

Monitoreo costero en base a imágenes

NAP - Costas



Ministerio
de Ambiente

1er Curso-Taller: Puesta a punto a diciembre 2022.

*Equipo de trabajo: Maya Lambert, Paula Gurruchaga,
Rodrigo Alonso Hauser y Sebastián Solari*

IMFIA - Fing - Udelar



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Contenido

❖ Introducción

Necesidad de monitorear los cambios morfológicos de la costa

Monitoreo en base a imágenes como etapa inicial de un programa integral de monitoreo de los cambios morfológicos de la costa.

❖ Imágenes satelitales

❖ Sistema de cámaras de video

❖ Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)

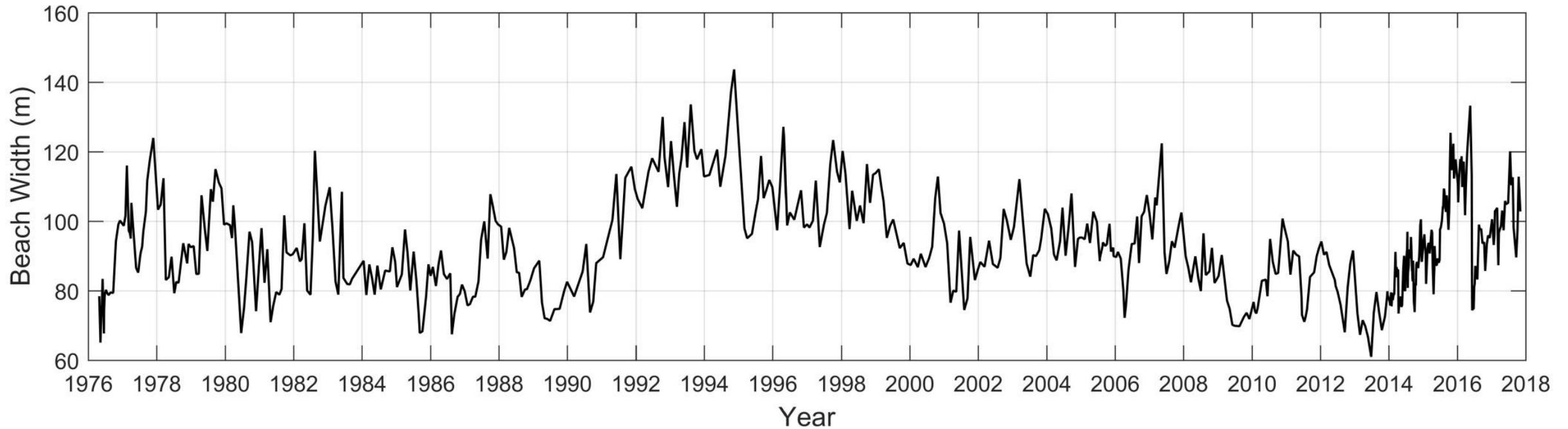
Descripción de cada parte

Resultados preliminares

Pasos futuros y discusión de como darle sostenibilidad en el tiempo

Las playas son ambientes dinámicos

<http://narrabeen.wrl.unsw.edu.au/>

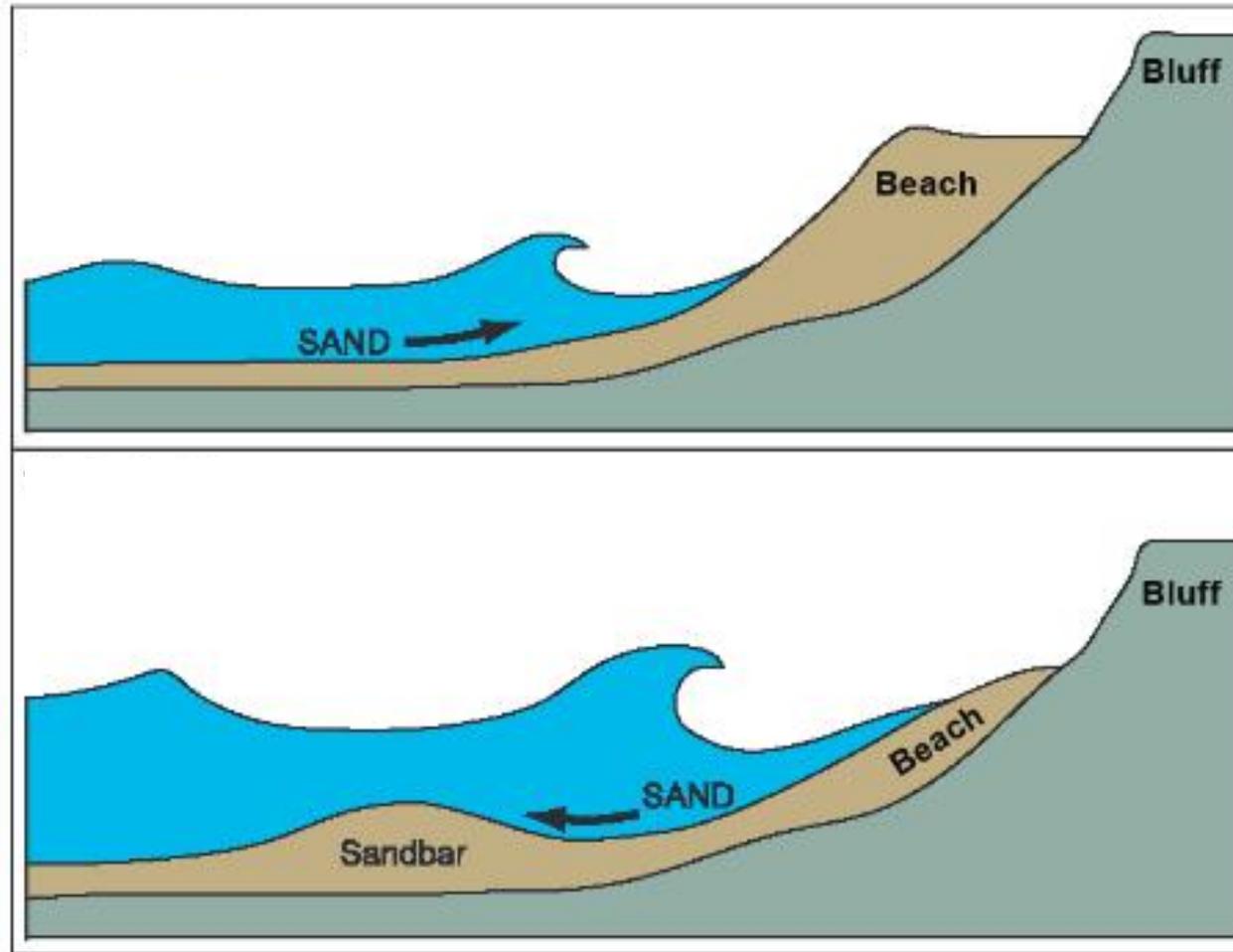


Las playas son ambientes dinámicos

Ciclo de erosión – recuperación de la parte superior de un perfil de playa

Erosión en condiciones de oleaje intenso, comunmente acompañado de nivel de mar alto (marea meteorológica)

Escala temporal: horas - 1 día

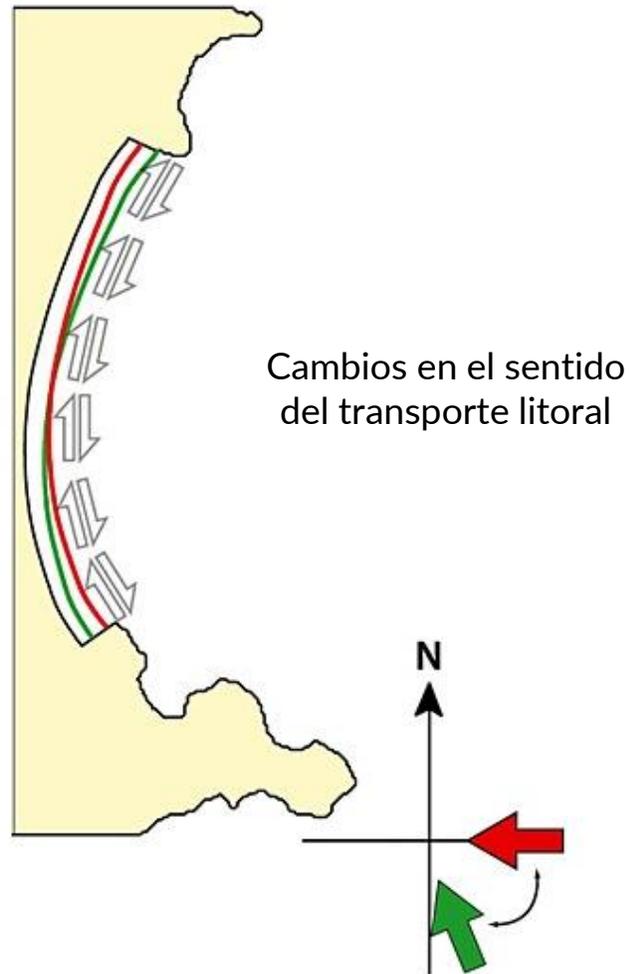


Escala temporal: semanas - mes

Recuperación bajo condiciones de oleaje moderado

Las playas son ambientes dinámicos

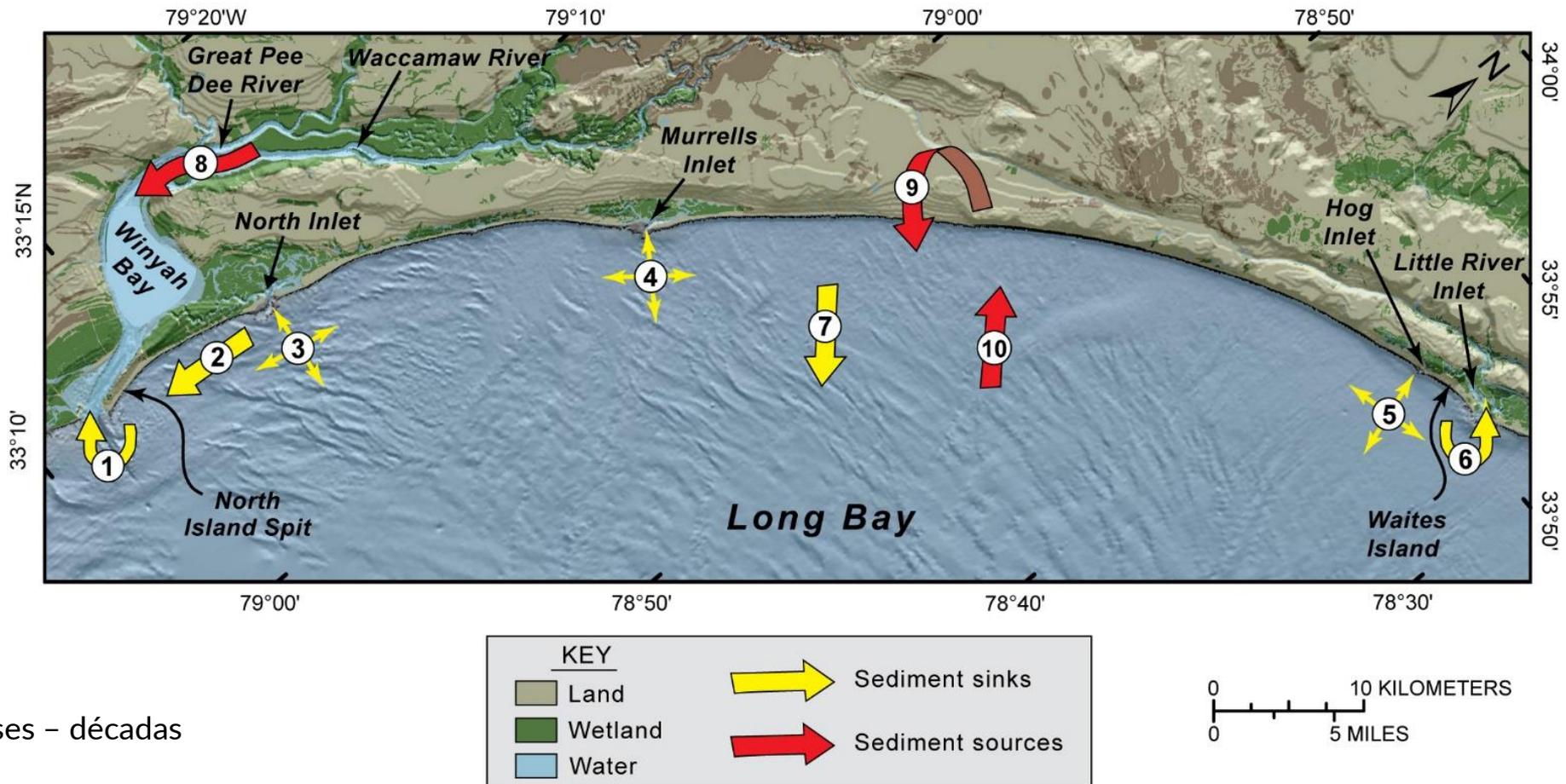
Rotación de la playa



Escala temporal: meses

Las playas son ambientes dinámicos

Intercambio de sedimentos con el sistema costero en el que se encuentra la playa



Escala temporal: meses – décadas

Las playas son ambientes dinámicos

Respuesta a variaciones del nivel medio del mar

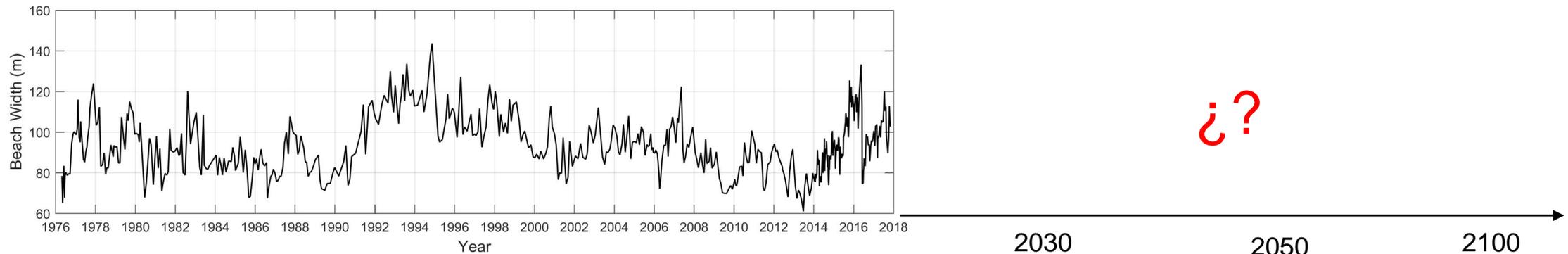


Escala temporal: décadas

Comprender esta dinámica es fundamental para la gestión

- ❖ Definir de criterios de ocupación y uso del espacio costero
- ❖ Intervenir eficientemente en problemas costeros: erosión, inundaciones, degradación ambiental, etc.

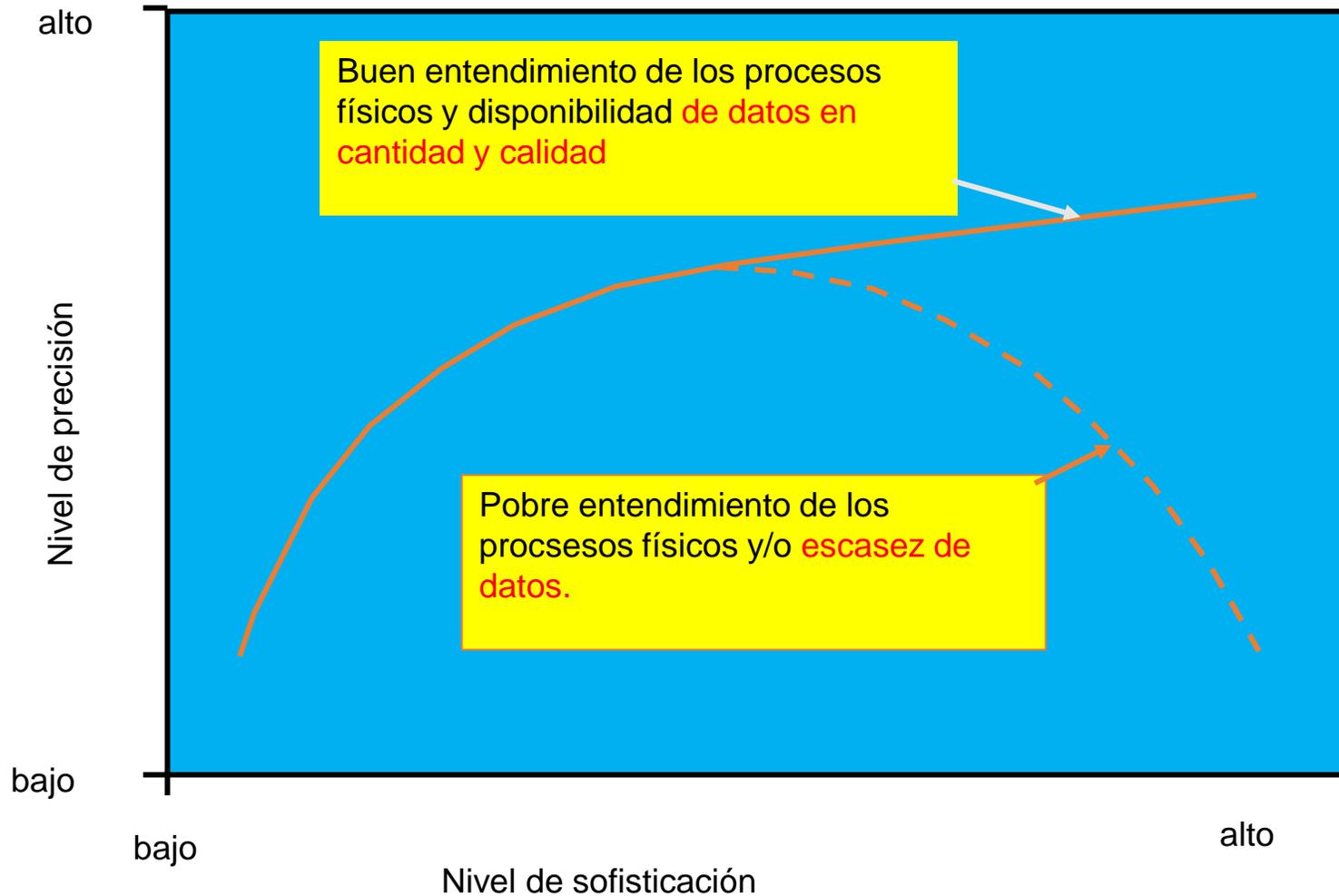
Así como tener capacidad de proyectarla



- ❖ Planificar de forma de anticiparse a futuros problemas

Importancia de monitorear

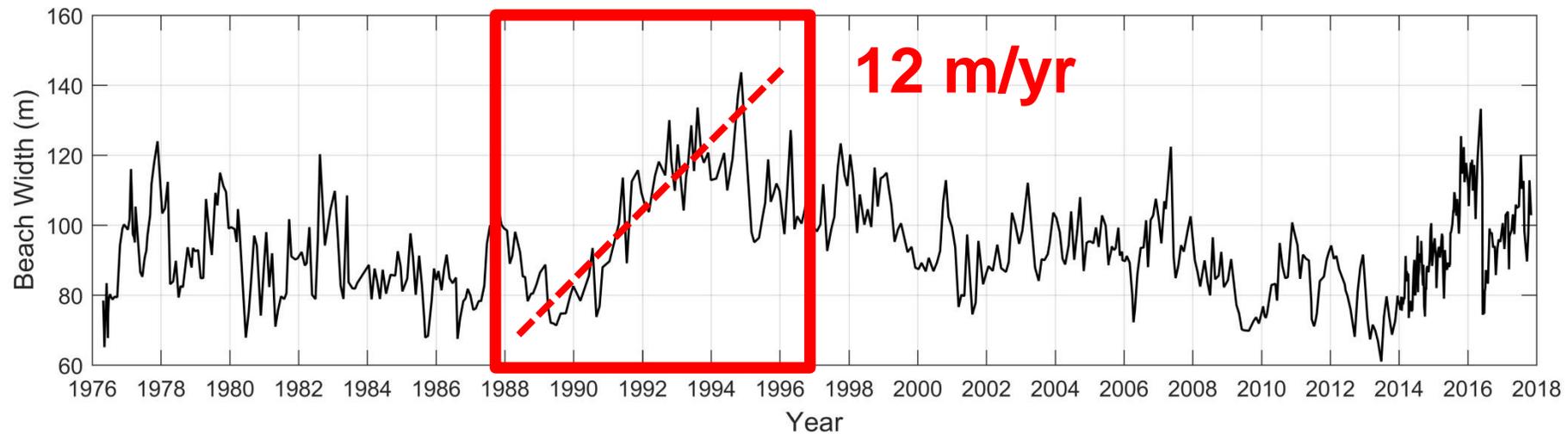
Modelos Morfodinámicos



¡Hay que medir!

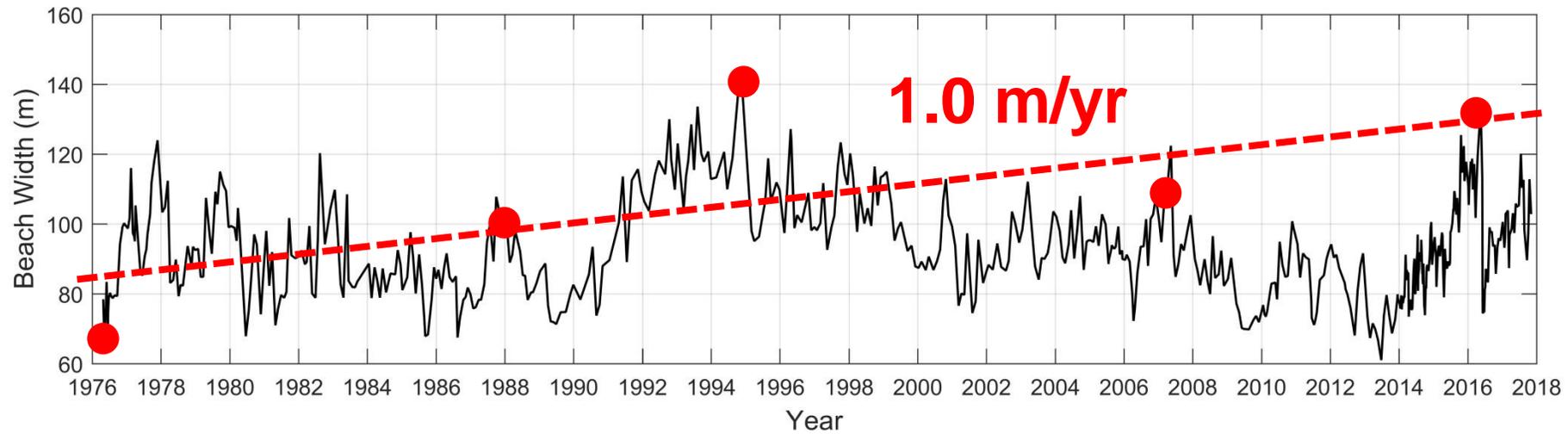
Importancia de monitorear

De forma sostenida en el tiempo



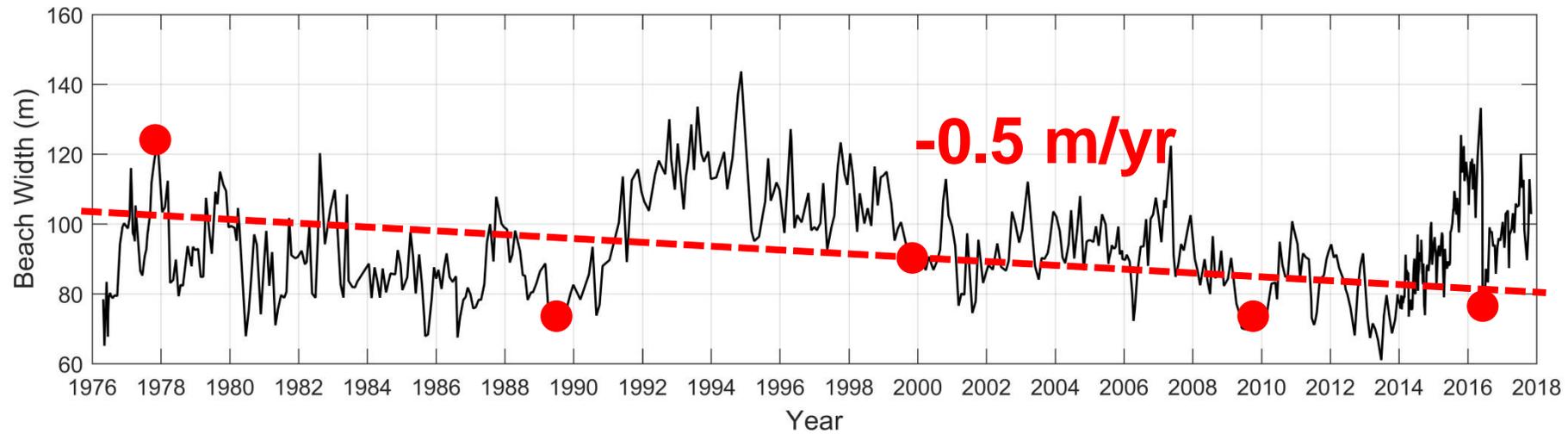
Importancia de monitorear

Con regularidad



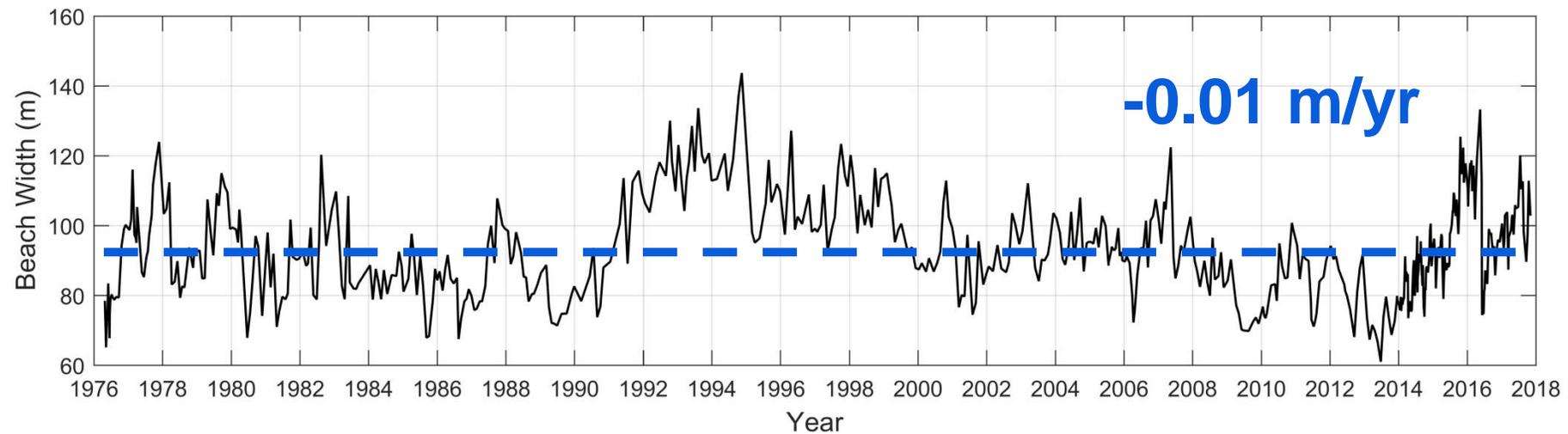
Importancia de monitorear

Con regularidad



Importancia de monitorear

Medir de forma sostenida en el tiempo y con regularidad



Hacia un programa integral de monitoreo de los cambios morfológicos de la costa

Variables a monitorear

Topo - batimétricas



Met-oceánicas



Sedimentológicas

Hacia un programa integral de monitoreo de los cambios morfológicos de la costa

Características

- ❖ 2 Niveles de resolución:
 - Regional: Mejorar información de base a escala nacional. Contribuir a la definición de celdas litorales.
 - Local: Mayor detalle en sitios de interés, ej: Sitios piloto NAP-Costas y desembocaduras.
- ❖ Abierto a la interacción y sinergia con:
 - Programas de monitoreo de ambientes que se vinculan directamente con el espacio costero: Cuencas, RPFM.
 - Monitoreo de otras variables ambientales: calidad de agua, uso de las playas, etc.
 - Sistemas de pronósticos (ej. PRONUUY_RPFM).
- ❖ Esfuerzo por aprovechar y sistematizar información existente:
 - Coordinación institucional.
 - Productos satelitales.
- ❖ Relevamientos sistemáticos y reporte de metadatos
- ❖ Involucramiento de la ciudadanía

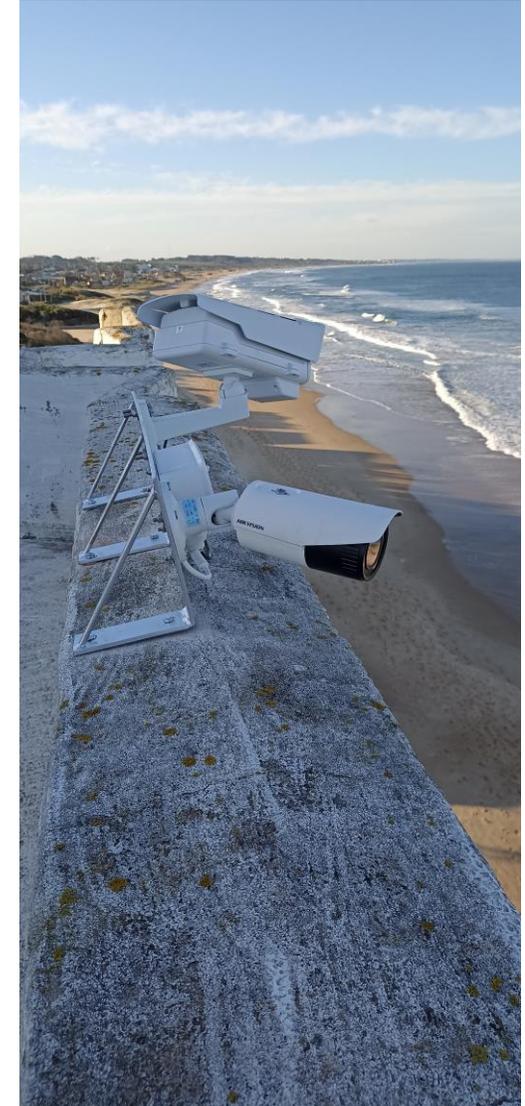
Hacia un programa integral de monitoreo de los cambios morfológicos de la costa

Monitoreo costero en base a imágenes

- ❖ Primera etapa.
- ❖ Orientado en las características expuestas.
- ❖ Tres componentes:
 - Imágenes satelitales
 - Sistemas de cámaras de video
 - Fotos de celulares (Monitoreo ciudadano)
- ❖ Productos:
 - Obtención sistemática de la posición de la línea de costa.
 - Exploración de la obtención de otras variables.

