



Interreg
POCTEFA



MAREA 2016-2019

--

Modelización y apoyo a la toma de decisiones
frente a los riesgos costeros en el Euskadi
Atlántico

Índice

La génesis del proyecto MAREA	3
Las áreas piloto de MAREA.....	4
Los objetivos de los socios de MAREA	5
Contribución de AZTI al proyecto MAREA.....	7
Acción 1: Coordinación del proyecto MAREA.....	7
Acción 2: mejora de la comunicación	8
Acción 3: Caracterización de los fenómenos naturales costeros observados a lo largo de la Costa Vasca bajo los efectos de los temporales.....	9
A.3.1 Caracterización de la hidrodinámica costera vasca	9
A.3.2 Modelización de los estados de la playa y de los efectos del cambio climático.....	10
A.3.3 Definición de indicadores locales de ayuda a la gestión:	14
Acción 4: Desarrollo de herramientas transfronterizas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión operativa de los riesgos costeros	22
A.4.1 Sistemas de observación:	22
A4.2 Modelos numéricos.....	30
Acción 5: iniciar una cultura del riesgo en la costa vasca	31

La génesis del proyecto MAREA

MAREA es el resultado de un esfuerzo colectivo liderado por miembros del Grupo Vasco de Interés Científico Costero (SIG), una asociación transfronteriza única en la que las comunidades de la costa vasca y las organizaciones científicas colaboran activamente desde 2013 para satisfacer las necesidades de las comunidades de gestión costera con la experiencia de la comunidad científica. Las colaboraciones entre miembros del GIS de la Costa Vasca tienen como objetivo desarrollar nuevas líneas de investigación para mejorar el conocimiento y ayudar en la toma de decisiones operativas en relación con la magnitud del impacto de los temporales.



Los temporales de 2013 y 2014 tuvieron un fuerte impacto en la Costa Vasca a ambos lados de la frontera degradando medios naturales, deteriorando múltiples obras costeras, inundando edificios, impactando en las actividades económicas implantadas en el litoral y llegando incluso a poner en peligro la seguridad de los bienes y personas.

Estos eventos repetidos de fuerte oleaje, combinado con importantes coeficientes de marea, provocaron una disminución del nivel de las playas y erosión de los acantilados rocosos. A lo largo de la Costa Vasca se produjeron asimismo inundaciones en las zonas bajas de los cauces e inundaciones por rebase del oleaje, dañando localmente infraestructuras como los muros de contención de las playas de Anglet, la fachada del Casino de Biarritz, los parapetos de la playa del Port-Vieux, el frente de mar de Bidart, el espigón de los Alcyons de Guéthary, las escolleras de las playas de Saint-Jean-de-Luz, los paseos marítimos de Zarautz los diques de abrigo de Bermeo o incluso los diques y los puentes de Donostia-San Sebastián.

Frente a esta situación crítica, las administraciones públicas de la Costa Vasca emprendieron inmediatamente numerosas obras de restauración e iniciaron una reflexión profunda sobre las medidas de actuación para mejorar la prevención de riesgos y mitigación de los impactos. Hoy en día, estas entidades quieren mejorar su conocimiento de los procesos hidrodinámicos que impactan en el litoral para anticipar mejor la gestión de la línea costera y optimizar la respuesta frente a dichas situaciones extremas. De hecho, los miembros de la Agrupación de Interés Científico (AIC) Litoral Vasco crearon en julio de 2015 un grupo de trabajo transfronterizo “Riesgos Costeros” cuya meta es iniciar proyectos que respondan a las preocupaciones de las administraciones públicas en este ámbito. El proyecto MAREA nació del trabajo de este grupo. El consorcio de este proyecto está formado por:

- Comunidad del País Vasco, líder del proyecto,
- La Universidad de Pau y los Países Adour,
- Pro Tech Shores - Centro de Investigación y Desarrollo Costero de Suez Water France,
- la fondation AZTI
- y la Agencia Meteorológica del Gobierno Vasco - Euskalmet

También se han establecido colaboraciones de investigación con la Oficina de Investigación Geológica y Mineral (BRGM) y la oficina de investigación de Casagec Engineering.

El presupuesto del proyecto MAREA asciende a 1.545.035 euros y está subvencionado en un 65% por fondos europeos en el marco del programa INTERREG POCTEFA (2014-2020). El proyecto se ha llevado a cabo durante un período de tres años entre 2016 y 2019.

Se distribuyeron zonas piloto a escala transfronteriza con el fin de responder a las necesidades científicas de análisis asociadas a diferentes riesgos:

- **Respuesta sedimentaria de una playa de arena bajo el efecto de las olas durante un temporal**
 - Sitio taller de las playas de Anglet (vídeo y modelización)
 - Playa de Zarautz (vídeo y modelización)
- **Impacto por rebase del oleaje en playas urbanizadas**
 - Biarritz: sitio de prueba la Gran Playa (observaciones y modelización local).
 - Paseo marítimo de la playa de Zarautz (vídeo)
- **Evaluación de los stocks sedimentarios y modelizaciones de sus dinámicas bajo el efecto de los temporales**
 - Guéthary-Bidart: respuesta sedimentaria en una playa mixta de arena / rocosa (medidas por LIDAR, sonda multihaz, sonar, Escan 3D, modelización local).
 - Playas de Donostia-San Sebastián (vídeo, topo-batimetría y modelización)
- **Impacto de las olas sobre las obras de protección:**
 - Dique del Artha en Saint-Jean-de-Luz (sensores de presión)
 - Puerto de Bermeo, dique de abrigo (video)
- **Estudio de la agitación portuaria**
 - Puerto de Bermeo (medidas de nivel de alta frecuencia, video)

En las 7 zonas: definición de indicadores locales de ayuda a la gestión para una traducción operativa de los temporales en tiempo real.



Los objetivos de los socios de MAREA

MAREA, es un proyecto de investigación transfronterizo destinado a mejorar el conocimiento de los eventos de tormenta en la costa vasca con el fin de predecir mejor los riesgos de la inundación marina y la erosión costera a través del desarrollo de herramientas de alerta.

El objetivo de las herramientas MAREA es proporcionar apoyo operacional a las comunidades locales para optimizar la gestión de las crisis y el despliegue de medidas de protección en el desarrollo de una tormenta. Para ello, el proyecto reúne a diferentes tipos de actores del País Vasco, entre los que se encuentran, equipos de investigadores, oficinas especializadas de investigación e investigación y desarrollo y comunidades para gestionar los riesgos de la costa. Las colaboraciones en el marco del MAREA han logrado los cinco objetivos que se citan a continuación.

- Calificar y cuantificar los temporales pasados y recientes a escala de la Costa Vasca (análisis estadísticos, determinación de los impactos, caracterización hidrodinámica, modelización detallada de los procesos, etc.);
- Poner en marcha y compartir sistemas de observación y de seguimiento en tiempo real del litoral (sistemas vídeo, estaciones océano-meteorológicas, correntímetros, sensores de niveles extremos de lámina de agua...), con el fin de estudiar los procesos claves para las problemáticas asociadas en nuestra costa a temporales con oleajes extremos en un contexto de cambio climático y subida del nivel del mar (rebase del oleaje, agitación portuaria, daños en infraestructura, erosión de playas);
- Desarrollar herramientas de modelización y de predicción de los estados de mar y de las condiciones hidrodinámicas a escala local (playa o municipio), y evaluar la factibilidad/utilidad/eficacia de su puesta en marcha como complemento a las alertas oficiales, con el fin de ayudar a los gestores a optimizar el despliegue de los medios de prevención y de protección durante los episodios de temporal;

- Analizar el origen y la dinámica de los recursos sedimentarios litorales bajo el efecto de los temporales;
- Iniciar una reflexión sobre la percepción y la cultura del riesgo a incluir en el marco de la elaboración de las políticas públicas.

Contribución de AZTI al proyecto MAREA

El proyecto MAREA ha sido liderado por la CAPB. El objetivo del proyecto es crear y probar herramientas operativas e innovadoras de ayuda a la decisión a escala transfronteriza, en base a la información recogida y los desarrollos implementados en una serie de zonas piloto con problemáticas todas ellas asociadas al impacto de los temporales, pero de diferentes características. La novedad del enfoque de este proyecto es asociar la magnitud de los distintos procesos a distintos niveles de riesgo, pero desde el punto de vista de los daños provocados.

En este contexto la contribución de AZTI, dado su perfil de centro de investigación experto en oceanografía operacional, se ha centrado en el diseño y despliegue de los distintos sistemas de observación y su puesta a punto tanto durante las campañas intensivas realizadas en Biarritz como en los sistemas permanentes del resto de zonas piloto. Asimismo, se ha contribuido en la generación de herramientas de procesamiento de la información y la implementación de herramientas de simulación numérica. Finalmente en la fase final del proyecto se ha trabajado en la aplicación operativa de los sistemas y herramientas desarrolladas.

Acción 1: Coordinación del proyecto MAREA

Desde el punto de vista de las actividades de coordinación del proyecto, AZTI ha participado en las reuniones de seguimiento realizadas, así como en el seminario de lanzamiento y de clausura contribuyendo con diversas presentaciones técnicas y trabajando en los talleres coordinados por los agentes políticos y los técnicos de las instituciones públicas que han apoyado el proyecto y que van a aplicar las soluciones desarrolladas. En este sentido la colaboración con el Gobierno Vasco se realiza en el marco de las propias acciones del proyecto (DAEM es socio). Por otra parte, la Diputación Foral de Gipuzkoa y los municipios de las zonas piloto (Bermeo, Zarautz y Donostia-San Sebastián) forman parte de un grupo de usuarios finales que se implican desde el inicio para optimizar las transferencias de herramientas y metodologías alineadas con las necesidades de las políticas territoriales



Acción 2: mejora de la comunicación

El proyecto MAREA goza ahora de visibilidad transfronteriza, regional, nacional e internacional a través de diversas operaciones de comunicación organizadas por los socios del proyecto.

Los resultados del proyecto MAREA también han servido de base en distintas publicaciones científicas y presentaciones en conferencias internacionales en las cuales AZTI ha participado.

AZTI ha participado asimismo en distintas ruedas de prensa y entrevistas en medios de comunicación para informar sobre el proyecto POCTEFA MAREA y los resultados esperados. AZTI también ha contribuido en generar contenidos para diferentes acciones de comunicación lideradas por el jefe de fila, entre ellas la web del proyecto.

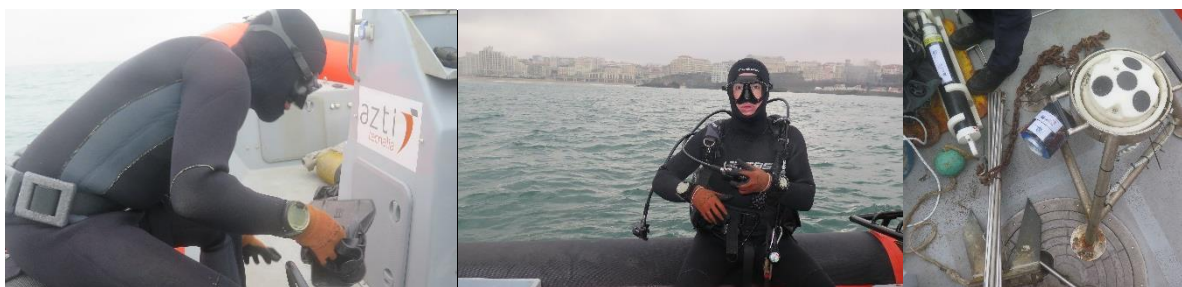
AZTI colabora asimismo con la UPPA en el desarrollo de líneas de investigación con aplicación sobre la gestión de riesgos costeros y ha contribuido en diferentes cursos de Master (Master MER) organizados en AZTI (Instrumentación y Sistemas de Oceanografía Operacional).

