FUERTEVENTURA

DICIEMBRE 2014

**DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA**

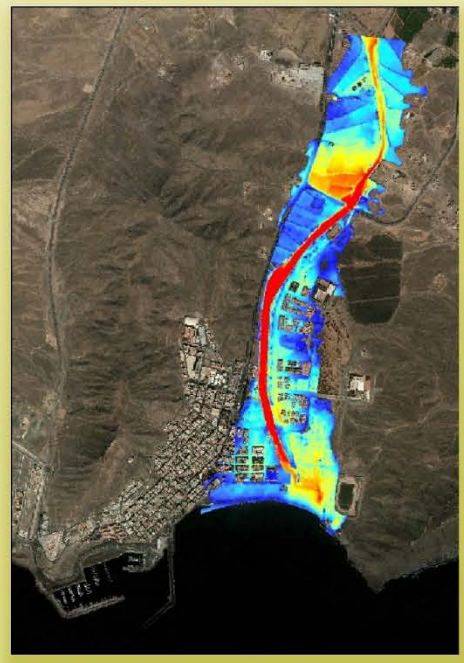
CONSEJO INSULAR DE AGUAS

Firmado digitalmente por: SUAREZ BOSA BEATRIZ DNI 42889434T
Motivo: Diligencia para hacer constar que el presente documento ha sido aprobado definitivamente por acuerdo de la Junta General del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura en sesión extraordinaria celebrada el 16 de marzo de 2015.
Localización: CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE FUERTEVENTURA, 18-03-2015
Fecha y hora: 16.04.2015 15:11:53

# MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN

**Referencia:** MPYR - FV
**Ámbito:** Insular
**Trámite:** Aprobación Definitiva

**Índice de documentos:**
**Documento de Aprobación**
**PARTE I:**
MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS *ARPSIs FLUVIALES*
**PARTE II:**
MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS *ARPSIs COSTERAS*
**ANEXO Nº1:**
ANÁLISIS Y CONCLUSIONES SOBRE RESULTADO DEL TRÁMITE DE CONSULTA PÚBLICA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA



**Documento:**
**MPYR – FV**
**APROBACIÓN DEFINITIVA**

# ÍNDICE

**1.- INTRODUCCIÓN .....2**

**2.- ÁMBITO TERRITORAL .....5**

**3.- CONCLUSIONES .....9**

**PARTE I**: MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGOS DE INUNDACIÓN DE LAS *ARPSIS FLUVIALES* (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA)

**PARTE II**: MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGOS DE INUNDACIÓN DE LAS *ARPSIS COSTERAS* (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA)

**ANEXO Nº1:** ANÁLISIS Y CONCLUSIONES SOBRE EL RESULTADO DEL TRÁMITE DE CONSULTA PÚBLICA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arpsi's de origen fluvial ..... 5

Tabla 2. Arpsi's de origen costero ..... 7

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Situación de las ARPSIs de origen fluvial de Fuerteventura. ..... 6

Fig. 2 Situación de las ARPSIs de origen costero de Fuerteventura..... 8

# 1.- INTRODUCCIÓN

El marco normativo de este trabajo está regido por la **Directiva 2007/60/CE de "Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación"**, que entró en vigor el 26 de noviembre de 2007, la cual obliga a los Estados Miembros, en su Capítulo II, a la realización de una **Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI)**, en todo el ámbito territorial de la Demarcación, según la cual se deben identificar las Áreas en las que exista un Riesgo Potencial Significativo de Inundación que se denominarán (ARPSIs).

Para cada una de las zonas identificadas, de acuerdo con la Directiva 2007/60/CE, se realizará un **Plan de Gestión del Riesgo** (antes del 22 de diciembre de 2015) basado en la elaboración de **Mapas de Peligrosidad y de Riesgo**. Esta Directiva fue traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el **Real Decreto 903/2010**, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Siguiendo lo previsto en el articulado del citado Real Decreto 903/2010, la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura elaboró el documento de Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación, designando las ARPSIs correspondientes al Drenaje Territorial (**ARPSIs Fluviales**). Este documento lo realizó la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura en colaboración con el Área de Aguas del Gobierno de Canarias, con la Asistencia Técnica de la empresa *CivilPort Ingenieros S.L.P.*

Paralelamente, y en base a lo previsto en el punto 1 del artículo 7 del Real Decreto 903/2010, se integró la Evaluación Preliminar de Riesgos de inundación de las **ARPSIs Costeras**, la cual fue elaborada por la **Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM), del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino** en colaboración con el Centro de Estudios de Puertos y Costas, dependiente del ***CEDEX***. Este documento elaborado por el *CEDEX*, se adjuntó como Anexo Nº6 a la memoria elaborada por la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura a través de *CivilPort Ingenieros S.L.P*, y así salió a Consulta Pública.

Con fecha 18 de noviembre de 2013, se tomó en consideración por parte de la Junta General del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura, el documento de Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, iniciándose un periodo de Consulta Pública que comenzó tras su publicación en el Boletín Oficial de Canarias (BOC 233) de 3 de diciembre de 2013. El plazo de Consulta Pública fue de tres (3) meses, finalizando el mismo el 3 de marzo de 2014.

Se recibieron un total de dos (2) sugerencias o alegaciones por parte del público interesado. Ambas entraron fuera del plazo establecido para la Consulta Pública, no obstante, fueron

abordadas en el correspondiente Informe sobre el resultado del trámite de Consulta Pública, en el también se incorporaron una serie de correcciones de oficio.

Posteriormente se procedió a la Aprobación Definitiva de la Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, reflejando dichos cambios en la documentación sometida a aprobación por parte de los órganos competentes.

Una vez redactada la Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación, fue necesario abordar los **Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación.**

Con fecha 2 de Junio de 2014, se tomó en consideración por parte de la Junta General del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura, el documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, iniciándose un periodo de Consulta Pública que comenzó tras su publicación en el Boletín Oficial de Canarias de 19 de Julio de 2014. El plazo de Consulta Pública fue de tres (3) meses.

La elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de las **ARPSIs Fluviales** le ha correspondido a la **Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura**, con la Asistencia Técnica de la empresa *CivilPort Ingenieros S.L.P*.

En base a lo previsto en el punto 1 del artículo 10 del Real Decreto 903/2010, se ha integrado los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de las **ARPSIs Costeras**, la cual ha sido elaborada por la **Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM), del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino** a través de la Asistencia Técnica de la empresa *Intecsa-Inarsa S.A.*

Tras el periodo de Consulta Pública de los Mapas, no se recibieron alegaciones o sugerencias por parte del público interesado.

Sí se recibieron seis (6) informes a las solicitudes de Consulta enviadas a las Administraciones y Organismos, de las cuales solo se ha tenido en cuenta a efectos de cambios con respecto al documento que ha salido a Consulta Pública:

- **Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias**. Se ha corregido en la Memoria y en los Mapas la denominación relativa a las Zonas de Especial Conservación (en lugar de LIC's se han denominado ZEC's siguiendo lo establecido en la Orden ARM/2417/2011 y en el Decreto 174/2009). Igualmente se ha introducido en el apartado de Bibliografía de la Memoria, la referencia al Plan Territorial por Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA).

