar la cota +1,5 m Wh. en el morro, el cual estará ubicado a una distancia de 20 m aguas adentro de la línea de costa proyectada.

Si el espigón actual está coronado a cota menor a +1,5 m Wh., la extensión se coronará a cota uniforme +1,5 m Wh., hasta alcanzar el morro, el cual estará ubicado a una distancia de 20 m aguas adentro de la línea de costa proyectada.

4.18.6.5. Tormenta de diseño

Como ya se ha establecido en los apartados anteriores, en la zona los extremos de oleaje y nivel de mar están fuertemente correlacionados, por lo cual a priori podría considerarse como condición de diseño la combinación de altura de ola significativa y nivel de mar, ambos con 100 años de período de retorno, que se presenta en la Tabla 4-19. Sin embargo, teniendo en cuenta que en estas condiciones los espigones estarían sumergidos, y que por tanto pueden existir combinaciones con menor nivel de mar que resulten más exigentes para la estructura, se analizarán las combinaciones de altura de ola y nivel de mar listadas en la Tabla 4-21, tomando para el diseño la combinación que resulte más desfavorable.

Para el cálculo de la altura de ola frente a la estructura se asume que el oleaje en condiciones extremas incide normal a la costa, y se propaga el oleaje usando el modelo X-Beach. Se asume, por ser la más desfavorable, la condición de batimetría actual previo a que se ejecute

el relleno de arena; en función de esto, y considerando la información batimétrica disponible, se asume que la cota del fondo al pie del espigón será a lo sumo -1 m Wh. (ver Figura 4-91).

La Figura 4-92 presenta un ejemplo de los resultados de altura de ola (Hrms) obtenidos al propagar el oleaje con X-Beach.

Altura significativa Hm0	Nivel de mar (Wharton)
2,5 m	1,5 m a 4,0 m, cada 0,25 m

Tabla 4-21 Combinaciones consideradas para el cálculo del enrocado del espigón.



Figura 4-91 Esquema de la extensión del espigón ubicado al Oeste del Águila (en naranja) e información batimétrica proporcionada por la Intendencia de Canelones (puntos; cotas en metros referidas al cero Wharton).

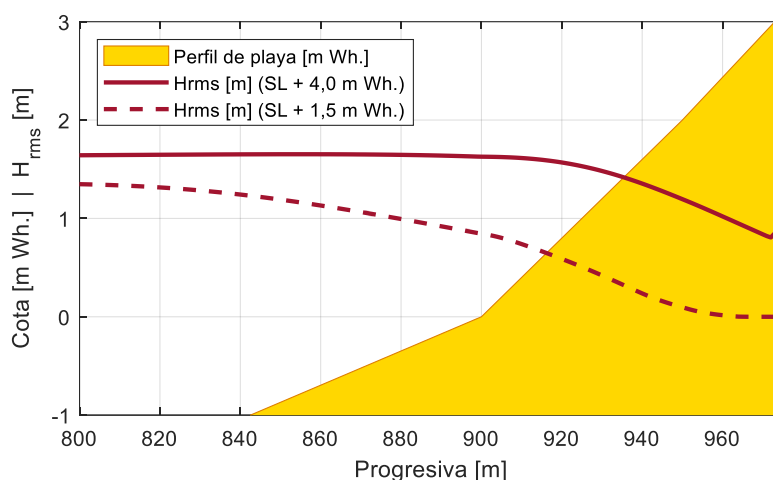


Figura 4-92 Variación de la altura de ola H_{rms} a lo largo del perfil de playa, obtenida con X-Beach, para combinaciones de altura de ola incidente $H_{m0}=2,5$ m y nivel de mar +1,5 m Wh. y +4,0 m Wh.

4.18.6.6. Tamaño de roca

El dimensionado del tamaño de las rocas de los espigones se realiza mediante la formulación de van der Meer para aguas poco profundas, teniendo en cuenta la corrección por rebase propuesta en el Rock Manual, bajo las siguientes consideraciones:

Van der Meer
Densidad del agua = 1000 kg/m ³
Densidad de la roca = 2600 kg/m ³
Talud 1V : 1,5V
Porosidad nominal $P=0,6$
Número de olas = 7000
Nivel de mar variando entre +1,5 m Wh y +4 m Wh.
Cota del fondo entre -1 m Wh y -0,5 m Wh.

Tabla 4-22: Consideraciones tomadas para el dimensionado del tamaño de roca de los espigones utilizando la formulación de Van der Meer.

La corrección por rebase considerada corresponde a una reducción del 20% en el lado del cubo equivalente de la roca (D_{n50}) cuando el nivel de mar es igual o superior al nivel de coronación de la estructura. La Tabla 4-23 resume los resultados obtenidos para distintos valores del nivel de mar. Se toma como criterio (conservador) diseñar para las condiciones asociadas a nivel de mar +1,5 m Wh. sin considerar la reducción por rebase y +4,0 m Wh. considerando la reducción por rebase, lo que resulta en roca de $W_{50} = 1,3$ ton ($D_{n50} = 80$ cm).

Nivel de mar	W50 (sin reducción por rebase)	W50 (con reducción por rebase)
+1,5 m Wh.	1200 kg	630 kg
+2,0 m Wh.	1600 kg	830 kg
+3,0 m Wh.	2300 kg	1200 kg
+4,0 m Wh.	2500 kg	1300 kg

Tabla 4-23 Resumen de peso medio del enrocado requerido para distintas combinaciones de oleaje y nivel de mar.

4.18.6.7. Consideraciones finales

Se hace notar que:

- Las formulaciones utilizadas para dimensionar el enrocado son válidas para la etapa de prediseño. **Para el diseño final (ejecutivo) de la obra se recomienda realizar ensayos de laboratorio a escala reducida para verificar la estabilidad de los espigones.**
- W50 es el valor de masa que es superado por el 50% de las piezas, medido en masa (i.e. el 50% de la masa de la coraza está en piezas con masa mayor a W50).
- Se asume que el material utilizado tiene **granulometría estrecha**, tal que $D_{85}/D_{15} < 1,5$ (o M_{85}/M_{15} en el rango $1,7 - 2,7$). Para el diseño ejecutivo se recomienda conocer la granulometría del material para tenerla en cuenta en los ensayos de laboratorio a escala reducida.

4.18.7. PERFIL TIPO DEL RELLENO DE ARENA

En esta etapa, y a falta de información sobre las posibles zonas de préstamos, se considera que la granulometría de la arena a utilizar en el relleno es similar a la de la playa existente, y que el relleno se realizará mediante el bombeo de una suspensión de agua y arena desde la zona de préstamos hasta la playa (ver sección 4.18.8).

Como regla preliminar, se podrá asumir que el sedimento de la zona de préstamo es similar al de la playa si su diámetro medio es $\pm 0,02$ mm el diámetro medio de la arena en la playa. Si el diámetro medio de la zona de préstamo es menor al de la playa en más de 0,02 mm, la playa resultante será más tendida que la actual y el volumen de arena requerido para el relleno podría incrementarse de forma significativa. Si en cambio el diámetro medio de la zona de préstamo excede al de la playa en más de 0,02 mm, la playa resultante tendrá pendientes más fuertes y el volumen requerido para un mismo ancho de playa será menor, aunque en este caso deberá evaluarse que la granulometría no resulte problemática a efectos del uso recreativo de la playa.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

4.18.7.1. Perfil objetivo

El perfil de playa objetivo se define a partir del perfil idealizado obtenido de la batimetría proporcionada por la Intendencia de Canelones:

- la cota de berma de la playa es entre +2,5 m Wh y +3 m Wh (no es posible definirla con mayor precisión a partir de la información disponible),
- desde la cota de berma hasta el nivel medio del mar (aprox. +1,0 m Wh.) se asume pendiente uniforme igual a 4%,
- desde el nivel medio del mar hasta la profundidad de cierre (-2,0 m Wh.) se pendiente uniforme igual a 1,75%.

Para el diseño de las dunas se asume que su cota de coronación es +5,0 m Wh. y que desde el pie de duna hasta la coronación de la duna el talud es 1:1.

4.18.7.2. Volumen a colocar en sitio y a extraer de la zona de préstamo

El volumen a colocar en sitio es la diferencia entre la topo-batimetría actual y la resultante de considerar el perfil objetivo en toda la zona de relleno de playa.

El volumen a extraer de la zona de préstamo es el volumen a colocar multiplicado por un factor de pérdidas que dependerá de la granulometría de la zona de préstamo y del método constructivo. En esta etapa el factor de pérdidas se asume 1,4; este es un valor no muy conservador que deberá ser reevaluado durante el proyecto ejecutivo, una vez se conozca la granulometría de la zona de préstamo y el método constructivo. En particular, si la granulometría en la zona de préstamos es similar a la de la playa el factor de pérdidas podría reducirse al entorno de 1,1.

4.18.7.3. Procedimiento constructivo y perfil de relleno

Asumiendo que el material será dragado en depósitos cercanos y bombeado hasta la playa, el procedimiento constructivo consistirá en la construcción de una pileta de descarga del material dragado, utilizando para esto el mismo material de la playa, en donde se depositará la arena para luego ser distribuida en la playa mediante equipos de movimiento de tierra (ver Figura 4-93).

El perfil de relleno objetivo a fin de obra no será el perfil de diseño, ya que este último se alcanzará en un período de algunos meses por efecto de los agentes marítimos. El perfil objetivo a fin de obra estará coronado a +3,0 m Wh. y tendrá una pendiente de playa en torno

a 1:15, hasta alcanzar el perfil actual; para los perfiles en que se prevé también la construcción de dunas, la cota de coronación de la duna será +5,0 m Wh. (ver ejemplo en Figura 4-94).

El procedimiento constructivo deberá evitar que exista segregación de los sedimentos por tamaño a lo largo de la playa (i.e. evitar zonas en que se acumule el sedimento grueso y zonas en que se acumule el sedimento fino).