Monitoreo en base a imágenes

Complementa las mediciones in-situ con mayor cobertura y densidad espacio-temporal de información ...
pero con menor precisión y detalle



Detección de la línea de costa

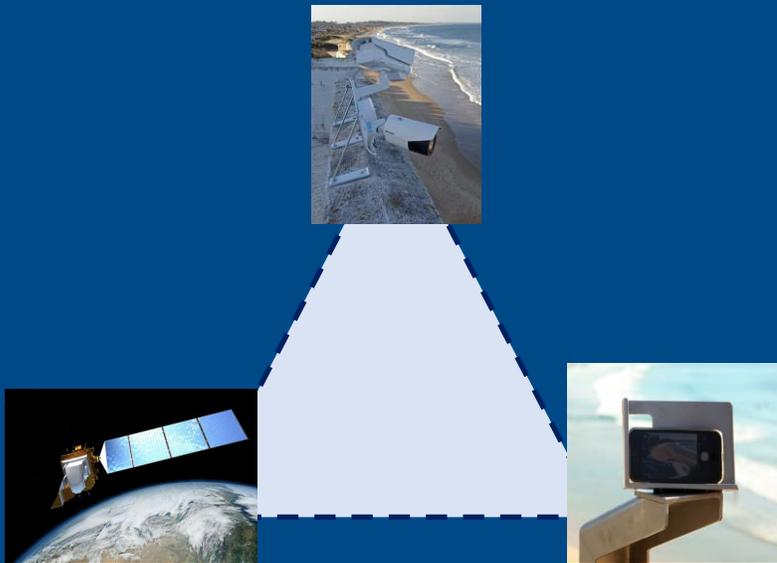
Desarrollos consolidados y con buena precisión

Monitoreo en base a imágenes

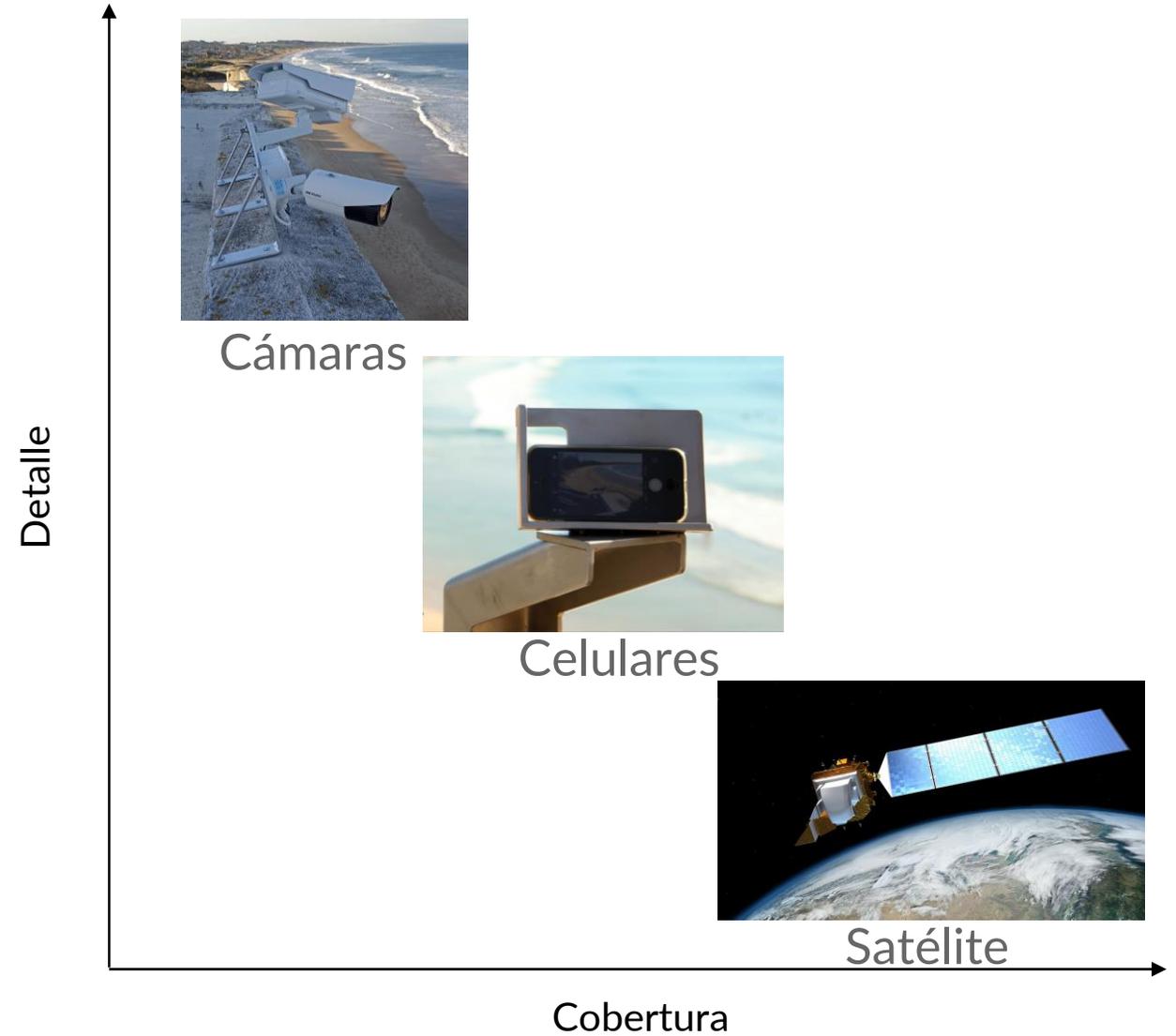
Playa Ramírez 19/06/2022 11:00



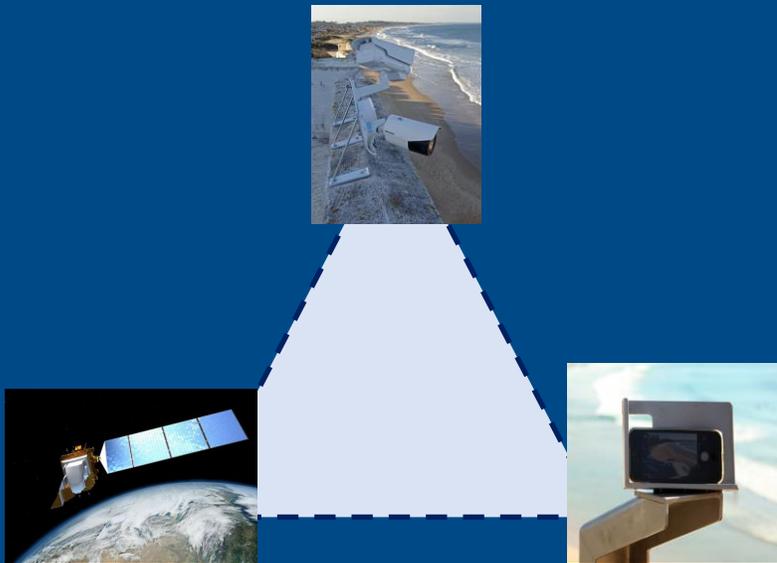
Monitoreo en base a imágenes



Tres componentes



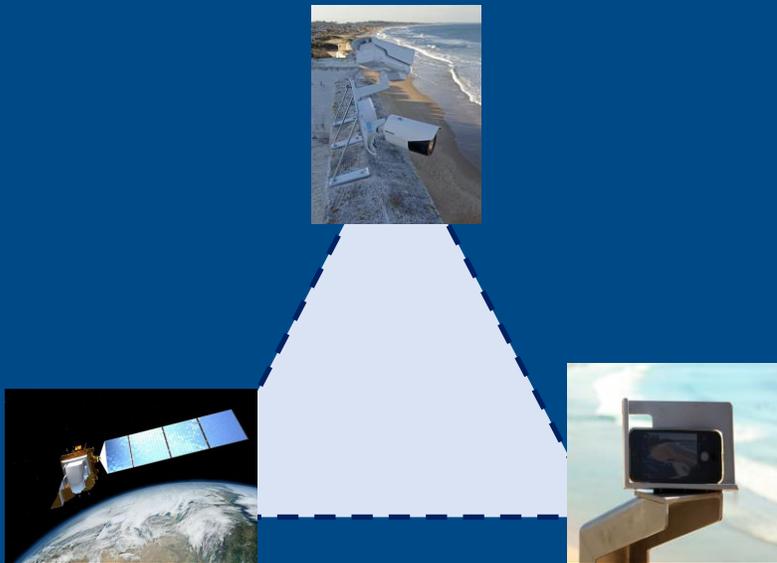
Monitoreo en base a imágenes



Tres componentes



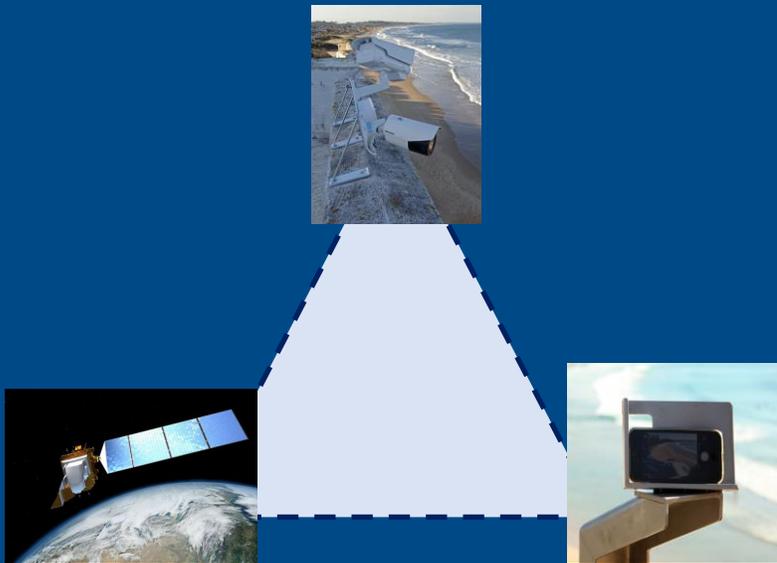
Monitoreo en base a imágenes



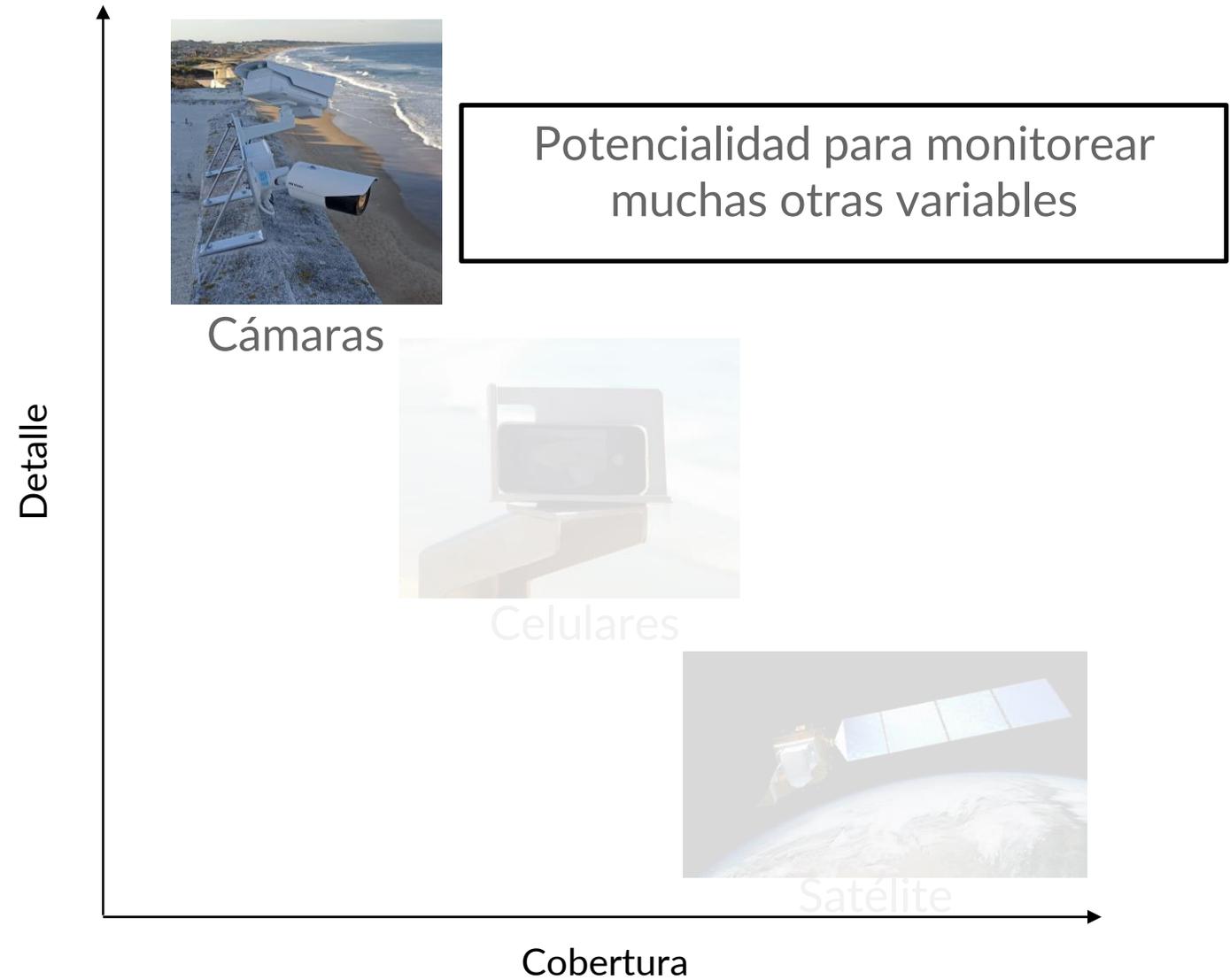
Tres componentes



Monitoreo en base a imágenes



Tres componentes



Monitoreo en base a imágenes



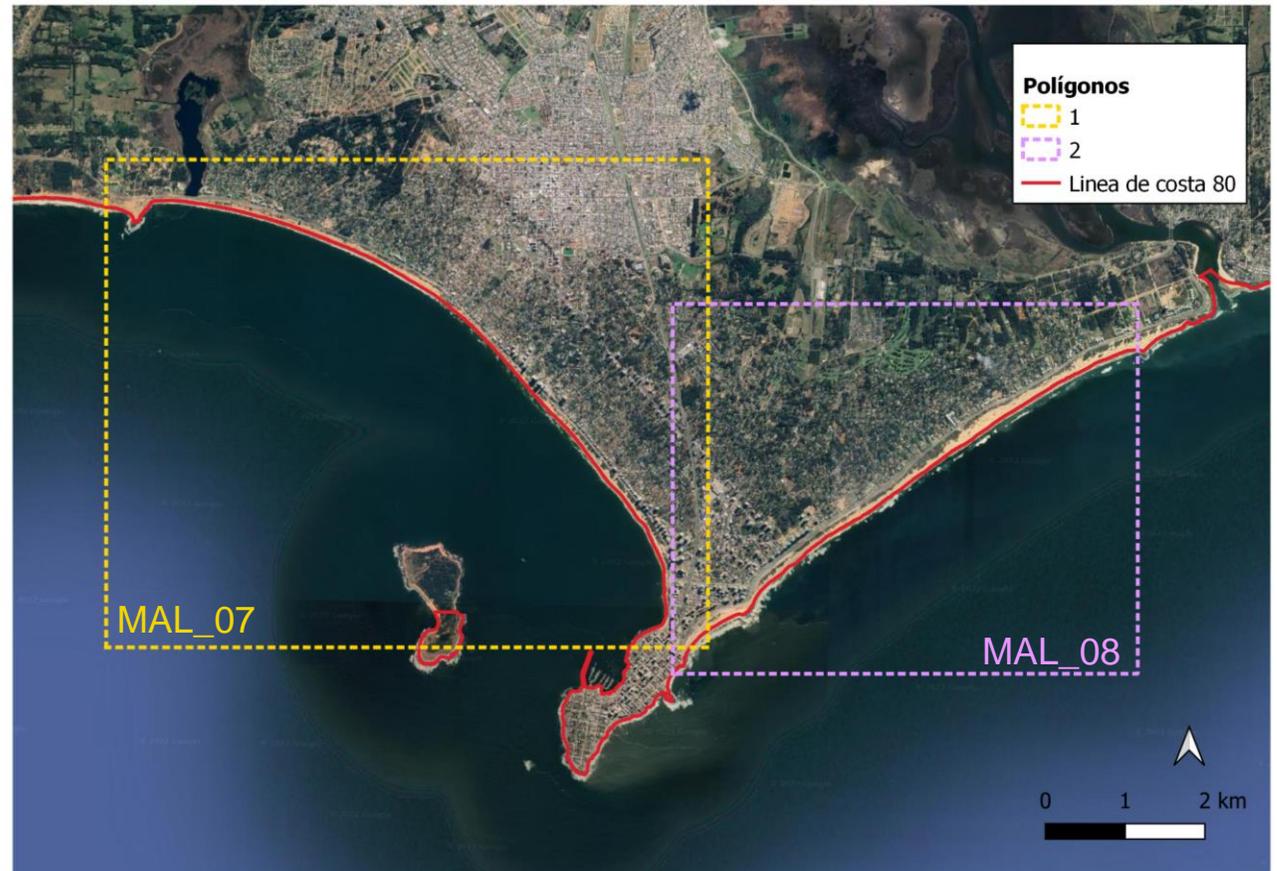
Imágenes Satelitales

- ❖ Basada en la herramienta CoastSat (Vos et al. 2019)
<https://github.com/kvos/CoastSat>
- ❖ Utiliza las imágenes disponibles en Google Earth Engine
 - Landsat L5 (1984-2012)
 - L7 (1999 - presente)
 - L8 (2013 - presente)
 - L9 (2021 - presente)
 - Sentinel S2 (2015-presente)
- ❖ Se está adaptando y verificando los algoritmos CoastSat en XX regiones que cubren toda la costa del país.
- ❖ Se desarrollaron herramientas de post-procesamiento en Matlab para analizar los resultados en transectas.
- ❖ Se están generando resultados en transectas definidas cada xx m.

Monitoreo en base a imágenes

Imágenes Satelitales: Definición de áreas de trabajo y línea de costa de referencia

- ❖ Áreas de trabajo: Cubren arcos de playa o tramos de playas de extensión menor a 10 km.
- ❖ Línea de costa de referencia: Nivel de mar percentil 80% cortado con MDT IDE ([NAP-Costas Proyecto URU/18/02 Entregable E.3.1](#)).

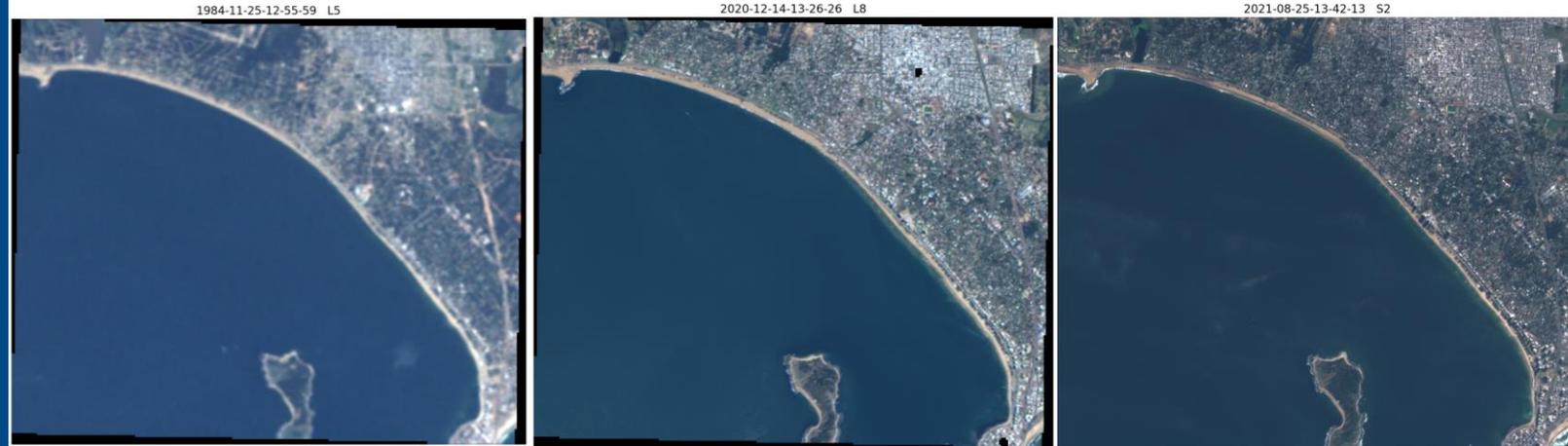


Monitoreo en base a imágenes

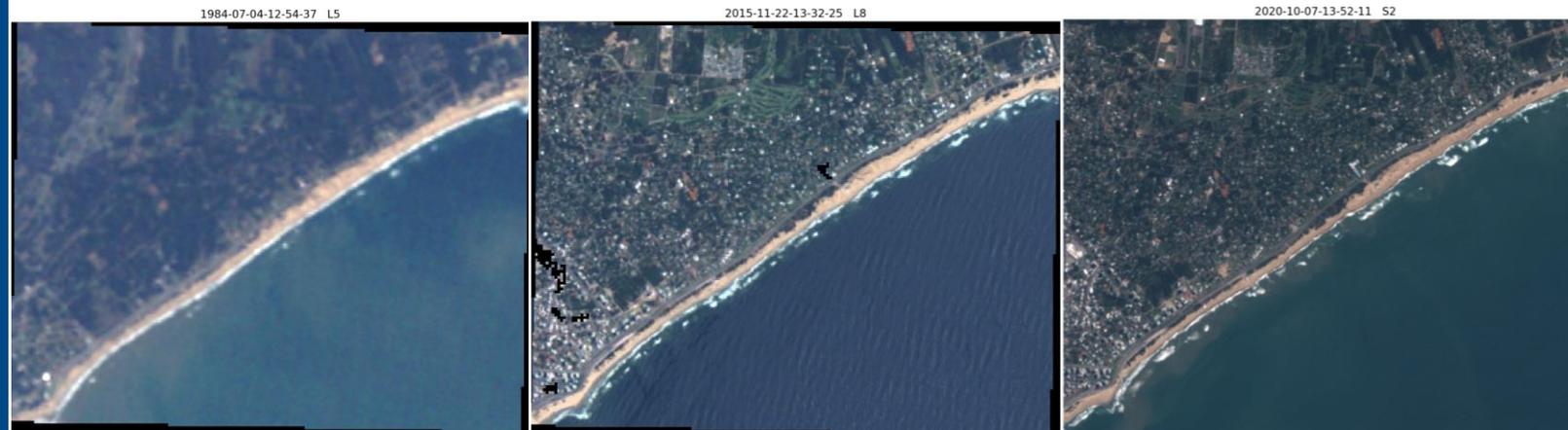


Imágenes Satelitales: Descarga de imágenes por áreas de trabajo.

MAL_07



MAL_08



L5

L8

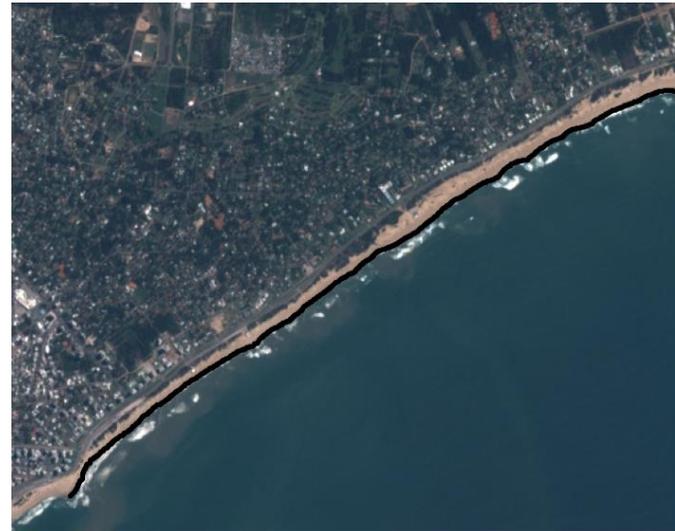
S2

Monitoreo en base a imágenes



Imágenes Satelitales: Ejemplo de detección de la línea de costa con el algoritmo CoastSat.

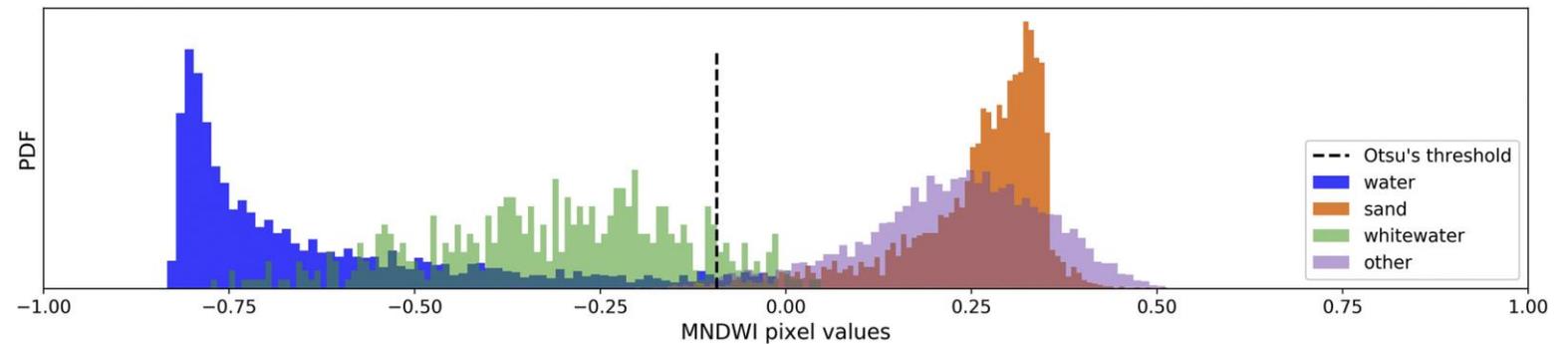
MAL_08 2020-10-07-13-52-11_S2



❖ Clasifica los pixeles en 4 categorías



❖ Define umbral de transición arena -agua



Monitoreo en base a imágenes



Imágenes Satelitales: Ejemplo de detección de la línea de costa con el algoritmo CoastSat.