Por tanto, se continúa el procedimiento de aprobación de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, reflejando dichos cambios en la documentación sometida a aprobación por parte de los órganos competentes.

## 2.- ÁMBITO TERRITORAL

La Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, comprende todo el territorio de la isla, así como las aguas costeras asociadas.

Fuerteventura está clasificada dentro de las demarcaciones intracomunitarias españolas siendo los límites geográficos de la demarcación los mismos que los de la propia isla y sus aguas costeras, según la Ley 10/2010, de 27 de diciembre, de Modificación de la ley Territorial 12/1990, de 26 de julio, de Aguas.

En este ámbito, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación identificó 7 ARPSIs fluviales (Drenaje Territorial), que son ahora objeto de un análisis detallado para la determinación de los mapas de peligrosidad y riesgo respectivos. Se trata de:

| ISLA | ARPSI´s | NOMBRE | L (m) |
|---|---|---|---|
| FUERTEVENTURA | ES_122_ARPSI_0027 | Bco. de Gran Tarajal | 2.505 |
| | ES_122_ARPSI_0028 | Cuenca Endorreica Lajares | 1.607 |
| | ES_122_ARPSI_0029 | Cuenca Endorreica La Oliva | 2.992 |
| | ES_122_ARPSI_0030 | Bco. de Tetir | 3.171 |
| | ES_122_ARPSI_0031 | Bco. de Las Playitas | 923 |
| | ES_122_ARPSI_0032 | Bco. de Casillas del Ángel | 5.407 |
| | ES_125_ARPSI_0033 | Bco. de Los Varichelos | 541 |
| | | TOTAL: | 17.146 |

*Tabla 1. Arpsi's de origen fluvial*

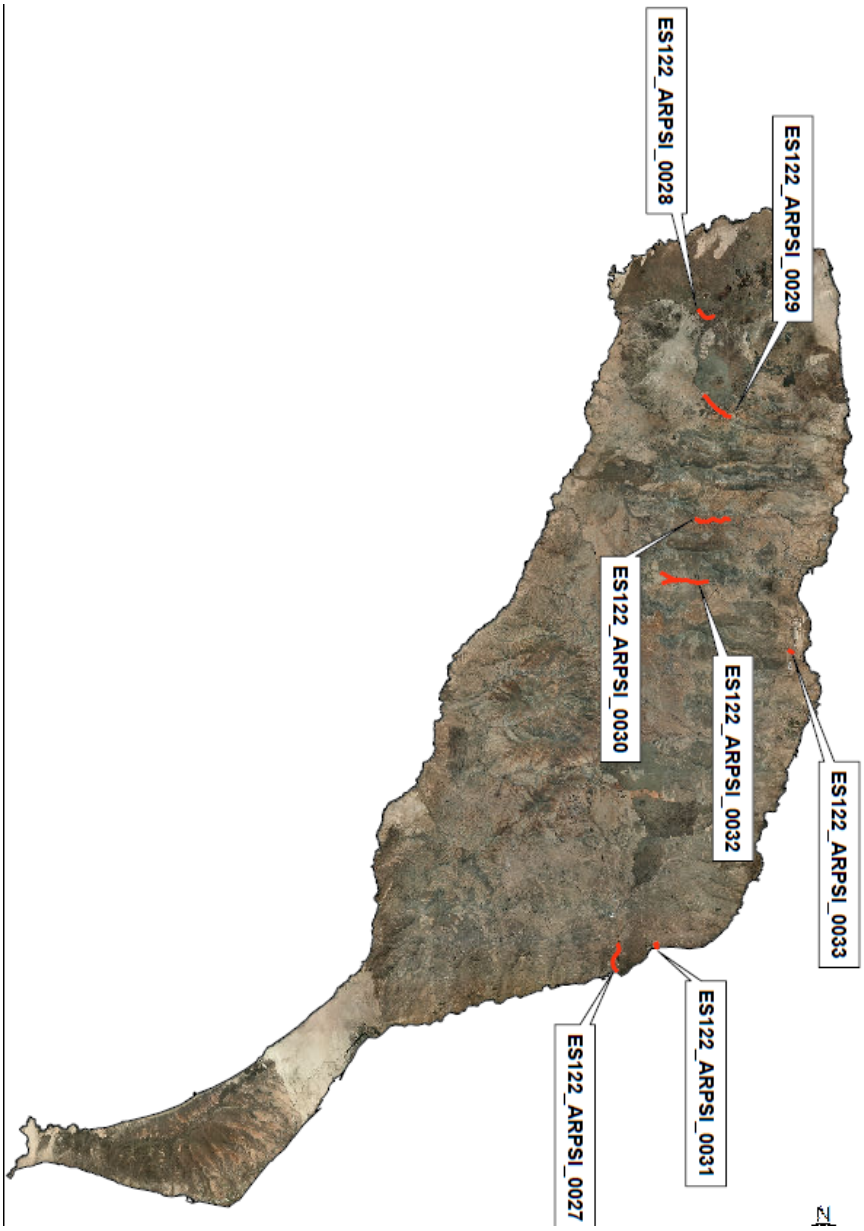



**Fig. 1 Situación de las ARPSIs de origen fluvial de Fuerteventura.**

En el ámbito de estudio la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar (DGSCM) del MAGRAMA identificó también 26 ARPSIs por inundación litoral, que se resumen a continuación:

| ISLA | ARPSI´s | NOMBRE |
|---|---|---|
| FUERTEVENTURA | ES_122_ARPSI_0001 | La Oliva |
| | ES_122_ARPSI_0002 | Corralejo |
| | ES_122_ARPSI_0003 | Oliva Beach |
| | ES_122_ARPSI_0004 | Puerto Lajas |
| | ES_122_ARPSI_0005 | Faro Puerto del Rosario y Central Térmica |
| | ES_122_ARPSI_0006 | El Charco- Puerto del Rosario |
| | ES_122_ARPSI_0007 | Los Pozos- Puero del Rosario |
| | ES_122_ARPSI_0008 | Parador de Fuerteventura |
| | ES_122_ARPSI_0009 | Fustes - Puerto deportivo |
| | ES_122_ARPSI_0010 | Fuerteventura Golf Club |
| | ES_122_ARPSI_0011 | Casas de Pozo Negro |
| | ES_122_ARPSI_0012 | Las Playitas -Playa del pajarito |
| | ES_122_ARPSI_0013 | Gran Tarajal |
| | ES_122_ARPSI_0014 | Giniginamar |
| | ES_122_ARPSI_0015 | Tarajalejo |
| | ES_122_ARPSI_0016 | La Tajita y Barranco del Tarajal de Sancho |
| | ES_122_ARPSI_0017 | Bahía Calma |
| | ES_122_ARPSI_0018 | Los Albertos |
| | ES_122_ARPSI_0019 | Los Verodes |
| | ES_122_ARPSI_0020 | Las Gaviotas |
| | ES_122_ARPSI_0021 | Morro del Jable |
| | ES_122_ARPSI_0022 | Puertito de la Cruz |
| | ES_122_ARPSI_0023 | Ajuí - Puerto de la Peña |
| | ES_122_ARPSI_0024 | Puertito de los Molinos |
| | ES_122_ARPSI_0025 | El cotillo y Urb. Los Lagos |
| | ES_122_ARPSI_0026 | Majanichio |