Figura 4-93 Ejemplo de proceso constructivo de relleno de playas (tomado de <https://www.nps.gov/articles/beach-nourishment.htm>).

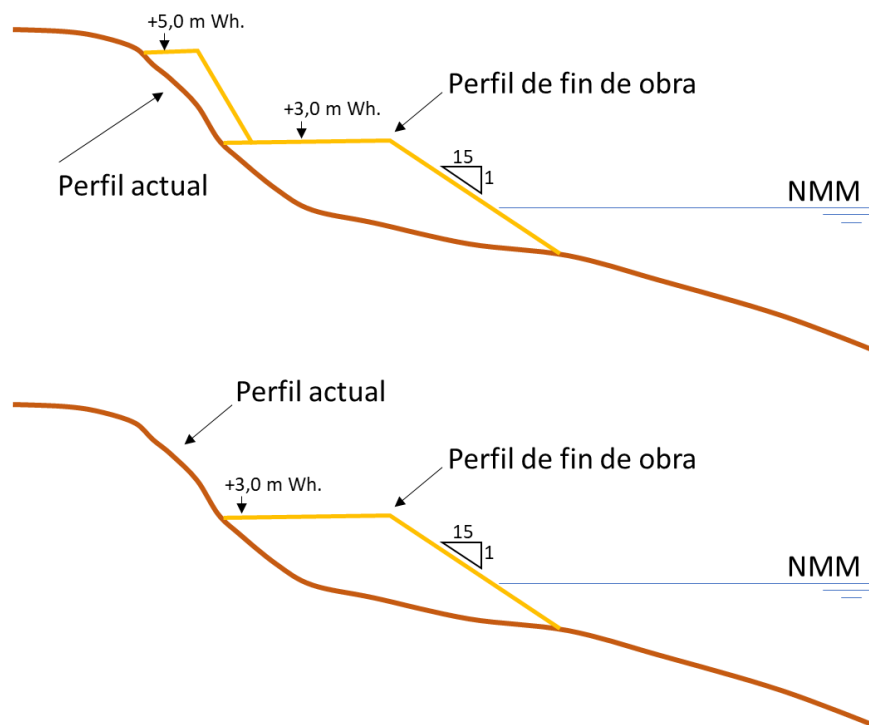


Figura 4-94 Esquema del perfil objetivo a fin de obra considerando que la granulometría en la zona de préstamos es similar a la de la playa. Arriba: perfil con reconstrucción de duna; abajo: perfil sin reconstrucción de duna.

4.18.8. POSIBLES ZONAS DE PRÉSTAMO

Se recomienda explorar como potencial zona de préstamo para el relleno de arena la zona off-shore ubicada aguas adentro de la profundidad -5 m Wh. (ver Figura 4-95). Una vez identificada una potencial zona de préstamos off-shore, deberá analizarse con especial cuidado el efecto del dragado sobre la playa.



Figura 4-95 Posible zona de préstamo off-shore, a explorar.

4.18.8.1. Recomendaciones para la caracterización de la zona de préstamo

Para la caracterización de las potenciales zonas de préstamo se recomienda seguir los pasos y métodos indicados en el capítulo 4 de la parte V del Coastal engineering Manual, sección e- Evaluate sediment sources. En particular, en este manual se recomienda seguir las siguientes etapas para la caracterización de las zonas de préstamo marítimas:

(1) Estudios de gabinete

Exploración de toda la información existente en cuanto a cartas náuticas, geológicas, literatura previa, etc. Esta tarea está parcialmente cumplida con este anteproyecto, aunque se recomienda recolectar la información disponible de las autoridades portuarias del puerto de La Paloma, así como la consulta con profesionales del área de la geología.

(2) Campaña de exploración de campo

Incluye la realización de sísmica de reflexión en las potenciales zonas de préstamo, junto con la recolección de muestras de sedimentos superficiales y un pequeño número de cateos.

(3) Relevamiento detallado de campo

Campaña de cateos para caracterizar la variabilidad espacial de las zonas de préstamo que se identificaron como más prometedoras. La densidad de los cateos dependerá de los resultados de la sísmica, pero como regla general se recomienda que la distancia entre cateos

sea menor a 300 m. En caso de ser necesario se podrá realizar una nueva campaña de sísmica con mayor densidad espacial. En esta etapa se realizan además los estudios complementarios orientados a identificar posibles restos arqueológicos o potenciales interferencias al dragado.

4.18.9. REPERFILADO DE PLAYA Y PIEZÓMETROS

El reperfilado de playa se haría una vez por año, previo al verano (Noviembre), en la zona de la playa mansa, tal como se presenta en la Figura 4-96. Se retiran del frente de la lengua/barra de arena, en condiciones de bajante, un promedio de 30 cm de arena (desde cota 0.5 mWh a 1.25m Wh) en una longitud de 500 m de playa y en un ancho de aproximadamente 30 m de playa. Los mismos serían colocados en la zona de berma (entre las cotas 1.5 mWh y 2.5mWh), contra la duna primaria incipiente, en tres bloques cuya longitud total es 300 m, siendo dos bloques de 50m y un bloque de 200 m dejando espacio para el escurrimiento de las descargas pluviales. El ancho de los bloques es de aproximadamente 30m.

Esto implica movilizar aproximadamente 5000 m³ de arena por año, los cuales se prevé sean repuestos por la arena que ingresa por transporte litoral desde la playa Brava. Deberán implementarse medidas de fijación de la arena tan pronto se finalice cada movilización, para evitar pérdida de sedimento del sistema por transporte eólico.



Figura 4-96: Repperfilado de playa (zona playa Mansa).

Tal como se menciona en la El reperfilado de playas es equivalente al *beach scraping* o rascado de playas. Cabe señalar que: (1) no existen recomendaciones detalladas para la implementación de esta medida, ni recomendaciones de cómo incorporar esta medida en las estimaciones de la respuesta del perfil de playa a mediano y largo plazo, y (2) que los efectos positivos de esta medida se han asociado a la incorporación de medidas de fijación de los sedimentos (cercas captoras y revegetación dunar) que eviten la pérdida de los sedimentos recién movilizados³⁴. En este sentido, esta medida debe ser implementada en el marco de estrictas campañas de seguimiento (cualitativo y cuantitativo) y en el marco de un proceso de seguimiento y revisión continua. Se propone por tanto aplicar esta técnica siguiendo los siguientes lineamientos generales:

- Realizar un **relevamiento sistemático de perfiles** de playa tanto en la zona intervenida como en alguna zona no intervenida que se defina como referencia para evaluar el efecto de las medidas.
- **Evaluar el efecto de esta medida con periodicidad anual** para definir su ajuste y/o continuidad.

Se recomienda comenzar con el monitoreo de los perfiles de playa al menos dos años antes de comenzar con las intervenciones.

Si bien hay evidencia en cuanto a que el beach scraping no afecta de forma significativa la fauna de la playa³⁵, se recomienda incluir campañas de monitoreo también en este sentido.

El objetivo de esta medida, es elevar la cota de la berma actual, con el fin de ganar área de playa seca y por ende mitigar el problema de playa húmeda presente en la zona de playa mansa, sin necesidad de la instalación de un dren.

Es por ello, que en una primera etapa se realiza el reperfilado de playa y a su vez se instalan 3 piezómetros a ubicarse según se presenta en la Figura 4-96, en la zona donde se observa en mayor magnitud el problema de playa húmeda. Se instalan los piezómetros con el fin de monitorear el nivel de la napa y generar información al respecto. Una vez que se tenga 3 años

³⁴ Ellis, J.T., Román-Rivera, M.A., 2019. Assessing natural and mechanical dune performance in a post-hurricane environment. J. Mar. Sci. Eng. 7. <https://doi.org/10.3390/jmse7050126>

³⁵ Smith, S.D.A., Harrison, M.A., Rowland, J., Fitzgibbon, B.E., 2011. Assessing the Impacts of Beach Scraping on the Macroinvertebrates of New Brighton Beach, Northern NSW. Aust. Coast. Soc. Ltd.; 20th New South Wales Coast. Conf. (Tweed Heads, NSW) 1–13.

de información de nivel de napa freática y que se haya realizado el proceso de reperfilado de playas, se evaluará la necesidad de la construcción de un dren.

4.18.10. PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

El plan de monitoreo de la obra deberá tener como mínimo los elementos y periodicidad que se detallan en la Tabla 4-24. A continuación, se comentan algunas especificaciones mínimas para cada uno de los componentes del plan de monitoreo.

	Pre-obra	Fin de obra	Año 1	Años 2 y 3	Año 4 en adelante	Post-tormenta
Perfiles de playa	x	x	trimestral	bianual	anual	x
Granulometría de arena	x	x	anual	-	-	-
Fotografías aéreas	x	x	anual	anual	bienal	-
Oleaje y nivel de mar	x	x	x	x	-	-

Tabla 4-24 Componentes y frecuencias mínimas del plan de monitoreo de la obra.

4.18.10.1. Perfiles de playa

Se deberá realizar un levantamiento del perfil de playa desde la cota de coronamiento de la duna hasta la cota -2,5 m Wh (perfil sumergido). Se definirán perfiles cada 100 m en todo el tramo de playa desde la Mansa hasta Villa Argentina, incluyendo el área de relleno ubicada al Oeste del Águila (ver Figura 4-97, en donde se presenta la ubicación tentativa de estos perfiles; la ubicación definitiva será definida en la etapa de proyecto ejecutivo).

Para el relevamiento de los perfiles se deberá tener en cuenta que:

- Todos los relevamientos correspondientes a un mismo perfil deberán realizarse e informarse considerando siempre el mismo origen de las progresivas, la misma orientación del perfil y el mismo plano de referencia. Modificaciones de cualquiera de estos elementos a lo largo del tiempo podrán hacer que el relevamiento resulte inútil.
- El levantamiento topobatimétrico de los perfiles debe minimizar los tramos que quedan sin relevar. Teniendo en cuenta que el relevamiento de la zona de rompientes puede ser difícil de implementar con el equipamiento disponible en la zona, se recomienda realizar los relevamientos desde mar en días particularmente calmos, y los relevamientos desde tierra en momentos de bajante.