Acción 3: Caracterización de los fenómenos naturales costeros observados a lo largo de la Costa Vasca bajo los efectos de los temporales

A.3.1 Caracterización de la hidrodinámica costera vasca

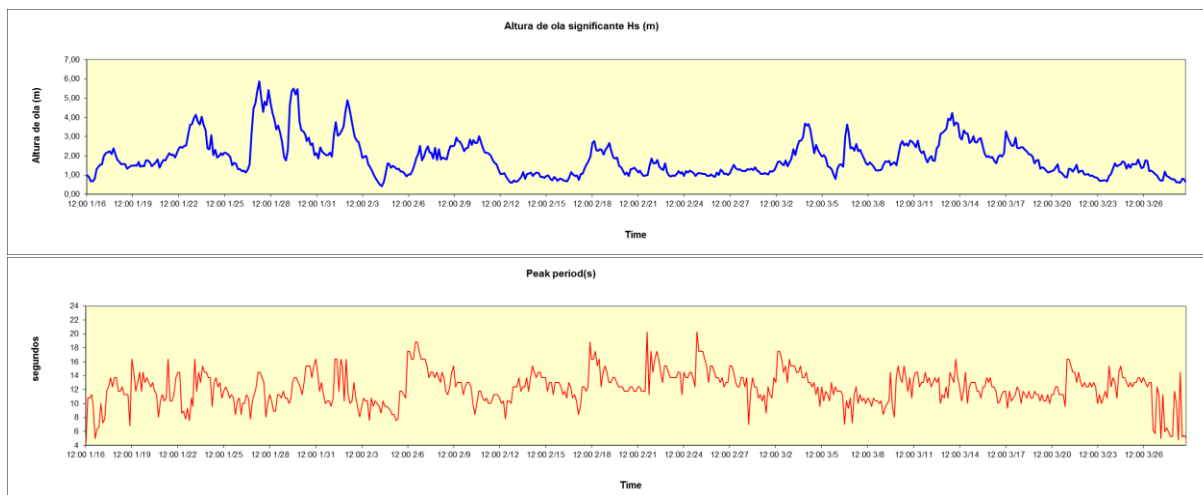
La participación de AZTI en esta acción en gran medida se ha centrado en la preparación y realización de las campañas intensivas de toma de datos realizadas durante los inviernos de 2017, 2018 y 2019 en la playa de Biarritz.

En estas campañas estaba prevista la obtención de información a distintas escalas temporales. Se planteaba tanto un seguimiento general de los meses de invierno, mediante fondeo de equipos offshore y nearshore durante tres meses como, de obtención de información de alta resolución durante un temporal, en torno a la playa Biarritz. AZTI se ha responsabilizado del despliegue de equipos offshore y nearshore. Para ello se definieron los puntos de fondeo y se programaron los equipos en base a las características de los eventos que se querían medir y la duración de los periodos de medida.



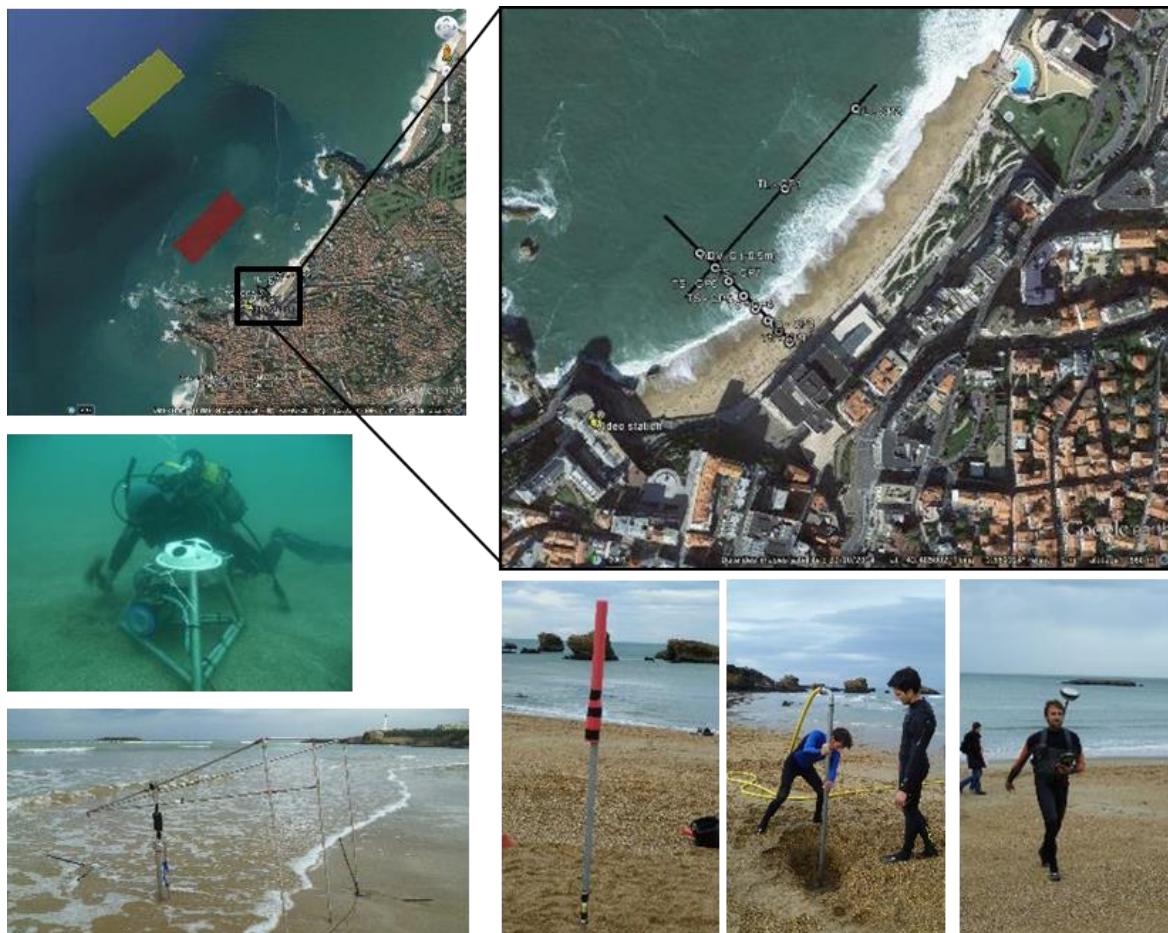
Fondeo de equipos durante la campaña de invierno de 2017

En todos los casos los equipos se fondearon en enero o febrero y se desfondearon 3 meses más tarde. Se fondeó un equipo fuera de la zona de rotura en temporales (en torno a los 15-20 m de profundidad), midiendo parámetros direccionales de oleaje y corrientes y otro equipo en torno al punto de rotura del oleaje en temporales (en torno a los 10 m de profundidad) midiendo la evolución de la superficie libre cada segundo en continuo. Tras el desfondeo se procedió a la descarga de datos y a su procesado para obtener series representativas de los parámetros de interés.



Altura de ola y periodo de pico en la playa de Biarritz durante los meses de enero a marzo de 2019.

Asimismo, se planteaba dentro de estas ventanas de seguimiento de tres meses, obtener información de alta resolución en la playa Biarritz durante un temporal, coincidente con pleamares vivas. Para ellos se definieron a priori una serie de ventanas con coeficientes de marea altos para cada invierno. Previamente a cada ventana de de mareas adecuadas se realizaba un seguimiento continuo de las previsiones para decidir si lanzar la campaña intensiva. AZTI ha participado activamente en el seguimiento previo para la toma de decisiones sobre la realización de las campañas, así como en la preparación y realización de estas.

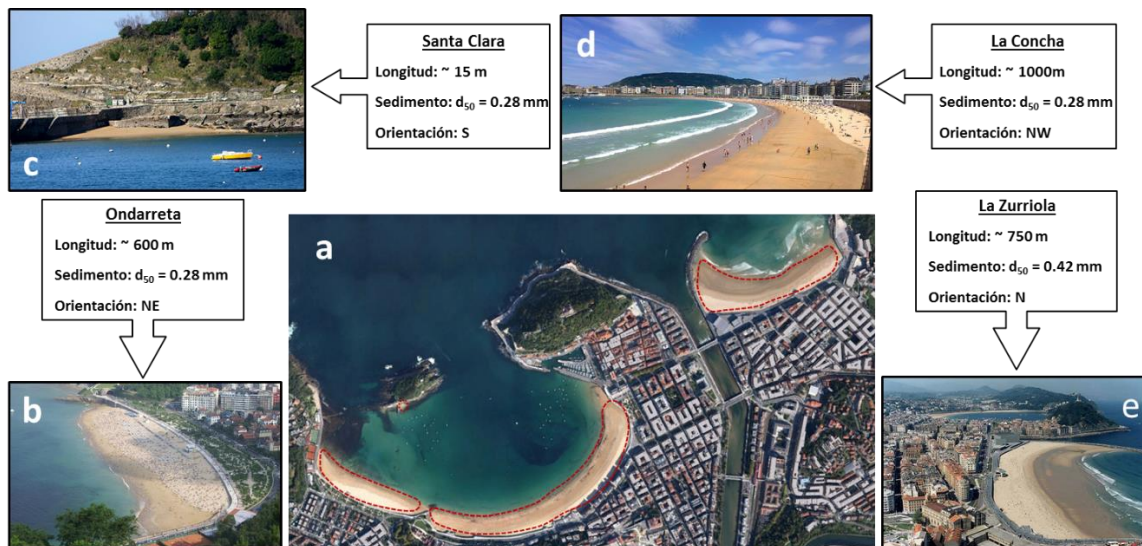


Resumen de la planificación y desarrollo de la campaña intensiva realizada en Biarritz

A.3.2 Modelización de los estados de la playa y de los efectos del cambio climático.

Desde AZTI el desarrollo de esta acción se ha centrado en las zonas piloto de Donostia y Zarautz. Se ha realizado un análisis la variabilidad natural de la línea de costa en las distintas playas de ambas zonas de estudio, así como una proyección de la evolución de la línea de costa para distintos escenarios de aumento de nivel del mar.

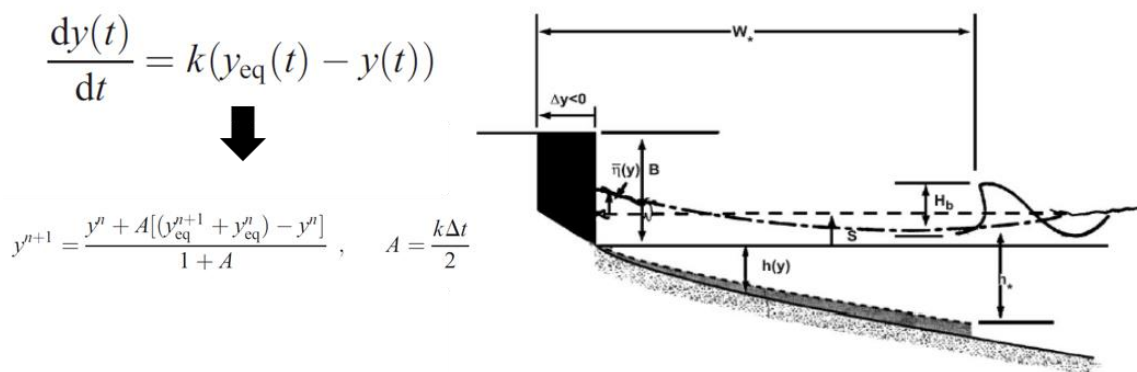
En el caso de la zona piloto de Donostia se han analizado las distintas playas del municipio, con resultados muy diferentes, al presentar las mismas diferentes condiciones de exposición al oleaje y características del sedimento.