*Tabla 2. Arpsi's de origen costero*

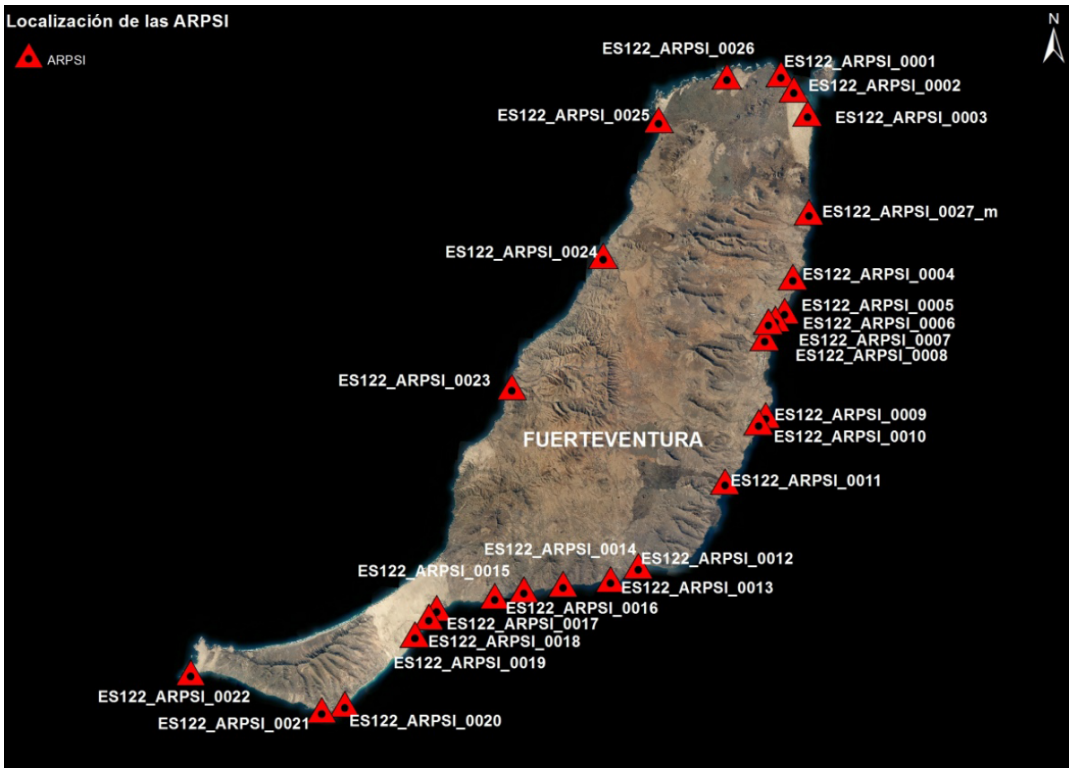



**Fig. 2 Situación de las ARPSIs de origen costero de Fuerteventura.**

Durante la fase de elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de las ARPSIs Costeras, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar ha estimado la necesidad de incorporar una nueva Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación en la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, así como la modificación por reducción, ampliación o eliminación del tramo en estudio, lo cual se recoge en el Anexo denominado Parte II de este documento.

| ISLA | ARPSI´s | NOMBRE |
|---|---|---|
| FUERTEVENTURA | ES_122_ARPSI_0027_M | El Jablito |

*Tabla 3. Nueva Arpsi's de origen costero*

Según lo argumentado anteriormente, dado que se han producido determinados cambios en las ARPSIs costeras con respecto a las que se definieron en la Fase previa de Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación, éstas se han sometido a Consulta Pública en el mismo trámite que los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de las ARPSIs, de manera que tanto Administraciones u Organismos, como público interesado, han podido hacer las consideraciones que han estimado oportunas.

## 3.- CONCLUSIONES

Los aspectos indicados en los informes de consulta se han tomado en consideración, si bien no implican la necesidad de realizar modificaciones significativas al documento inicial de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación.

El Documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura), está compuesto por dos partes:

- **Parte I**: MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS ARPSIS FLUVIALES (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA).
- **Parte II**: MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS ARPSIS COSTERAS (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA).

Esta información obtenida de la elaboración de los Mapas, servirá de base para la futura redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación, según lo previsto en la Directiva 2007/60/CE.

FUERTEVENTURA

# PARTE 1:

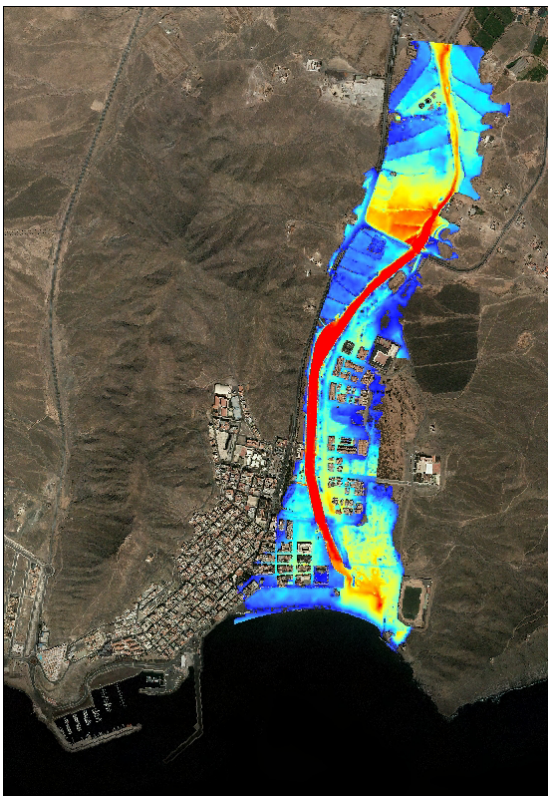
## MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS ARPSIs FLUVIALES

## (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA)

CONSEJO INSULAR
DE AGUAS

# MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA)

## - MEMORIA -



**CONSULTOR:**

CIVILPORT
INGENIEROS

# ÍNDICE

**1.- INTRODUCCIÓN .....7**

**2.- ÁMBITO TERRITORAL .....10**

**3.- METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD DE LAS ARPSIS DE ORIGEN FLUVIAL .....12**

3.1.- TOPOGRAFÍA.....12

3.2.- HIDROLOGÍA.....13

3.2.1.- DETERMINACIÓN DE CUENCAS TRIBUTARIAS.....13

3.2.2.- DETERMINACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES .....15

3.2.3.- DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....16

3.2.4.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE CÁLCULO. APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL. .....17

3.3.- HIDRÁULICA .....19

3.3.1.- TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN LIDAR .....19

3.3.2.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE USOS DEL SUELO. .....21