Figura 4-97 Localización tentativa de los perfiles a relevar.

4.18.10.2. Granulometría de arena

Se recomienda tomar tres muestras de arena en uno de cada cinco perfiles relevados. Las muestras de arena deberán tomarse siempre en los mismos perfiles y serán: una en la berma, a pie de duna, una en el frente de playa, en la zona de ascenso y descenso de la ola, y una en el perfil sumergido, a aproximadamente 50 cm de profundidad. Para cada muestra se construirá la curva granulométrica, dejando constancia de la localización y fecha exactas de la extracción de la muestra.

4.18.10.3. Fotografías aéreas

Las fotografías deberán estar georeferenciadas y podrán ser obtenidas mediante vuelos de dron. El área a cubrir por las fotografías será como mínimo la correspondiente a los relevamientos de perfiles.

Se recomienda explorar la posibilidad de realizar reconstrucción topográfica a partir de las fotografías aéreas o de dron. En este caso, deberá prestarse particular atención a mantener

un adecuado registro del plano de referencia respecto al cual está referida la topografía, de modo de posibilitar la comparación entre distintos relevamientos.

4.18.10.4.Oleaje y nivel de mar

El nivel de mar se mide en los puertos de Montevideo y Piriápolis, por lo que no se considera necesario establecer nuevas estaciones de medición en la zona. En caso de que estas mediciones se vean interrumpidas se deberá instalar un mareógrafo en la zona de estudio.

En la zona no se mide oleaje, por lo que se recomienda incorporar una boya de pequeñas dimensiones con transmisión remota y que funcione mediante paneles solares (e.g. boyas GPS de Sofar o Datawell) ubicada frente a la zona del relleno, a profundidad 5 m aprox. Deberá preverse al menos una campaña de mantenimiento anual para esta boya. El fondeo y las campañas de mantenimiento podrá realizarse con pequeñas embarcaciones disponibles en prefectura de Atlántida.

4.18.10.5.Monitoreo playa mansa: piezómetros y fotografía/video

Se propone la instalación de tres piezómetros de entre 2 a 3 m de profundidad ubicados entre la playa y el bosque costero, en la zona de la playa mansa donde la problemática de playa húmeda se expresa en mayor magnitud según se observa en imágenes satelitales de años anteriores (ver Figura 4-98). Los piezómetros contarán con un sistema de medición de nivel de napa y un sistema de transmisión y visualización remota de los datos.



Figura 4-98: Playa mansa: zona de playa húmeda

A su vez, se propone la instalación de una cámara de fotografías/video que permita monitorear el estado de la playa para poder relacionarlo con el nivel de la napa freática.

Se propone que se realice el reperfilado de playa durante al menos 3 temporadas y en paralelo se recabe información de nivel de napa freática y fotografías de la zona. Luego se deberá evaluar si es necesaria la construcción de un dren en la zona o si se continua con la medida de beach scraping.

4.18.11. CERCAS CAPTORAS DE ARENA

4.18.11.1. Confección de cercas captoras para la regeneración dunar

Las medidas de reconstrucción dunar como NbS se basan en experiencias realizadas en distintos sitios de la costa uruguaya con prácticas avaladas y en varias oportunidades

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

realizadas por el Ministerio de Ambiente en coordinación con gobiernos subnacionales y organizaciones de la sociedad civil del borde costero.

Ejemplo de las mismas son:

- a) Acciones realizadas en el marco del proyecto de adaptación de la zona costera de Uruguay realizadas conjuntamente con las Intendencias de Canelones y San José.
Proyecto: Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay (PNUD-GEF URU/07/2013).
- b) Acciones realizadas en el marco del Programa de Desarrollo y Gestión Subnacional (PDGS II) realizadas conjuntamente con la Intendencia de Canelones.
Programa de Desarrollo y Gestión Subnacional de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto Área de Políticas Territoriales, Préstamo No. 2668/OC-UR CP N° 002/2014 – Piloto de Gestión de Riesgos en el Departamento de Canelones- Zona Costera.
- c) Proyectos de la Dirección General de Gestión Ambiental de la Intendencia de Canelones con la Organización Social Guardianes de la Costa en Municipio de Ciudad de la Costa.
- d) Las acciones realizadas por el proyecto “Acción costera” (PNUD-GEF & Unión Europea, 2011) que realizó acciones de restauración dunar en las playas al sur y este del Municipio de La Paloma.

Metodología instalación de cercas captoras

La construcción de cercas captoras o pantallas de recuperación dunar se realizará a partir de restos de poda vegetal, comúnmente presentes en la zona (acacias y eucaliptus). La colocación del material vegetal en la zona de playa atraparé la arena movilizada por los vientos, generando una protoduna de altura y extensión variable (dependiendo de la altura y ancho de la cerca captora).

Luego de transcurrido un tiempo y gracias a los vientos que ocurren en la costa, las pantallas de recuperación se cubren totalmente de arena generando además un impacto positivo sobre el campo dunar donde se han perdido grandes volúmenes de arena. Luego de instaladas las cercas, se procede a plantar diferentes herbáceas dunares para lograr estabilizar la arena ya captada.



Figura 4-99 Detalles de los trozos de madera que se utilizan para asegurar la poda (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013)

La utilización de podas e hilo sisal para la confección de pantallas de recuperación dunar, implica el uso de materiales 100 % biodegradables, lo que hace que luego de sepultada la pantalla bajo la arena estos materiales se descompongan naturalmente. Los restos vegetales serán de podas de ramas recién cortadas, para que tengan abundante follaje lo que facilita la captación de arena (Figura 4-99 y Figura 4-100).



Figura 4-100 Atado de las podas y vista del detalle de cercas captoras (tomado de ficha técnica n°6 proyecto URU/07/2013)

Esto supone una ventaja para la continuidad del ciclo de recuperación ya que sirve como sustrato y nutriente para facilitar la fijación de herbáceas dunares, que forma parte de la siguiente fase del proceso de reconstrucción del ecosistema dunar.

El diseño de las cercas captoras o pantallas de arena, en el caso de Atlántida se realizará en peine. Se construye una sección de cerca en forma paralela playa, dispuesta al pie del cordón dunar en caso de que lo haya y luego se sujetan al piso con hilo tipo sisal. Las estructuras de cercas se rematan formando un ángulo de 90° aproximadamente con la porción de cerca paralela a la playa. De esta manera, se busca optimizar la captación de los vientos del oeste, especialmente en los tramos de playa más angosta y con menos volúmenes de arena.

Para evitar el movimiento de las cercas captoras frente a fuertes vientos o posible embate del oleaje, se colocan pequeños trozos de madera (provenientes de la propia poda) a la que se ata el hilo de modo de asegurar y fondear toda la estructura al suelo (Figura 4-99 y Figura 4-100). Con las pantallas se busca regenerar el cordón dunar, conectando las secciones de duna discontinuas. Se trabaja entonces en la construcción de pantallas en peine, con salientes hacia la costa en dirección suroeste, que se disponen en forma consecutiva (Figura 4-101 y Figura 4-102).

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

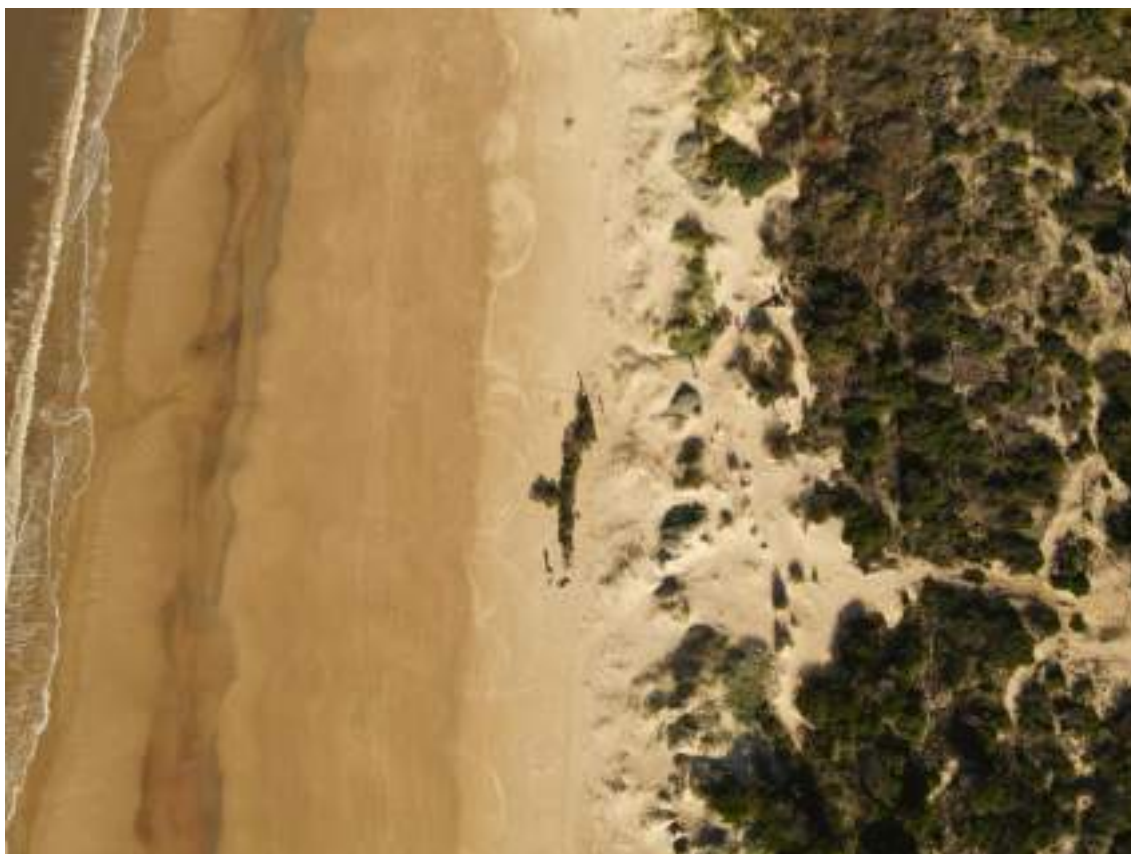


Figura 4-101 Construcción de cercas en peine realizadas en Ciudad de la Costa 2022 (proyecto Municipio Ciudad de la Costa, Organización local Guardianes de la Costa)

Características de las cercas captoras a implantar

Además del diseño en peine antes descrito, las extensiones en forma de “espiga” hacia la costa deberán considerar una sección de cercas en forma paralela playa, dispuesta al pie del cordón dunar en caso de que lo haya y luego se sujetan al piso con hilo tipo sisal. Las estructuras de cercas se rematan formando un ángulo de 90° aproximadamente con la porción de cerca paralela a la playa. De esta manera, se busca optimizar la captación de los vientos del oeste, especialmente en los tramos de playa más angosta y con menos volúmenes de arena.