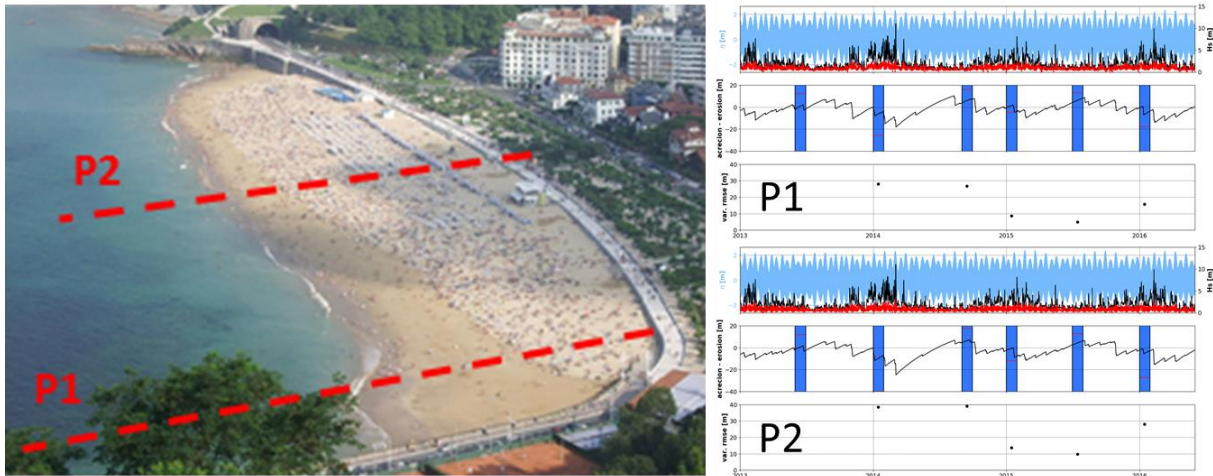
Playas analizadas en la zona piloto de Donostia.

De forma general la línea de costa tiende a acercarse a una posición de equilibrio de manera exponencial bajo condiciones de forzamiento (oleaje) constante. Para simular la evolución de la línea de costa se ha utilizado el modelo de Miller and Dean (2004). Este modelo permite obtener la evolución de la línea de costa asociada al forzamiento del oleaje, la marea astronómica y la marea meteorológica.

Este modelo, solo requiere de un parámetro de calibración (k) que permite ajustar la tasa de erosión/acreción de cada la playa. Para ajustar este parámetro se han utilizado las series de datos de las estaciones de videometría de Ondarreta así como distintas campañas topográficas realizadas en el marco de otros proyectos.

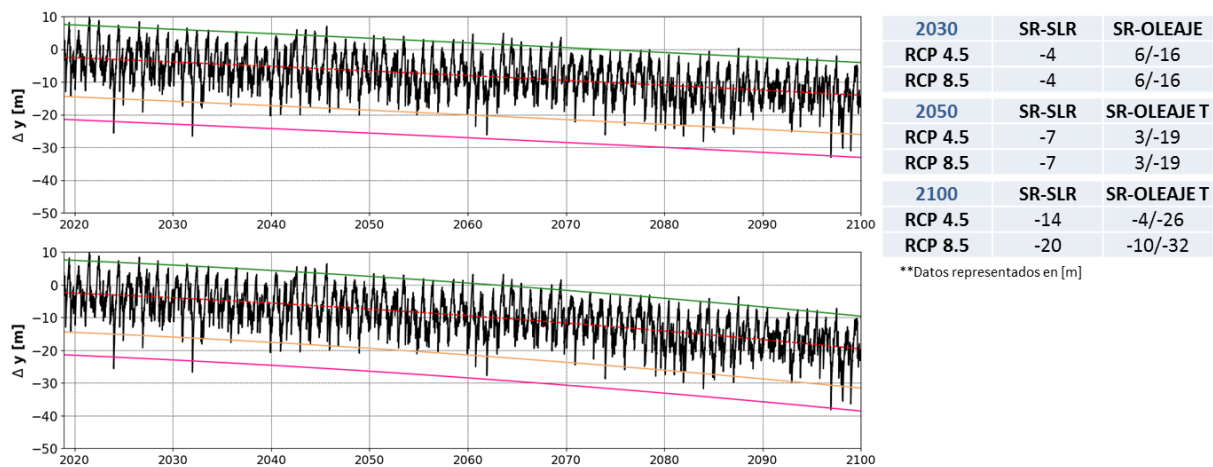


Miller, J.K., Dean, R.G., 2004. A simple new shoreline change model. *Coast Eng.* 51, 531–556.



Ajuste del modelo en la playa de Ondarreta

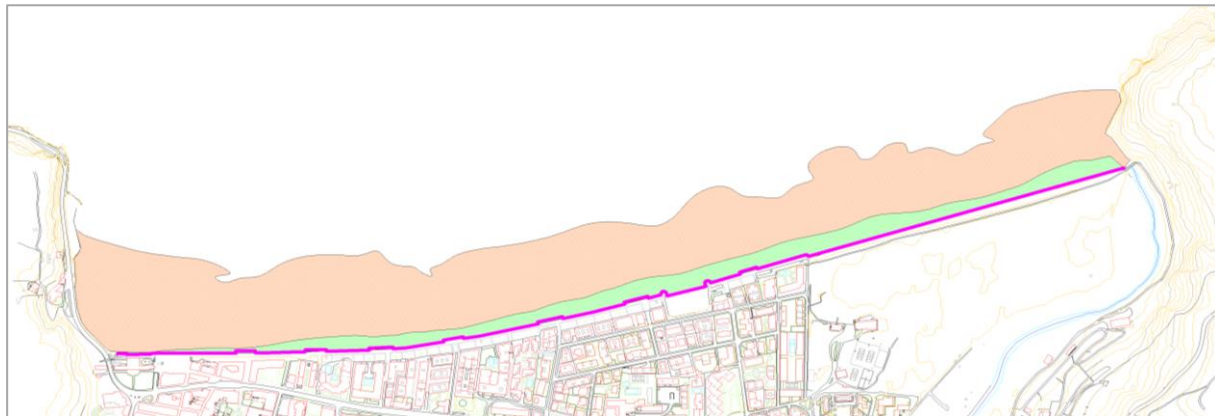
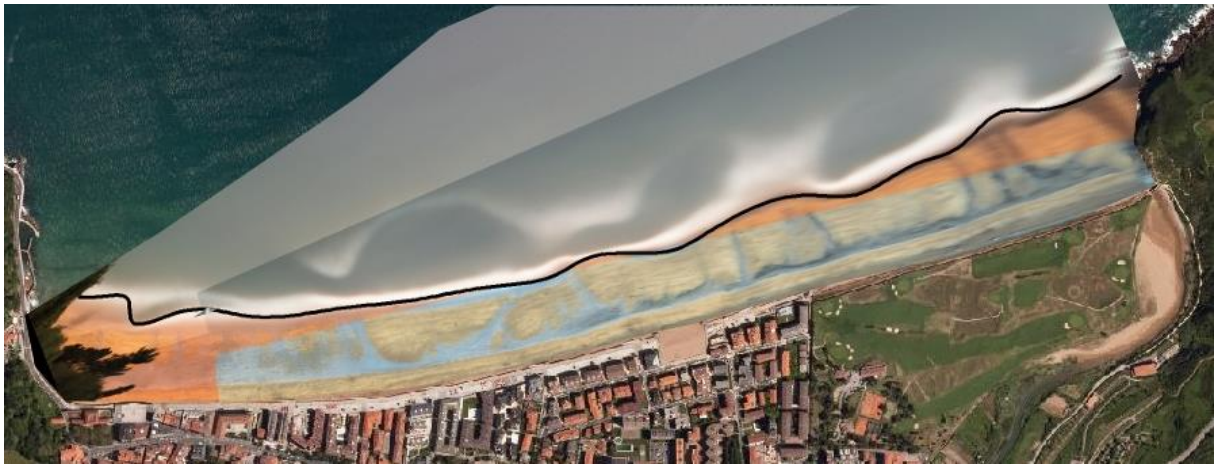
Una vez ajustada la tasa de erosión-acreción del modelo, para caracterizar la variabilidad natural de la línea de costa se ha utilizado la serie de reanálisis DOW (Downscaling Ocean Waves, IH Cantabria 2011) que cubre 60 años desde 1958 hasta 2018. Con estos datos e incluyendo la tasa de evolución del ascenso del nivel del mar que dan los distintos escenarios climáticos, se puede obtener la evolución de la posición media de la línea de costa así como del los distintos percentiles de medios y extremos de variabilidad.



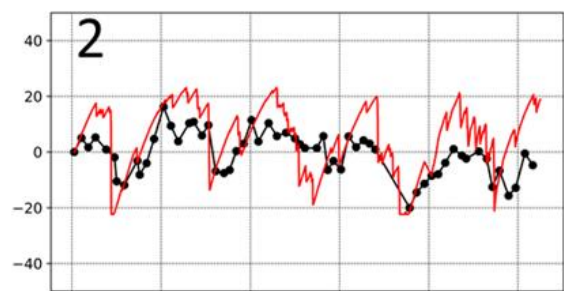
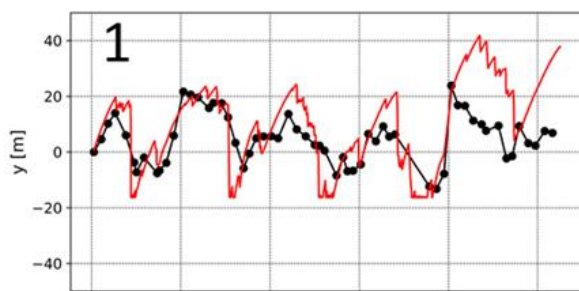
Proyecciones de evolución de la línea de costa, incluyendo el efecto del ascenso del nivel del mar.

En el caso de **la zona piloto de Zarautz** se ha realizado el ajuste del modelo con un mayor numero de datos al existir una serie de datos de videometría de mas de 9 años.

Así se ha digitalizado la posición de la línea de pleamar y bajamar medias representativa mensual de toda la serie de datos.



Definición de la línea de pleamar y bajamar medias en la playa de Zarautz a partir de imágenes orthorectificadas de la estación de videometría.

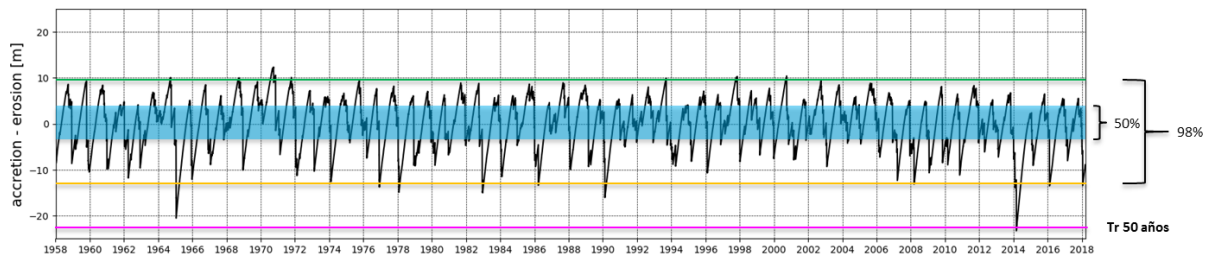


Definición de transectos de validación del modelo de evolución de línea de costa en la playa de Zarautz.