3.3.3.- GENERACIÓN DE GEOMETRÍA. .....22

3.3.4.- ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE CÁLCULO. .....23

3.3.5.- GENERACIÓN DE LA MALLA Y CÁLCULO. .....24

3.3.6.- POSTPROCESO Y EXPORTACIÓN DE LOS RESULTADOS. .....25

3.4.- AJUSTE DE LAS ZONAS INUNDABLES .....25

3.5.- ZONA DE FLUJO PREFERENTE.....27

3.6.- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO .....28

3.7.- INFORMACIÓN GRÁFICA.....28

**4.- METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE RIESGO DE LAS ARPSIS DE ORIGEN FLUVIAL .....30**

4.1.- POBLACIÓN AFECTADA.....31

4.2.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS AFECTADAS .....31

4.3.- PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA.....40

4.4.- ÁREAS DE IMPORTANCIA MEDIOAMBIENTAL.....40

4.5.- INFORMACIÓN GRÁFICA.....41

**5.- RESUMEN DE RESULTADOS.....42**

5.1.- ÁREAS INUNDABLES POR TÉRMINO MUNICIPAL .....42
5.2.- AFECCIÓN A LA POBLACIÓN .....42
5.3.- AFECCIÓN A LA ACTIVIDAD ECONÓMICA .....43
5.3.1.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0027 (BCO. DE GRAN TARAJAL).....44
5.3.2.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0028 (BCO. DE LAJARES).....45
5.3.3.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0029 (BCO. DE LA OLIVA.).....45
5.3.4.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0030 (BCO. DE TETIR.) .....46
5.3.5.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES120_ARPSI_0031 (BCO DE LAS PLAYITAS).....46
5.3.6.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0032 (BCO. DE CASILLAS DEL ÁNGEL) .....47
5.3.7.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0033 (BCO. DE VARICHELOS).....47
5.4.- AFECCIÓN A PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA Y ÁREAS PROTEGIDAS AMBIENTALMENTE .....48
5.4.1.- PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA AFECTADOS EN CADA ARPSI49
**6.- DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA.....57**

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arpsi's de origen fluvial..... 10
Tabla 2. Equiparación de Clasificación entre SIOSE y GRAFCAN. ..... 36
Tabla 3. Áreas inundables por término municipal..... 42
Tabla 4. Estimación de población afectada por término municipal..... 42
Tabla 5. Resumen valor de daños y riesgos. ..... 43
Tabla 6. Superficie afectada en $Km^2$ y porcentaje de las distintas actividades económicas... 44
Tabla 7. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0027 (Bco. de Gran Tarajal). ..... 44

Tabla 8. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0028 (Bco. de Lajares). ..... 45

Tabla 9. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0029 (Bco. de La Oliva)..... 45

Tabla 10. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0030 (Bco. de Tetir)..... 46

Tabla 11. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0031 (Bco. de Las Playitas). ..... 46

Tabla 12. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0032 (Bco. de Casillas del Ángel). ..... 47

Tabla 13. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0033 (Bco. de Varichelos). ..... 47

Tabla 14. Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 100 años. ..... 48

Tabla 15. Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 500 años. ..... 48

Tabla 17. ZEC y ZEPA en zonas inundables. ..... 49

Tabla 18. Bco. Gran Tarajal (T100). ..... 50

Tabla 19. Bco. Gran Tarajal (T500). ..... 50

Tabla 20. Bco. de Lajares (T100). ..... 51

Tabla 21. Bco. de Lajares (T500). ..... 52

Tabla 22. Bco. de La Oliva (T100). ..... 53

Tabla 23. Bco. de La Oliva (T500). ..... 54

Tabla 24. Bco. Las Playitas (T100)..... 54

Tabla 25. Bco. Las Playitas (T500)..... 54

Tabla 26. Bco. de Casillas del Ángel (T100). ..... 55

Tabla 27. Bco. de Casillas del Ángel (T500). ..... 55

Tabla 28. Bco. de Los Varichelos (T100). ..... 56

Tabla 29. Bco. de Los Varichelos (T500). ..... 56

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Situación de las ARPSIs de origen fluvial de Fuerteventura. ..... 11

Fig. 2 Datos LIDAR de GRAFCAN. ..... 13

Fig. 3 MDT05 PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España. ..... 14

Fig. 4 Flow direction..... 14

Fig. 5 Detalle del flow direction con punto de salida. ..... 14

Fig. 6 Cuenca obtenida en formato ráster. ..... 15

Fig. 7 Cuenca obtenida en formato vectorial. PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España..... 15

Fig. 8 Ejemplo de eliminación de un puente..... 21

Fig. 9 Mapa de usos del SIOSE. ..... 22

Fig. 10 Capa de coef de rugosidad..... 22

Fig. 11 Ejemplo de geometría utilizada en Iber. ..... 22

Fig. 12 Ej. de entrada de caudal..... 24

Fig. 13 Ej. de condición de salida (calado = 0 m)..... 24

Fig. 14 Condiciones iniciales. ..... 24

Fig. 15 Rugosidad..... 24

Fig. 16 Condiciones internas. ..... 24

Fig. 17 Estructuras: cubiertas..... 24

Fig. 18 Ejemplo de malla utilizada en Iber..... 25

Fig. 19 Detalle de la zona inundable del Barranco de Gran Tarajal para T = 100 años..... 27

Fig. 20 Detalle del mapa de calados del Barranco de Gran Tarajal para T = 100 años..... 27

Fig. 21 Zona de Alta Peligrosidad..... 28

Fig. 22 Clasificación del mapa de actividades económicas afectadas..... 32

Fig. 23 Mapa de ocupación del suelo de zona de detalle del Barranco de Gran Tarajal. ..... 37

Fig. 24 Mapa de actividades económicas de zona de detalle del Barranco de Gran Tarajal.. 37

Fig. 25 Coeficientes a aplicar sobre el valor inicial del riesgo. ..... 37

Fig. 26 Estimación económica en función del uso del suelo. ..... 38

Fig. 27 Clasificación de calados. ..... 39

Fig. 28 Mapa de Act. Económica. ..... 39

Fig. 29 Cruce resultante. ..... 39

# 1.- INTRODUCCIÓN

Por resolución de la Junta Gobierno del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura, y tras el preceptivo periodo de consulta pública, se aprobó la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) en la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura.

El objetivo de ese trabajo, enmarcado dentro de las obligaciones emanadas de la Directiva Europea 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y su trasposición al ordenamiento jurídico estatal mediante el Real Decreto 903/2010, fue la identificación razonada de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo por Inundación (ARPSIs) dentro del ámbito referido. Estas áreas engloban la mayor parte del riesgo potencial del territorio asociado a los episodios de inundación con origen fluvial (Drenaje Territorial) y costero, tanto en lo relativo a posibles pérdidas de vidas humanas como en lo referente a daños económicos y a la afección al medio ambiente.

Un adecuado análisis de la situación, que incluya la selección y diseño de las medidas más eficaces y sostenibles para la mitigación de los efectos adversos de las inundaciones, tanto estructurales como no estructurales, requiere de un detallado conocimiento del problema, lo que implica el desarrollo de los trabajos topográficos, hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos necesarios para la elaboración de los denominados **Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación**. La obtención de esta cartografía en los tramos de barrancos y costeros clasificados como ARPSIs es el objeto de la segunda fase de aplicación de la Directiva Europea de Inundaciones en esta Demarcación Hidrográfica, cuyos resultados se someten ahora a consulta pública.