❖ Filtrado automático de datos anómalos

Causas:

- Presencia nubosidad.
- Bancos de arena emergidos.
- Entorno de desembocaduras.
- Vegetación
- etc.

Criterios de filtrado:

- Mínima área de playa: para que los píxeles sean clasificados como arena.
- Extensión de buffer: radio alrededor de los píxeles de arena permitido para la detección del umbral arena/agua.
- Longitud mínima de líneas.
- Distancia máxima permitida respecto a la línea de referencia.



Se observó que el filtrado automático con los parámetros por defecto no es suficiente

Monitoreo en base a imágenes

Imágenes Satelitales: Ajuste de los parámetros de filtrado automático para cada área de trabajo.

Tabla: Ejemplo de aplicación sin y con ajuste de parámetros en Montevideo.

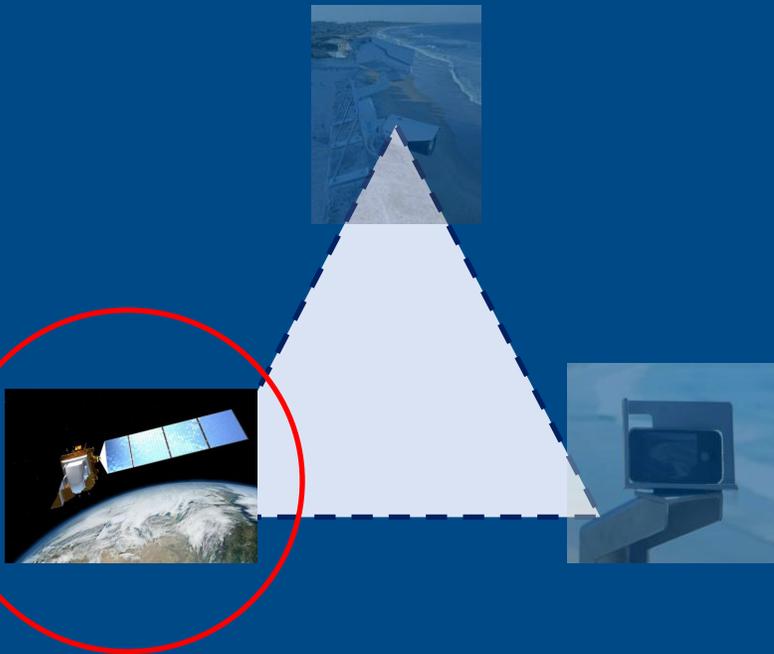
Nombre	Cant. Fotos	Sin ajuste de parámetros		Con ajuste de parámetros	
		Cant. Líneas	% filtrado	Cant. Líneas	% filtrado
MVD_05 (Punta Yeguas)	1211	1090	10%	853	30%
MVD_06 (Punta Sayago)	1158	1019	12%	712	39%
MVD_08 (Playa Ramírez)	651	540	17%	387	41%
MVD_13 (Playa Verde)	712	641	10%	525	26%
MVD_14 (Carrasco)	560	510	9%	237	58%

Mejora significativa pero aún no suficiente. Resultó necesario terminar de filtrar manualmente.



Monitoreo en base a imágenes

Imágenes Satelitales: Revisión y filtrado manual de datos anómalos

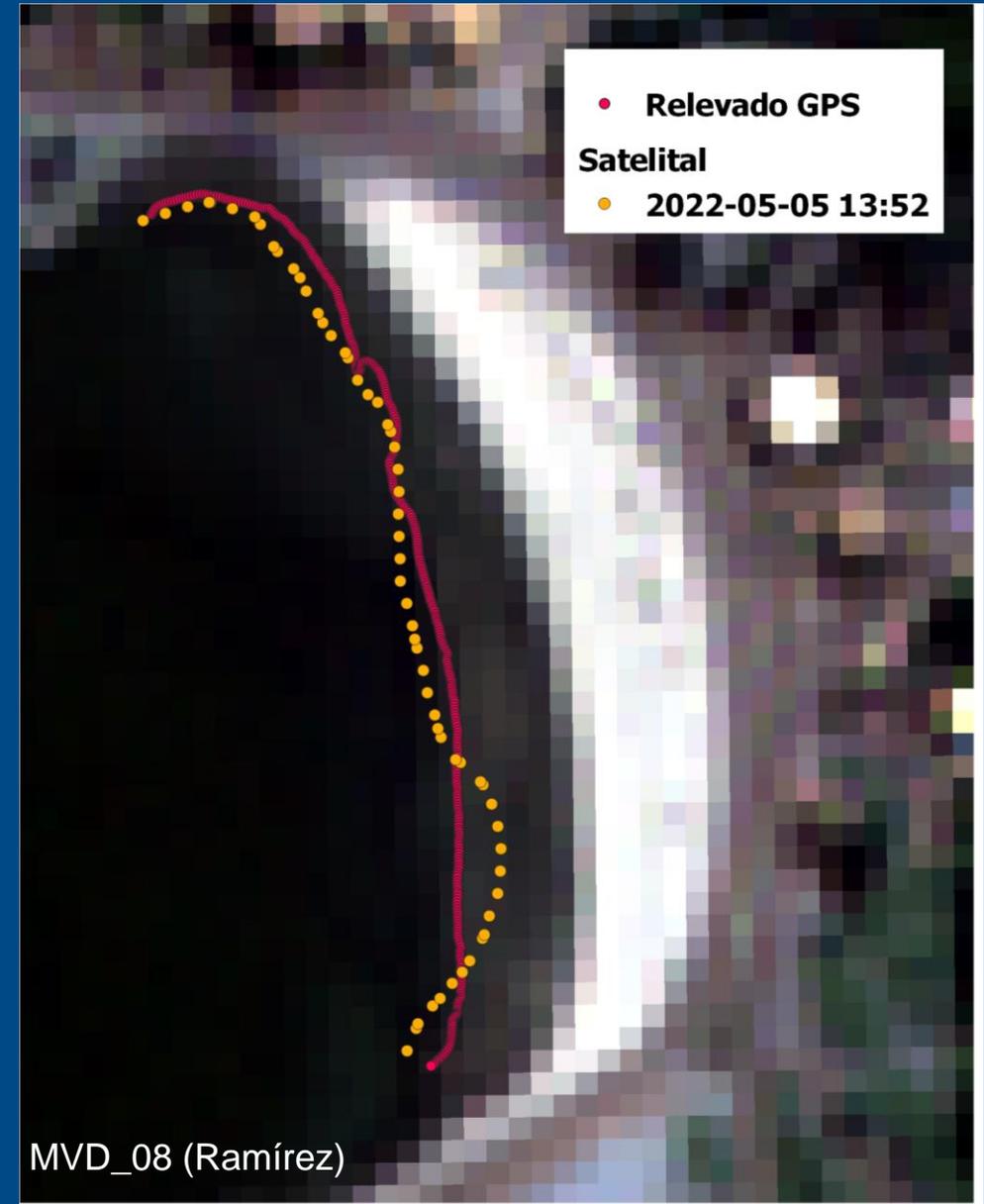


Imágenes Satelitales: Verificación contra líneas de costa relevadas in-situ.



10 relevamientos entre abril y julio /2022

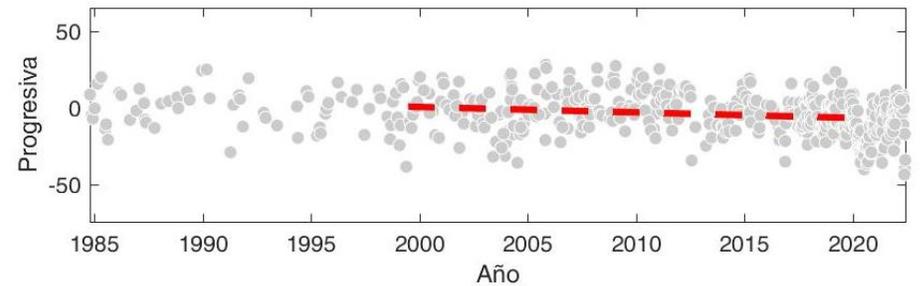
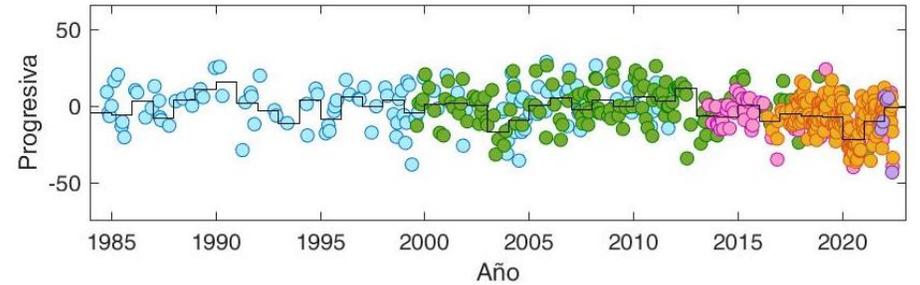
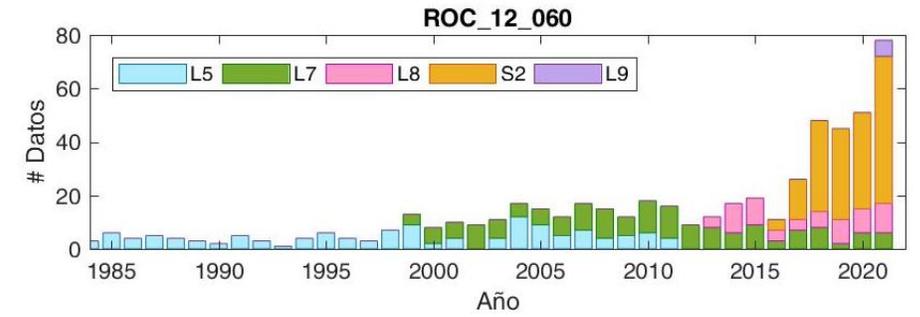
Resultados satisfactorios considerando la complejidad de este caso particular



Monitoreo en base a imágenes



Imágenes satelitales: Análisis en transectas (Perfiles cada 100 m)



La media de 1999-2009 es diferente a la de 2010-2020 al 95% de confianza.
La diferencia de medias es -5.6 m (valores negativos indican erosión).

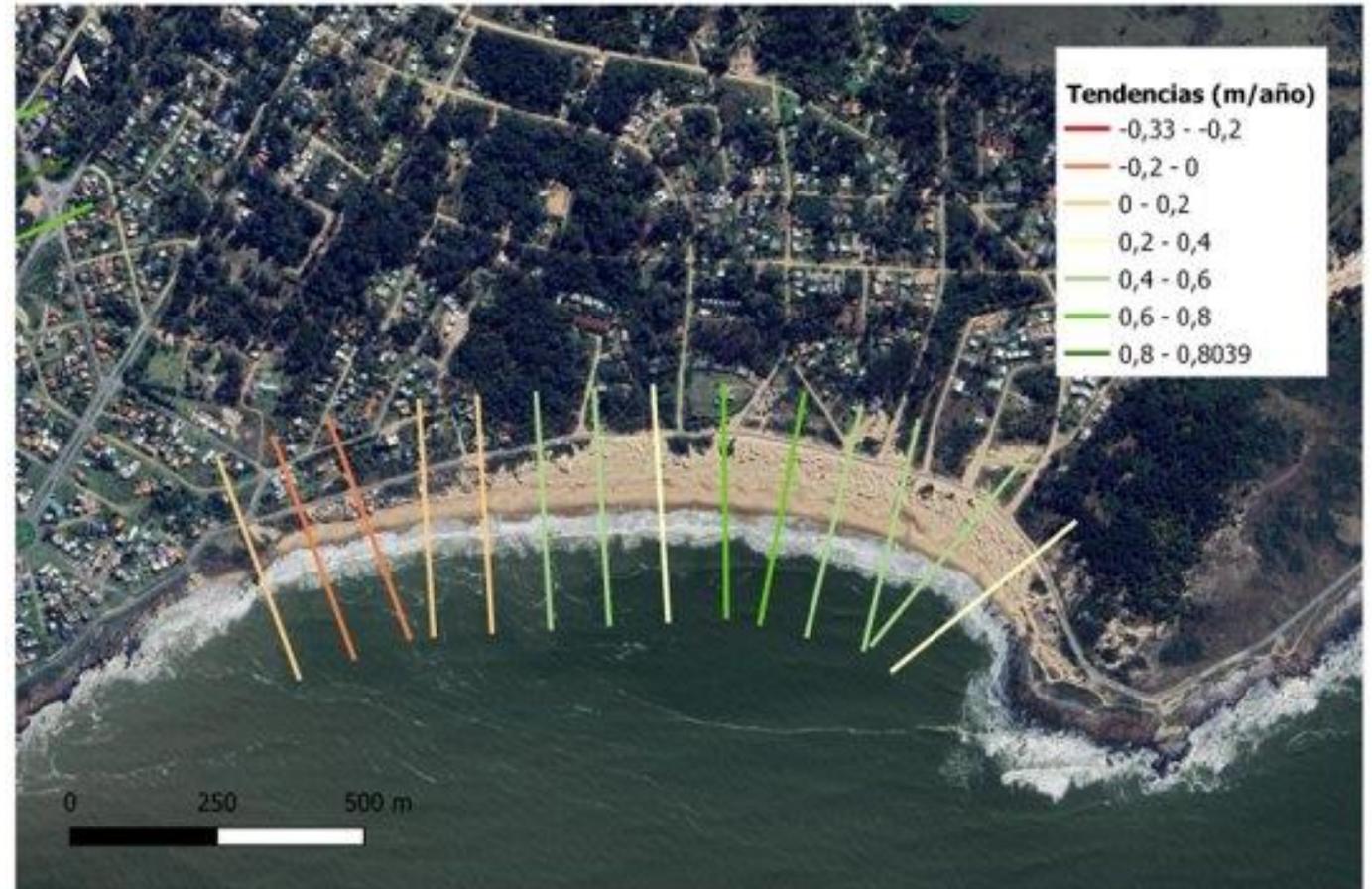
El coeficiente de regresión lineal NO es distinto de cero al 95% de confianza.

* Resultados preliminares. Arco La Paloma - La Pedrera (Rocha)

Monitoreo en base a imágenes



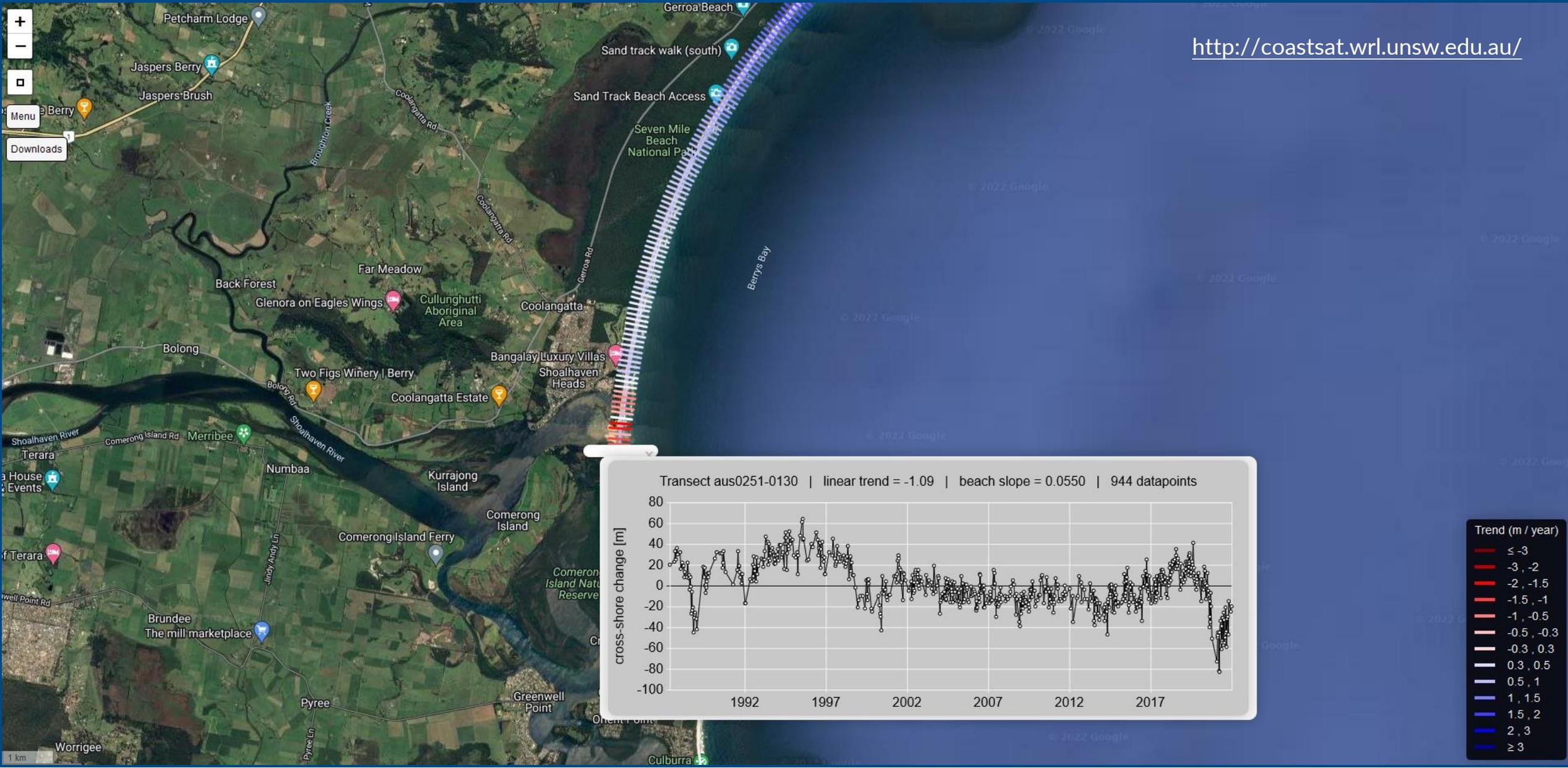
Imágenes satelitales: Análisis en transectas



Resultados preliminares

Producto final esperado

<http://coastsat.wrl.unsw.edu.au/>



Monitoreo en base a imágenes



Imágenes Satelitales: Pasos posteriores.

- ❖ Sostener en el tiempo el monitoreo de las tendencias de largo plazo a escala país.

Propuesta: 2 veces por año, técnicos locales (preparados en futuros talleres de este proyecto) actualicen la base de datos en lo que respecta a las áreas de trabajo de sus departamentos

- ❖ Caracterización de errores.

A partir del análisis cruzado con sistemas de cámaras y el monitoreo ciudadano.

Contrastando contra relevamientos in situ : Tener en cuenta fechas de pasaje de los satélites, para planificar los relevamientos.

- ❖ Nuevas aplicaciones.

Incorporar nuevas variables que se pueden medir con CoastSat y sus variantes:
Pendiente de playa; posición de desembocaduras.

Producto de análisis que se basen en la base de datos generada.

Nuevas aplicaciones: Ejemplo a partir de cruzar la base de datos generada con el Atlas de Dinámicas Marinas del Uruguay (NAP-Costas Proyecto URU/18/02 Entregable E.5.1 y E.5.2).

Correlación entre la dirección media anual del flujo de energía del oleaje incidente y la mediana anual de la posición de la línea de costa en cada transecta



Monitoreo en base a imágenes

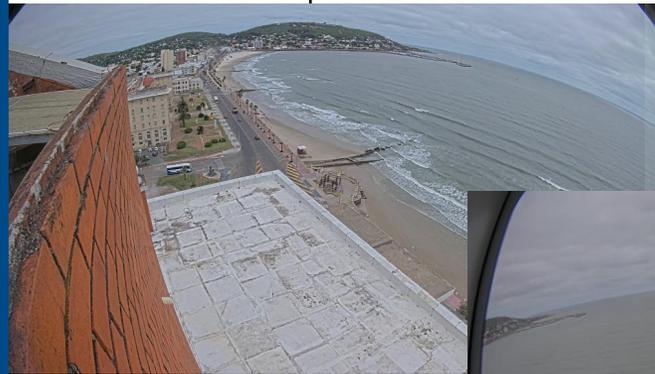


Sistema de cámaras de video

Detalle



Potencialidad para monitorear muchas otras variables.



Monitoreo en base a imágenes



Sistema de cámaras de video

Detalle



Potencialidad para monitorear muchas otras variables.



Sistema de cámaras de video

Descripción del sistema

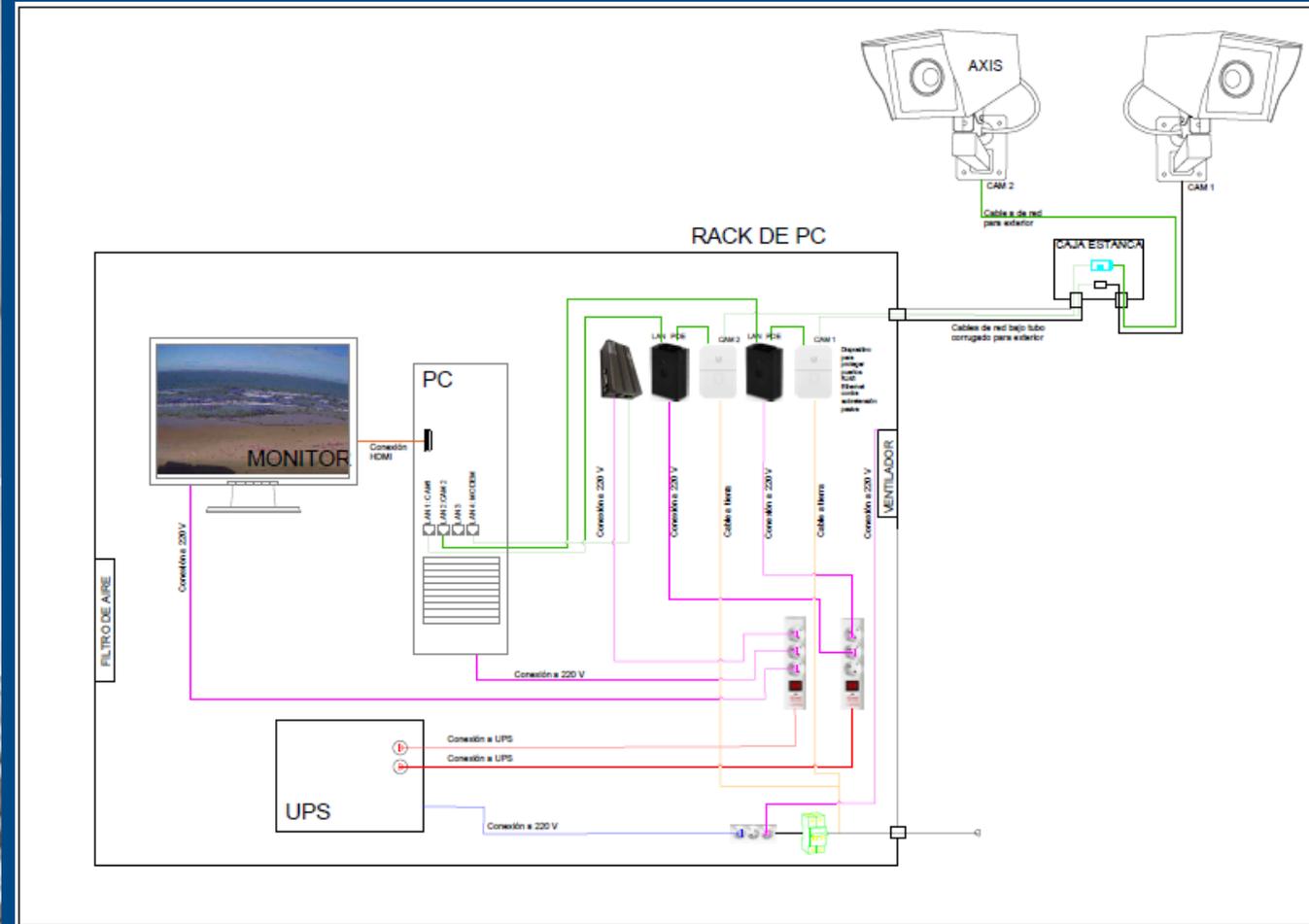
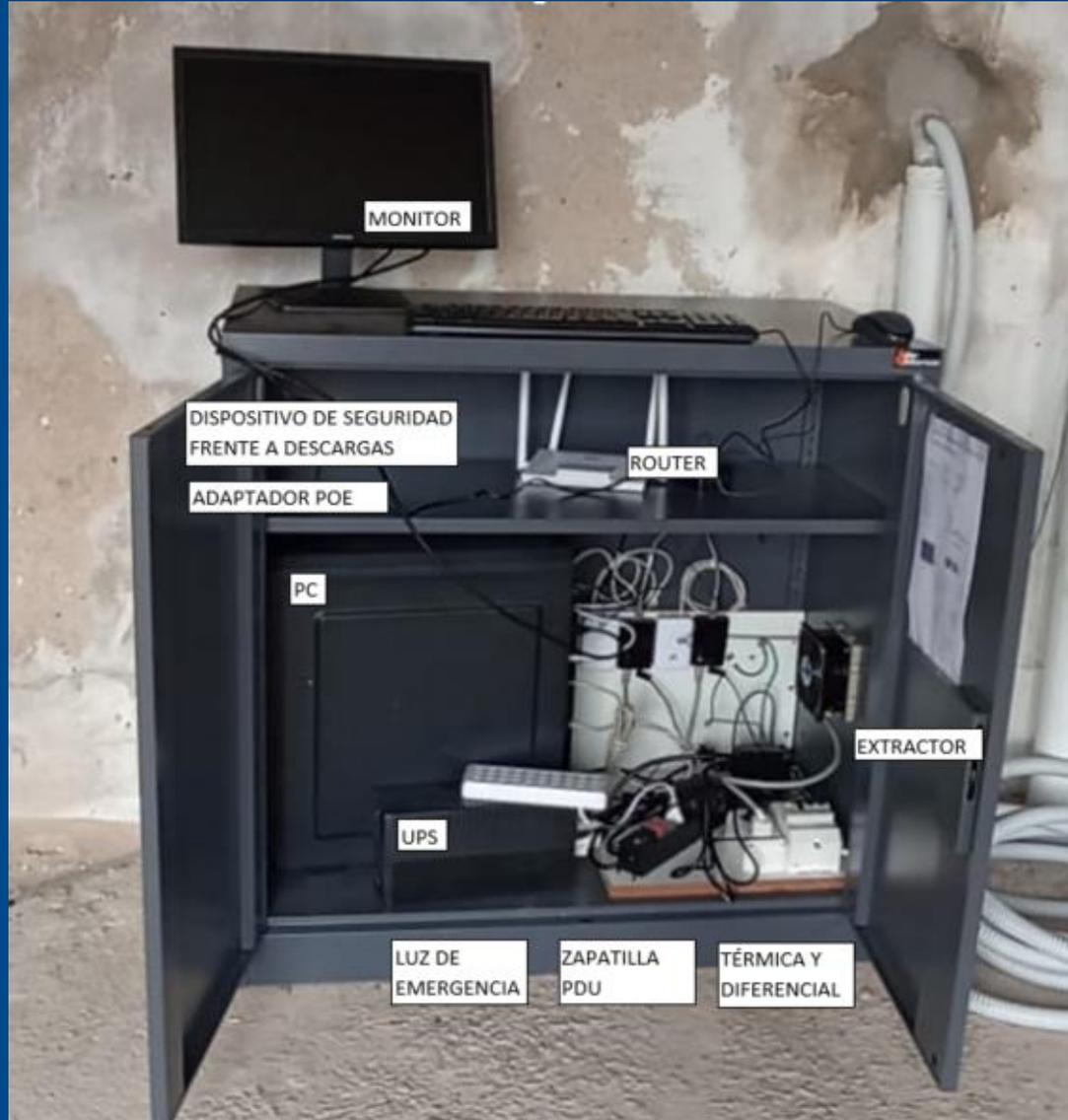
- ❖ 3 cámaras por estación.
- ❖ PC: programa funcionamiento de las cámaras, procesa los videos y almacena (temporalmente) la información generada.
- ❖ Router con conexión a internet: permite acceso remoto y almacenamiento de datos en la nube
- ❖ Distintos elementos de protección y respaldo: UPS, térmica, diferencial, extractor, protección ante descargas eléctricas .
- ❖ Cartel instructivo.