A.3.3 Definición de indicadores locales de ayuda a la gestión:

Definición de un indicador de RIESGO DE EROSIÓN:

A partir de las herramientas descritas en el apartado anterior se ha reproducido la evolución de la línea de costa a partir de la base de datos DOW. Con estos datos se analiza el régimen medio y external de la posición de la línea de costa.



Variabilidad natural de la línea de costa en la playa de Zarautz.

Se define la posición más erosiva con un periodo de retorno asociado de 50 años como el valor del 100%. En base a esto se definen distintas bandas de retroceso asociado a distintos porcentajes del valor máximo definido, quedando los diferentes niveles de riesgo del siguiente modo:

VERDE: < 40%

AMARILLO: 40-60%

NARANJA: 60-80%

ROJA: > 80%

Definición de un indicador de riesgo de agitación portuaria:



Ejemplo de situación extrema de agitación portuaria en Bermeo.

En diciembre de 2016 la DAEM instalo un mareógrafo de alta frecuencia en el Puerto de Bermeo con el objetivo de monitorizar los movimientos de la lamina de agua y poder analizar la magnitud de los eventos de agitación.

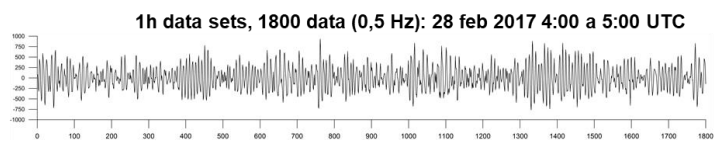


Ubicación del mareógrafo de alta frecuencia de Bermeo

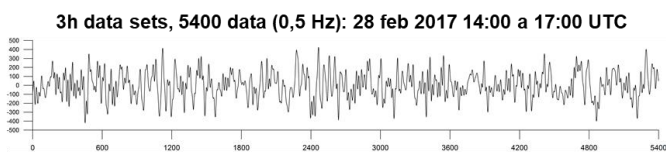
El mareógrafo mide en continuo con una frecuencia de 0,5 Hz. Esta serie continua permite realizar un análisis de la agitación a distintas escalas temporales. De manera general se filtra la señal para separar, el oleaje, la agitación infragravitatoria, y la evolución del nivel del mar asociado a la marea astronómica y meteorológica.

Series de datos:

- $T < 30''$ = oleaje

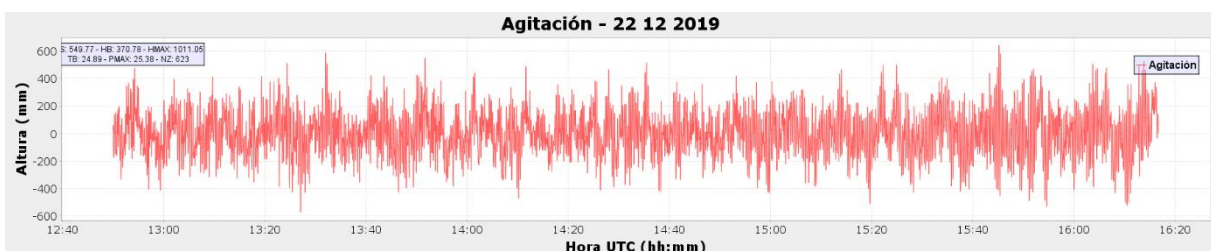


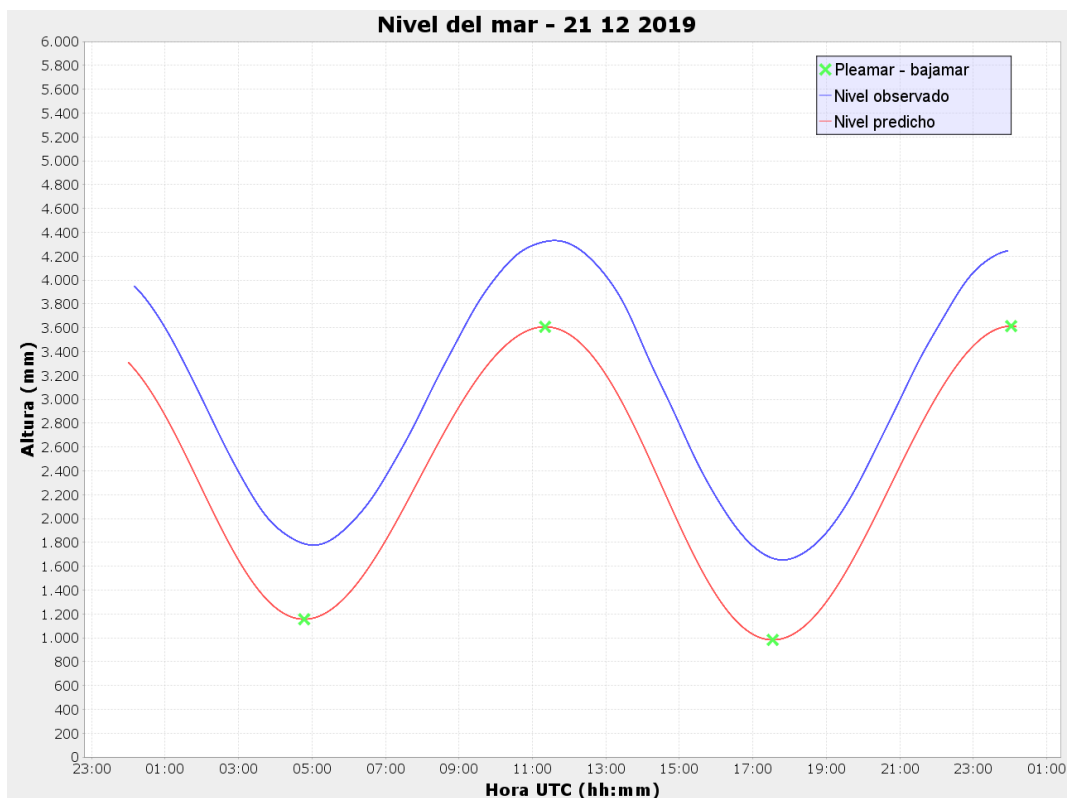
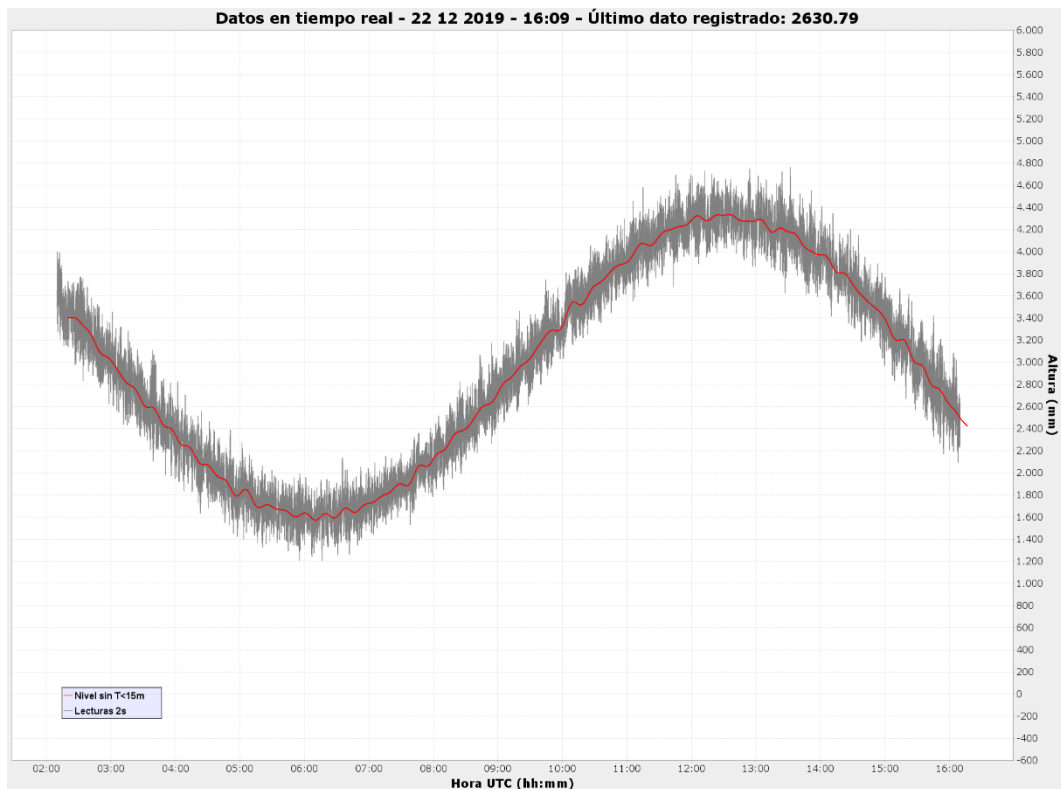
- $30'' < T < 15 \text{ min}$ = infragravedad



- Nivel del mar asociado a la marea astronómica y meteorológica

Estos datos se procesan en tiempo real generándose diferentes graficas.

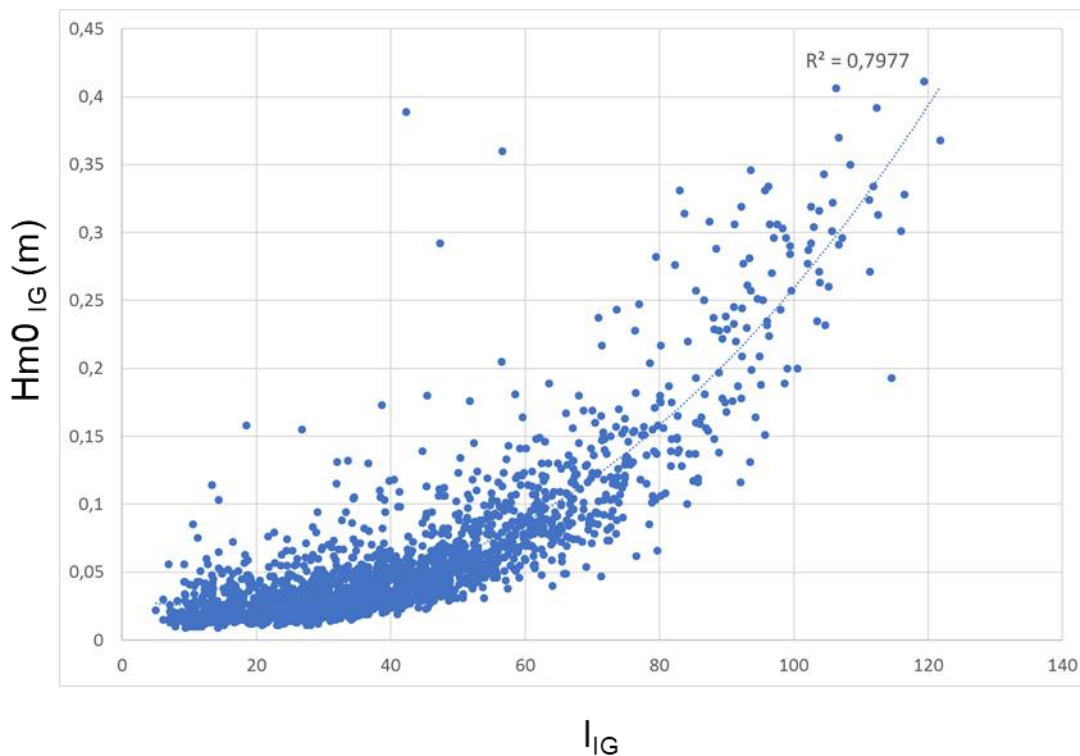




Asimismo se ha realizado un análisis específico de la parte asociada a la agitación infragravitatoria (parte de la señal con periodos comprendidos entre los 30 seg. y los 15 minutos), consiguiéndose un buen ajuste entre la H_{m0} y un indicador de energía asociada a la banda infragravitatoria que se define como:

$$I_{IG} = T_p \sqrt{g \cdot H_{sc}}$$

$$\text{Siendo: } H_{sc} = H_s \sqrt{\cos(320 - \alpha)}$$



Correlación entre el indicador de energía de Infragravedad y la amplitud de la agitación

Corrientes extremas:

En base al valor del indicador de agitación y la amplitud de las oscilaciones asociadas, se definen diferentes niveles de riesgo asociados a la generación de corrientes en el puerto.