Figura 4-102 Cercas captoras en peine realizadas en Ciudad de la Costa 2022 (proyecto Municipio Ciudad de la Costa, Organización local Guardianes de la Costa)

La disposición y ubicación de las cercas captoras reconocen la accesibilidad a la zona de playa, evitando su colocación delante accesos, desagües pluviales y buscando la optimización la captación dunar en zonas circundantes a los ingresos para evitar su soterramiento. Parte del ajuste de la colocación se realizarán in situ, durante la fase ejecutiva del proyecto y en coordinación con el resto de las infraestructuras proyectadas. No se considera la colocación de cercas captoras en la parte de playa actualmente anegada, en caso de que disminuya la altura de la napa, y se den las condiciones de recarga eólica, se podrá realizar intervenciones de cercas captoras en ese tramo de playa.

Se define la colocación de 2.530 metros lineales de cercas captoras, incluyendo las salientes en peine descritas en los anexos gráficos. Las acciones de colocación de cercas captoras se monitorearán como se indica más adelante en otro apartado. A partir de este seguimiento, se evaluará la reposición, colocación de nuevas cercas, en caso de que sea necesario.



Figura 4-103 Resultados antes y después de colocación de cercas en Ciudad de la Costa (proyecto Municipio Ciudad de la Costa, Organización local Guardianes de la Costa)

Metodología de intervención paso a paso:

- 1) Traslado en camión y descarga de podas en zona cercana a la intervención.
- 2) Selección de podas con abundante follaje y ramas finas.
- 3) Traslado (manual) hacia la zona de colocación de las podas.
- 4) Se sitúan las podas paralelamente al cordón dunar, buscando que quede una densidad homogénea y compacta.
- 5) Se realizan pozos delante y detrás de la pantalla de podas donde se colocarán los anclajes (troncos) para asegurar el material.
- 6) Se atan las podas a los anclajes pasando el hilo sisal de un lado a otro de la pantalla.
- 7) Se entierran bien los anclajes (a 0.3 m profundidad mínimo) con las ataduras para evitar que se levanten las pantallas con el viento.

Se sugiere que las cercas captoras se desarrollen en forma recurrente año a año, en los momentos de menor uso de la zona de playa y duna (meses de invierno y comienzo de primavera). Cuando las cercas captoras se recargan completamente las nuevas a ser colocadas se ubican inmediatamente al pie de la duna ya recargada, esto hace que las herbáceas dunares colonicen en forma más veloz la nueva duna en proceso de regeneración.



Figura 4-104 Corte de duna recuperada en experiencias anteriormente documentadas donde se aprecian anclajes y ataduras con hilo sisal.

A través del monitoreo fotográfico podrá verse en todo momento la superficie de duna regenerada y tapizadas de herbáceas dunares (m²/año). La propuesta plantea poder evaluar en forma semestral o inmediatamente después de eventos extremos de oleaje o lluvias, la necesidad de activar el proceso de construcción de nuevas cercas captoras de manera de mantener la capacidad adaptativa de este elemento ecosistémico en la zona de intervención.

4.18.12. ACONDICIONAMIENTO DE DESCARGAS PLUVIALES

Tal como se menciona en la Sección 4.18.1 uno de los objetivos considerados para la confección de la alternativa a plantear en el anteproyecto, es minimizar el impacto sobre la playa de las descargas de pluviales de mayor caudal. En etapa de diagnóstico, se identifican las tres descargas de mayor magnitud (descargas 5, 7 y 9), a continuación, se presenta en la Tabla 4-25 un resumen de las características principales de dichas descargas, mientras que en la Figura 4-105, Figura 4-106 y Figura 4-107 se presentan fotografías de las mismas.

Descarga	Area cuenca (ha)	Q TR10 (m ³ /s)	Dimensiones
5	175	13,2	11 bocas Ø 800
7	141	10,6	11 bocas Ø 1000
9	37	4,0	2 bocas Ø 1000/Rectangular 1,8mx2m

Tabla 4-25: Resumen características principales de las tres descargas mayores del arco en estudio.



Figura 4-105: Descarga 5 (Fotografía tomada el 6/11/2023)



Figura 4-106: Descarga 7 (Fotografía tomada el 6/11/2023)



Figura 4-107: Descarga 9 (Fotografía tomada el 6/11/2023)

Para cada descarga se realiza una propuesta de intervención con el objetivo de mitigar los impactos que genera la descarga en la playa y los efectos erosivos generados.

4.18.12.1.Descarga 5

La descarga número 5 se encuentra sobre la rambla Presidente Tomas Berreta y la continuación de la calle Julio Cabral. La misma se materializa mediante una descarga de 11 tuberías de diámetro 800mm, aguas arriba de la cual se encuentra un tramo de canal vegetado a superficie libre. En visitas realizadas a la zona se observó la presencia de vegetación densa tanto aguas arriba como abajo de la descarga.

Para analizar esta descarga, se comienza por estudiar la capacidad de conducción de la misma y evaluar si ante un evento extremo (de periodo de retorno igual a 10 años) se presenta un vertido de escurrimiento sobre la calle. Para ello se realiza la modelación utilizando el programa SWMM. Como resultado se obtiene que para TR 10 años, la descarga trabaja al 64% de su capacidad y además no se supera el nivel de la calle, con lo cual no hay rebose por sobre la rambla.

Tal como se presenta en la Figura 4-86 se propone la construcción de un espigón nuevo al este de la descarga 5 cuya función sea rectificar la descarga y minimizar la zona de playa afectada por la misma. Actualmente la descarga 5 deriva hacia el oeste, con lo cual se genera

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

una zona de aproximadamente 85m donde la descarga puede verter y por ende generar una zona que pierde valor para su uso recreativo. Considerando que se proyecta un relleno de arena, se busca proteger el mismo y evitar la afectación de las pluviales a la zona de playa. Es por esta razón, que se proyecta un espigón nuevo inmediatamente al este de la descarga 5. A su vez, se propone la implantación de un dissipador de energía materializado en enrocado que genere una pérdida de la energía del flujo de agua y por ende que el mismo alcance la zona de arena con la menor energía posible (menor capacidad erosiva). Finalmente, se contienen las barrancas/dunas a los lados de la descarga mediante un talud de enrocado.

El diseño del espigón ya fue abordado en secciones anteriores. A continuación, se presentan los criterios de diseño del dissipador de energía los cuales son tomados del manual Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels (HEC 14) para riprap apron.

El dimensionado del tamaño de roca (D_{50}) se realiza con la siguiente ecuación:

$$D_{50} = 0.2D \left(\frac{Q}{\sqrt{g}D^{2.5}} \right)^{4/3} \left(\frac{D}{TW} \right)$$

Donde D corresponde al diámetro de las bocas (800 mm), TW corresponde al tirante aguas arriba de la descarga, el cual se toma como 0.4D y Q refiere al caudal descargado para TR 10 años, en este caso se divide el caudal total entre las 11 bocas. Se toma como criterio que si el resultado de D_{50} es menor que 0.5 m se toma $D_{50} = 0.5 \text{ m}$. En este caso, el tamaño de roca a colocar es $D_{50} = 0.5 \text{ m}$. El peso mínimo de la roca es de 300 kg.

Luego, tomando las recomendaciones del HEC 14 la profundidad del dissipador se calcula como: $2 * D_{50} = 1 \text{ m}$. Dado el espacio disponible entre el cabezal y el pie de duna a proteger, se propone un dissipador de 25m de largo y 39m de ancho, cumpliendo con las dimensiones mínimas recomendadas por la bibliografía utilizada ($L_{min} = 7D$, $Ancho_{min} = 3D + \frac{2}{3}L$).

Tanto el largo como ancho disponible para el dissipador se presenta en la Figura 4-108.

La contención de la descarga, se coloca para proteger el pie de la barranca en su primer metro de altura. El mismo se proyecta con el mismo tamaño de roca que el dissipador (0.5 m). El talud al este de la contención de la descarga se une con el espigón proyectado.



Figura 4-108: Descarga 5: Disipador de energía, contención de la descarga y espigón nuevo.

4.18.12.2. Descarga 7

La descarga N°7 se ubica sobre la rambla Presidente Tomas Berreta y la calle Ciruelo del Japón. Sobre la calle Ciruelo del Japón se presenta una cañada vegetada, cuyo escurrimiento se capta mediante una tubería corrugada de 1m de diámetro, la cual conduce el flujo de agua hacia una cámara previa a descargar el escurrimiento a la playa mediante 11 bocas de diámetro 1000 mm.