Estación Costa Azul

Sistema de cámaras de video

Descripción del sistema



Sistema de cámaras de video

Descripción del sistema

CÁMARAS DE RED / CÁMARAS DE CAJA FIJA / AXIS P13 SERIES /

AXIS P1378-LE Network

Camera

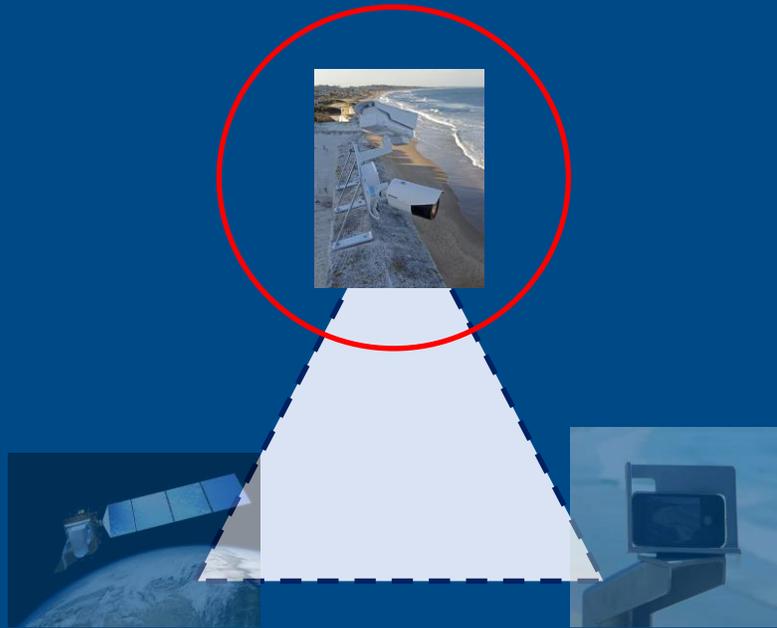
Detalles excelentes en 4K para exteriores

-  Resolución 4K
-  OptimizedIR y Forensic WDR
-  Firmware firmado y arranque seguro
-  Estabilización electrónica de la imagen
-  Zipstream compatible con H.264 y H.265

REFERENCIAS



Monitoreo en base a imágenes

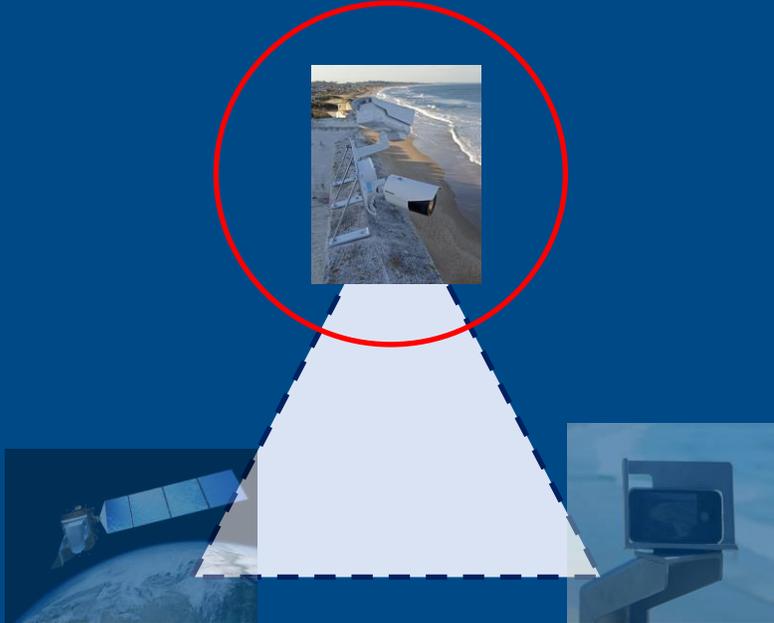


Sistema de cámaras de video

- ❖ 4 estaciones: Costa Azul, Piriápolis, Atlántida y Ramirez.
- ❖ 3 cámaras por estación (Salvo 1 en Ramirez) hacen videos de 10 minutos cada 1 hora durante las horas de luz.
- ❖ Procesamiento automático de los videos generando distintas imágenes: promedio (*timex*), *timestack* e instantáneas.
- ❖ Información almacenada por cámara: imágenes (1/hora, horas de luz), video (1/día).



Monitoreo en base a imágenes



Sistema de cámaras de video

- ❖ 4 estaciones: Costa Azul, Piriápolis, Atlántida y Ramirez.
- ❖ 3 cámaras por estación (Salvo 1 en Ramirez) hacen videos de 10 minutos cada 1 hora durante las horas de luz.
- ❖ Procesamiento automático de los videos generando distintas imágenes: promedio (*timex*), *timestack* e instantáneas.
- ❖ Información almacenada por cámara: imágenes (1/hora, horas de luz), video (1/día).



Sistema de cámaras de video

Imágenes generadas

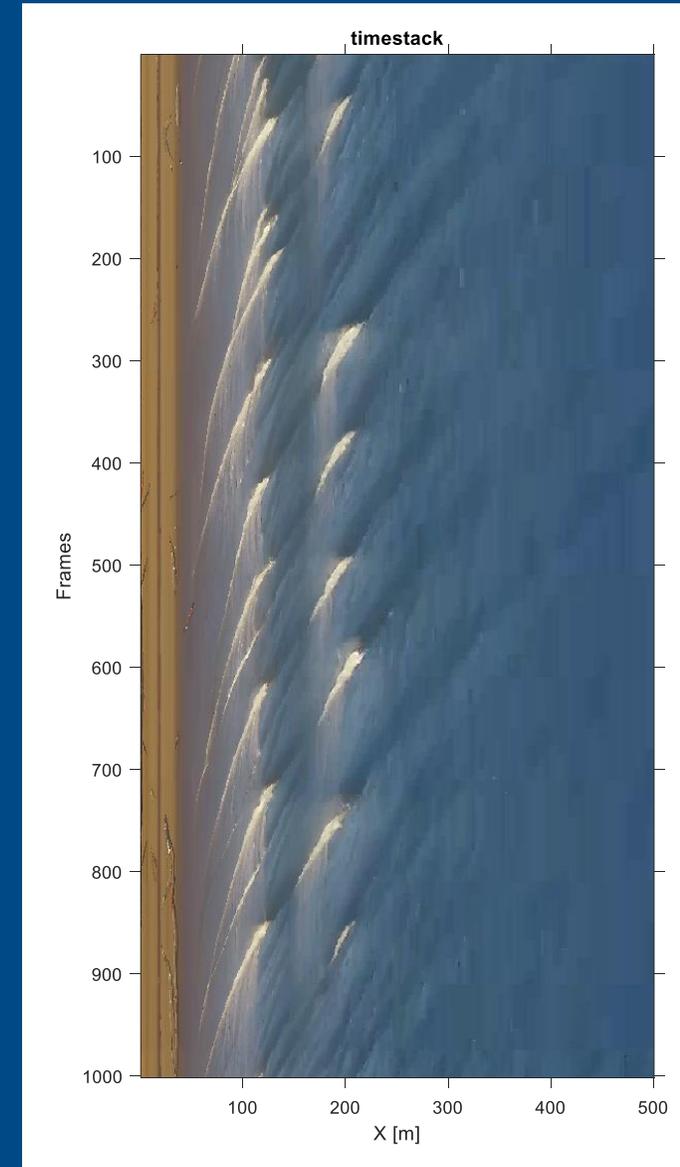
Captura instantánea



Imagen promedio



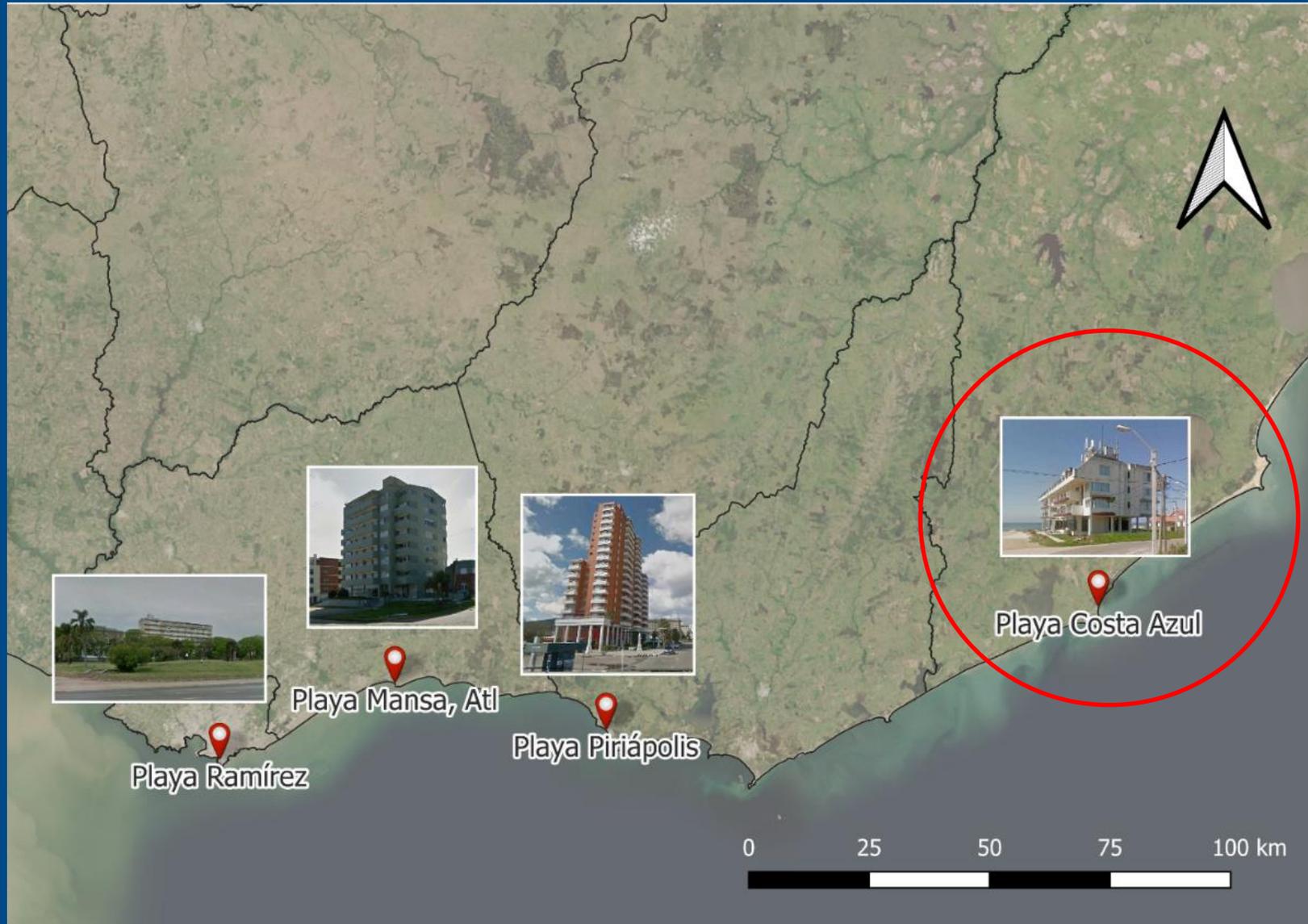
Ejemplos Piriápolis



Ejemplo perfil Costa Azul

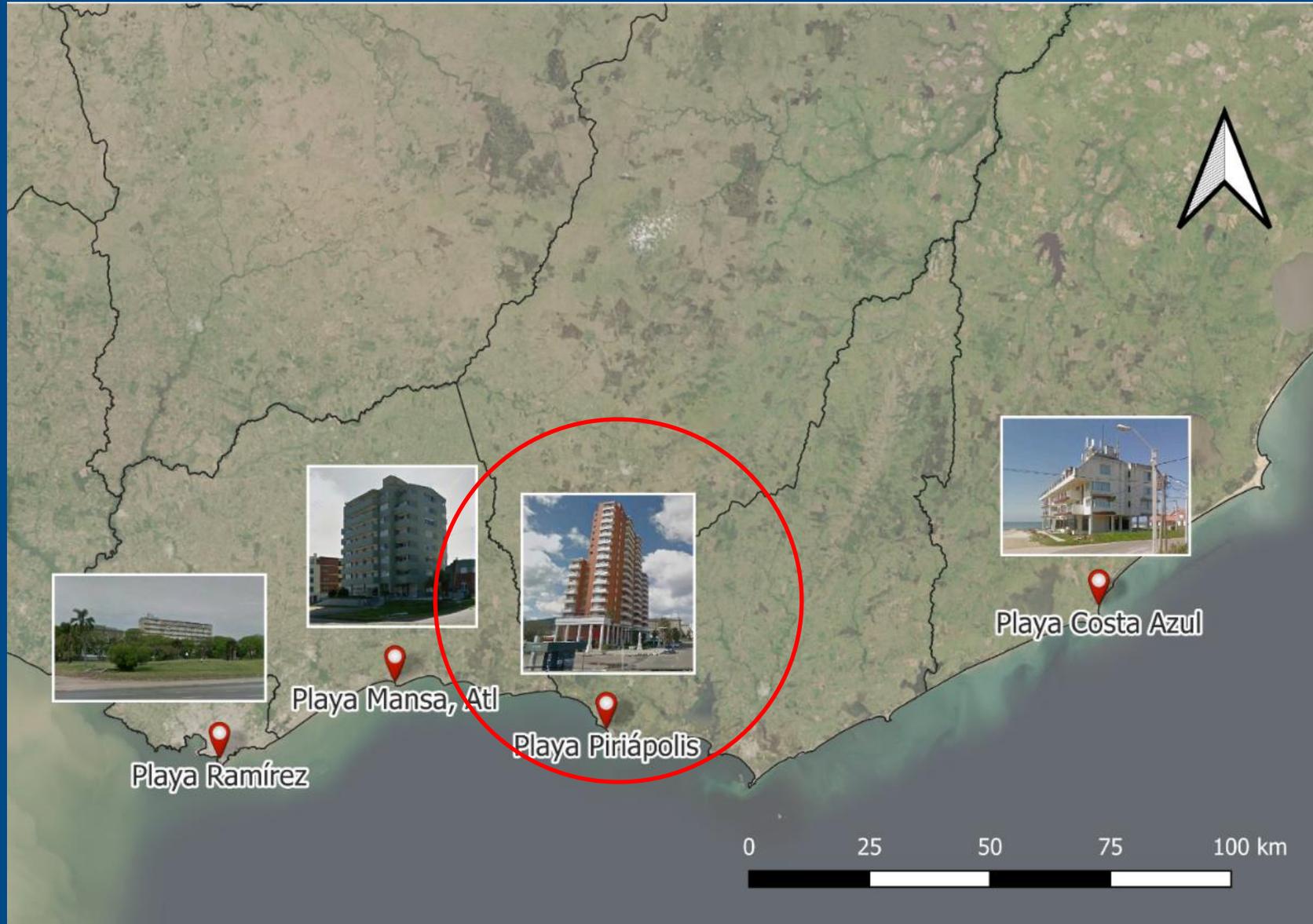
Sistema de cámaras de video

Estación Costa Azul





Sistema de cámaras de video Estación Piriápolis





Imágenes promediadas. 04/12/2022 16 :00

Sistema de cámaras de video Estación Atlántida



Sistema de cámaras de video Estación Atlántida



Sistema de cámaras de video Estación Ramírez

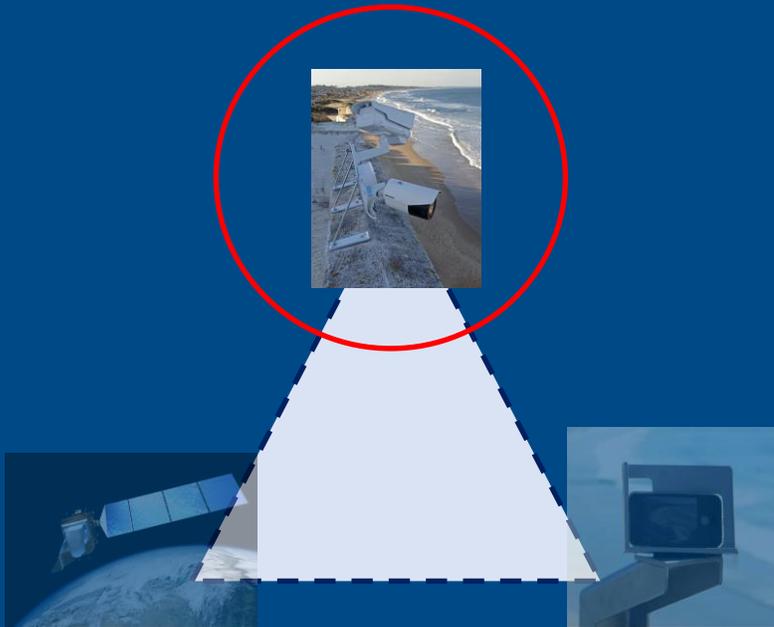


Sistema de cámaras de video Estación Ramírez



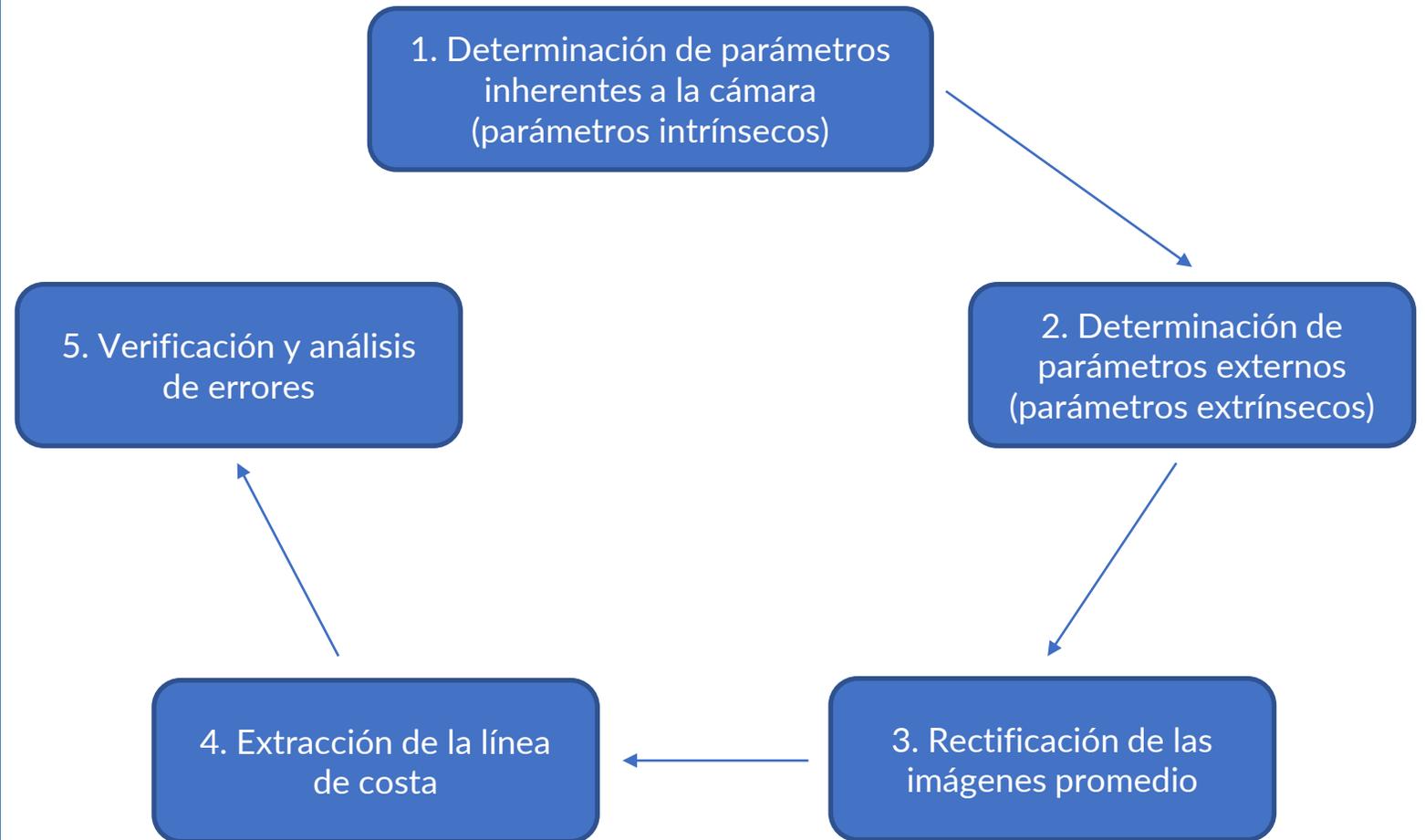
Imagen promediada. 20/4/2022 11 :00

Monitoreo en base a imágenes

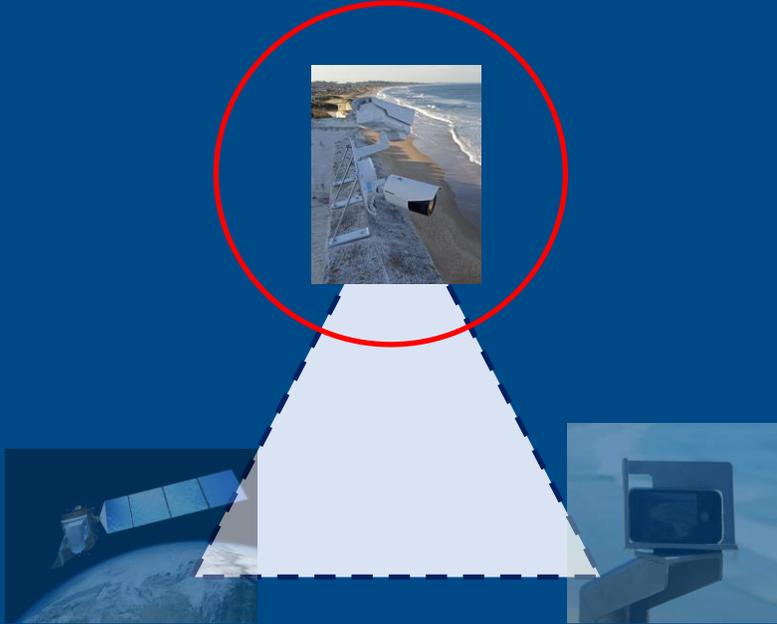


Sistema de cámaras de video.

Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.



Monitoreo en base a imágenes

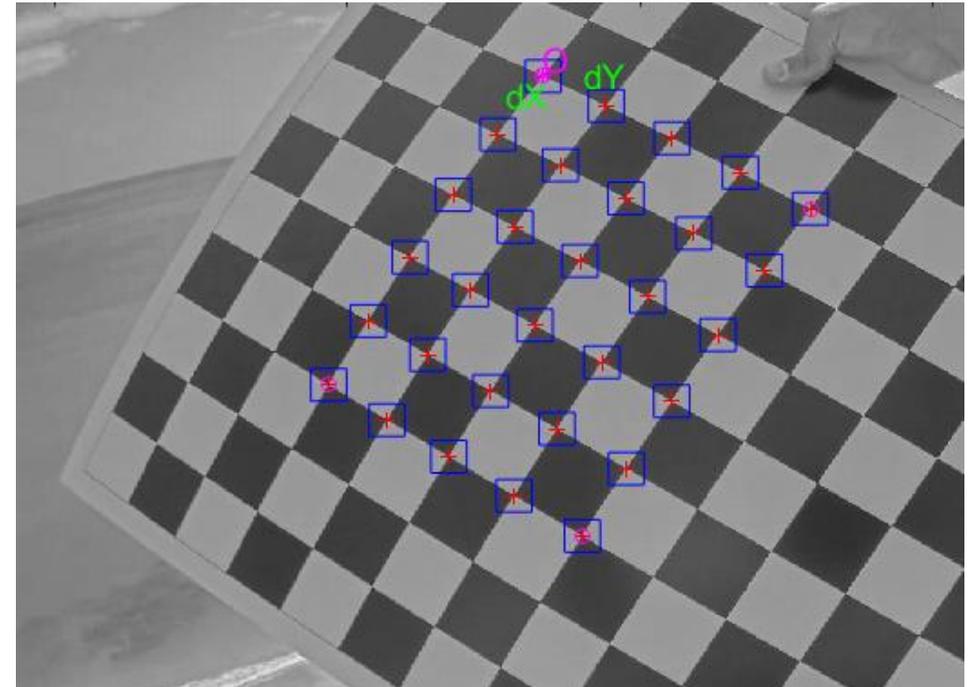


Sistema de cámaras de video.

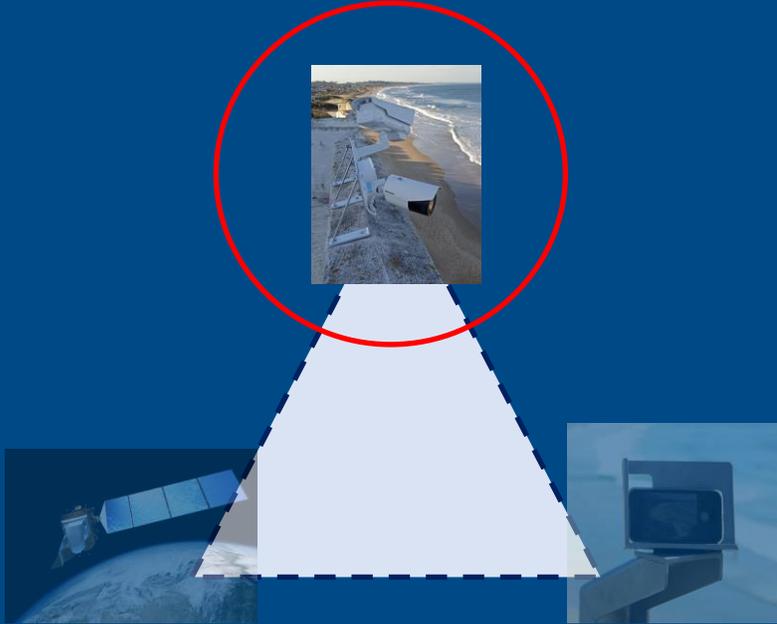
Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

1. Determinación de parámetros intrínsecos

- ❖ Tablero cuadriculado blanco y negro
- ❖ ~20 imágenes del tablero cubriendo toda la visual de la cámara
- ❖ Se aplica [CIRN-Quantitative-Coastal-Imaging-Toolbox](#) (Caltech)



Monitoreo en base a imágenes



Sistema de cámaras de video.