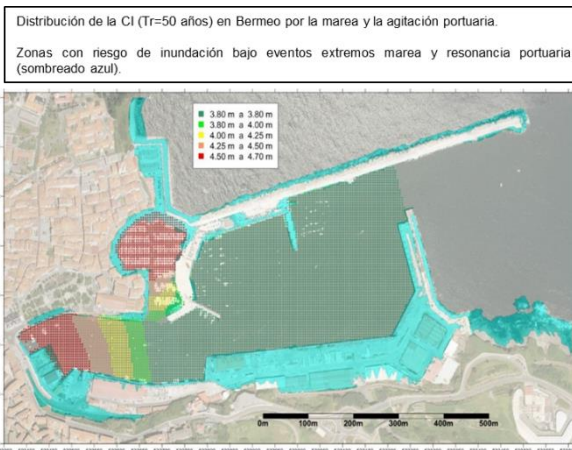
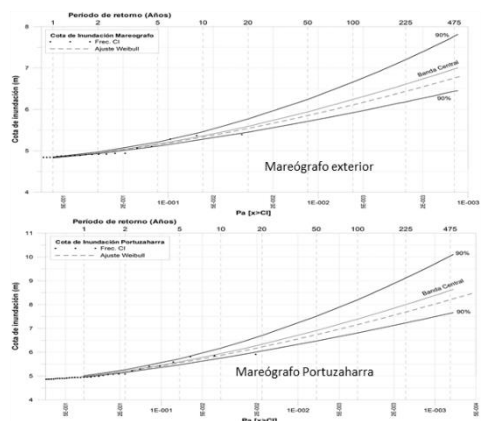
- Buenas condiciones: $I_{IG} < 80$
- Aviso amarillo: $80 < I_{IG} < 120$
- Alerta naranja: $120 < I_{IG} < 160$
- Alarma roja: $I_{IG} > 160$

Riesgo de Inundación:

Este ajuste ha permitido además realizar una reconstrucción de la agitación infragravitatoria en el puerto de Bermeo de 18 años a partir de los datos de Altura de ola y periodo de pico del oleaje. Una vez definida la amplitud de la agitación se puede obtener la cota de inundación asociada al nivel del mar más la agitación:

$$CI = \text{Nivel del Mar} + 0,5 Hm0$$

Reconstrucción de la serie de CI (NM+H/2) 2000-2017



Reconstrucción y análisis extremal de la cota de la lamina de agua asociada a la acción conjunta de la marea y la agitación portuaria en el puerto de Bermeo.

Una vez definida la cota de inundación con una probabilidad de ocurrencia asociada a un Tr de 50 años, tomamos este valor como la referencia de un evento que inunda el 100% de la banda supra mareal adyacente a las dársenas portuarias. Se entiende como franja supramareal la comprendida entre la pleamar viva media (4,4 m) y la cota de inundación alcanzada por dicho evento y en esta se definen diferentes bandas asociadas a diferentes niveles de riesgo.

Verde: $C_i < 20\%$ (C_i Portuzaharra $< 4,9$ m)

Amarillo: $C_i > 20\%$ (C_i Portuzaharra $> 4,9$ m. Con 5,2 se desborda la dársena en la zona más habitual)

Naranja: $C_i > 40\%$ (C_i Portuzaharra $> 5,4$ m. Se desborda la dársena en casi todo el perímetro)

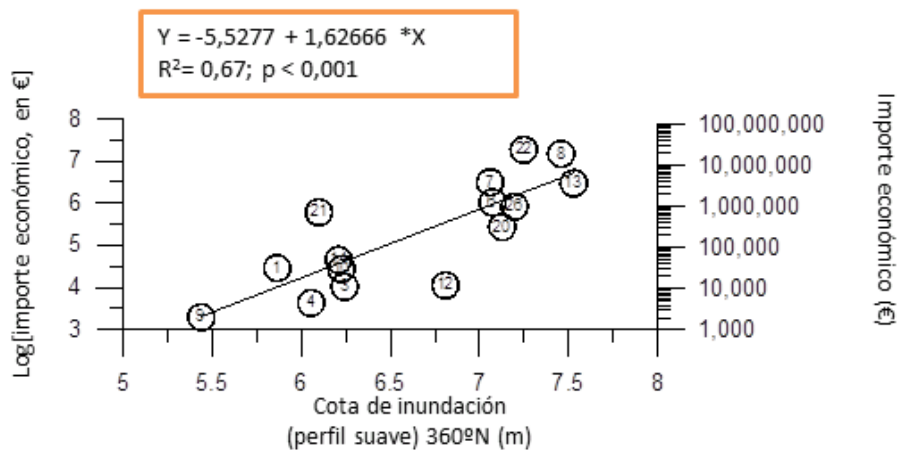
Rojo: $C_i > 60\%$ (C_i Portuzaharra $> 5,8$ m. Con 6,0 m el agua pasa de la dársena interior a la exterior)

NOTA: Como referencia, los eventos más intensos ocurridos en 2014 se situaron en un valor del C_i teórico comprendido entre el 60 y 70%

Indicador de riesgo de inundación por oleaje:

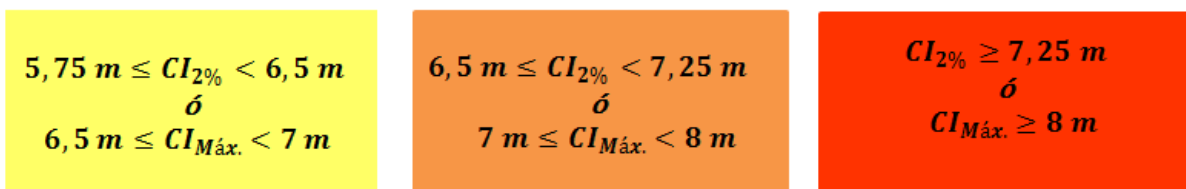
Tras el tremendo impacto producido por los temporales de 2014, la Dirección de Emergencias del Gobierno Vasco encargo a Tecnalia y AZTI desarrollar un sistema de predicción de daños asociados al oleaje. Para ello se contrastaron los datos de nivel del mar y oleaje con el volumen de los daños asociado a cada temporal para una serie de los últimos 10 años.

Finalmente se decidió que el parámetro que mejor caracterizaba el nivel de riesgo era la cota alcanzada por la lámina de agua sobre el talud de la costa (nivel de marea + run-up). Del mismo modo se vio que la mejor correlación entre la totalidad de los daños y la cota de inundación del oleaje se obtenía para una ubicación con una orientación Norte y una pendiente del perfil de costa suave (una playa).

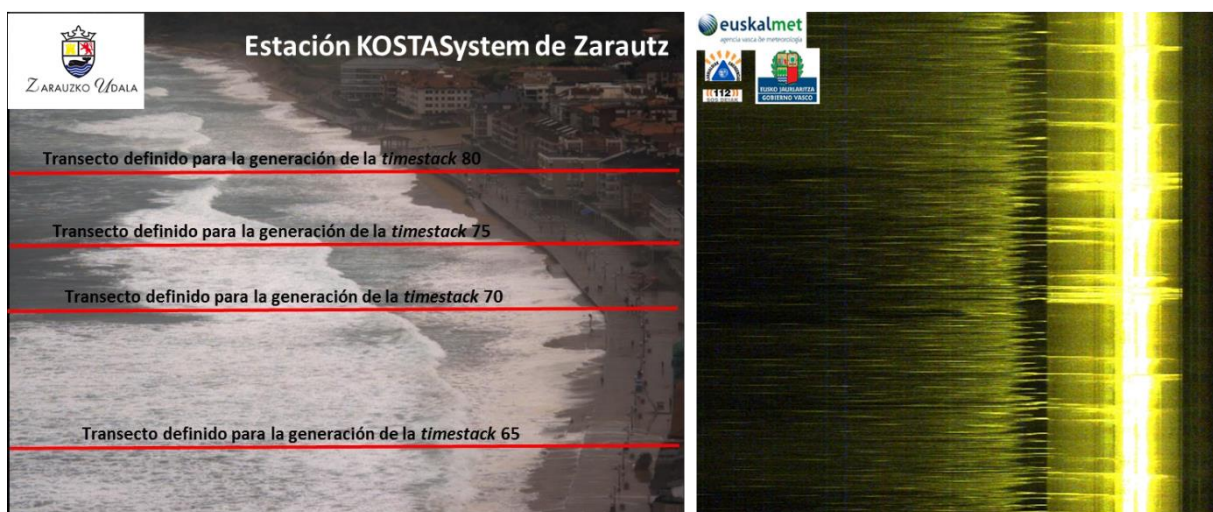


Correlación entre la cota de inundación asociada a la marea y el oleaje y los daños

En base a este indicador se definieron diferentes niveles de riesgo asociados a las cotas alcanzadas por la lamina de agua sobre este perfil de costa genérico. Para definir el nivel de riesgo se utilizaron tanto la cota superada por un 2% de las olas como la cota máxima esperada.

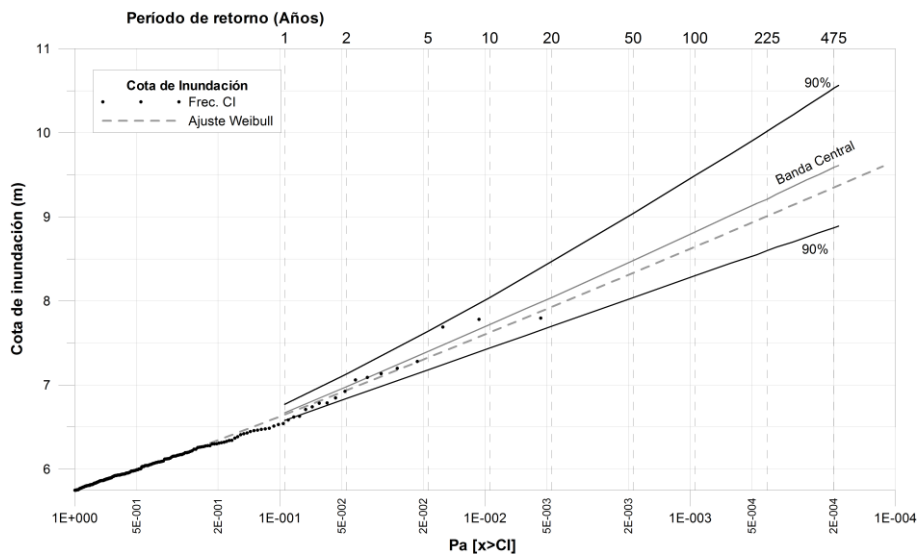


Durante el proyecto MAREA se ha trabajado en validar los niveles de inundación predichos en base a la información obtenida por la estación de videometría de Zarautz. Para ello se han definido diferentes transectos a lo largo del paso cuya cota coincide con los diferentes umbrales asociados a los distintos niveles de riesgo.



Definición de transectos de validación e imagen timestack del transecto de cota 6,5 m.