Conviene aclarar en este punto, que tal y como se justificó en la elaboración de Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación (EPRI), se entiende como inundación (asociadas a escorrentías extraordinarias de origen fluvial) a efectos del presente documento, al <u>anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua, ocasionadas por el desbordamiento de barrancos, en la que los daños provocados están asociados fundamentalmente con el calado alcanzado por las aguas.</u>

Se ha planteado incluir en el primer Plan de Gestión de Riesgo de Inundación de esta Demarcación el conjunto de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de aquellas Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) que, como resultado del análisis y evaluación de la información disponible en este Organismo de Cuenca, fueron consideradas prioritarias en la primera etapa del ciclo de planificación en curso que correspondía al EPRI.

La normativa vigente, a través del Real Decreto 903/2010 permite revisar y actualizar cada seis años, en coordinación con los planes hidrológicos de cuenca, la selección de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI's), por lo que estas podrán aumentar o disminuir en función de las nuevas situaciones y necesidades del momento.

Los mapas de peligrosidad comprenden la delimitación gráfica de la superficie anegada por las aguas para la ocurrencia de avenidas con periodos de retorno de 100 y 500 años, valores que, a efectos de representación superficial en los mapas de peligrosidad, en aplicación del artículo 8.1 del Real Decreto 903/2010, se han convenido como referencia para los eventos de media y baja probabilidad, respectivamente. Esta información, acompañada de la estimación de las variables que caracterizan el efecto potencial adverso de las crecidas, como son el calado y la velocidad de la corriente, permite establecer el grado de exposición al fenómeno de las distintas partes del territorio. Adicionalmente y en cumplimiento de Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, los mapas de peligrosidad incluyen también tanto la delimitación de la Zona de Flujo Preferente como la definición del Dominio Público Hidráulico (en este caso solo se ha considerado aquel deslindado).

La cartografía anterior debe cruzarse con la información relativa a la vulnerabilidad del territorio en lo relativo a la salud humana, el medio ambiente y la actividad económica, para la determinación pormenorizada del riesgo por inundación y la elaboración de los mapas asociados. Estos mapas deben servir de punto de partida para la posterior redacción de los **Planes de Gestión del Riesgo de Inundación**, y por tanto, deben aportar los elementos de juicio para una elección razonada de soluciones.

Siguiendo las indicaciones del artículo 7 de la referida Directiva 2007/60/CE de Inundaciones, la adecuada gestión del riesgo de inundación debe efectuarse teniendo en cuenta los costes incurridos en su reducción y los beneficios esperados. En consecuencia, los mapas de riesgo confeccionados se han centrado no solo en la identificación de los mayores riesgos potenciales sino también en su cuantificación rigurosa.

En conjunto, los mapas de peligrosidad y riesgo aquí presentados, al proporcionar una visión realista y precisa del problema, constituyen un instrumento eficaz para la gestión futura del riesgo de inundación asociado a las zonas más problemáticas del territorio, asegurando un eficiente empleo de los recursos económicos disponibles para la mitigación de los daños potenciales y una compatibilización más sostenible de las necesidades de desarrollo de la sociedad con los riesgos naturales del medio físico ocupado.

Merece la pena resaltar que la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, consciente de la naturaleza global del problema y de la necesidad de aplicar una política adecuada de ordenación de usos, continúa elaborando cartografía de peligrosidad en otros tramos situados

fuera de las ARPSIs aquí contempladas, en la que las causas del riesgo no deriva fundamentalmente del desbordamiento lateral del cauce con el consiguiente anegamiento temporal de los terrenos colindantes (objeto del Real Decreto 903/2010), sino que depende de otras causas como son la escorrentía de ladera, incapacidad de obras de paso de carreteras, drenaje urbano etc...

Por tanto, este documento se centra únicamente en evaluar los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de aquellas ARPSIs designadas en la Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación aprobada, que han sido las que esta Demarcación ha considerado como prioritarias para esta etapa del ciclo de planificación en curso, pudiendo revisarse y actualizarse las mismas cada seis años, según propone el Real Decreto 903/2010.

Por último, citar, que l**a elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de las ARPSI's de origen Costero han sido elaborados por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar** (DGSCM) del MAGRAMA, y queda integrada en este documento según lo previsto en el artículo 10 del Real Decreto 903/2010.

## 2.- ÁMBITO TERRITORAL

La Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, comprende todo el territorio de la isla, así como las aguas costeras asociadas.

Fuerteventura está clasificada dentro de las demarcaciones intracomunitarias españolas siendo los límites geográficos de la demarcación los mismos que los de la propia isla y sus aguas costeras, según la Ley 10/2010, de 27 de diciembre, de Modificación de la ley Territorial 12/1990, de 26 de julio, de Aguas.

En este ámbito, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación identificó 7 ARPSIs fluviales (Drenaje Territorial), que son ahora objeto de un análisis detallado para la determinación de los mapas de peligrosidad y riesgo respectivos. Se trata de:

| ISLA | ARPSI´s | NOMBRE | L (m) |
|---|---|---|---|
| FUERTEVENTURA | ES_122_ARPSI_0027 | Bco. de Gran Tarajal | 2.505 |
| | ES_122_ARPSI_0028 | Cuenca Endorreica Lajares | 1.607 |
| | ES_122_ARPSI_0029 | Cuenca Endorreica La Oliva | 2.992 |
| | ES_122_ARPSI_0030 | Bco. de Tetir | 3.171 |
| | ES_122_ARPSI_0031 | Bco. de Las Playitas | 923 |
| | ES_122_ARPSI_0032 | Bco. de Casillas del Ángel | 5.407 |
| | ES_125_ARPSI_0033 | Bco. de Los Varichelos | 541 |
| | | TOTAL: | 17.146 |