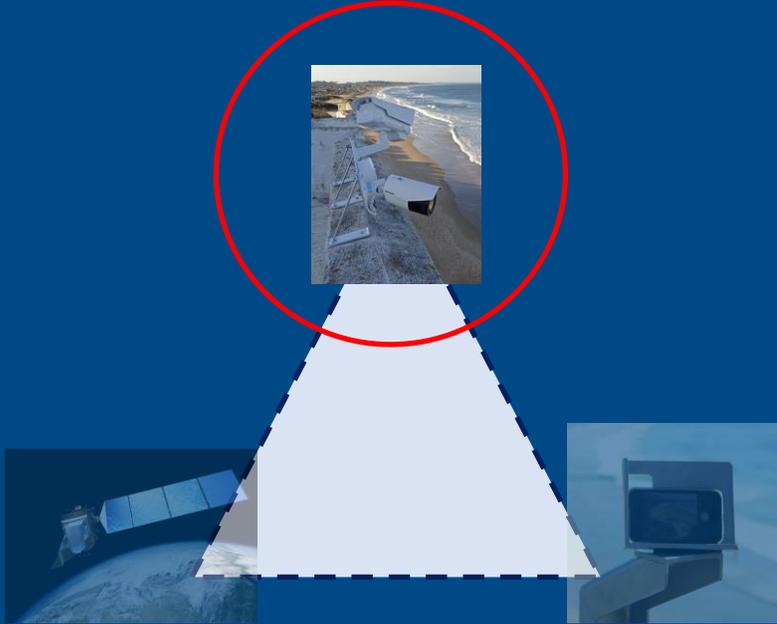
Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

1. Determinación de parámetros intrínsecos

- ❖ Tablero cuadriculado blanco y negro
- ❖ ~20 imágenes del tablero cubriendo toda la visual de la cámara
- ❖ Se aplica [CIRN-Quantitative-Coastal-Imaging-Toolbox](#) (Caltech)



Monitoreo en base a imágenes



Sistema de cámaras de video.

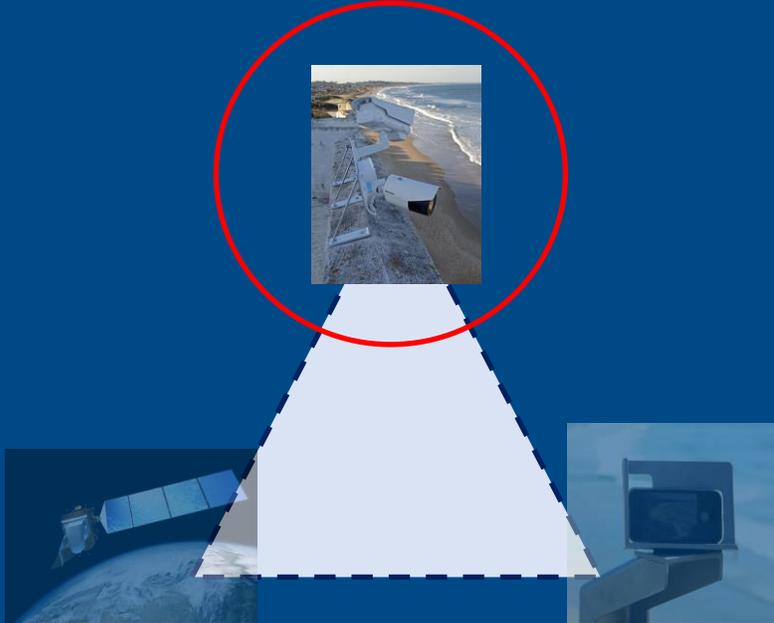
Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

1. Determinación de parámetros intrínsecos

- ❖ Tablero cuadriculado blanco y negro
- ❖ ~20 imágenes del tablero cubriendo toda la visual de la cámara
- ❖ Se aplica [CIRN-Quantitative-Coastal-Imaging-Toolbox](#) (Caltech)



Monitoreo en base a imágenes



Sistema de cámaras de video.

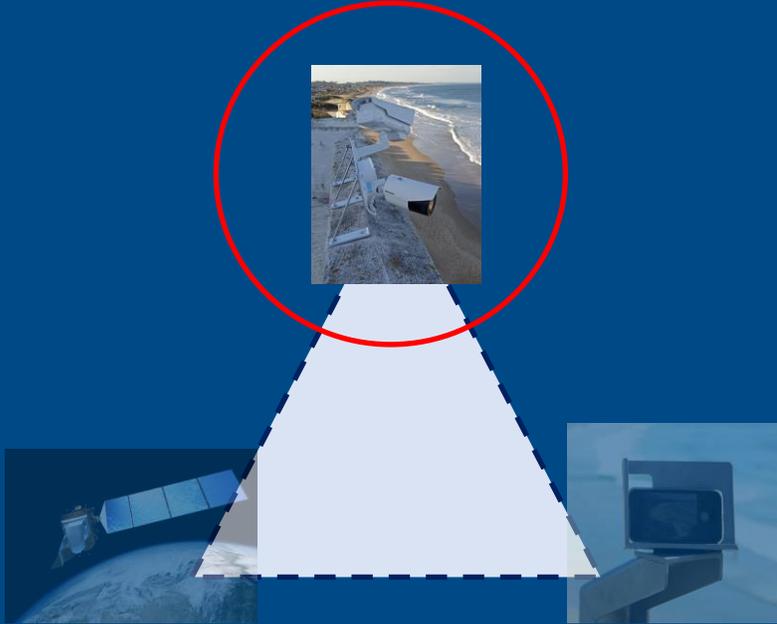
Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

2. Determinación de parámetros extrínsecos

- ❖ Conocer posición de la cámara (x,y,z).
- ❖ ~10-30 puntos de control relevados con GPS-RTK cubriendo toda el área capturada por la cámara.
- ❖ Se aplica [CIRN-Quantitative-Coastal-Imaging-Toolbox](#) (Caltech)



Monitoreo en base a imágenes

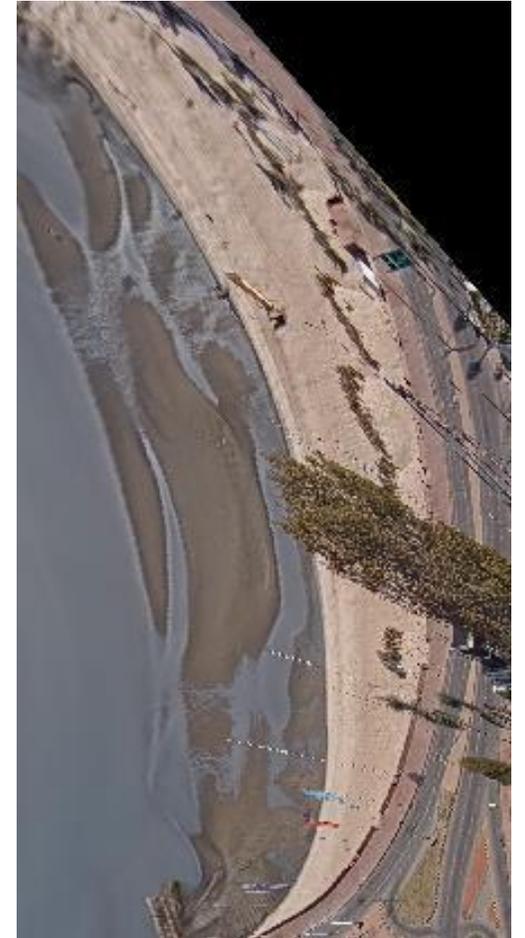
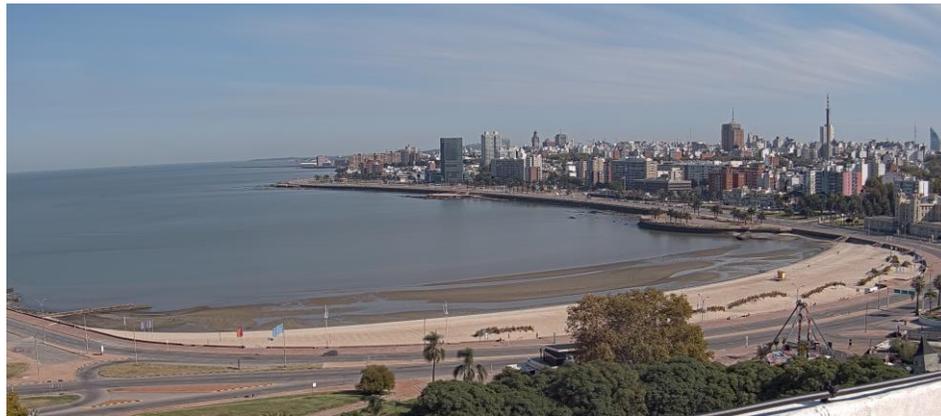


Sistema de cámaras de video.

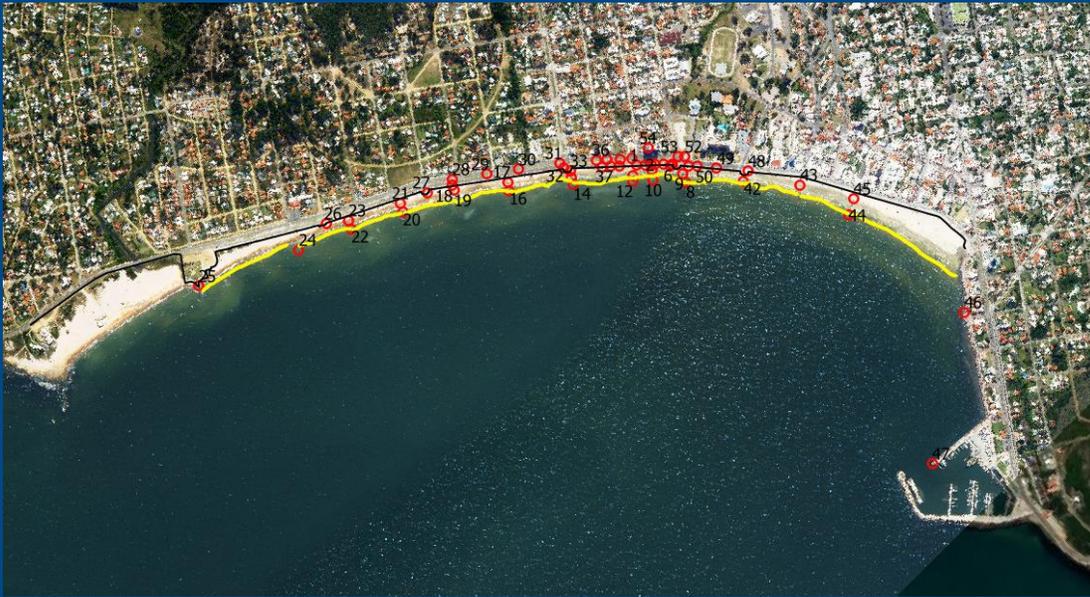
Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

3. Rectificación de las imágenes

- ❖ A partir de los parámetros intr. y extr. determinados.
- ❖ Se selecciona área a rectificar.



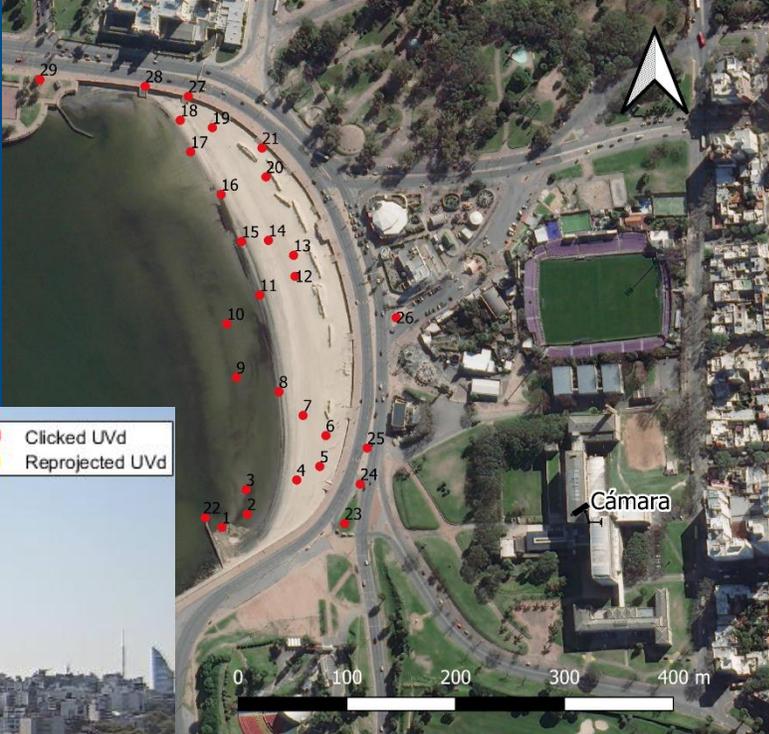
Ejemplo Ramírez



Piriápolis Puntos relevados y re proyectados.

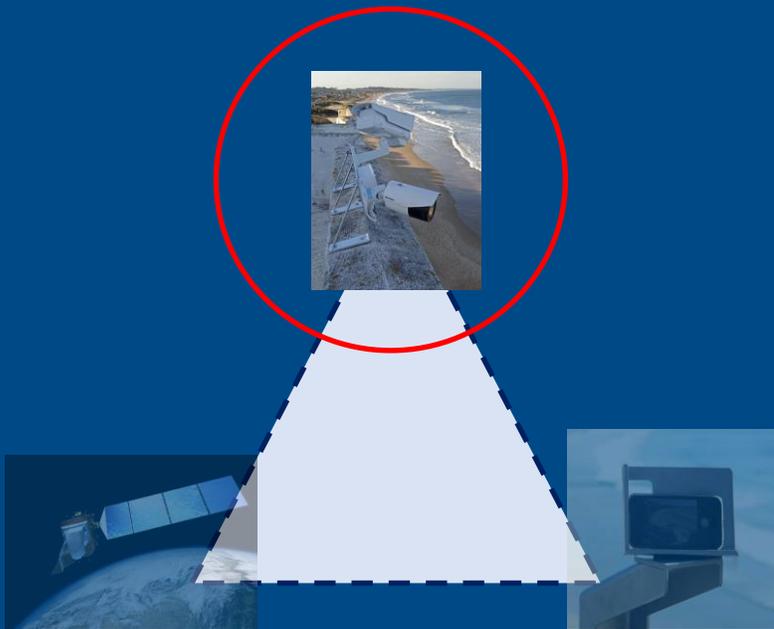


Costa Azul. Puntos relevados y re proyectados.



Ramírez. Puntos relevados y re proyectados.

Monitoreo en base a imágenes

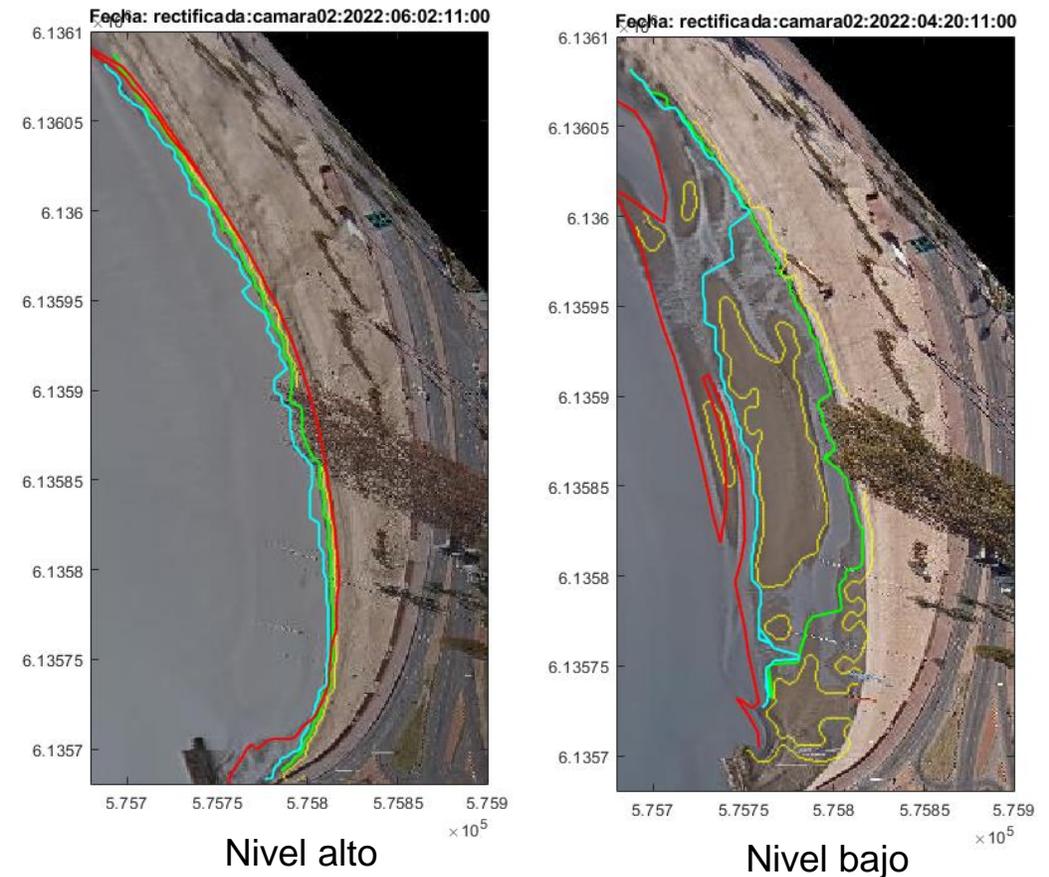


Sistema de cámaras de video.

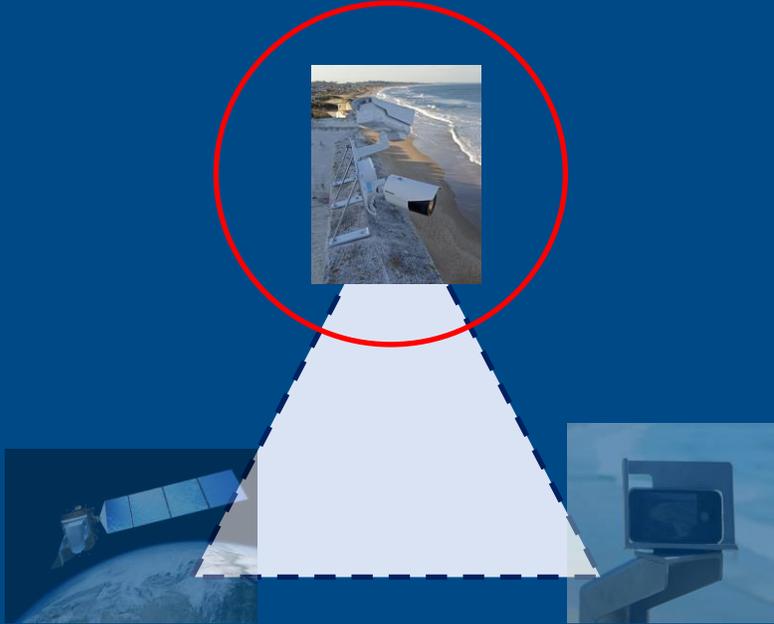
Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

4. Detección de la línea de costa

- ❖ Se están probando distintos algoritmos.
- ❖ El algoritmo a aplicar puede depender de cada sitio



Monitoreo en base a imágenes



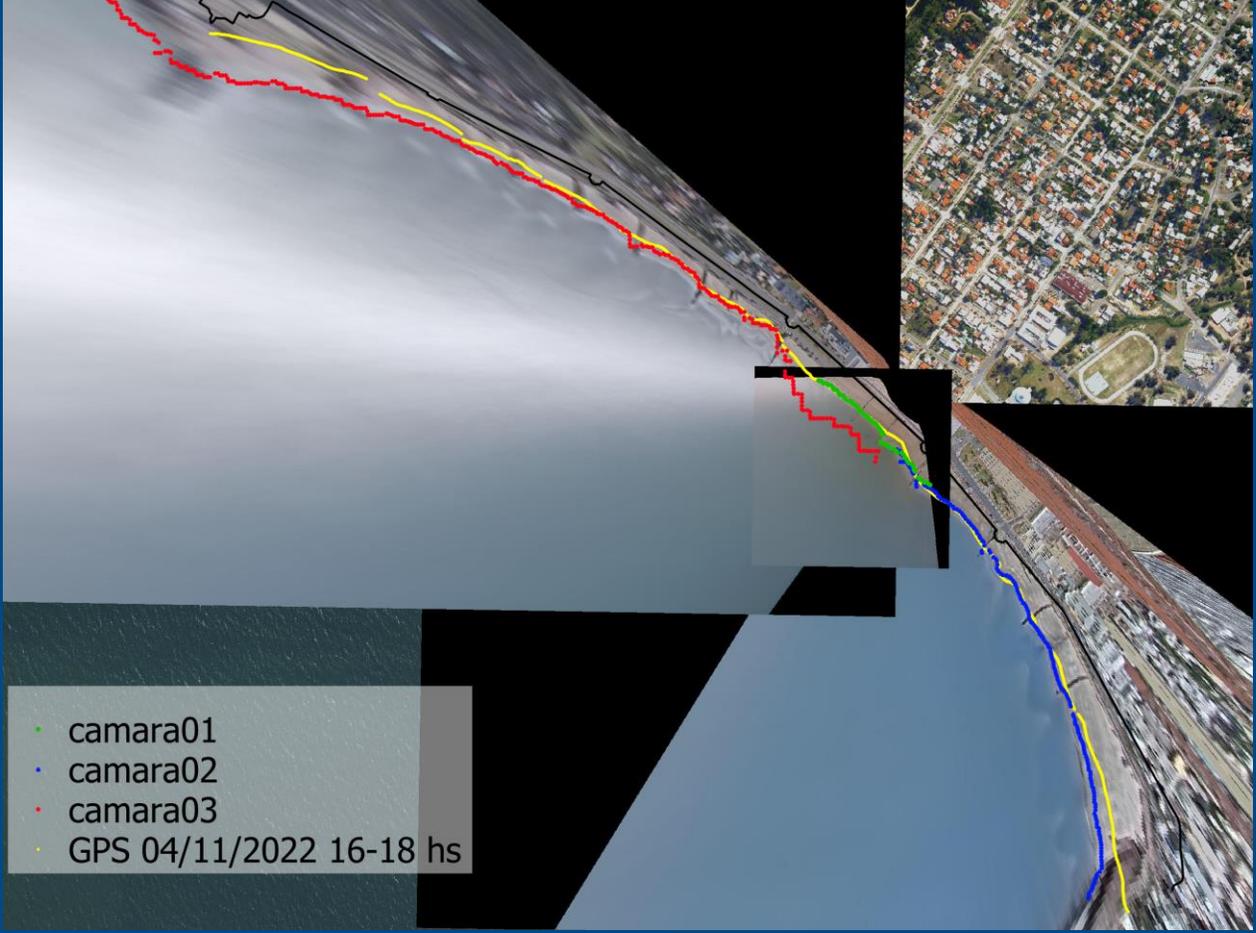
Sistema de cámaras de video.

Detección de la línea de costa a partir de imágenes promedio.

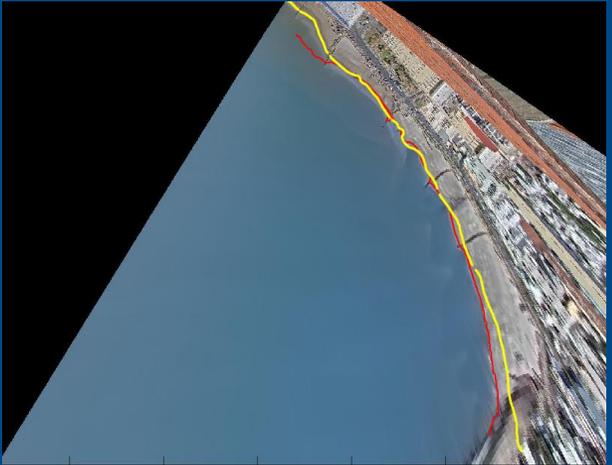
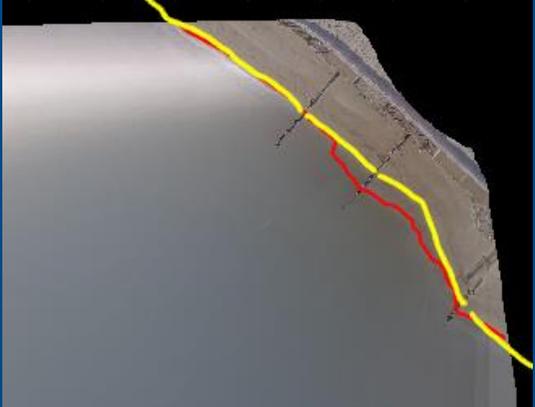
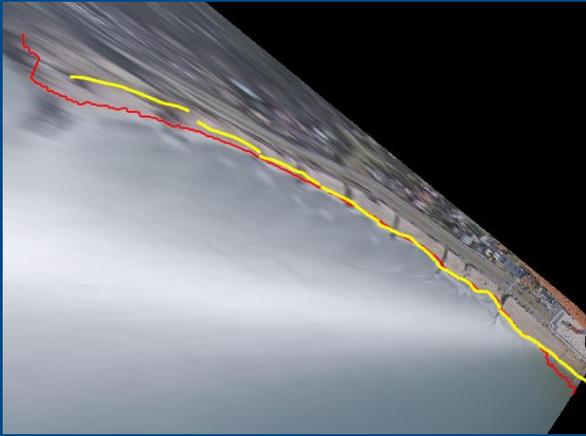
5. Verificación y análisis de errores

- ❖ Contrastando con relevamientos de línea de costa a partir de GPS-RTK





- camara01
- camara02
- camara03
- GPS 04/11/2022 16-18 hs



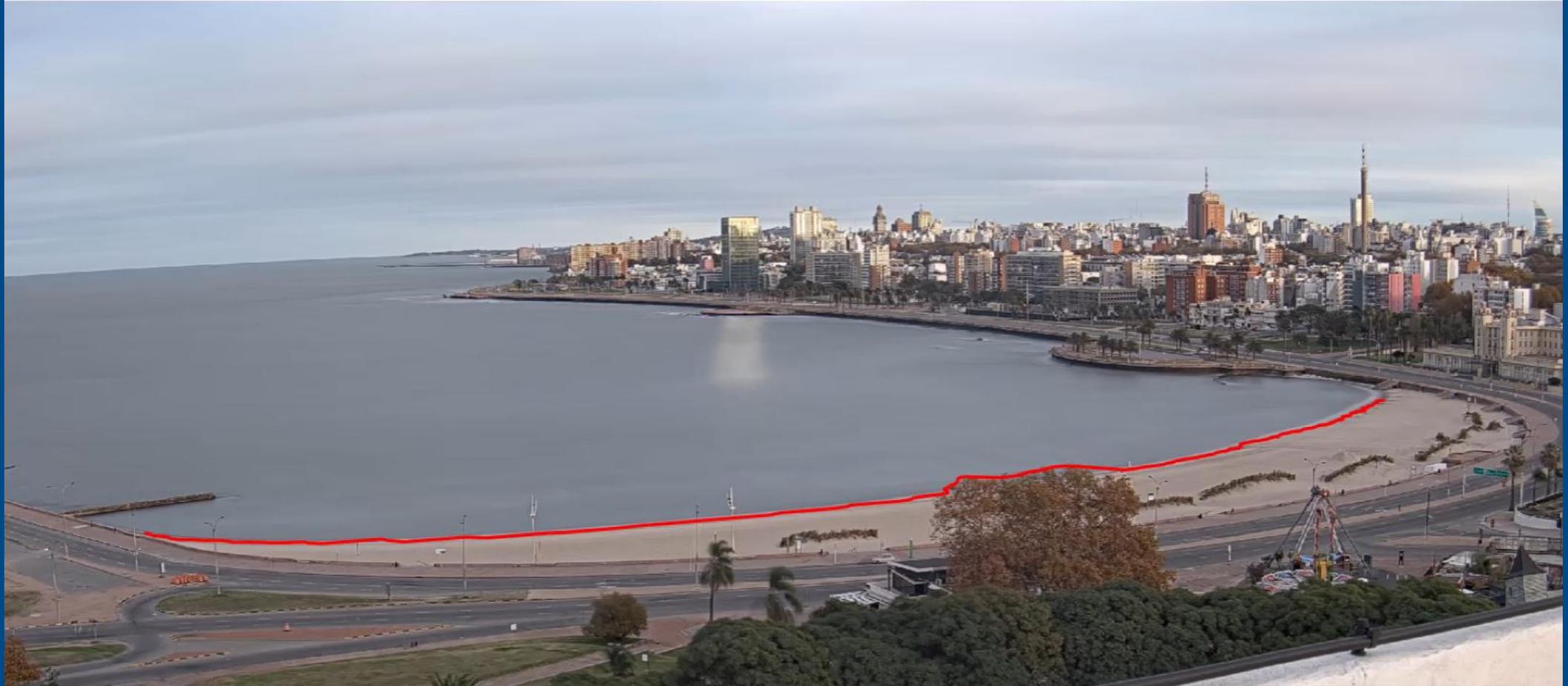
Verificación de la detección de la línea de costa Playa Ramírez