En primer lugar, se estudia la capacidad del sistema (canal-captación-descarga) y en particular si ante eventos de cierta recurrencia sucede que la cañada desborde y escurra por sobre la rambla. Se modela un tramo de cañada, la tubería de captación y la descarga a la playa, así como la sección de la rambla utilizando el software SWMM. Se analiza el comportamiento del sistema ante el evento de TR 10 años. En la Figura 4-109 se presentan los perfiles de elevación de agua del modelo implementado. El perfil superior representa las tuberías de descarga bajo la rambla, donde se observa que la capacidad de la captación del escurrimiento de la cañada es insuficiente. Se observa que la misma genera un remanso

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

desbordando la cañada y superando el nivel de la calle, como se observa en el perfil inferior presentado en la Figura 4-109.

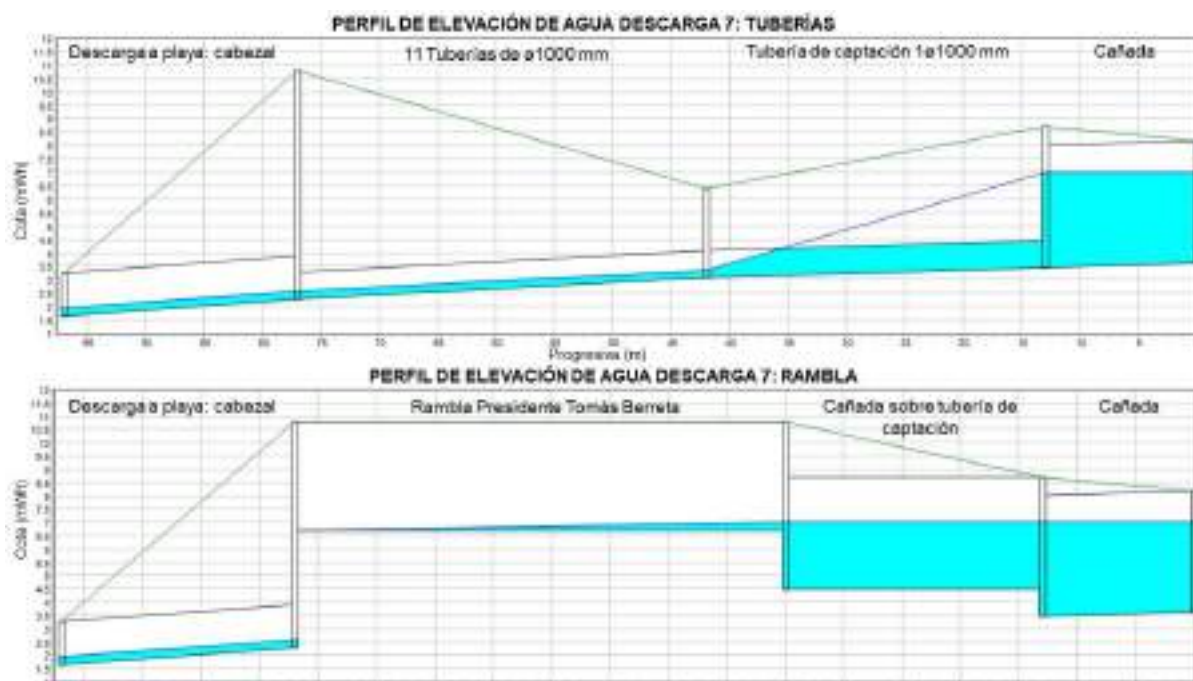


Figura 4-109: Perfil de elevación de agua para la descarga 7 (TR 10 años): en las tuberías bajo la rambla y en la sección sobre la rambla.

Para evitar que se genere un pasaje de agua sobre la rambla, se propone aumentar la capacidad de la captación ya que la misma resulta insuficiente. Se plantea retirar la tubería corrugada existente y generar una captación con una boca cuadrada de 2x2m. La misma se coloca en la entrada de la cámara existente, sin generar un tramo de conducción cerrada. A su vez, se recomienda la rectificación de la sección de la cañada aguas arriba de la descarga. Dicha sección sería trapezoidal de base mínima de 3,4m y pendientes de talud 2:1. En la Figura 4-110 se presentan los perfiles de elevación de agua en las tuberías así como en la sección de la rambla sustituyendo la infraestructura actual por la proyectada. Se observa que en este escenario (TR 10 años), no se presentan reboses del escurrimiento por encima de la rambla y tampoco hay desbordes de la cañada.

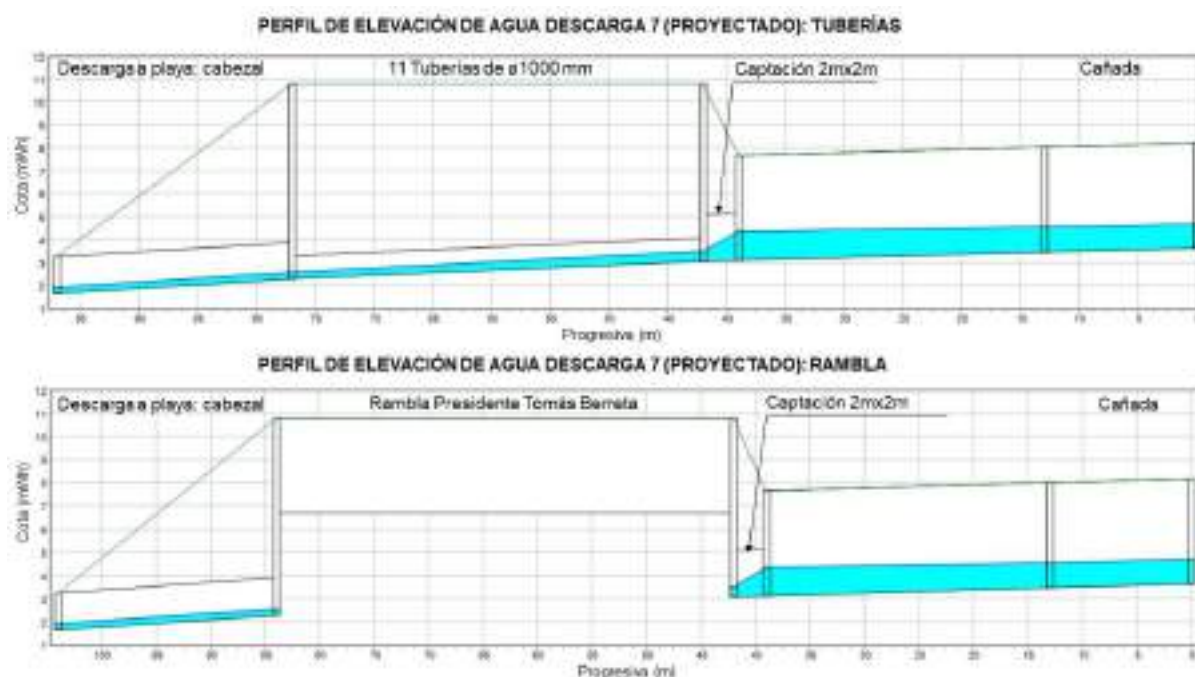


Figura 4-110: Perfil de elevación de agua para la descarga 7 con la infraestructura proyectada (TR 10 años): en las tuberías bajo la rambla y en la sección sobre la rambla.

De manera análoga a lo planteado en la descarga 5, se propone la construcción de un espigón nuevo al este de la descarga 7 que contenga y rectifique la descarga. De igual manera, se propone la implantación de un dissipador de energía y taludes de contención de la descarga ubicados al pie de la duna proyectada. Estos elementos indicados en planta se presentan en la Figura 4-111.

La metodología de diseño del dissipador es análoga a la presentada en la Sección 4.18.12.1 resultando los siguientes valores:

- Tamaño de roca dissipador $D_{50} = 0.5 \text{ m}$
- Peso mínimo= 300 kg
- Profundidad=1 m
- Largo=20m
- Ancho=22m

La contención de la descarga, se coloca para proteger el pie de la duna proyectada en su primer metro de altura. Se proyecta de enrocado y con el mismo tamaño de roca que el dissipador (0.5 m). El talud al este de la contención de la descarga se une con el espigón proyectado.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