*Tabla 1. Arpsi's de origen fluvial*

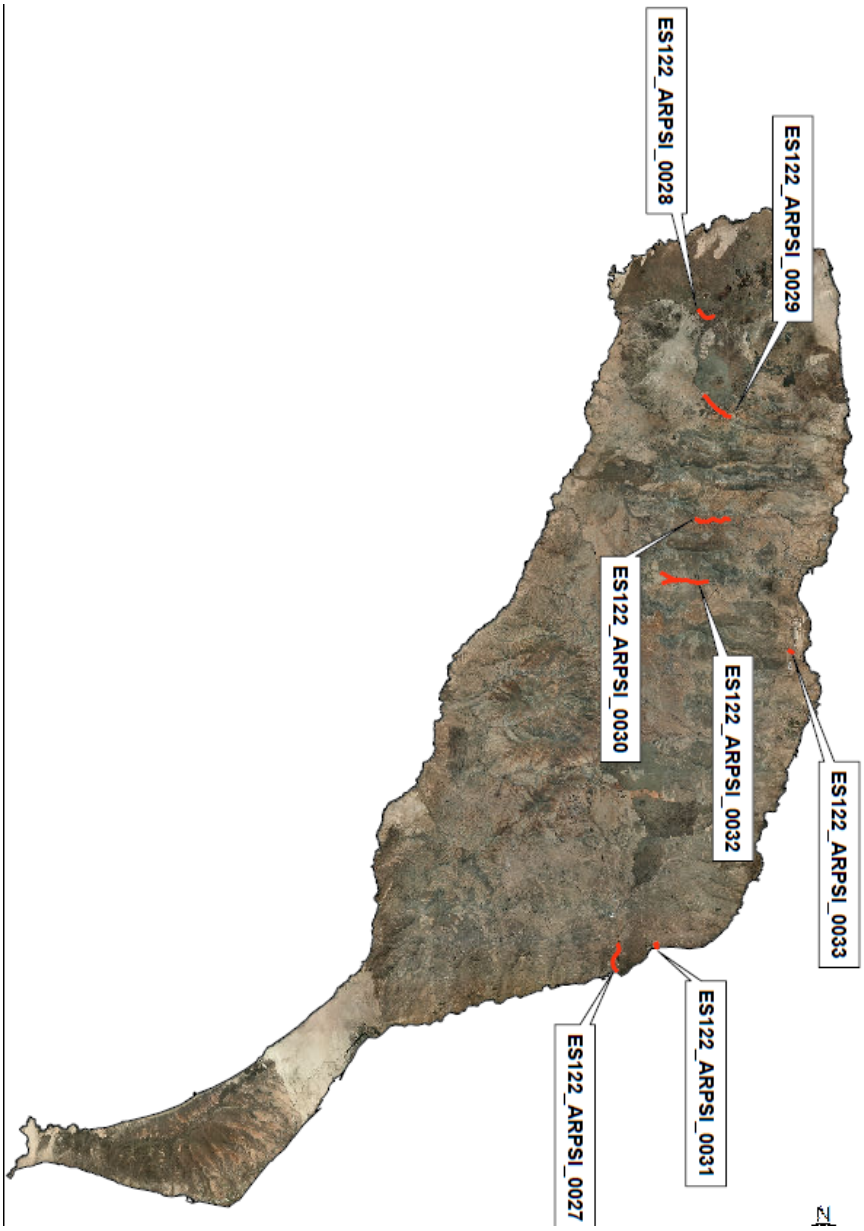



**Fig. 1 Situación de las ARPSIs de origen fluvial de Fuerteventura.**

# 3.- METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD DE LAS ARPSIS DE ORIGEN FLUVIAL

Los mapas de peligrosidad por inundación constituyen la base de partida para el análisis del riesgo y una herramienta esencial en la gestión diaria de las zonas inundables. Tras la EPRI, el Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura, contaba ya con la delimitación de puntos y zonas con riesgo de inundación de gran parte de las ARPSIs identificadas, procedentes del *"Estudio de Riesgo Hidráulico de Fuerteventura"*, elaborado por la empresa pública GESPLAN S.A. en el año 2011, a través de una encomienda de la Dirección General de Política Territorial del Gobierno de Canarias.

No obstante, consciente de la importancia de disponer de una cartografía lo más actualizada y rigurosa posible, que a su vez cumpliera con los requisitos impuestos en el Real Decreto 903/2011, el Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura decidió acometer nuevos trabajos de actualización topográfica, hidrológicos e hidráulicos cuya descripción se presenta a continuación.

## 3.1.- TOPOGRAFÍA

Desde el año 2010, se dispone en Canarias, a través de la empresa Pública GRAFCAN S.A., de cartografía desarrollada a través de tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging), que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado.

La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. Un vuelo LIDAR utiliza un sensor aerotransportado y su resultado es una nube de puntos cuya extensión y densidad depende del plan de vuelo diseñado. Por lo general, se trata de millones de puntos que es necesario procesar para obtener puntos en tres dimensiones (x, y, z) de la superficie vista desde el sensor. La información LIDAR permite generar tanto modelos del terreno (MDT) como modelos de superficie (MDS).

Para este caso se han utilizado los datos LIDAR (2010-2011) con una densidad media planificada de 1,20 puntos por metro cuadrado y de 0,8 puntos por metro cuadrado en el nadir. El vuelo cubre toda la superficie de las islas comprendidas entre la cota 0 y 1.800 metros. Las precisiones medias de los puntos registrados oscilan en torno a 0,60 metros en planimetría y 0,20 metros en altimetría. La información se distribuye en los formatos LAS y LAZ.

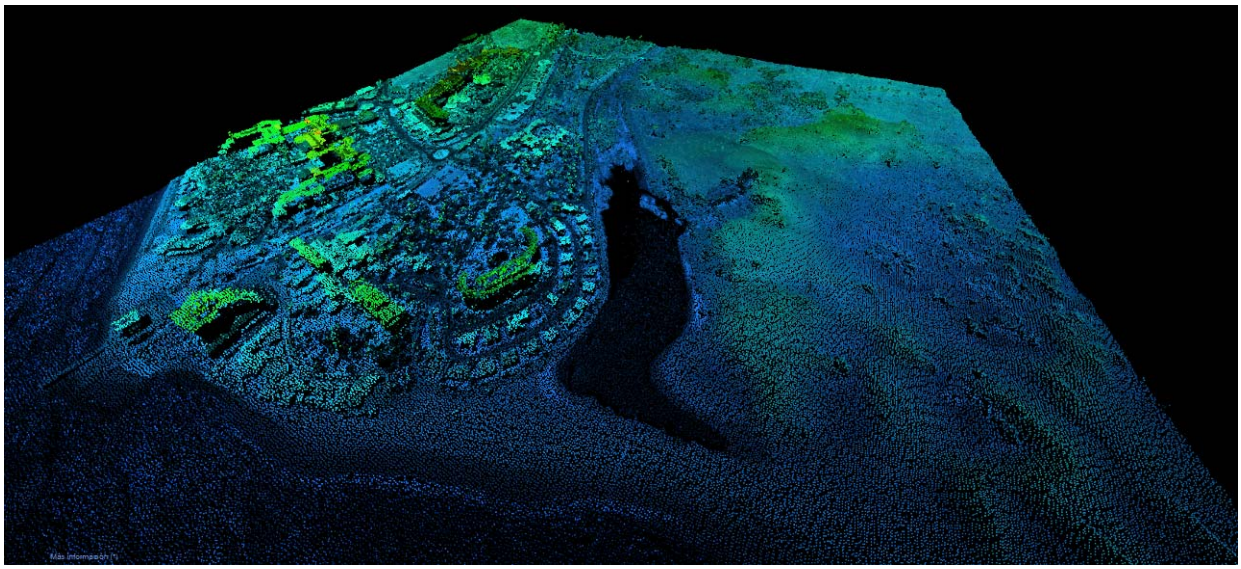


**Fig. 2 Datos LIDAR de GRAFCAN.**

## 3.2.- HIDROLOGÍA

El Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura disponía antes de iniciar los trabajos objeto de este documento, del análisis hidrológico determinado en cada uno de los Registros de Riesgo Hidráulico Constatados en el documento *"Estudio de Riesgo Hidráulico de Fuerteventura"*.

Como se ha explicado en varias ocasiones (tanto en el EPRI como en esta memoria), las ARPSIs cuyo origen es el drenaje territorial derivan en su mayor parte de los Registros de Riesgo Constatados de aquel documento.