Verificación de la detección de la línea de costa Playa Ramírez

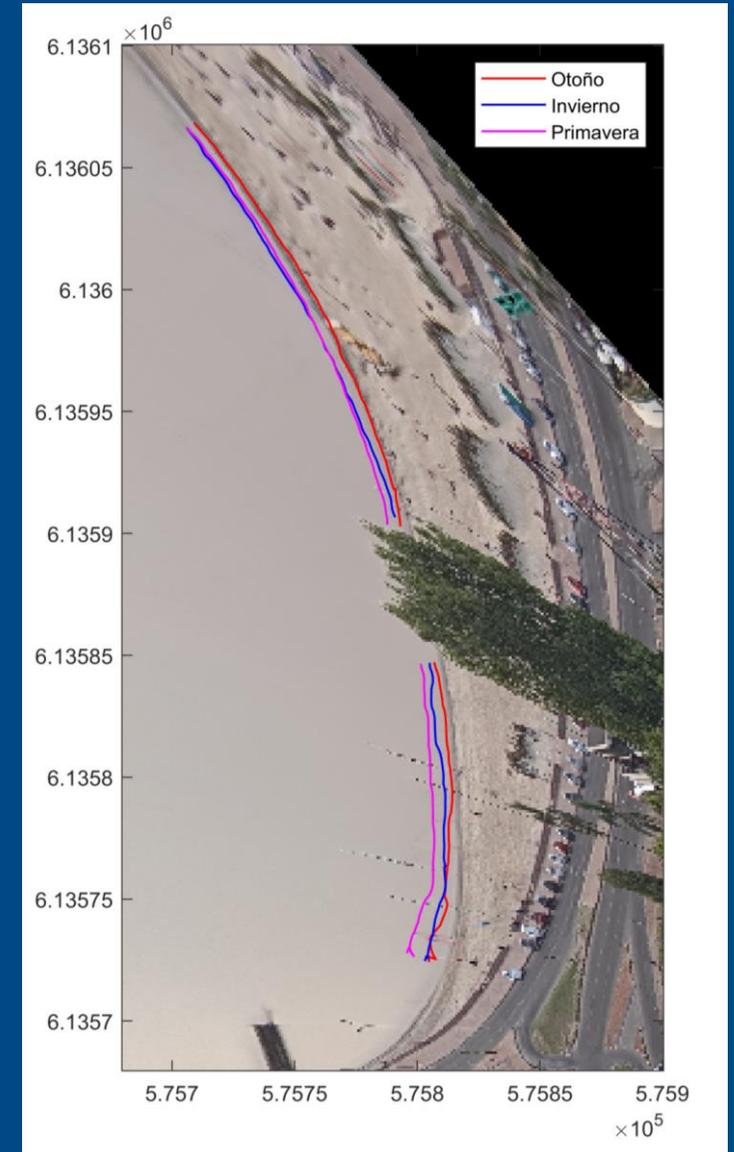
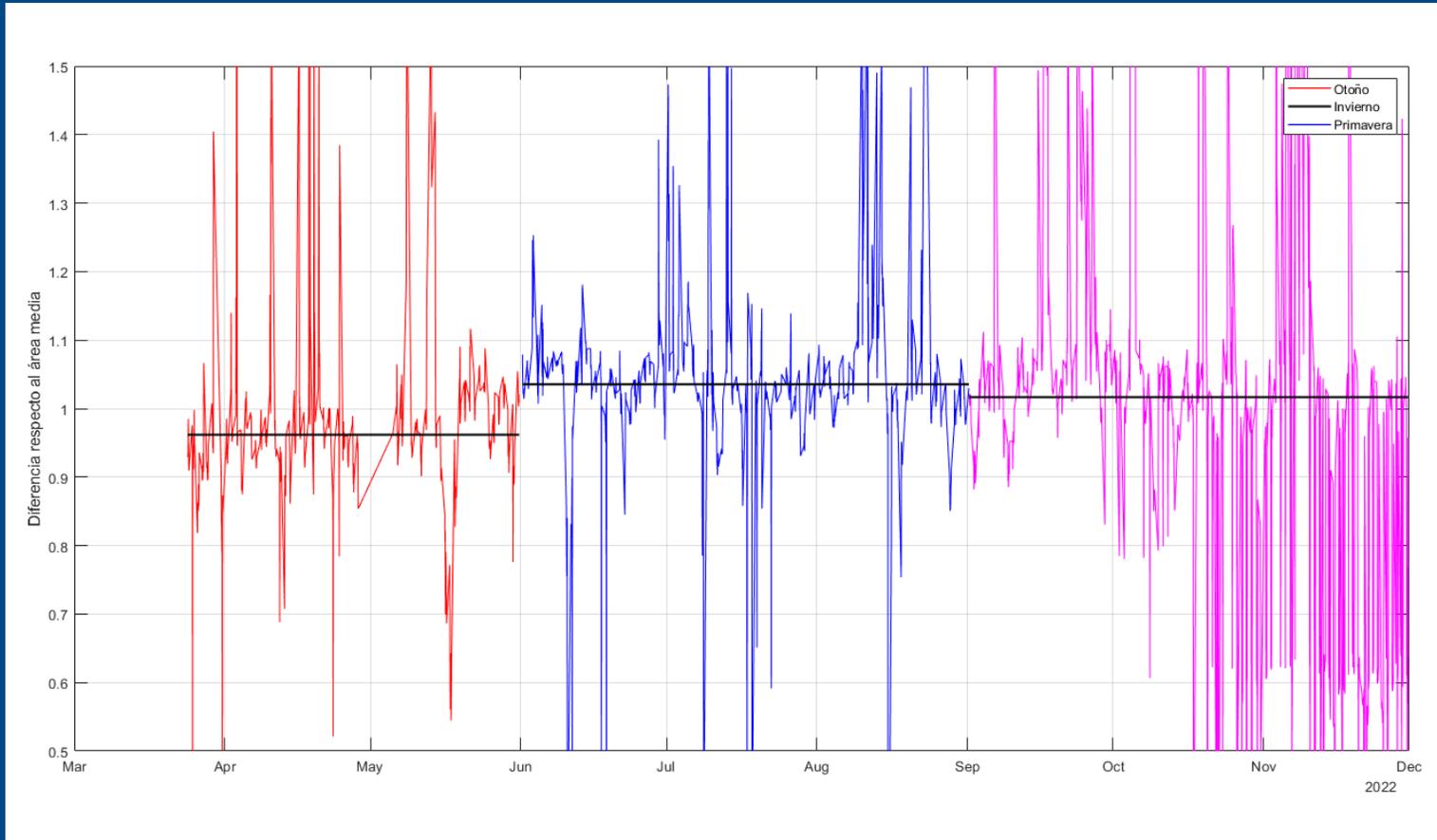
Sistema de cámaras de video

Resultados preliminares. Estación Ramírez



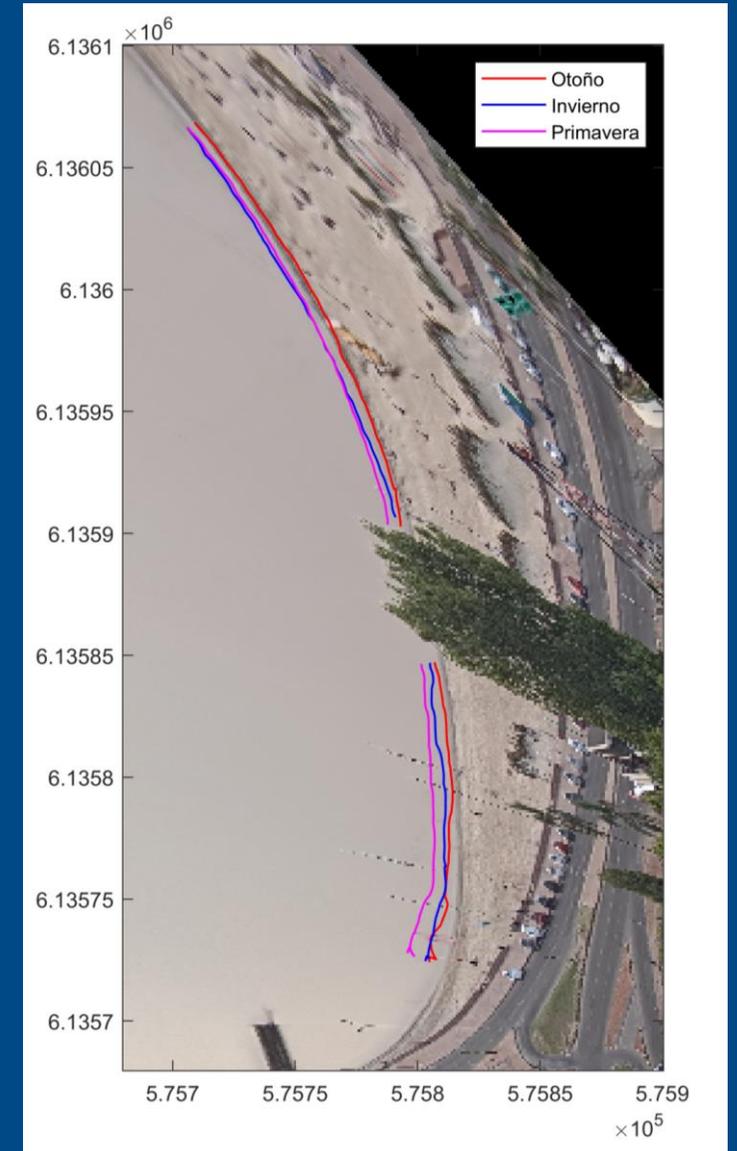
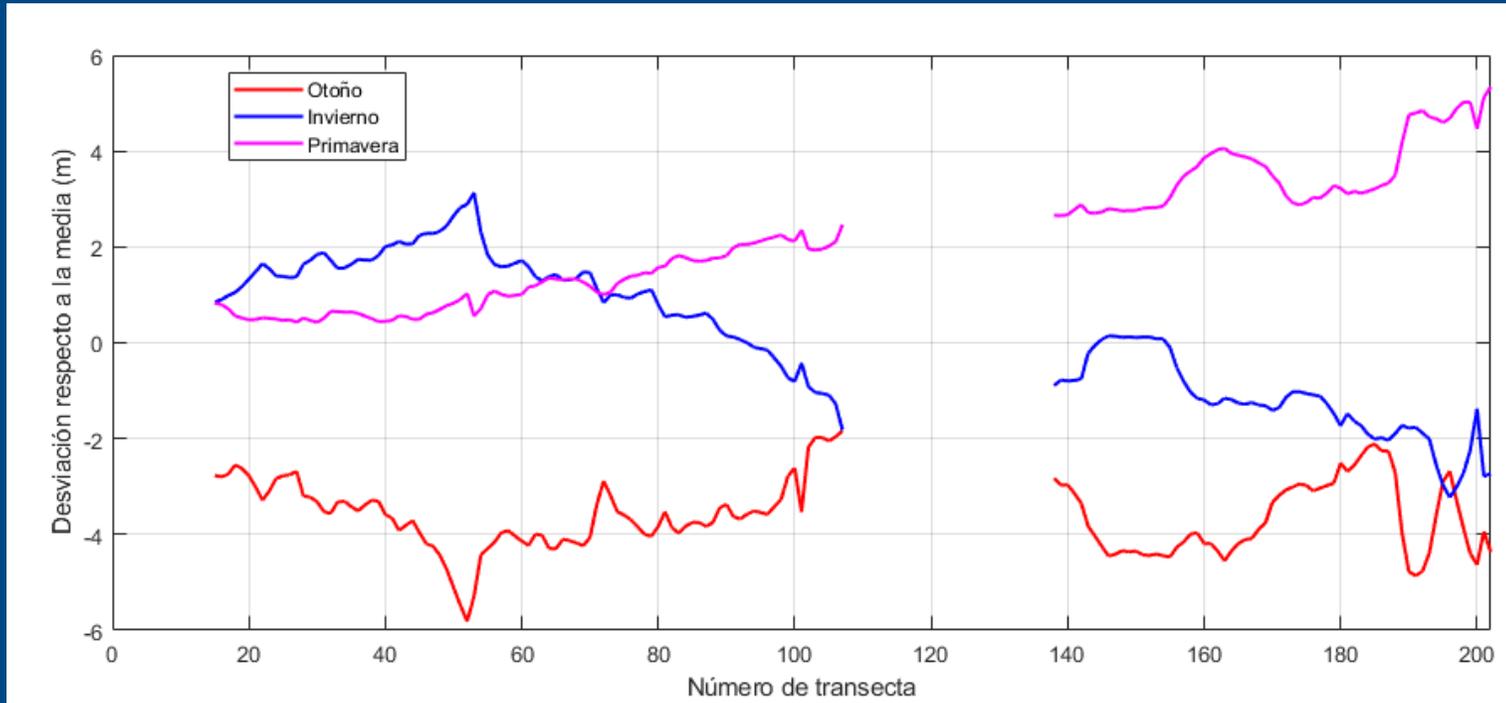
Sistema de cámaras de video

Resultados preliminares. Estación Ramírez

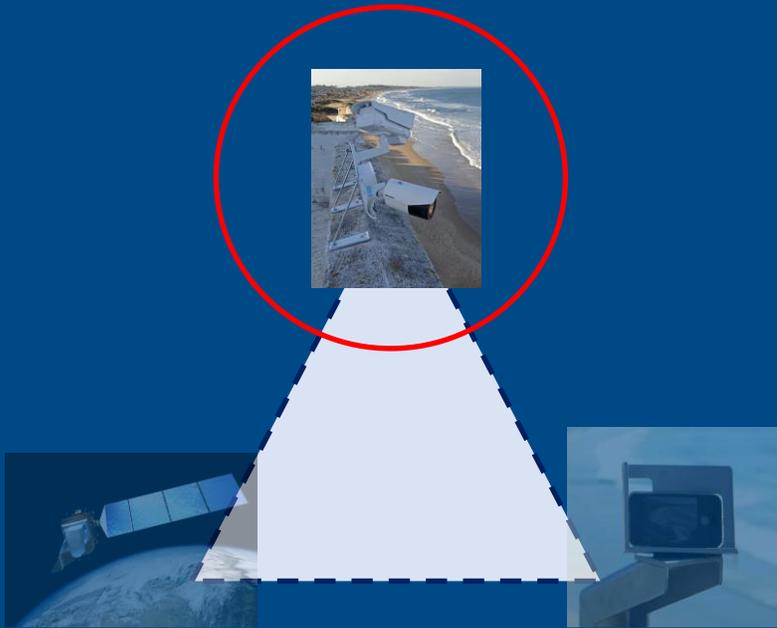


Sistema de cámaras de video

Resultados preliminares. Estación Ramírez



Monitoreo en base a imágenes



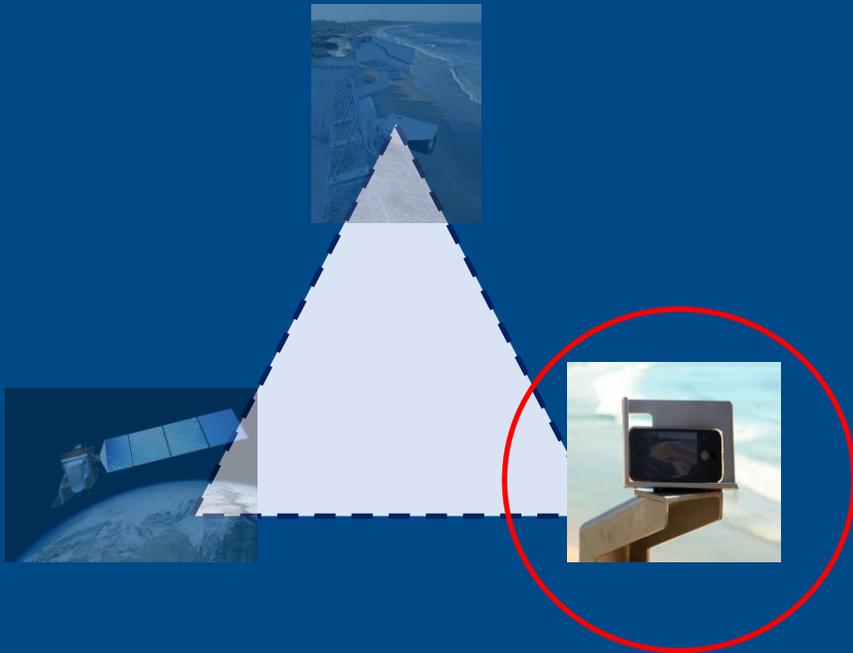
Sistema de cámaras de video.
Futuros pasos.

- ❖ Consolidar la obtención de la línea de costa en las 4 estaciones
- ❖ Investigar sobre nuevas aplicaciones
- ❖ Definir como darle sostenibilidad en el tiempo

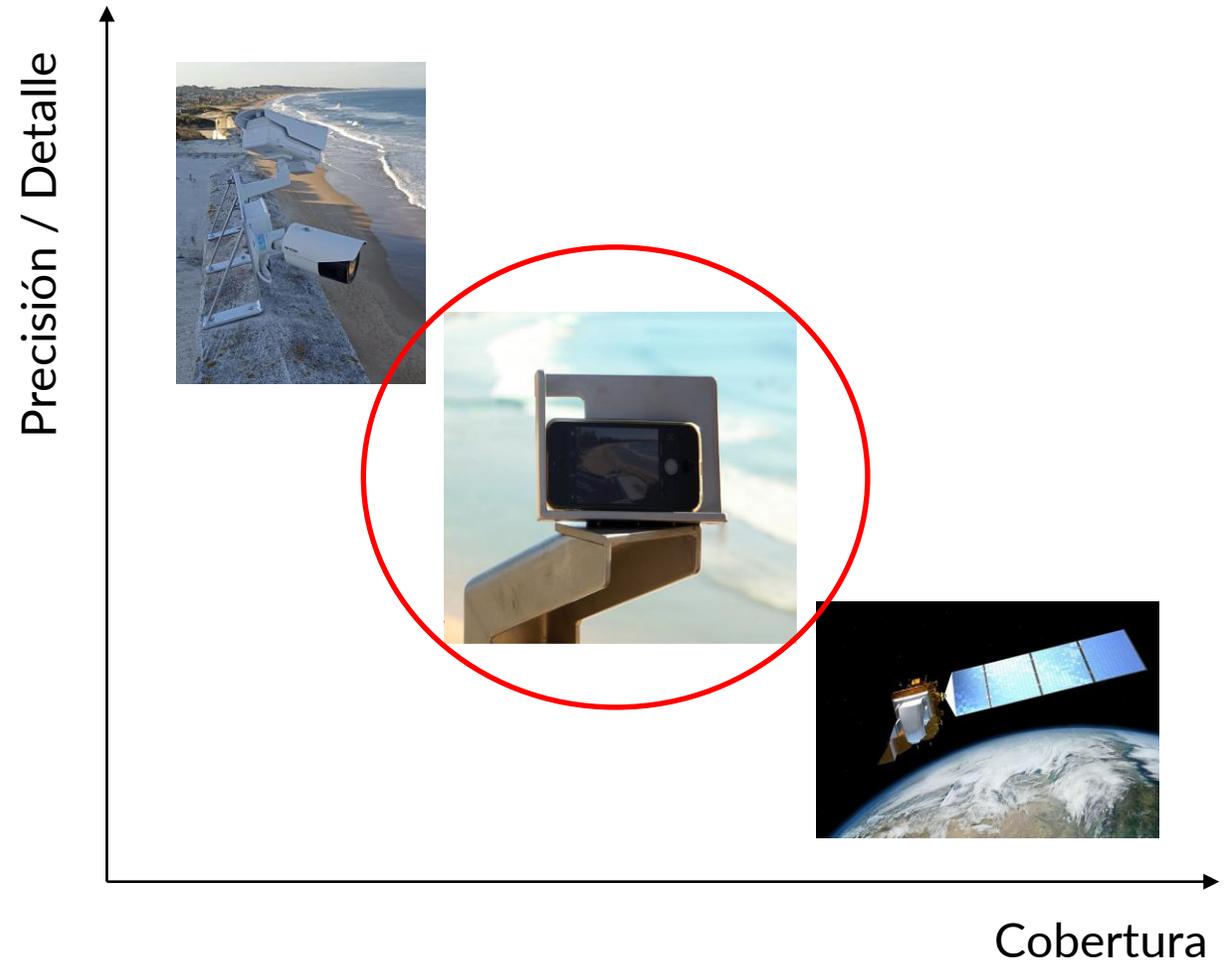
Mantenimiento de las estaciones

Almacenamiento y distribución de la información

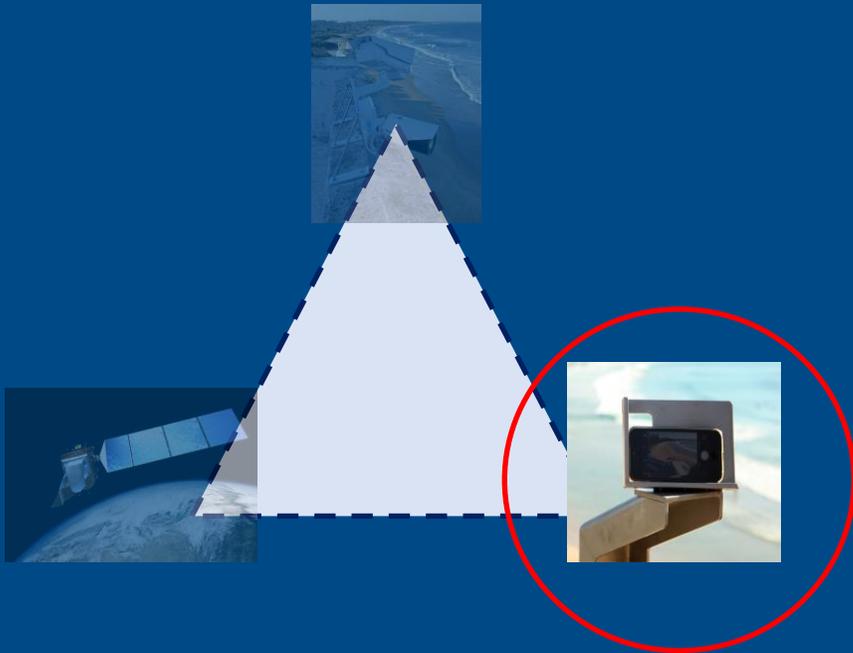
Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



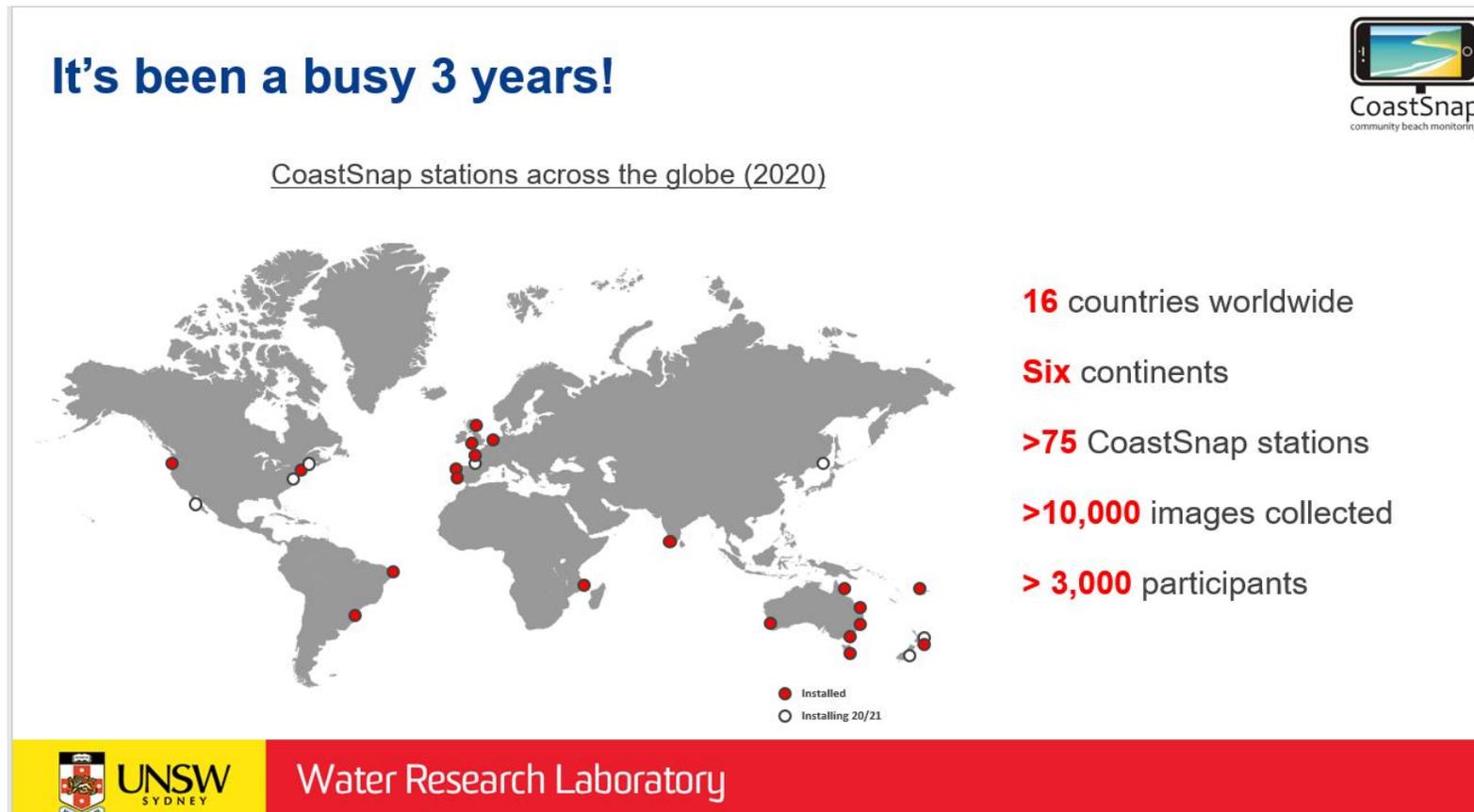
Complementa las otras dos fuentes de imágenes involucrando a la comunidad



Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)

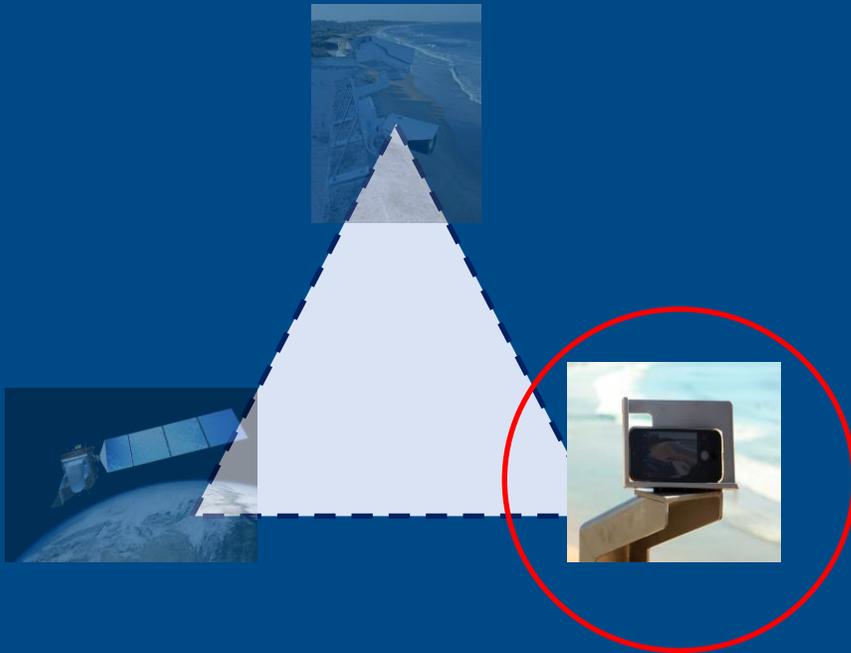


Aplicación local del proyecto global de ciencia ciudadana CoastSnap, iniciado por UNSW-WRL (Australia) en 2017