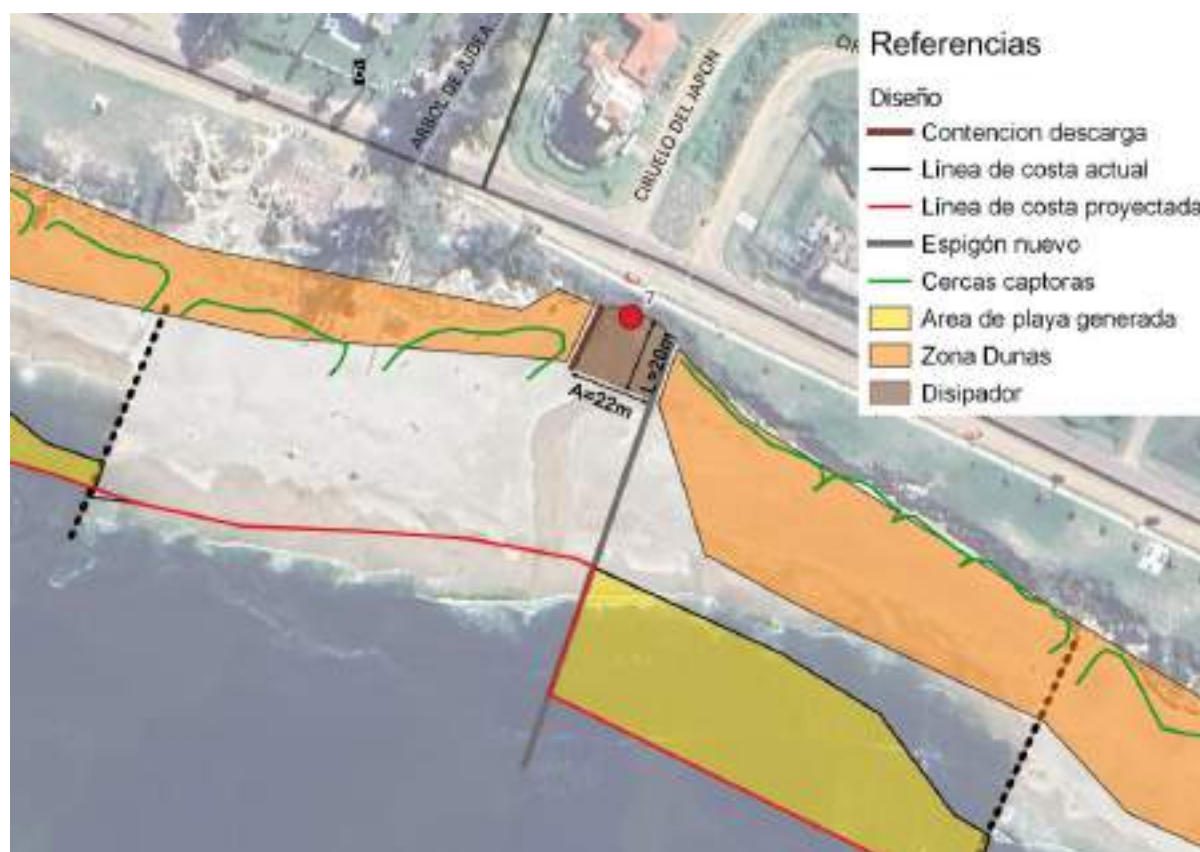


Figura 4-111: Descarga 7: Disipador de energía, contención de la descarga y espigón nuevo.

En una visita al sitio realizada el 6/11/23 se pudo observar que parte de las bocas de la descarga 7 se encuentran parcial o totalmente cubiertas por arena (ver Figura 4-112). Este hecho implica una disminución de la capacidad de la descarga. En este sentido, se recomienda la desobstrucción y limpieza periódica de las descargas a la playa de modo de garantizar que la capacidad de conducción se encuentre disponible ante eventos de precipitación y así evitar efectos de desborde de las conducciones aguas arriba de la descarga. A continuación, se presentan algunas recomendaciones generales sobre la desobstrucción de alcantarillas, poniendo foco en garantizar la limpieza de las mismas generando la menor afectación posible a los ecosistemas de la zona.



Figura 4-112: Fotografías de la descarga 7 donde se observa que 5 bocas se encuentran obstruidas. (Fecha: 6/11/23).

El procedimiento de limpieza y desobstrucción de alcantarillas se deberá ejecutar una vez que las alcantarillas alcancen aproximadamente un 25% de su sección tapada. El objetivo es lograr que la descarga quede con su sección libre, pero a su vez se debe procurar que en el proceso de desobstrucción no se afecten los ecosistemas presentes en la zona de descarga.

A modo de criterio general se establece que la desobstrucción de la alcantarilla se realizará con camión desobstructor cuando el diámetro (o altura) de la misma sea menor a 1 m y de manera manual si la sección tiene un diámetro (o altura) mayor a 1 m. Este criterio queda sujeto a la disponibilidad tanto de recursos, maquinaria adecuada y de personal por parte de la entidad que realice la desobstrucción. Se deberá procurar afectar lo menos posible los ecosistemas en la zona de la descarga, es decir que se busca (en la medida de lo posible) que la desobstrucción sea localizada en la sección de descarga. A su vez, se recomienda realizar la desobstrucción desde la vía y en todos los casos se evitará circular con vehículos por la playa.

Si el sedimento que obstruye la alcantarilla es arena sin residuos sólidos o presencia de contaminantes, se podrá disponer en la playa.

En caso contrario, los sedimentos deberán ser segregados y dispuestos de acuerdo al marco normativo local y/o nacional de gestión de suelos o residuos correspondiente, p. ej.: suelos y escombros podrán ser reutilizados como relleno según su tipo; residuos plásticos, celulósicos, neumáticos usados, metálicos, entre otros, podrán ser reciclados; residuos contaminados con sustancias peligrosas podrán ser gestionados por operadores habilitados por DINACEA y/o

otra autoridad que corresponda; demás residuos sólidos mezclados no peligrosos podrán ser dispuestos en relleno sanitario local.

4.18.12.3. Descarga 9

En la visita realizada el día 6/11/23 se observa que la descarga 9, ubicada sobre la rambla y la calle Paul Harris, presenta falta de apoyo en la zona de transición del hormigón a la arena, tal como se presenta en la Figura 4-113.



Figura 4-113: Descarga 9 (Fecha:6/11/23)

Esta descarga fue reconstruida aproximadamente en julio de 2023 debido a que se encontraba en mal estado, tal como se puede observar en la Figura 4-114.



Figura 4-114: Descarga 9: a la izquierda fotografía tomada en febrero del 2023 y a la derecha fotografía tomada en julio del 2023.

Con el objetivo de brindar apoyo a la descarga y generar una transición gradual entre la arena y el hormigón, se propone la inclusión de una zona de enrocado de disipación de tamaño

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

D50=0.5 m (peso 300 kg), en dos capas, sobre una capa de geotextil. La ubicación de dicho enrocado se proyecta que sea en la salida del delantal. Esta medida pretende mitigar el efecto que se genera en la transición entre el hormigón y la arena. En este caso si se erosiona parte de la arena en la transición, las rocas caen y se reordenan sin perder apoyo.

4.18.13. ACCESOS A LA PLAYA

Se plantea realizar cuatro accesos costeros adicionales a los existentes para el arco de estudio. Los mismos pretenden sustituir accesos informales a la playa, así como brindar acceso a las playas que debido a la intervención con espigones y relleno contarán con una buena calidad para el uso recreativo.

A continuación, se presentan elementos para una guía de diseño para accesibilidad universal a la playa. Se apunta una propuesta básica orientada por los “siete principios de diseño universal” recomendados por la Organización Mundial de Turismo por un turismo accesible.

4.18.13.1. Accesibilidad al acceso de la playa

Transporte público

Las paradas de ómnibus y el itinerario necesario para acceder de éstas a la playa, deben asegurar accesibilidad universal y contar con señalización adaptada.

Estacionamiento vehicular

Debe existir estacionamiento vehicular reservado e itinerario accesible desde éste al acceso a la playa.

Información

La señalización, visible, visual y táctil, con diseño adaptado, localizada al alcance del recorrido accesible y en sus puntos notables, por lo menos debe orientar en cuanto a la dirección y distancia a la playa, servicios accesibles y su ubicación. Resulta conveniente que esté confeccionada en colores contrastantes.

Además, se debe indicar la información de recursos más elementales para promoción de una vida libre de violencia basada en género (de asesoramiento y de emergencia).

Paseo costero

El acceso a la playa debe estar conectado en forma accesible al paseo peatonal costero (el que debe contar, también, con condiciones de accesibilidad universal). Resulta conveniente

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

que exista zona de estar en las proximidades del acceso a la playa, sombreada, con accesibilidad universal.

4.18.13.2. Acceso de la playa

Circulaciones

Debe dotarse de circulaciones adaptadas desde fuera de la playa hasta la zona de arena húmeda.

- Las circulaciones peatonales deben contar con diseño en condiciones de accesibilidad universal, ser continuas y sin escalones o resaltos
- La pasarela debe acercarse lo más cerca posible de la orilla, para lo cual puede realizarse un último tramo con partes practicables móviles.
- Su superficie debe ser estable, sin resaltos y antideslizante (tanto seca como mojada) y su color específico debe permitir caminar descalzo. Resulta conveniente que su color sea contrastante con el de la arena.
- Se debe asegurar buena visibilidad entre tramos de circulación, por lo que deben evitarse los cambios de dirección abruptos cuando limiten la visión de un tramo sobre el siguiente.
- Las circulaciones deben contar con senda podotáctil.
- La cartelería de información y los elementos de mobiliario y equipamientos (papeleras, bebederos, duchas, lavapiés, etc.), deben estar adyacentes, pero siempre fuera del espacio de circulación. Si no son adyacentes, debe agregarse una pasarela adicional adaptada, para acceder a éstos.

Pasarelas y rampas

Las diferencias de nivel, tanto para salvar la presencia de dunas como por desnivel entre el paseo costero y la playa, deben resolverse, únicamente, mediante rampas y tramos de pasarelas.

- En las áreas dunares la superficie de circulación debe estar elevada por sobre el nivel natural de la arena.
- Ancho mínimo 1,50 metros.
- Es recomendable dotar de descansos, preferiblemente provistos de sombra, con dimensiones de 2,50 x 2,50 metros, al comienzo y final del recorrido y en puntos intermedios si éste es muy extenso.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

- Pendiente longitudinal máxima 6%. Pendiente transversal máxima 1%.
- A efectos del diseño (especialmente de las barandas) las pasarelas se pueden considerar horizontales hasta una pendiente máxima del 1%.
- En caso de pavimentos discontinuos, es recomendable que las juntas entre piezas sean sin resaltes, con el mínimo ancho constructivamente posible y que no sean transversales al sentido de circulación.

Servicios

El itinerario accesible debe asegurar la conectividad en condiciones de universalidad para los servicios mínimos de playa: servicios higiénicos, duchas y lavapiés, paradores, etc. (los que deben, a su vez, contar con condiciones de accesibilidad universal).

Zona de baño adaptada

Además de contar con accesibilidad universal a la arena, resulta recomendable incorporar zonas de baño adaptadas para el baño en condiciones de accesibilidad universal, señalizadas y balizadas, dotadas con el equipamiento al efecto: pasarela hasta el agua y equipos de movilidad en el agua (sillas, muletas, flotadores, chalecos y otros).

4.18.14. ASPECTOS ECONÓMICOS

Se realiza una estimación de costos considerando los principales componentes de las propuestas desarrolladas a nivel de anteproyecto. Es importante destacar que el diseño de la alternativa es a nivel de anteproyecto básico, por lo tanto, el presupuesto estimado puede variar a medida que se avance en el proyecto ejecutivo y se realice un diseño más detallado de las diferentes componentes (rubros).