Asimismo, se ha realizado una reconstrucción del indicador de impacto en costa para los datos de la serie 2000-2017 de datos medidos de oleaje en aguas profundas y datos medidos de nivel del mar. Con estos datos se ha realizado un análisis extremal de la cota de inundación, lo que ha permitido una mejor definición del indicador de riesgo de inundación.



Tomamos el valor de la cota de inundación ($C_i2\%$) asociada a un periodo de retorno de 50 años, como la referencia de un evento que inunda el 100% de la banda supra mareal expuesta al oleaje. Se entiende como franja supramareal la comprendida en cada caso entre la pleamar viva media (4,5 m respecto al 0 de Pasaia) y la cota de inundación alcanzada por un evento con un periodo de retorno de 50 años (8,5 m).

Los índices de impacto en costa expresados en porcentaje de inundación de esta banda supramareal quedan así:

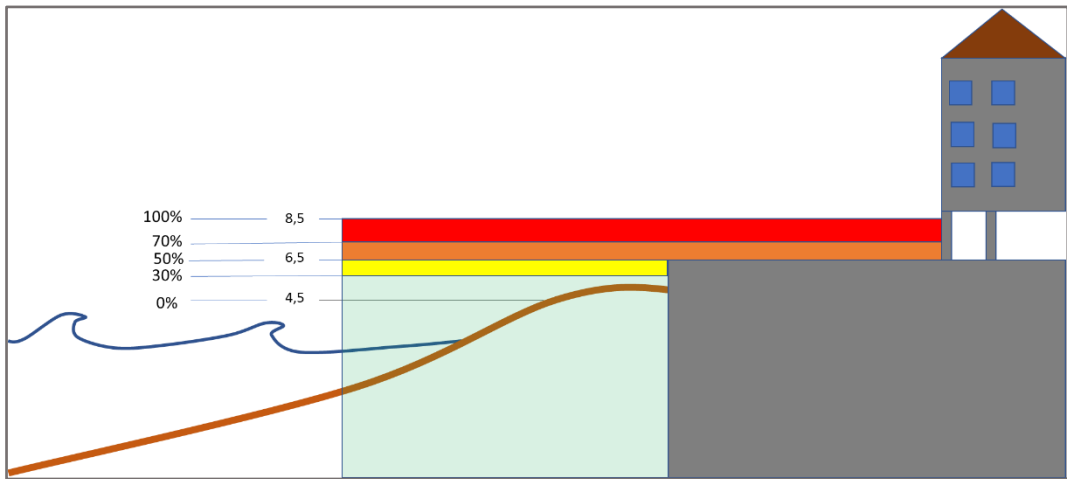
Verde: $C_i 2\% < 30\%$

Amarillo: $C_i 2\% > 30\%$ ó $C_i \text{ max} > 50\%$

Naranja: $C_i 2\% > 50\%$ ó $C_i \text{ max} > 70\%$

Rojo: $C_i 2\% > 70\%$ ó $C_i \text{ max} > 90\%$

NOTA: Como referencia, los eventos más intensos ocurridos en 2014 se situaron en un valor del $C_i 2\%$ de entre el 80 y 85% y una $C_i \text{ max}$ del 110%



Acción 4: Desarrollo de herramientas transfronterizas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión operativa de los riesgos costeros

A.4.1 Sistemas de observación:

Mejora del sistema de videometría:

Prestación de servicio para desarrollo informático que permite incluir cámaras con interfaz **Gigabit Ethernet** en el software SIRENA → se encargó este trabajo al desarrollador informático Tomas Sobota.

Este paso ha permitido dejar atrás la dependencia de sistemas con conectividad Firewire, que si bien en el pasado supuso un avance en cuanto al ancho de banda asociado en la actualidad es un sistema obsoleto en el que no se están realizando nuevos desarrollos y por lo tanto cada vez cuesta más encontrar componentes y los equipos no traen de serie dicha interface.

Posteriormente se ha trabajado en hacer compatible el software de captura con equipos con **procesadores ARM**. Esto ha permitido una reducción de consumos muy significativa, abriendo la puerta a la instalación de sistemas autónomos mediante energía fotovoltaica.

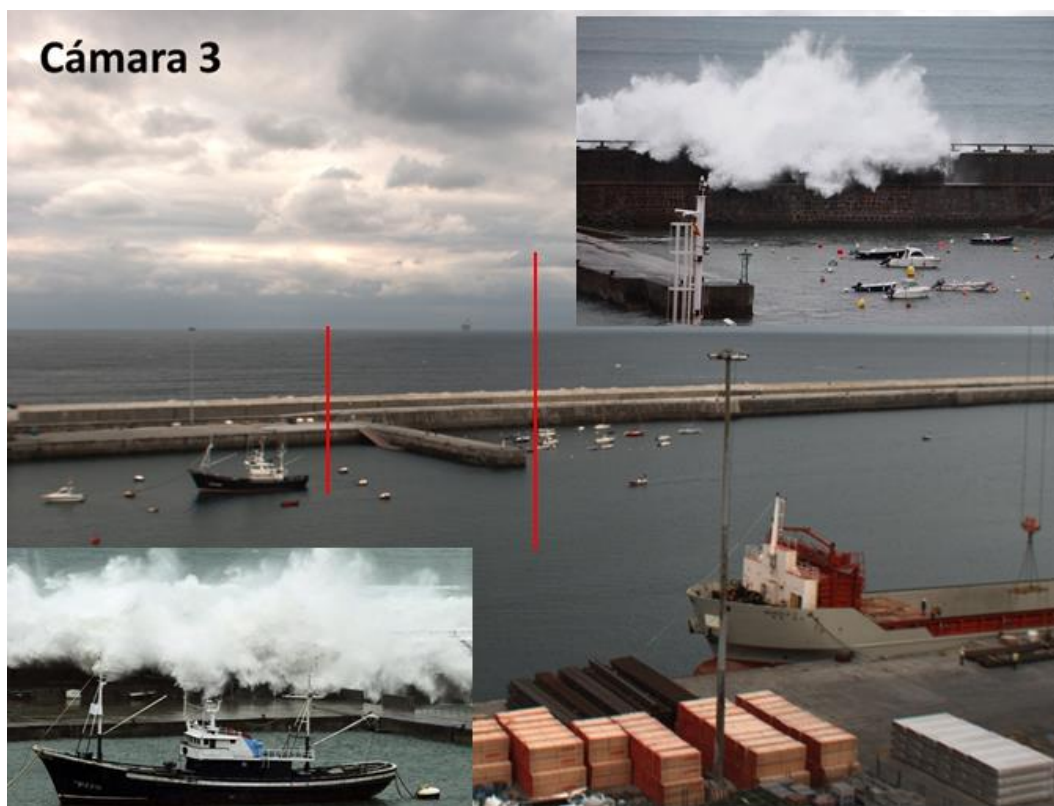
Instalación y puesta en marcha del sistema de videometría de Bermeo:



Ubicación y vistas de las 4 cámaras del sistema de videometría del puerto de Bermeo

Durante el año 2017 se realizaron las tareas previas de selección de la ubicación, tramitación de permisos y obra civil (incluida la acometida de toma de corriente) y finalmente en septiembre se realizó la instalación y puesta en marcha del sistema. El sistema consta de 4 cámaras que cubren distintos ángulos del puerto y esta situado en el interior de una caseta construida a tal efecto en una de las márgenes de la carretera de acceso al pueblo. El objetivo del sistema es monitorizar los procesos de agitación portuaria así como el rebase el oleaje en el dique de abrigo.

Para el **seguimiento del rebase** se han definido distintos transectos en las zonas mas sensibles al rebase del oleaje y en base a estos se realizan imágenes TIMESTACK con las que se puede hacer un seguimiento del número e intensidad de los rebases.



Definición de transectos (líneas rojas) para el seguimiento del rebase en el dique exterior del Bermeo.



Imagen TIMESTACK para el seguimiento del rebase en el dique de abrigo

Asimismo, para el seguimiento de la **agitación portuaria** se han definido distintos transectos que cubren las bocanas interiores y distintos puntos de las dársenas, permitiendo caracterizar tanto la agitación en forma de oleaje como las oscilaciones infragravitatorias.

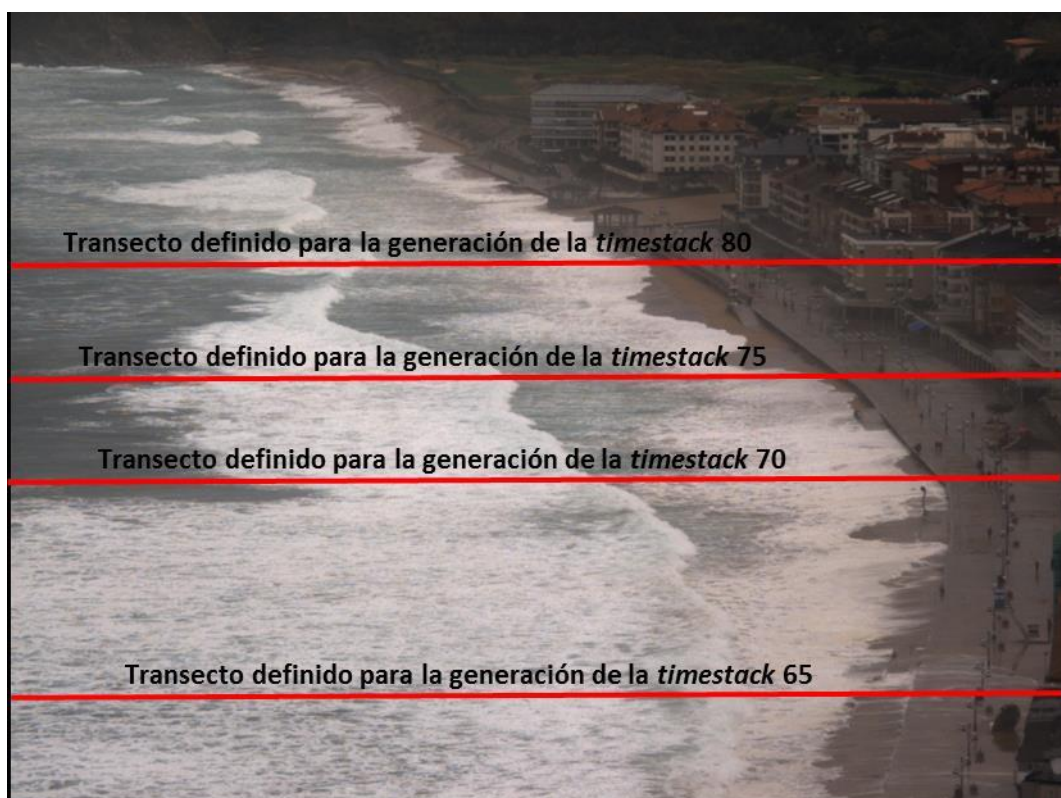


Transecto definido en la cámara 2 (línea roja) e imagen TIMESTACK resultante obtenida en la que se aprecian tanto los pulsos de corrientes de la bocana (en la parte inferior), la agitación del oleaje (en la zona central) y las oscilaciones infragravitatorias de mayor periodo en la dársena interior (parte superior de la imagen)

Sistema de videometría de Zarautz

La estación de videometría de Zarautz se instaló en 2010 y desde entonces ha estado generando información para diferentes aplicaciones. En el marco del proyecto MAREA se ha trabajado en el uso de la información para el seguimiento del impacto de los temporales en el entorno urbano y natural de la playa.

Como ya se ha comentado en el apartado de indicadores de riesgo de inundación se han definido diferentes transectos a lo largo del paseo, en puntos en los que este tiene cotas diferentes y por lo tanto diferente exposición a la inundación. Los transectos se han definido en cotas que coinciden con los diferentes umbrales de riesgo de inundación.