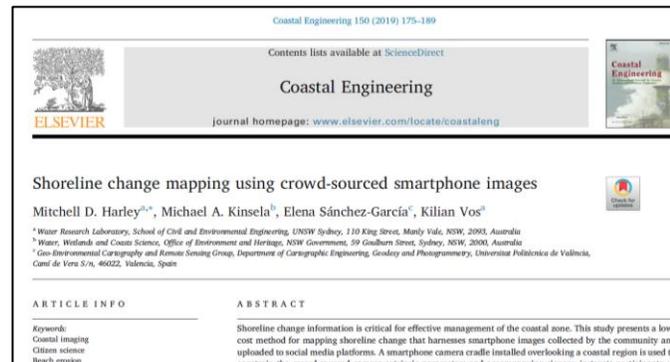


Rápida expansión: Algoritmos y tutoriales disponibles libremente

Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Buena precisión independientemente de la calidad de la cámara y de la compresión de la imagen



Harley et al. (2019) Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images, *Coastal Engineering*



MONITOREO CIUDADANO LAS GRUTAS



Registremos los cambios en la costa:
Tomá una foto y compartila



1 ▶ Fotografiar

Posicionamos el teléfono en el soporte

2 ▶ Compartir

Por redes sociales (en escala original, sin filtros e indicando fecha y hora) con el hashtag #CoastSnapUy o enviarla por mail o Whatsapp:

 @coastsnapuy

 092 957 622

 @coastsnap_uy

 coastsnapuy@gmail.com

 @coastsnap_uy

3 ▶ Seguirnos en las redes

Para más información y ver los resultados



Ministerio
de Ambiente



Intendencia de Maldonado
CONSTRUYENDO FUTURO

Basado en CoastSnap





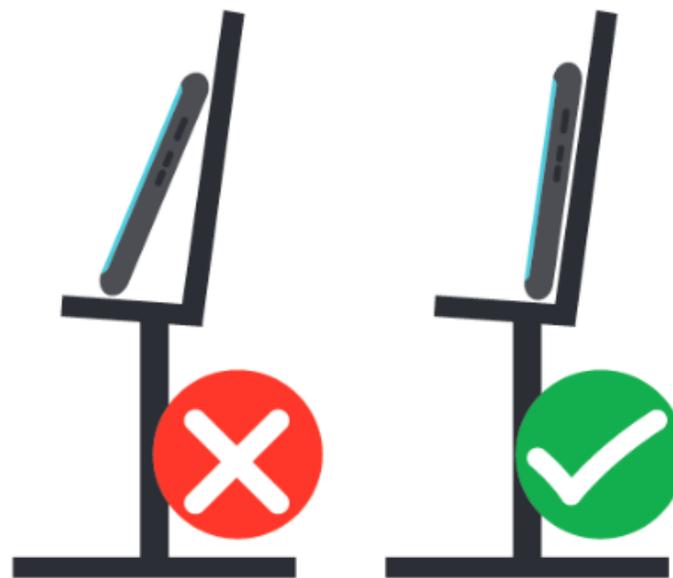
MONITOREO CIUDADANO

Registremos los cambios de la costa

1 Posicionar el celular.

2 Tomar la foto. Sin filtros y en escala original.

3 Compartir indicando fecha y hora.

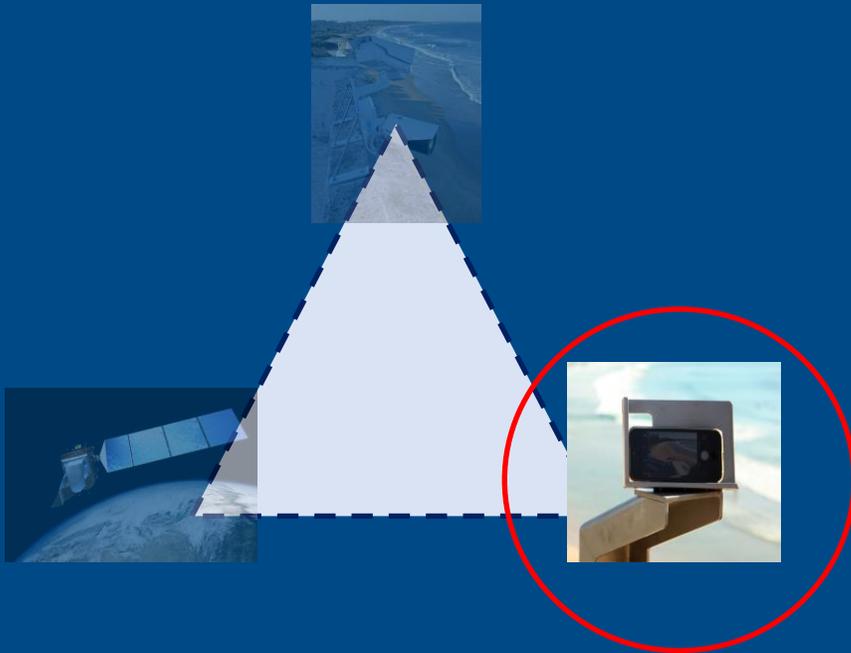


#CoastSnapUy

Fecha: 16/03/22 - 17:12



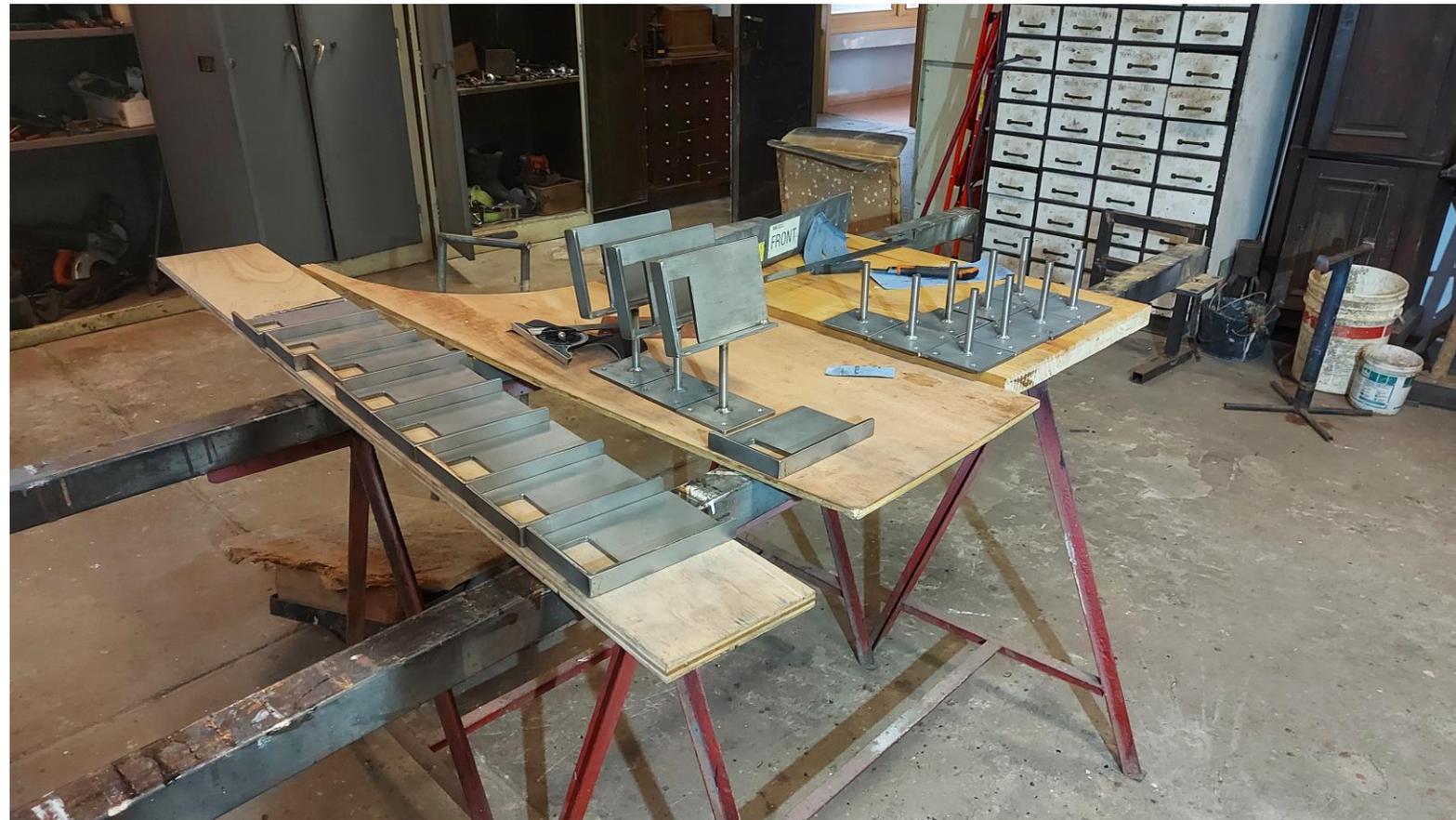
Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

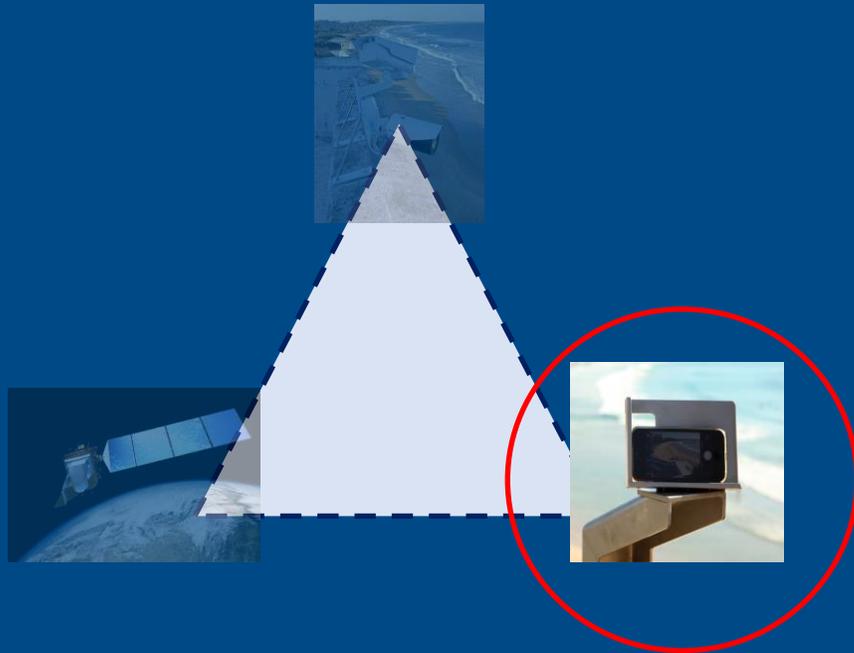
Carteles ✓

Soportes ✓



12 soportes en acero inoxidable 316 y 6 mm de espesor.
Inclinaciones entre 14° y 16°

Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

Soportes ✓

Relevamiento de
potenciales sitios ✓



Próximo lunes vamos a
San José y Colonia

Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

Soportes ✓

Relevamiento de posibles sitios ✓

Implementación de las primeras estaciones ✓



Monitoreo ciudadano Atlántida



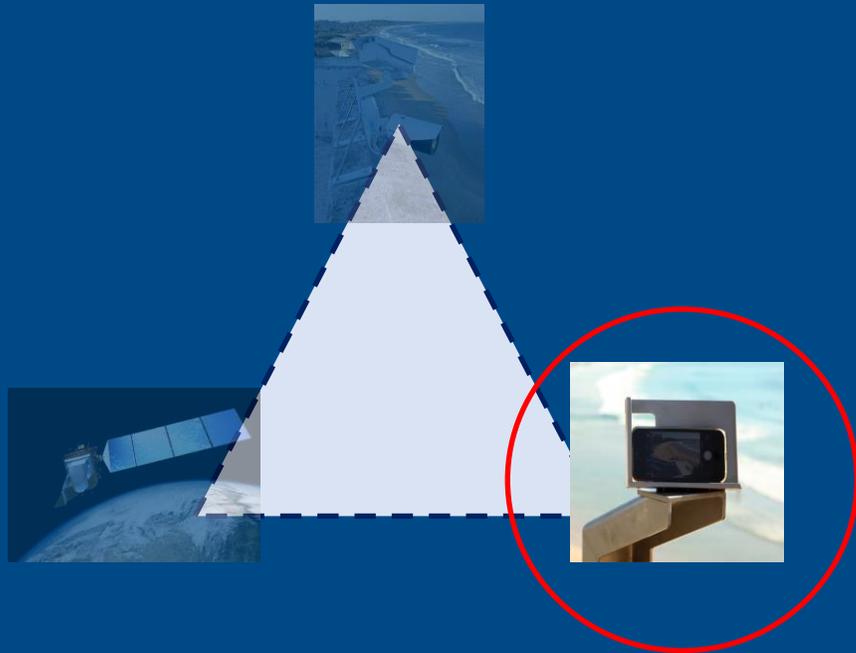
Monitoreo ciudadano La Aguada



Monitoreo ciudadano Las Grutas



Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

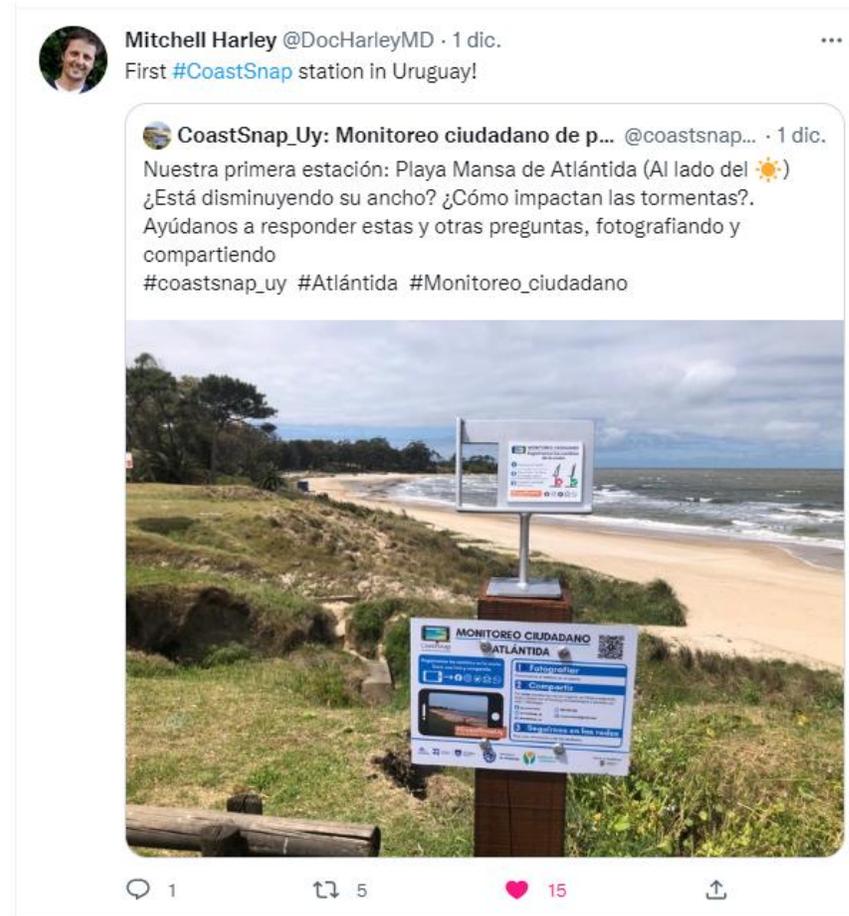
Carteles ✓

Soportes ✓

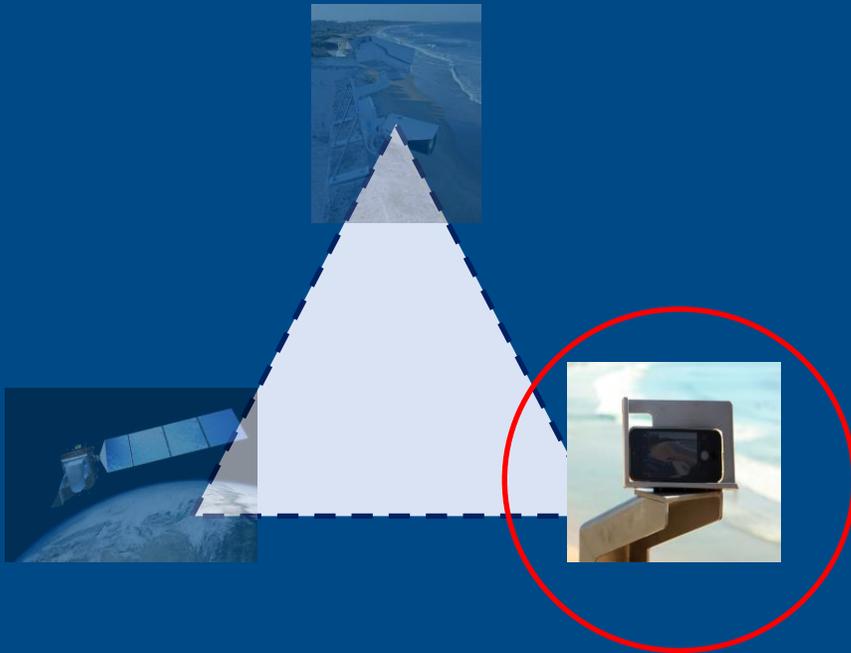
Relevamiento de posibles sitios ✓

Implementación de las primeras estaciones ✓

Redes sociales ✓



Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

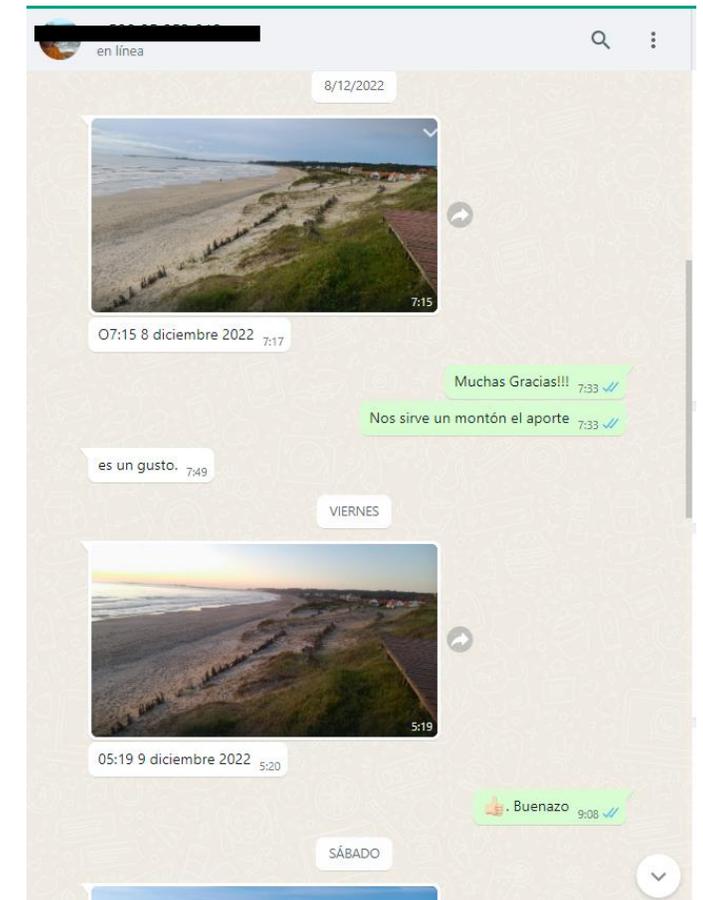
Soportes ✓

Relevamiento de posibles sitios ✓

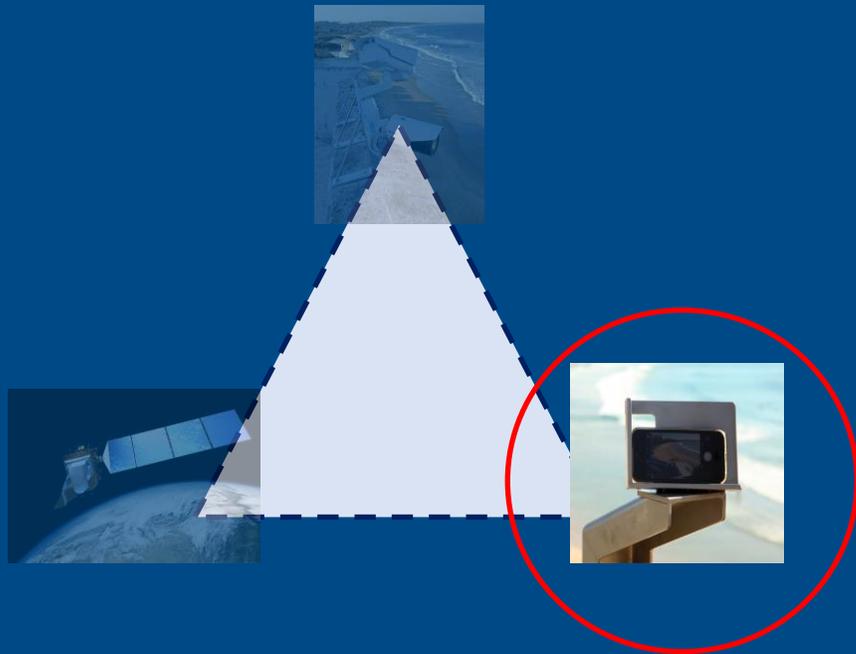
Implementación de las primeras estaciones ✓

Redes sociales ✓

Recolección de fotos ✓



Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

Soportes ✓

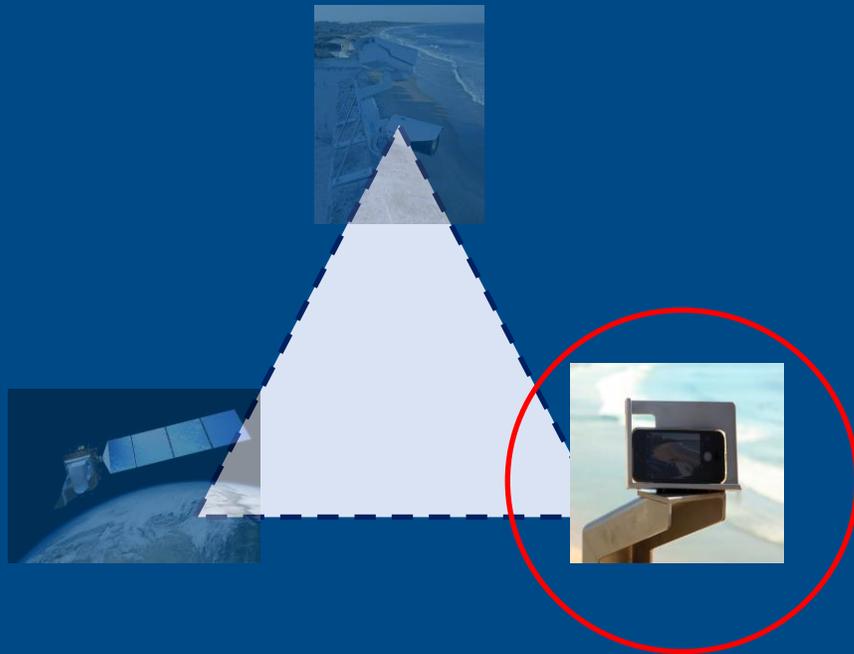
Relevamiento de posibles sitios ✓

Implementación de las primeras estaciones ✓

Redes sociales ✓

Recolección de fotos

Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

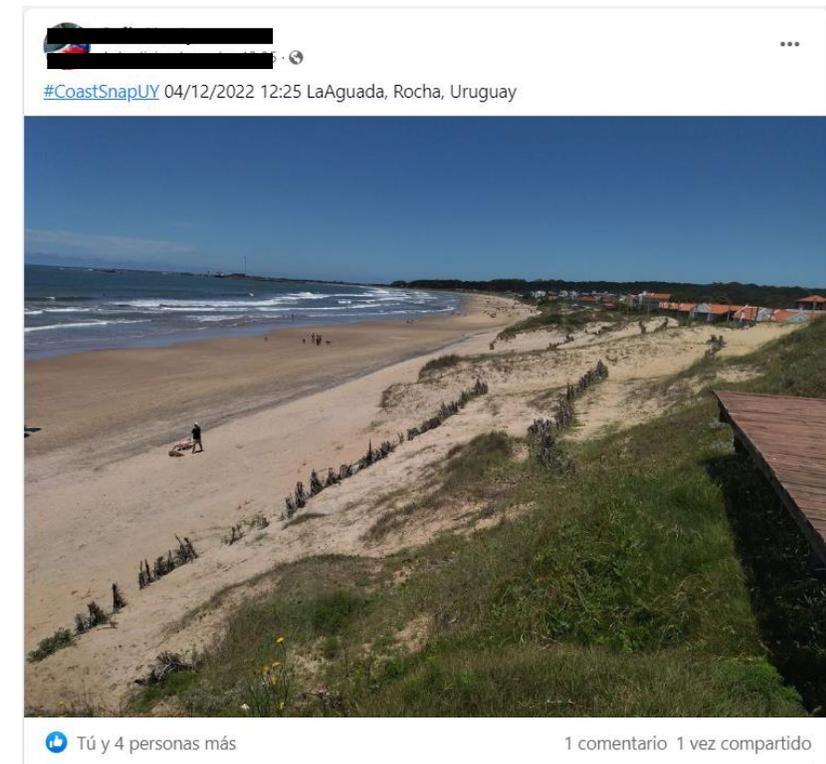
Soportes ✓

Relevamiento de posibles sitios ✓

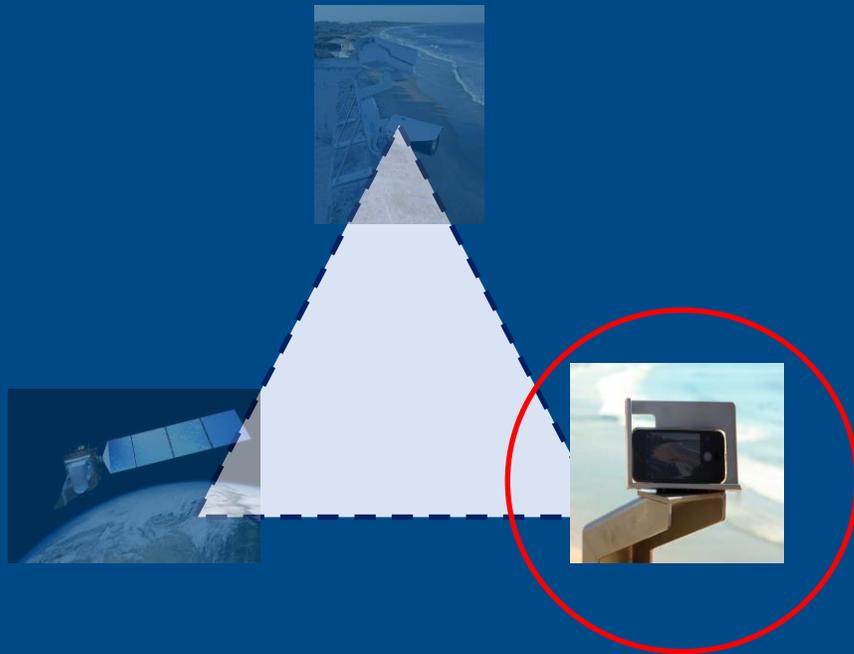
Implementación de las primeras estaciones ✓