En la Tabla 4-26 se presenta el detalle de los rubros con sus costos asociados.

ANTEPROYECTO NAP COSTAS ATLÁNTIDA						
RUBRO	DETALLE	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO Pesos uruguayos	PRECIO SUBRUBRO Pesos uruguayos	% de incidencia
1	INTERVENCIONES LIMITADAS Y Nbs DE PEQUEÑA ESCALA				64.320.000	19%
1.1	Cerca captoras	2.530	ml	3.000	7.590.000	2,3%
1.2	Recarga de playa: reperfilado de playa mediante medios mecánicos (incluye 3 realizaciones)	15.000	m3	390	5.850.000	1,8%
1.3	Bosque costero (manejo exóticas y plantación) / Pie de barranca	63.600	m2	800	50.880.000	15,4%
2	DESCARGAS PLUVIALES				10.395.289	3%
2.1	Dispositivos descargas pluviales				8.607.300	2,6%
2.1.1	Suministro y colocación de enrocado de disipación	1450	m3	5850	8482500	2,6%
2.1.2	Suministro y colocación de geotextil	1600	m2	78	124800	0,0%
2.2	Contención descargas	90	m3	5.850	526.500	0,2%
2.3	Modificación de la captación (descarga 7)	1	gl	1.261.489	1.261.489	0,4%
3	AVANCE Y ESTABILIZACIÓN DE LA LINEA DE COSTA				192.339.615	58%
3.1	Suministro y construcción de espigones nuevos				17.599.452	5,3%
3.1.1	Roca W50=1,3 ton	1.799	m3	7.800	14.028.300	4,2%
3.1.2	Roca W50=130 kg	916	m3	3.900	3.571.152	1,1%
3.2	Suministro y construcción de extensión de espigones existentes				11.283.480	3,4%
3.2.1	Roca W50=1,3 ton	981	m3	7.800	7.651.800	2,3%
3.2.2	Roca W50=130 kg	931	m3	3.900	3.631.680	1,1%
3.3	Suministro y construcción de reconstrucción de espigon existente (Al oeste de Villa Argentina)				6.582.030	2,0%
3.3.1	Roca W50=1,3 ton	572	m3	7.800	4.463.550	1,3%
3.3.2	Roca W50=130 kg	543	m3	3.900	2.118.480	0,6%
3.4	Acordamiento de espigón existente (a definir en obra con perfil de playa existente)	1	gl	5.359.653	5.359.653	1,6%
3.5	Relleno de arena para generación de dunas	585	m3	84.000	49.140.000	14,9%
3.6	Relleno de arena para avance de línea de costa	585	m3	175.000	102.375.000	31,0%
4	ACONDICIONAMIENTO URBANO Y PAISAJISTICO TENIENDO EN CUENTA ASPECTOS DE GÉNERO				13.556.340	4%
4.1	Rampas de acceso	1.545	ml	6.600	10.196.340	3,1%
4.2	Pasarela peatonal playa Villa Argentina	400	ml	8.400	3.360.000	1,0%
5	MONITOREO (PERÍODO 5 AÑOS)				14.612.000	4%
5.1	Campañas de relevamiento de perfiles de playa (incluye 10 campañas durante los 5 años y campañas post tormenta)	22	Unidad	538.200	11.840.400	3,6%
5.2	Fotografías aéreas	5	Unidad	70.000	350.000	0,1%
5.3	Ensayo granulométrico en perfiles de playa (3 muestras por perfil)	15	Unidad	60.000	900.000	0,3%
5.4	Campañas de medición de oleaje y nivel				975.000	0,3%
5.4.1	Suministro de boya (medición de oleaje)	1	gl	390.000	390.000	0,1%
5.4.2	Instalación de boya (medición de oleaje)	1	gl	390.000	390.000	0,1%
5.4.3	Mantenimiento de boya (medición de oleaje)	1	gl	195.000	195.000	0,1%
5.5	Monitoreo de nivel de napa freática (incluye 3 años de monitoreo)				351.600	0,1%
5.5.1	Suministro y construcción de perforación	3	Unidad	29.250	87.750	0,0%
5.5.2	Sensor de nivel	3	Unidad	5.850	17.550	0,0%
5.5.3	Datalogger	3	Unidad	15.600	46.800	0,0%
5.5.4	Servicio de transmisión y visualización de datos	36	Mensual	5.000	180.000	0,1%
5.5.5	Cámara de fotografía/video	1	Unidad	19.500	19.500	0,0%
5.6	Análisis de la información recabada en el monitoreo	1	gl	195.000	195.000	0,1%
	SUBTOTAL				295.223.244	
	PROYECTO EJECUTIVO			4%	11.808.930	
	DIRECCIÓN DE OBRA			5%	14.761.162	
	IMPLANTACIÓN, MEDIDAS DE SEGURIDAD Y COSTOS VARIOS			3%	8.856.697	

NOTAS Precio de oficina en pesos uruguayos Se suponen solo un 10% de imprevistos Se presenta el total con leyes pero SIN iva	SUBTOTAL SIN LEYES	330.650.033
	IMPREVISTOS	10% 33.065.003
	TOTAL SIN LEYES	363.715.036
	LEYES	14% 50.920.105
	IVA	22% 72.743.007
	TOTAL CON LEYES S/IVA	414.635.141

Tabla 4-26: Presupuesto de oficina.

4.18.15. EVOLUCIÓN TEMPORAL

En la Figura 4-115 se presenta la evolución temporal del proyecto, en el cual se indica, los pasos a seguir a lo largo de la vida útil y la distribución en porcentajes de la inversión.

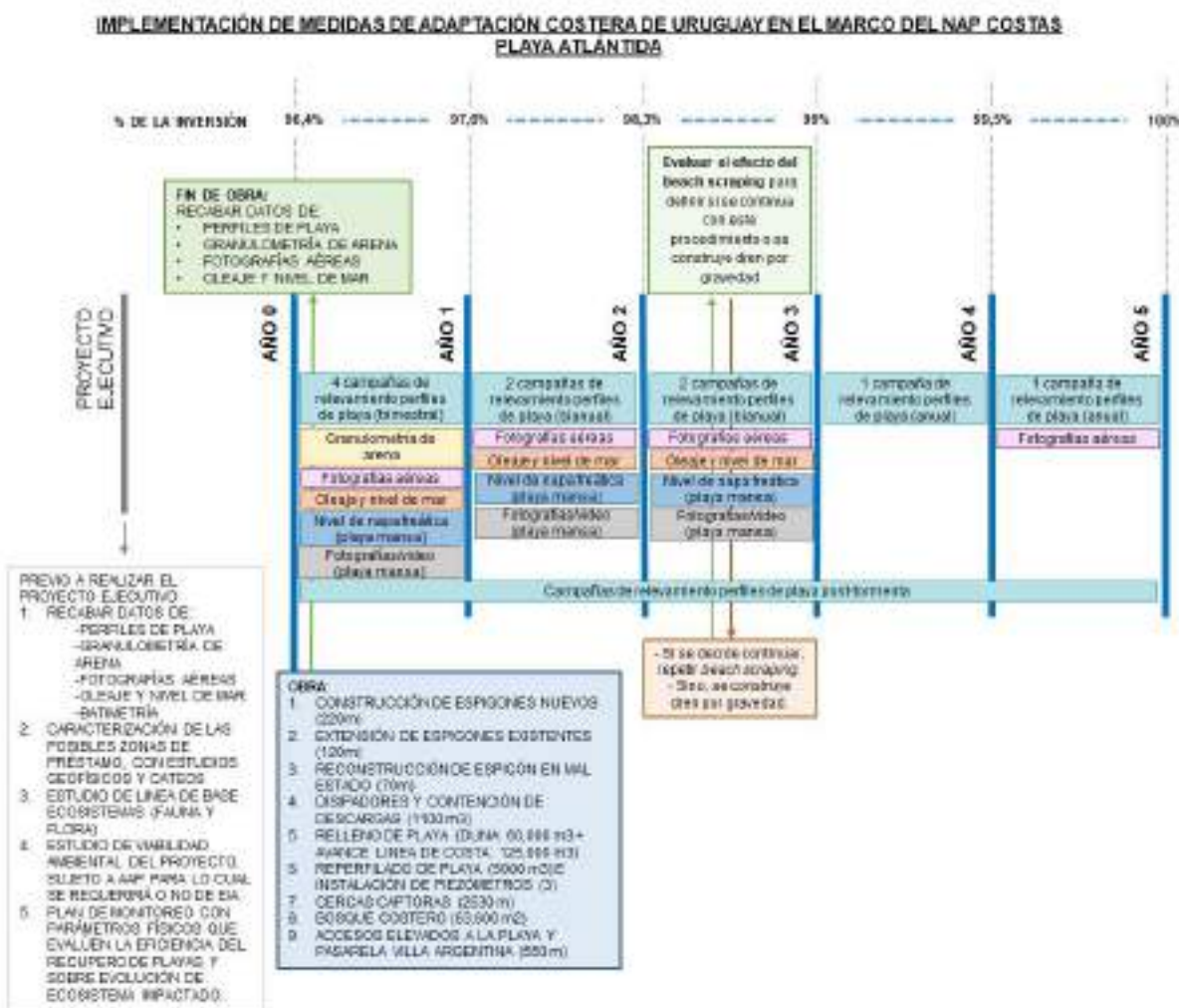


Figura 4-115: Línea de vida de la obra proyectada para Atlántida.

4.18.16. ASPECTOS AMBIENTALES

Se realiza un análisis básico de los factores ambientales impactados en las etapas de construcción, operación y abandono de las intervenciones. En la etapa de proyecto ejecutivo se deberá realizar un estudio de impacto ambiental completo y su presentación ante DINACEA para su clasificación y aprobación. Además de realizar el plan de gestión ambiental de la obra.