Transectos definidos a lo largo del paseo de Zarautz para el seguimiento del impacto de los temporales



Las bandas blancas observadas en la imagen de la derecha son eventos de inundación como el mostrado en la imagen de la izquierda.

Inicialmente se realizaba un seguimiento y una validación visual de los eventos en base al número de rebases observados en cada transecto en las imágenes TIMESTACK obtenidas en cada uno. Empezaron además a clasificarse los rebases en parciales o completos en función si estos cubrían la totalidad del paseo o solo una parte del mismo.

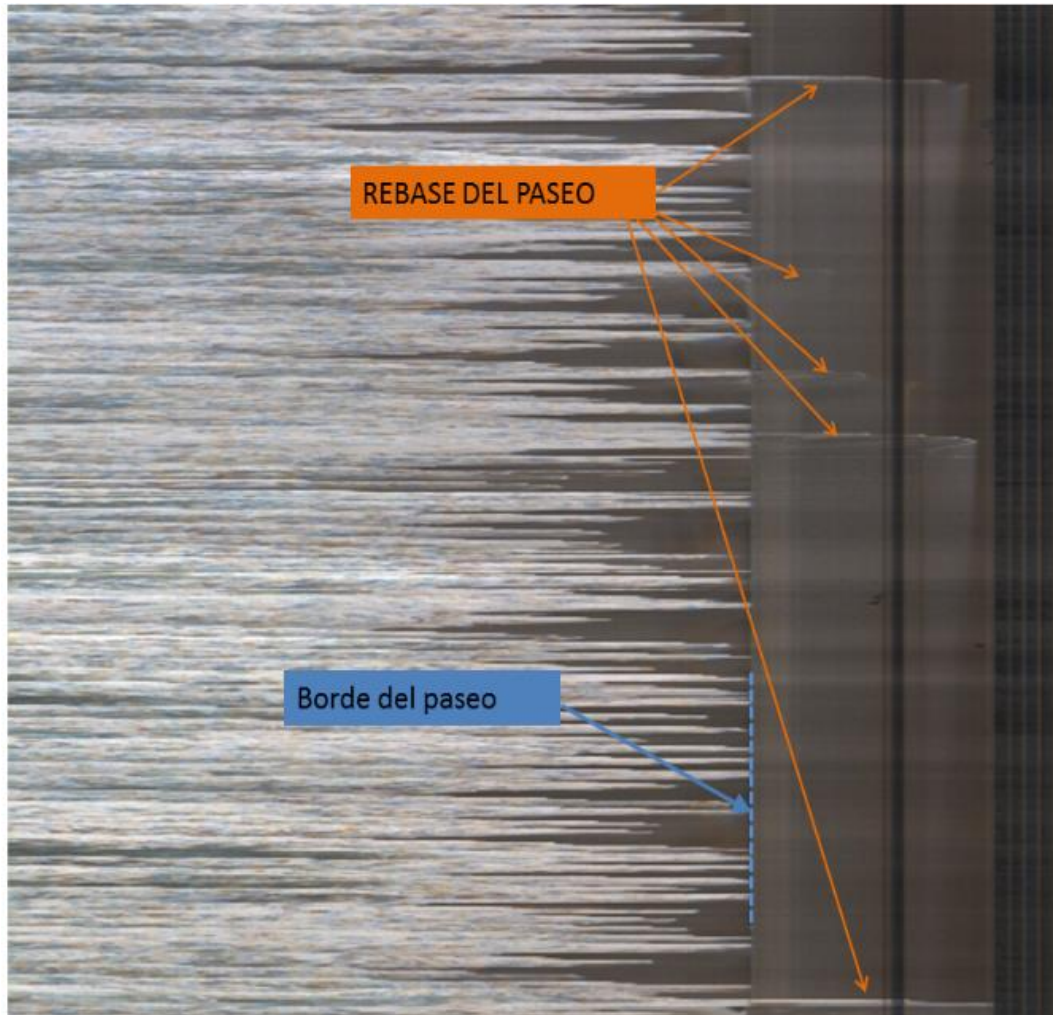
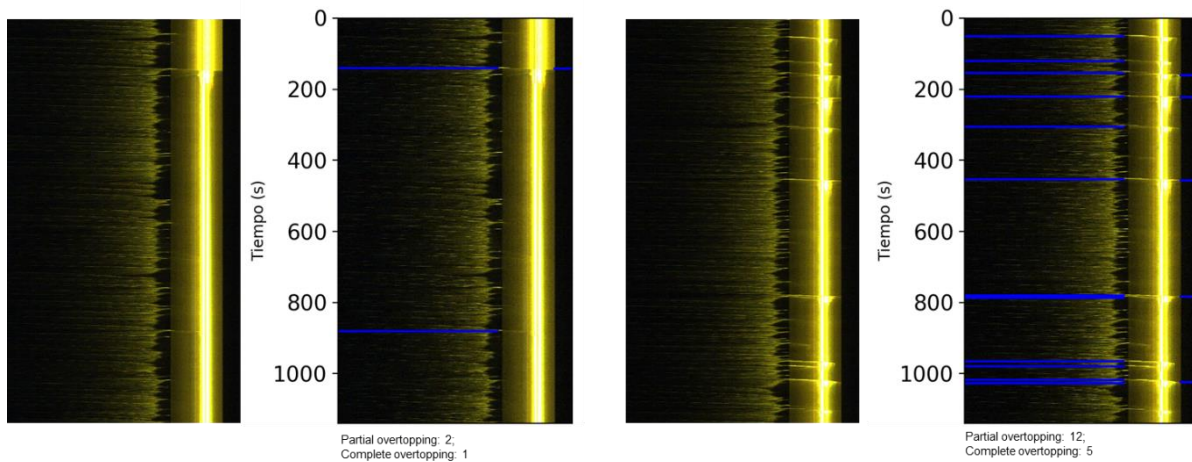
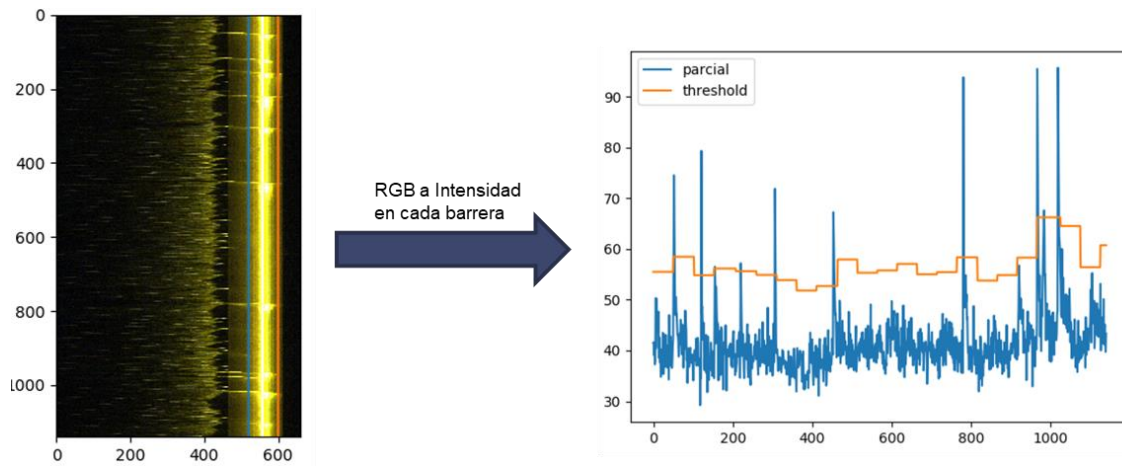


Imagen TIMESTACK en la que observan 5 rebases de los cuales, de arriba hacia abajo, los 4 primeros son parciales y el último rebase es completo.

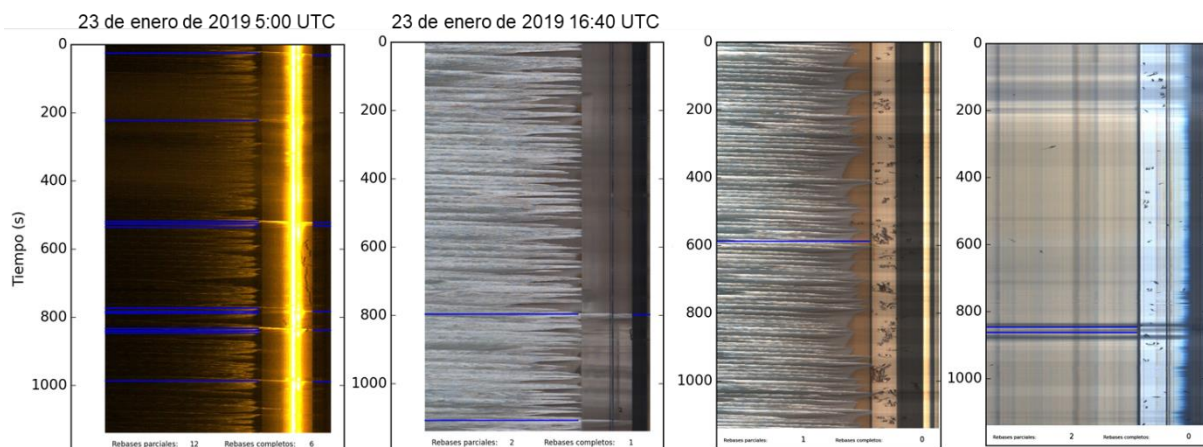
Sin embargo, ya desde el primer momento se vio factible trabajar para que la detección de los rebases en la imagen TIMESTACK pudiera ser automática. En el marco del proyecto MAREA se ha trabajado en esta línea con el área de Visión Artificial de Tecnalia por medio de un contrato de desarrollo realizado por el socio DAEM. La estación de desarrollo ha sido Zarautz, y AZTI ha trabajado tanto en el suministro de la información como en la validación e implementación de las soluciones.

El algoritmo desarrollado permite definir barreras en la imagen y detecta los rebases en base a eventos en los que la intensidad rebasa un threshold definido en una ventana móvil a lo largo de la misma. En la práctica se definen 2 barreras y se correlacionan los rebases en las mismas, siendo un rebase considerado total si se detecta en ambas barreras de manera consecutiva. El algoritmo también guarda el tiempo transcurrido en la detección entre ambas barreras que es considerado una medida adicional de la intensidad del rebase.



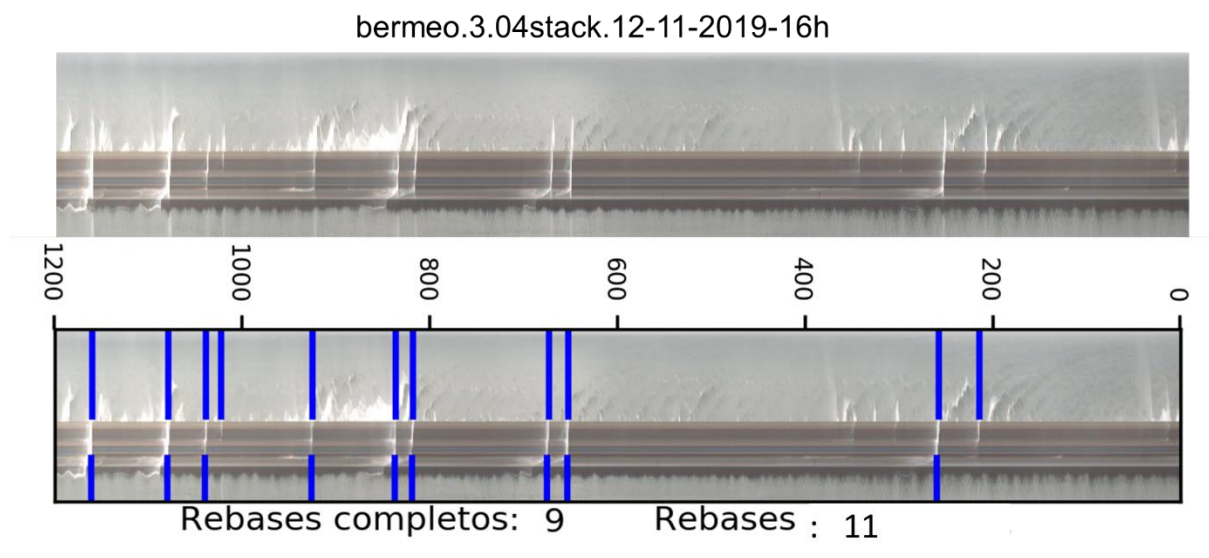
Ejemplos de rebases parciales y totales detectados en dos imágenes.