Redes sociales ✓

Recolección de fotos ✓



Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

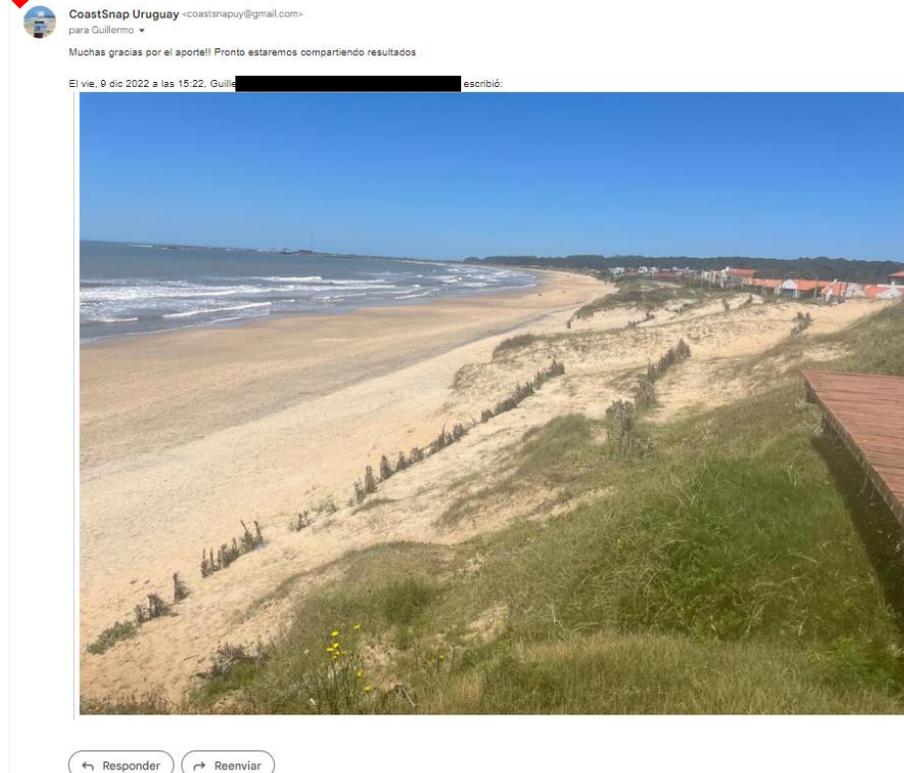
Soportes ✓

Relevamiento de posibles sitios ✓

Implementación de las primeras estaciones ✓

Redes sociales ✓

Recolección de fotos ✓



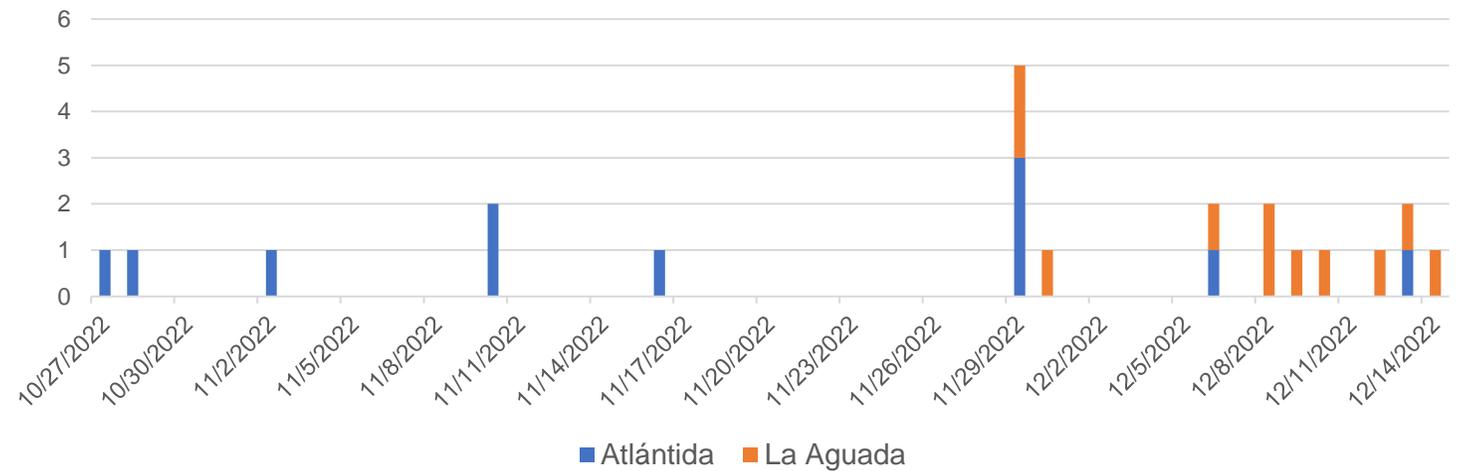
Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



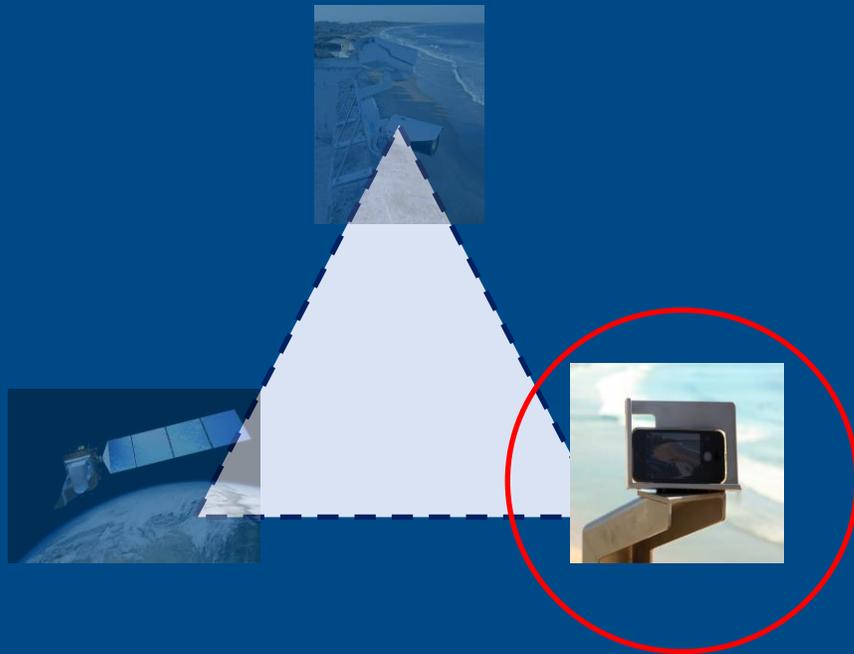
Pasos realizados

- Carteles ✓
- Soportes ✓
- Relevamiento de posibles sitios ✓
- Implementación de las primeras estaciones ✓
- Redes sociales ✓
- Recolección de fotos ✓

Cantidad de imágenes recibidas



Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



Pasos realizados

Carteles ✓

Soportes ✓

Relevamiento de posibles sitios ✓

Implementación de las primeras estaciones ✓

Redes sociales ✓

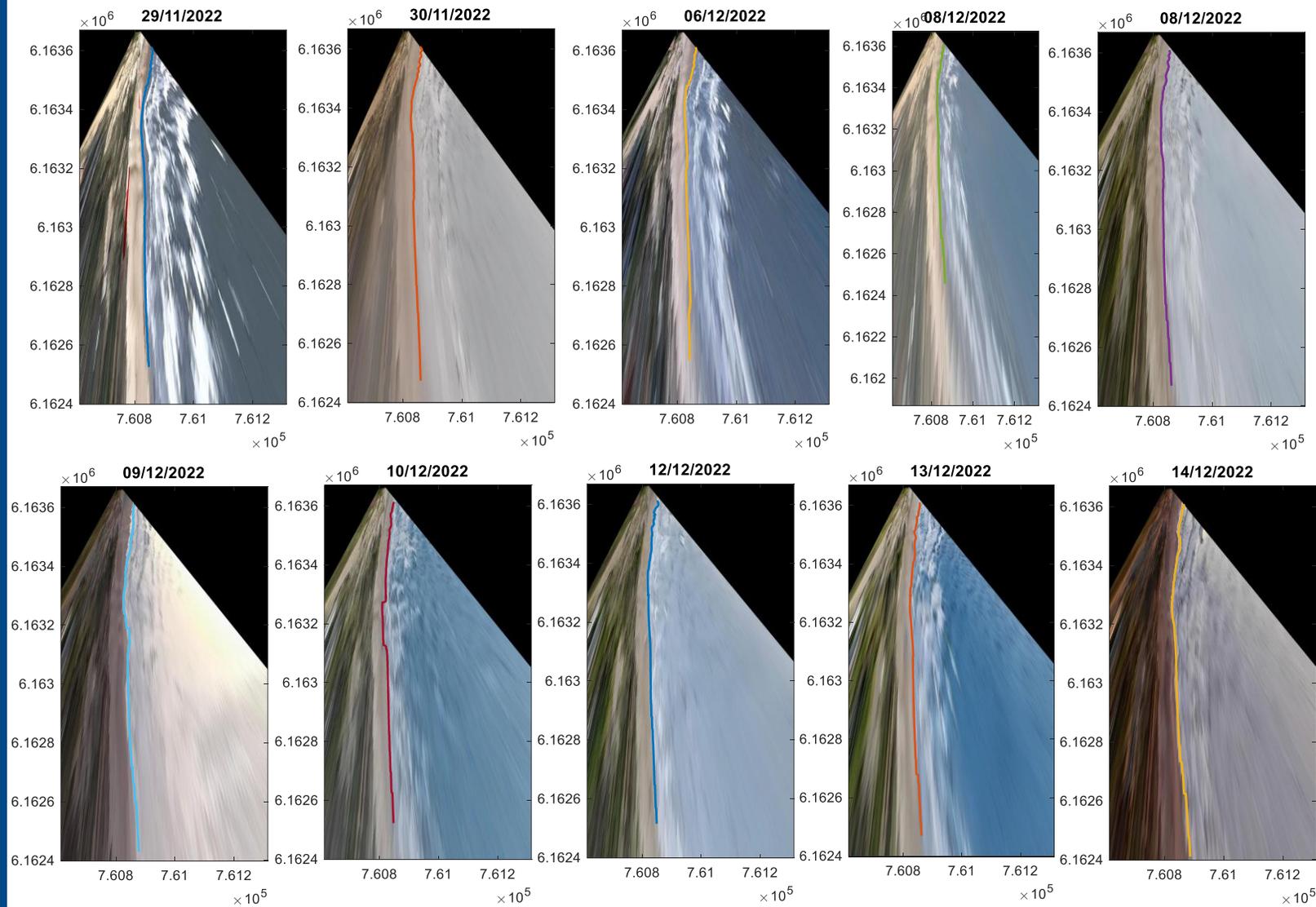
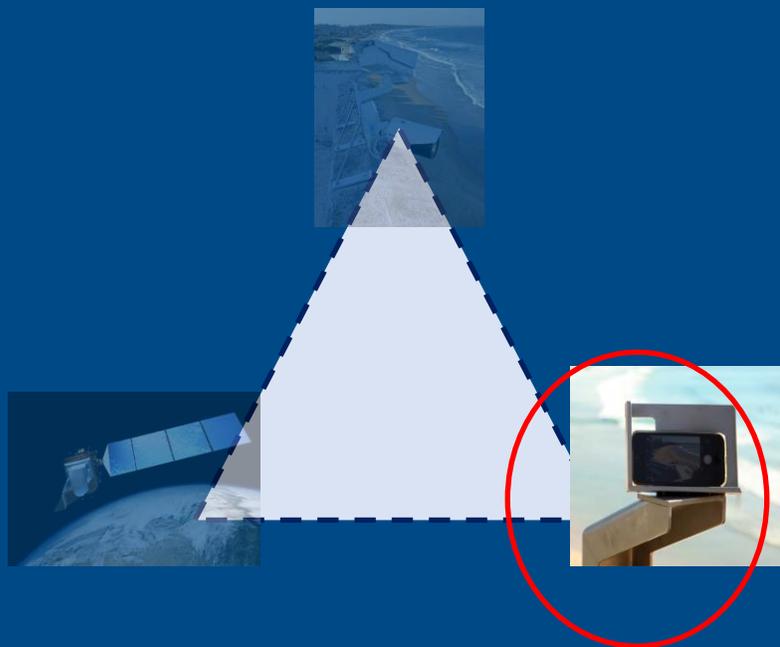
Recolección de fotos ✓

Relevamientos de puntos de control ✓

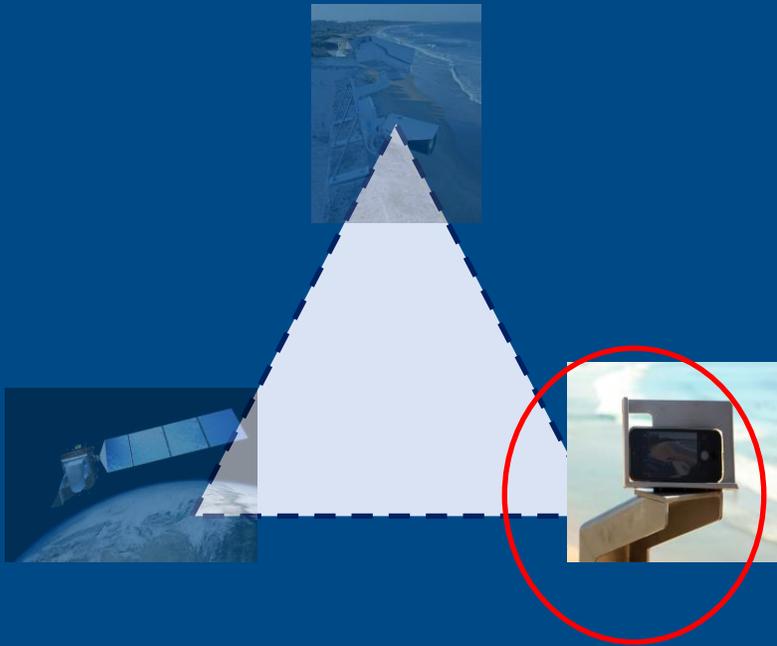


Resultados preliminares. La Aguada

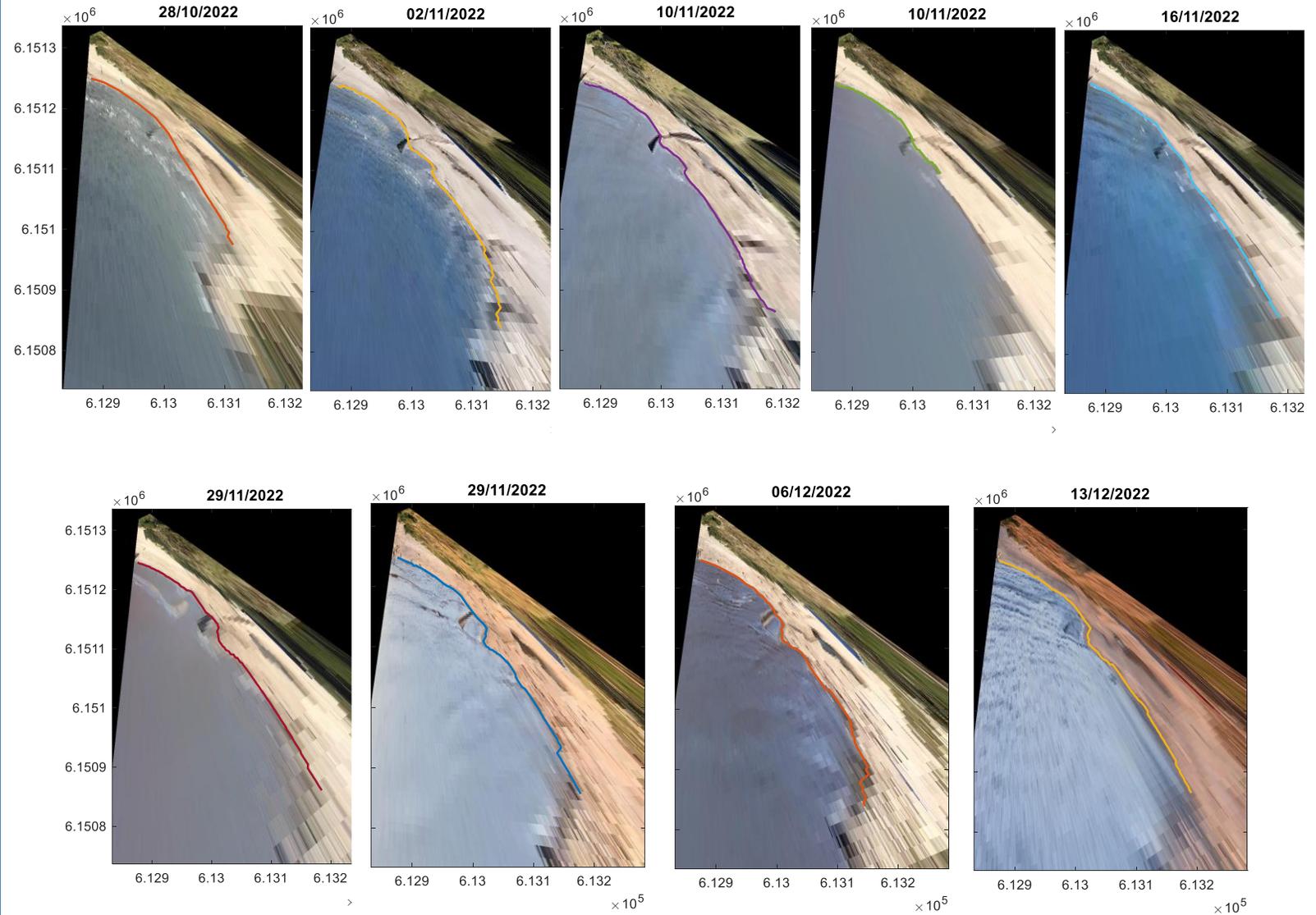
Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



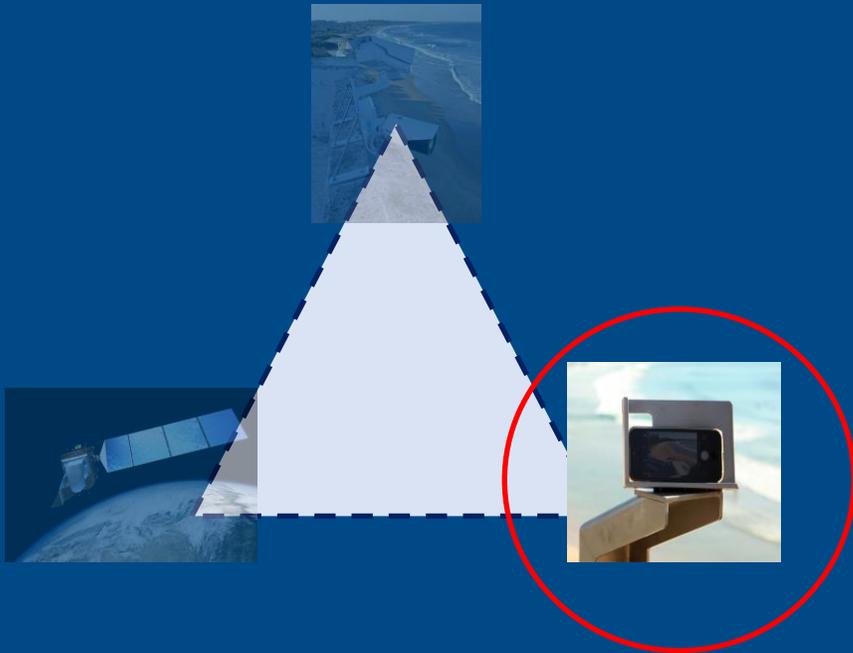
Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



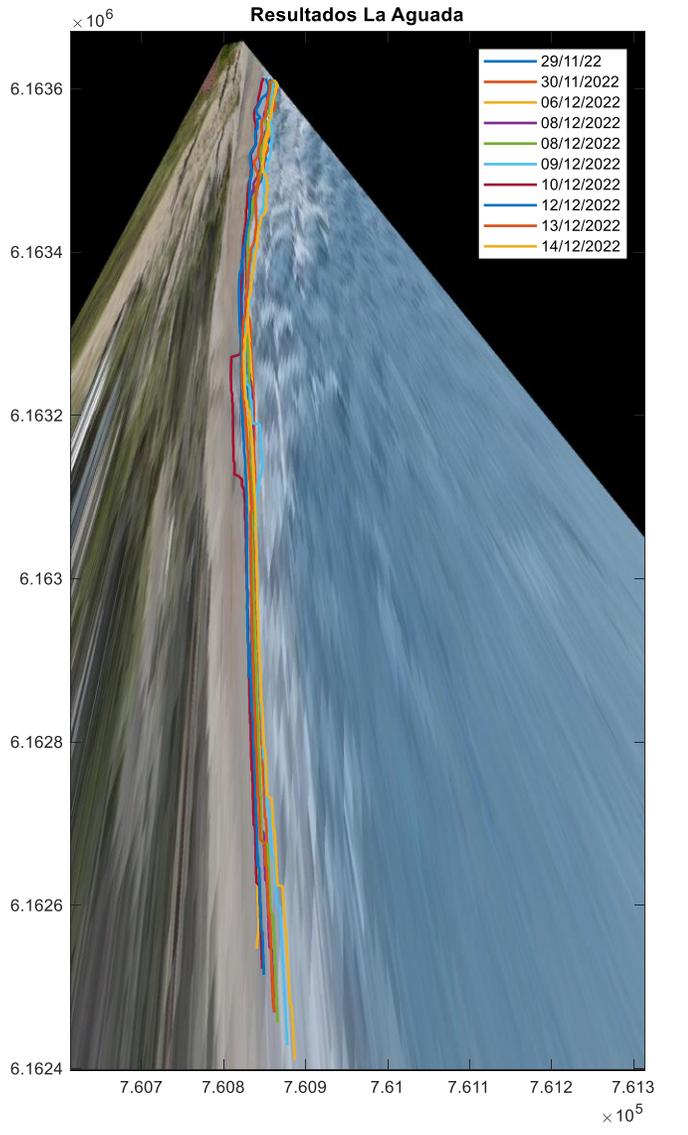
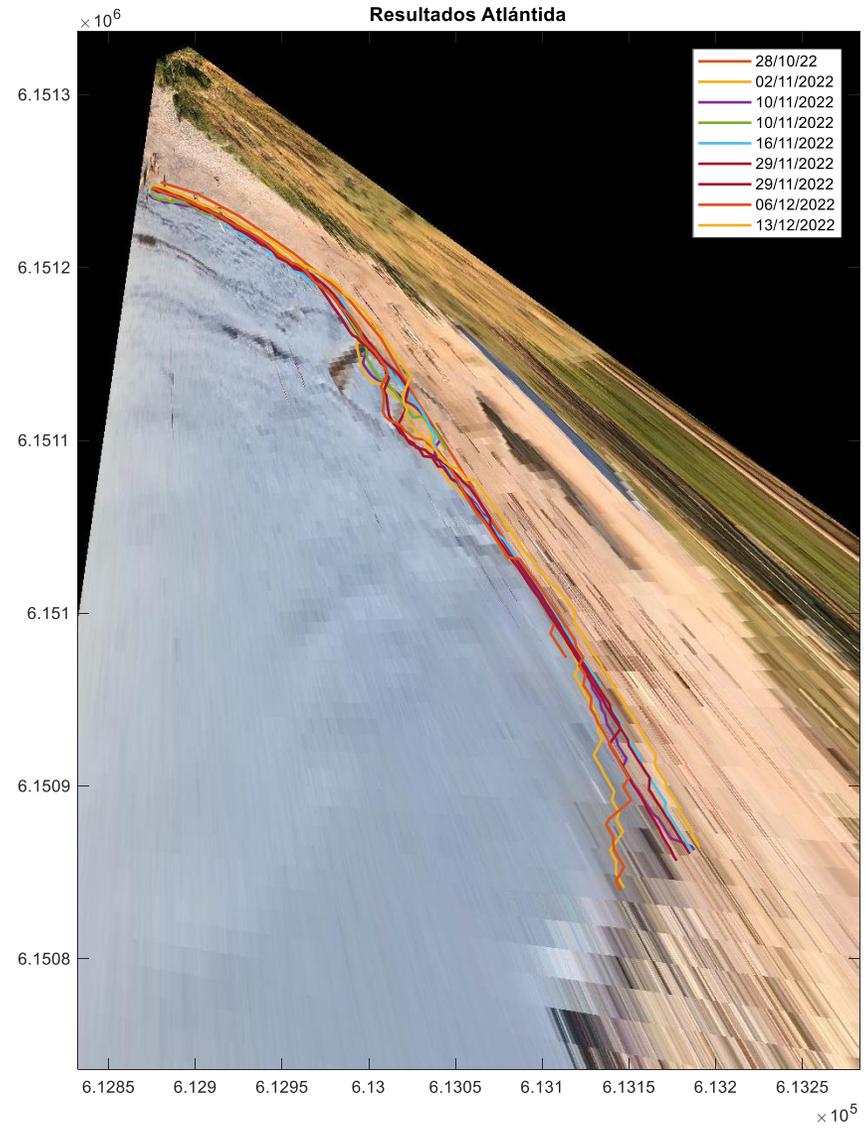
Resultados preliminares. Atlántida



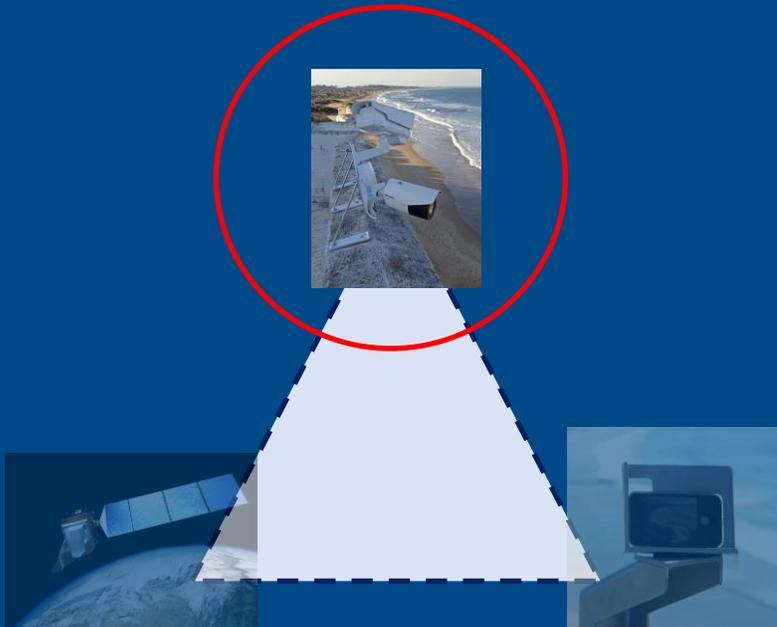
Monitoreo ciudadano (CoastSnap_Uy)



d



Monitoreo en base a imágenes



Monitoreo ciudadano.
Futuros pasos.

❖ Nuevas estaciones ¿Dónde?

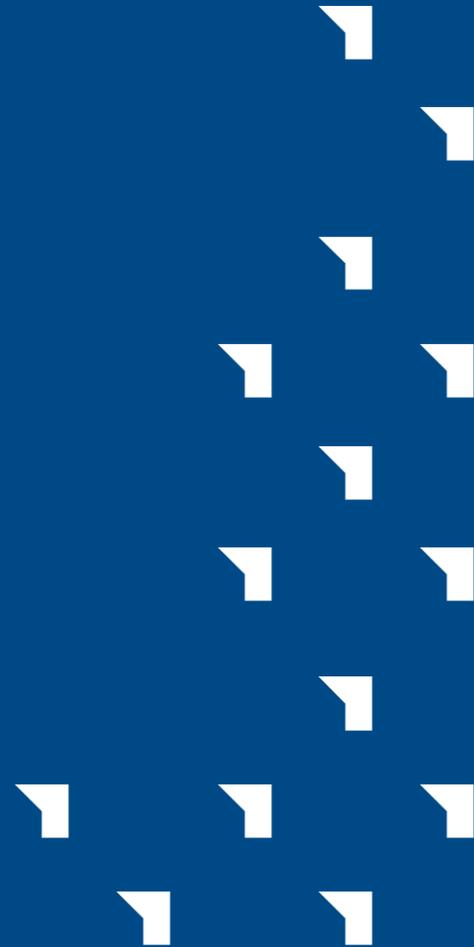
❖ Definir como darle sostenibilidad en el tiempo

Mantenimiento de las estaciones (vandalismo,
degradación)

Referencias

Harley et al. (2019) *Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images*, Coastal Engineering. 150, 175-189

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*. Environ. Model. Softw. 122, 104528. Sydney, Australia.



Muchas gracias

ralonso@fing.edu.uy