Por tanto, para este caso, se ha decidido comprobar los datos y cálculos hidrológicos allí realizados y adaptarlos a la casuística que ha surgido con la definición de las ARPSIs reseñadas.

La metodología seguida se resume a continuación.

### *3.2.1.- DETERMINACIÓN DE CUENCAS TRIBUTARIAS*

Para realizar un análisis hidrológico, se ha utilizado como fuente de información el MDT05/MDT05 LIDAR (Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional de España, IGN, (origen y propietario de los datos geográficos).

El tratamiento de esta información se ha llevado a cabo a través de un Sistema de Información Geográfica (GIS), utilizando herramientas específicas de Hidrología. En primer

lugar, se procedió a rellenar las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital de elevaciones con la herramienta Fill de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, para determinar de forma adecuada la dirección del flujo. Ésta se determina gracias a la herramienta Flow direction que busca el camino descendente de una celda a otra. Posteriormente, se determina la acumulación del flujo de las celdas que fluyen hacia cada celda descendiendo sobre la pendiente con la herramienta Flow Accumulation.

**Fig. 3 MDT05 PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España.**

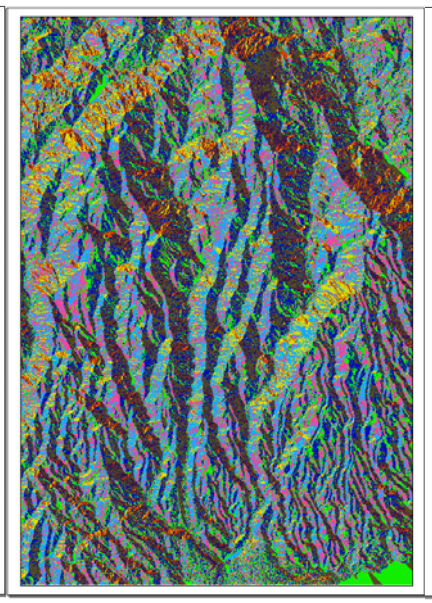


**Fig. 4 Flow direction.**

**Fig. 5 Detalle del flow direction con punto de salida.**

Finalmente, será necesario representar como una capa de puntos el punto de drenaje de la cuenca que se quiere representar y utilizando la herramienta Watershed se obtiene el ráster de la cuenca que se puede convertir a shapefile tipo polígono si fuera necesario.

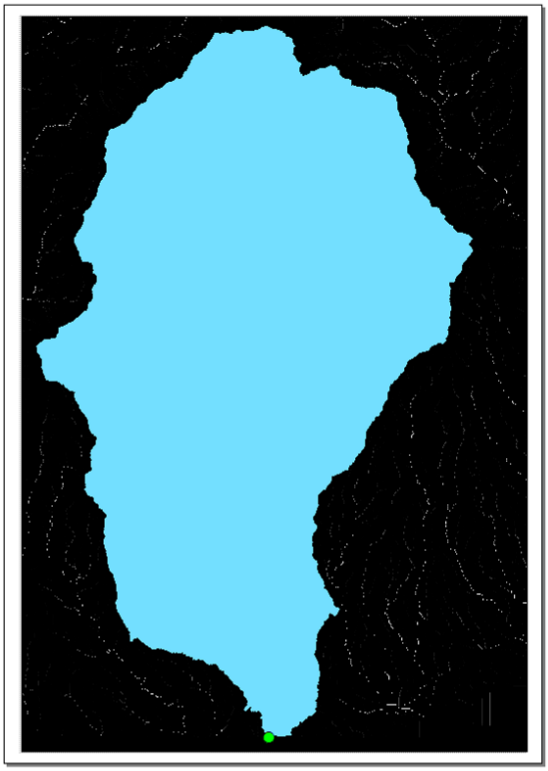


**Fig. 6** **Cuenca obtenida en formato ráster.**

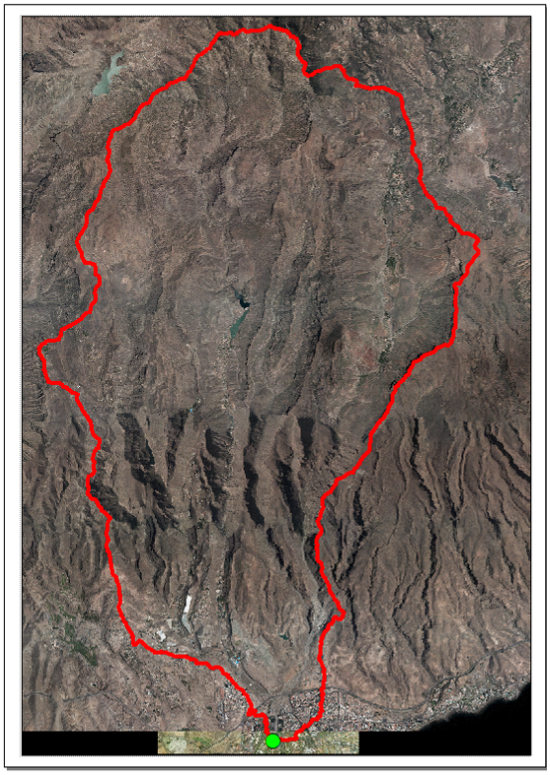


**Fig. 7** **Cuenca obtenida en formato vectorial. PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España.**

### *3.2.2.- DETERMINACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES*

El principal dato de partida para la estimación de los caudales de escorrentía es el régimen de precipitaciones al que se encuentra sometida la zona. Para definirlo, se tiene como principal herramienta la base de datos de los pluviómetros gestionada por la AEMET, así como la gestionada por el Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura.

Los datos utilizados han sido la precipitación máxima diaria para cada mes, extrayéndose el máximo anual. Sólo se utilizaron los datos de años completos.

Las series de precipitación máxima diaria se han ajustado mediante la función de Gumbel. El ajuste estadístico a los valores de la muestra se determinado mediante el método de la máxima verosimilitud.

Como consecuencia del anterior análisis, se han obtenido una serie de valores puntuales de precipitación máxima diaria correspondientes a cada periodo de retorno definido. Estos

valores están localizados en los puntos donde se ubican las diferentes estaciones meteorológicas con datos válidos.

Para obtener a partir de estos datos puntuales un valor medio ponderado para cualquier superficie definida por una subcuenca, se ha empleado el método de las isoyetas (lugar geométrico de todos los puntos de igual precipitación). Se ha tenido en cuenta para ello, la influencia de ciertos factores condicionantes del relieve pluviométrico como son la altitud y la orientación frente a vientos húmedos.

La interpolación en el modelo pluviométrico se ha realizado automáticamente mediante el método “kriging”. Este método de interpolación asume que la distancia o la dirección entre puntos muestreados reflejan una correlación espacial que puede ser usada para explicar la variación en la superficie. El proceso automático ha sido asistido de forma manual para adecuar el resultado a la orografía insular.

En definitiva, se ha llevado a cabo un análisis similar al planteado en el *"Estudio de Riesgo Hidráulico de Fuerteventura"* que fue el documento que se tomó de base para establecer las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación en la primera fase de planeamiento correspondiente a la Evaluación Preliminar de Riesgos de inundación (EPRI), de manera que se ha podido comprobar la validez de los citados cálculos.