En las siguientes matrices (Tabla 4-27 y Tabla 4-28) se presentan los impactos identificados según la fase de la obra (construcción, operación y abandono), el factor y aspecto ambiental.

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
Construcción	Presencia física de la obra	Población	Percepción social negativa de la población a causa de la presencia física de la obra
		Uso de la playa	Restricción temporal al uso recreativo de la playa
		Uso de la rambla	Restricción temporal al uso recreativo del sector afectado de la rambla
		Paisaje	Afectación al paisaje por presencia física de la obra
	Remoción de sedimento (dragado) para el relleno de playa	Hidrodinámica de la zona de préstamo y sistema	Cambios en la hidrodinámica en la zona de préstamos por modificación de la morfología del fondo y su afectación al resto del sistema
		Fauna bentónica	Afectación a la fauna bentónica por remoción de sedimentos en la zona de préstamo
	Re-suspensión de sedimento para el relleno de playa	Calidad del agua zona de préstamo	Afectación a la calidad del agua por re-suspensión de sedimentos en la zona de préstamo
		Fauna ictícola	Afectación a la fauna ictícola por re-suspensión de sedimentos en la zona de préstamo
	Reperfilado de playa (beach scraping)	Hidrodinámica de la zona de beach scraping y corriente litoral abajo	Cambios en la hidrodinámica en la zona de beach scraping y corriente litoral abajo por modificación de la morfología del fondo
		Fauna bentónica	Afectación a la fauna bentónica por remoción de sedimentos en la zona de beach scraping
	Re-suspensión de sedimento a causa del beach scraping	Calidad del agua	Afectación a la calidad del agua por re-suspensión de sedimentos en la zona de beach scraping
		Fauna ictícola	Afectación a la fauna ictícola por re-suspensión de sedimentos en la zona de beach scraping
	Emisiones sonoras	Nivel de presión sonora	Incremento del nivel de presión sonora producto de las emisiones sonoras de draga, equipo de vertido de arena, transporte y colocación de enrocado, entre otros
		Población cercana a la obra	Molestias a la población cercana por el aumento de la presión sonora
	Emisión de material particulado	Calidad del aire	Incremento de la concentración de material particulado en el aire
		Población cercana a la obra	Afectación a la salud de la población cercana por aumento de la concentración de material particulado en el aire
	Tránsito terrestre inducido	Tránsito vehicular/peatonal usual	Afectación al tránsito vehicular y peatonal (circulación por la rambla) por el tránsito de maquinaria pesada
	Generación de residuos asimilables a domésticos	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos
	Generación de ROCs	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de ROCs
	Efluentes líquidos	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo (zona entre el área de préstamo y área de actuación de la obra) por gestión inadecuada de agua de lavado de maquinaria
	Derrames en agua	Calidad del agua	Afectación a la calidad del agua (zona entre el área de préstamo y área de actuación de la obra) por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en agua
	Derrames en tierra	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo (zona entre el área de préstamo y área de actuación de la obra) por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en tierra
	Incidentes	Paisaje	Afectación del paisaje por causa de roturas en las estructuras de acceso a la playa (por ej. entradas del tipo puentes de madera elevados)

Tabla 4-27: Identificación de impactos ambientales para la fase de construcción de la obra.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Fase	Aspecto	Factor	Impacto
Operación	Presencia física de la obra	Dinámica costera	Modificación de la dinámica costera (procesos de transporte de sedimentos, batimetría y perfil de playa)
		Erosión	Retroceso de la línea de costa en la zona corriente litoral abajo del espigón de Villa Argentina
		Uso de la playa	Aumento del área de playa con fines recreativos
		Paisaje	Modificación del paisaje de la zona de rambla discontinuada por implantación de pasarela
		Uso recreativo Villa Argentina	Aumento del uso recreativo de la zona de rambla discontinuada por implementación de pasarela
		Paisaje	Modificación del paisaje debido al aumento de ancho de playa y a la presencia del espigones nuevos y extensión de espigones
Fase	Aspecto	Factor	Impacto
Abandono	Presencia física del desmonte de la obra	Población	Percepción social negativa de la población a causa de la presencia física del desmonte de la obra
		Uso de la playa	Restricción temporal al uso recreativo de la playa
		Uso de la rambla	Restricción temporal al uso recreativo de el sector afectado de la rambla
		Paisaje	Afectación al paisaje
	Emisiones sonoras	Nivel de presión sonora	Incremento del nivel de presión sonora producto de las emisiones sonoras de maquinaria pesada
		Población cercana a la obra	Molestias a la población cercana por el aumento de la presión sonora
	Emisión de material particulado	Calidad del aire	Incremento de la concentración de material particulado en el aire
		Población cercana a la obra	Afectación a la salud de la población cercana por aumento de la concentración de material particulado en el aire
	Transito terrestre inducido	Tránsito vehicular/peatonal usual	Afectación al transito vehicular y peatonal (circulación por la rambla) por el tránsito de maquinaria pesada
	Generación de residuos asimilables a domésticos	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos
	Generación de ROCs	Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de ROCs
	Efluentes líquidos	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo por gestión inadecuada de agua de lavado de maquinaria
	Derrames en agua	Calidad del agua	Afectación a la calidad del agua por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en agua
	Derrames en tierra	Calidad del agua/suelo	Afectación a la calidad del agua y/o suelo por derrame de hidrocarburos o sustancias peligrosas en tierra

Tabla 4-28: Identificación de impactos ambientales para la fase de operación y abandono de la obra.

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

4.18.17. RECOMENDACIONES PARA PROYECTO EJECUTIVO

Previo a realizar el proyecto ejecutivo del anteproyecto desarrollado, se recomienda recabar datos de: perfiles de playa, granulometría de la arena actual, fotografías áreas y mediciones de oleaje y nivel de mar para ajustar el anteproyecto en función de dichos datos. Además, se deben caracterizar las posibles zonas de préstamo para extraer la arena a disponer en el relleno de playa con estudios geofísicos y cateos. En función de los resultados obtenidos se deberán ajustar los volúmenes de relleno y definir los procesos constructivos de la obra. A su vez, se recomienda relevar los espigones existentes a extender, así como la zona donde se van a implantar los nuevos espigones. Para el diseño ejecutivo de la obra se recomienda realizar ensayos de laboratorio a escala reducida para verificar la estabilidad de los espigones. Se deberán verificar en la etapa de diseño ejecutivo, las características de la roca y el método constructivo a utilizar y, de ser necesario, el diseño de los espigones deberá ajustarse acorde a las características del material y el proceso constructivo a usar en la ejecución de la obra.

Por otro lado, se debe realizar un estudio de la línea de base referente a ecosistemas (fauna y flora). Se debe relevar el estado actual y definir los parámetros a controlar en el plan de monitoreo.

El plan de monitoreo propuesto se desarrollará de forma detallada, definiendo los parámetros físicos en función de los cuales se evalúe la eficiencia de la recuperación de la playa y la evolución del ecosistema impactado.

Además, en proyecto ejecutivo se debe realizar el “Estudio de viabilidad ambiental del proyecto” contemplando la matriz de impacto con identificación de aspectos y actividades. Sujeto a AAP para lo cual se requerirá o no el estudio de impacto ambiental por DINACEA.

4.18.17.1. Perspectiva de género

En la realización del anteproyecto se tuvo en cuenta la perspectiva de género de manera de evitar situaciones violentas o desigualdades basadas en género. Como por ejemplo la generación de varios accesos a la playa, sin generar zonas aisladas y otros aspectos.









El proyecto ejecutivo deberá contemplar que las infraestructuras públicas no son neutras al género, es un factor esencial pues permite el acceso a los servicios básicos y a los medios de vida y favorece el desarrollo de oportunidades para todas las personas.

El desarrollo de infraestructura debe contemplar así mismo las desigualdades y contribuir a reducirlas. El desafío consiste en conciliar la planificación con el uso de una ciudadanía incluyendo temas como el uso libre de acoso a mujeres y niñas, el cuidado de personas dependientes, la convivencia, el disfrute y la calidad ambiental.

Las decisiones sobre uso, mantenimiento, conservación, iluminación, impactan sobre la igualdad de acceso y la diversidad de población. Dado que las instalaciones de infraestructura tienen una vida útil larga y son muy costosas, deben planificarse, implementarse y gestionarse para ser sostenibles e inclusivas. Lo es cuando está planificada, implementada y gestionada prestando atención a las necesidades de la totalidad de personas usuarias finales, sobre todo de los grupos vulnerables como, los jóvenes, las personas de edad avanzada, las personas con discapacidad y las mujeres.

De esa manera es fundamental sumar acciones en la infraestructura costera que promueva ese derecho como, por ejemplo, cartelería.

ANEXO: TABLA DIAGNÓSTICO DESCARGAS PLUVIALES

Cuenca	Área (ha)	Caudal máximo ACUM. (m³/s) según TR			Caudal máximo P (T90+00) (m³/s) según TR			% Afectado Q (T90+00) actual	Caudal actual (L/s)	Distancia a caudal más cercano	Distancia a la línea de costa actual	Presión sobre instalaciones aguas arriba	Comentarios	Fotos		
		2	5	10	2	5	10									
1	3,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	19%	0,0	70	65	-	No se identificó claramente la ubicación de la descarga			
2	7,3	0,7	0,9	1,1	0,6	1,1	1,3	19%	1,3	75	57	-	No se identificó claramente la ubicación de la descarga			
3	3,0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	19%	0,0	65	70	-	No se identificó claramente la ubicación de la descarga			
4	1,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	19%	0,3	100	74	-	Descarga de 600 entre escalera de bajada de hormigón y manosterio. Se observa balasto en la sección de la descarga			

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas

Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados

Noviembre 2023

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas
 Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados
 Noviembre 2023

Implementación de medidas de adaptación en la zona costera de Uruguay en el marco del NAP Costas
 Consorcio Istec Ingeniería | Dica & Asociados
 Noviembre 2023