El algoritmo se encuentra instalado en forma operacional desde el invierno de 2018-2019, almacenándose en un ftp las imágenes en las que se detectan rebases para poder ser consultado de manera externa. Los resultados hasta la fecha son muy satisfactorios, aunque existen situaciones que dan lugar a falsos positivos.



Imágenes de rebases ocurridos durante la pleamar de la madrugada y la tarde del temporal ocurrido el día 23 de enero. A la derecha dos ejemplos de falsos positivos.

Con posterioridad a su entrada en funcionamiento en la detección del rebase en el paseo de Zarautz durante el otoño de 2019 se ha trabajado para extender su aplicación a la detección del rebase en el dique de abrigo de Bermeo. Los resultados han sido muy buenos y actualmente se encuentra funcionando también en operacional.



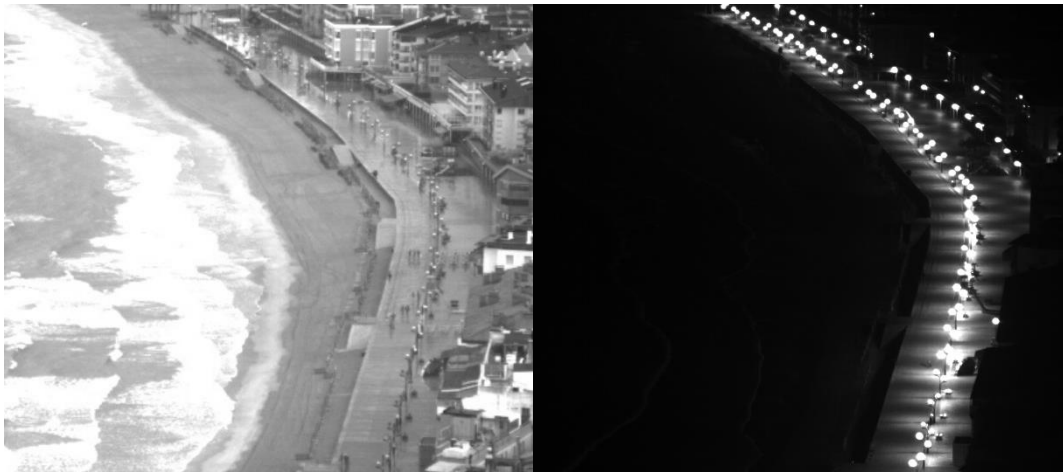
Ejemplo de detención de rebases en Bermeo durante el temporal ocurrido el 12 de noviembre.

Remodelación de la estación de videometría de Zarautz

Como ya se ha comentado la estación de Zarautz se puso en marcha en 2010. En el marco del proyecto MAREA se ha trabajado en adaptar el sistema de videometría con el que se venía trabajando para incluir cámaras con interface gigabit ethernet, así como procesadores ARM. Esto permite incluir nuevas cámaras con mejores prestaciones y procesadores mas pequeños con un mejor rendimiento y menor consumo. Durante la fase final del proyecto se ha trabajado en rediseñar los componentes de la estación de Zarautz para sacar el máximo partido a estos avances. La nueva estación se instaló en mayo de 2019 y cuenta con 2 cámaras de 5 megapíxeles (frente a las 4 cámaras utilizadas anteriormente) que cubren toda la zona de interés con una resolución igual o mejor que las antiguas. Asimismo, se ha incluido una cámara NIR (near infrared) que mejora las prestaciones especialmente en condiciones nocturnas. Esto permite hacer un seguimiento del impacto de los temporales durante las 24 horas.



Vista del nuevo poste y equipos de la estación de videometría de Zarautz

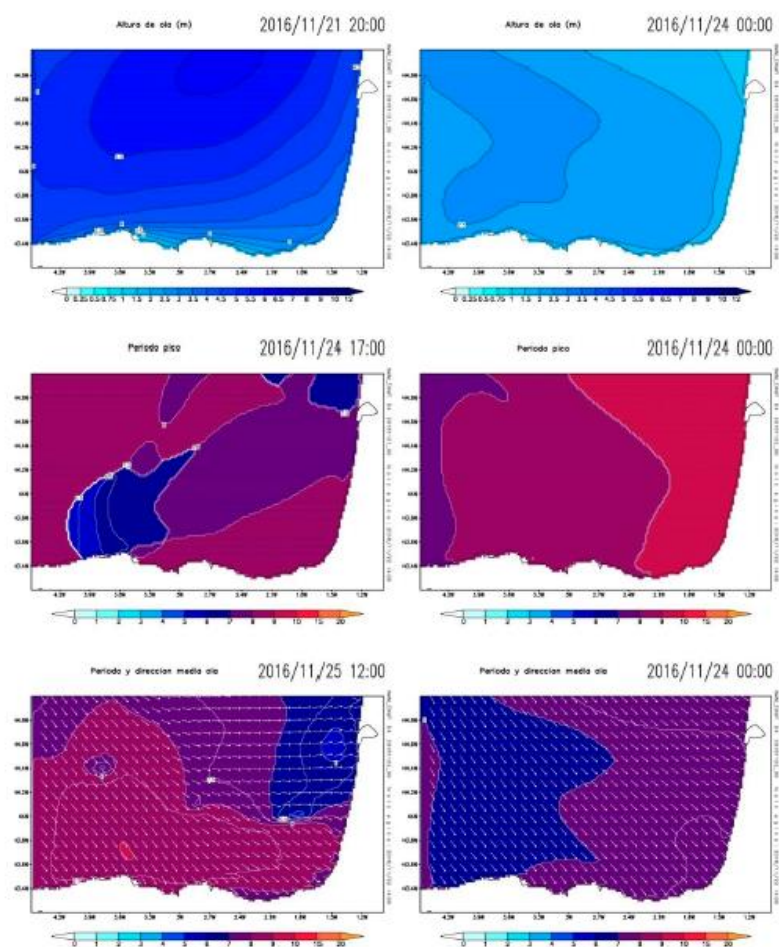


Imágenes de la nueva cámara NIR de la estación de Zarautz

A4.2 Modelos numéricos

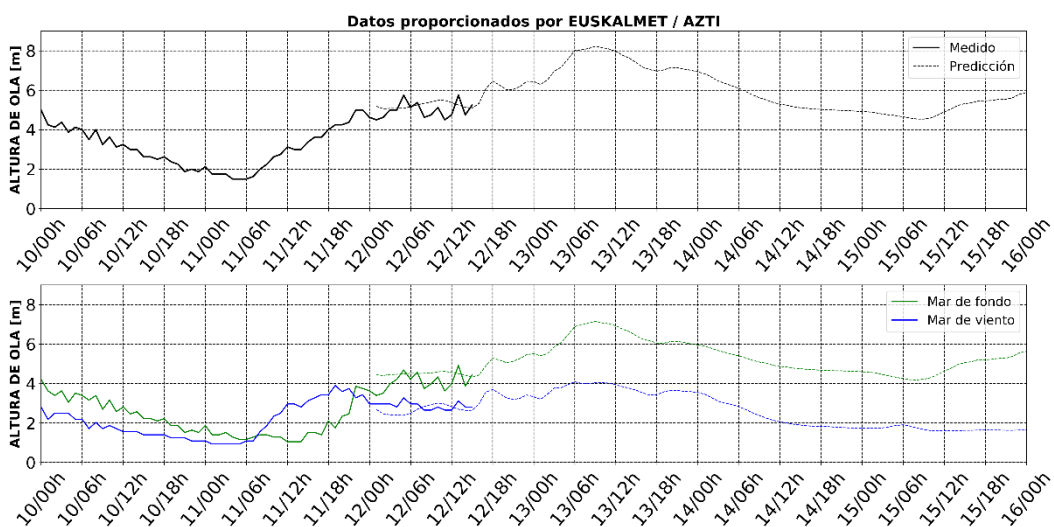
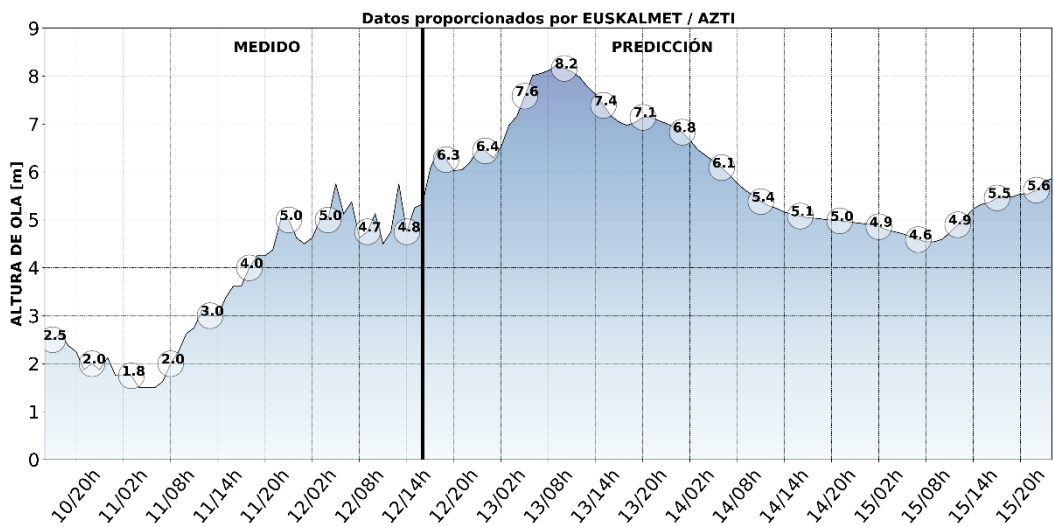
Implementación modelo WAM:

En el marco del proyecto MAREA se transfirió a Euskalmet un modelo WAM, desarrollado y puesto a punto previamente por AZTI, para su puesta en operacional con forzamiento meteorológico propio. Este modelo que se encuentra operativo desde noviembre 2016 permite un mejor seguimiento de los procesos locales a escala del SE del Golfo de Bizkaia.



Ejemplos de mapas incluidos en la intranet. Altura de ola, Periodo pico, periodo medio y dirección de oleaje.

A partir de las salidas de este modelo se ha ido generado distintos productos tanto de previsión como de validación que actualmente puede ser consultados a través del portal www.euskoos.eus



Gráficos de previsión y validación de las salidas del modelo WAM en el nodo mas cercano al punto de la boya de aguas profundas de Euskalmet junto a los datos medidos por dicha boya.

Acción 5: iniciar una cultura del riesgo en la costa vasca

En lo referente a esta tarea Personal de AZTI participó en el primer taller sobre cultura del riesgo, celebrado en septiembre de 2017.