### *3.2.3.- DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA*

Se ha empleado para la estimación del coeficiente de escorrentía el método del número de curva del SCS (Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EE.UU.) desarrollado en 1972.

El número de curva cuantifica numéricamente la relación entre la precipitación y la escorrentía para una superficie determinada del territorio. El manejo de estas capas mediante GIS (Sistemas de Información Geográfica) nos ofrece un valor medio ponderado para la cuenca de estudio.

Los números de curva o números hidrológicos vienen tabulados y reflejan la capacidad de la cuenca vertiente para producir escorrentía durante un aguacero. Este número de curva depende de:

- Uso del suelo o tipo de cubierta vegetal: cultivos, praderas, bosques….

- Tratamiento efectuado sobre el mismo o labores de cultivo: líneas de máxima pendiente, cultivos a nivel, terrazas…

- Tipo de suelo y su capacidad de infiltración.

- Condición de humedad, donde se valora la probable situación de humedad del suelo en el momento del aguacero de cálculo.

El método diferencia tres condiciones de humedad diferentes:

- *Condición I*: suelo seco sin llegar al punto de perder la cohesión, o sea, cuando pueden ararse y cultivarse en buenas condiciones.

- *Condición II*: suelo en situación normal (alejado de la capacidad de campo pero también alejado del punto de marchitez permanente). Son las condiciones medias existentes en la mayor parte de los suelos antes de que se produzca la máxima avenida anual.

- *Condición III*: suelo saturado o muy próximo a la saturación o capacidad de campo. Se da cuando en los cinco días anteriores a la tormenta estudiada se han producido fuertes lluvias o lluvias ligeras con bajas temperaturas y el suelo está casi saturado.

En este estudio se han particularizado los diferentes parámetros según las características locales y los datos disponibles de partida.

En relación a los diferentes usos del suelo, se ha partido del mapa de ocupación del suelo (GRAFCAN) al ser esta una de las fuentes de información geográfica más fiables. Dentro de la clasificación que da dicho mapa, se han agrupado algunas de las categorías para adecuarlas a las clasificaciones que para el uso del suelo da el SCS, atendiendo a las características comunes con los grupos que éste distingue.

### *3.2.4.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE CÁLCULO. APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL.*

Para la determinación del caudal en cada registro de riesgo se ha aplicado el Método Racional para el cálculo de caudales.

El método racional estima el caudal punta que puede producir una cuenca en función del área de la cuenca, la intensidad de lluvia máxima diaria y un coeficiente de escorrentía función de las características geológicas y de vegetación.

El caudal de máxima avenida en las secciones de control se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{K}$$

donde:

Q = Caudal máximo para el período de retorno considerado en m³/seg

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad máxima media en mm/h para una lluvia de duración igual al tiempo de concentración (en este período de retorno)

A = Superficie de la cuenca en km²

K = 3.

De los 3 valores a calcular (C, I y A), el último, es decir el Área de la cuenca, se obtiene según lo determinado en el aparatado 3.2.1.

La intensidad (I) se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\frac{I}{I_d} = (8)^{\left(\frac{28^{0,1} - t_c^{\,0,1}}{28^{0,1} - 1}\right)}$$

donde:

Id (mm\h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a Pd/24.

Pd (mm): la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno.

Tc (h): Tiempo de concentración en horas.

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{0,25}}\right)^{0,76}$$

donde:

T: Tiempo de concentración

L: Longitud del cauce principal en km

J: Pendiente media (m/m)

Y el coeficiente de Escorrentía (C) se determina con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{[(Pd/Po)-1]\cdot[(Pd/Po)+23]}{[(Pd/Po)+11]^2}$$

## 3.3.- HIDRÁULICA

Para llevar a cabo el estudio hidráulico de las ARPSIs se ha utilizado el Modelo Bidimensional IBER 2.0. Dicho programa es un modelo numérico bidimensional de simulación de flujo turbulento, en lámina libre, en régimen no-permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial.

IBER es un modelo numérico desarrollado directamente desde la administración pública española, fácilmente adaptable a las necesidades específicas de cada momento, diseñado para ser especialmente útil a las necesidades técnicas de las Demarcaciones Hidrográficas en la aplicación de la legislación sectorial vigente en materia de aguas. Los campos de aplicación de la versión actual de IBER son:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.

Para realizar las simulaciones con IBER se han seguido los pasos que se describen a continuación.

### *3.3.1.- TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN LIDAR*

Como ya se ha comentado anteriormente, el vuelo LIDAR utilizado ha sido el de Cartográfica de Canarias S.A. (GRAFCAN) de la campaña 2010-2011. Dicho vuelo tiene una densidad media planificada de 1,20 puntos por metro cuadrado y de 0,8 puntos por metro cuadrado en el nadir. Las precisiones medias de los puntos registrados oscilan en torno a 0,60 metros en planimetría y 0,20 metros en altimetría.

La información se distribuye en los formatos LAS y LAZ, por lo que es necesario convertirlo a formato Ráster para poder utilizarla. En este proceso de conversión a través de la herramienta LAStools se eliminan las capas de "Puntos Clave, Objetos y Vegetación", dejando únicamente las capas de Suelos y Edificios.

A continuación, se corrige para poder usar esta geometría en IBER. Para ello, se han llevado a cabo los siguientes trabajos:

- Eliminación de puentes.
- Incorporación de muros y muretes que tengan especial relevancia en las simulaciones.
- Corrección del terreno para incorporar obras de paso y encauzamientos soterrados por donde tenga que circular el agua.
- Rellenado de huecos cuando no existe un correcto solape entre los distintos rásters.

Finalmente, se unen todos los archivos en uno solo y se exporta en formato ASCII para que pueda ser importado desde IBER.

La dificultad de este proceso radica en la calidad de los datos de base utilizados (Vuelo LIDAR de GRAFCAN). Si el procesado de los datos está bien realizado, de manera que las diferentes capas de Puntos Clave, Objetos, Vegetación, Suelos y Edificios, están bien clasificadas, los resultados obtenidos en relación a la geometría utilizada se ajustarán bastante bien a la realidad física del caso a estudiar.

En cambio, posibles errores en la documentación de base (por ejemplo una mala clasificación de la capa de vegetación que impida su eliminación a través de las herramientas LAStools comentadas) puede arrastrar estos errores a la geometría del modelo a utilizar, pudiendo distorsionar los resultados de la simulación en esas zonas.

Para los casos en estudio, la geometría se ha elaborado considerando la bondad de los datos de partida (LIDAR GRAFCAN 2010-2011) y utilizando las herramientas de cribado (tools) comentadas.

Cualquier error de estas características en la información de base no ha sido corregido en este trabajo, ya que su elaboración requiere de un análisis más específico que se separa del objeto final de estos Mapas.

Igualmente, dada la escala de trabajo requerida para la representación de las zonas inundables, la corrección de estos posibles errores comentados no tendría mayor incidencia

en los resultados finales, por lo que se aceptaran como válidos los aquí expuestos, pudiendo ser corregidos los mismos en futuros Estudios de Detalle a realizar en cada uno de los ARPSI's de cara a la elaboración del Plan de Gestión de Riesgos de Inundación.

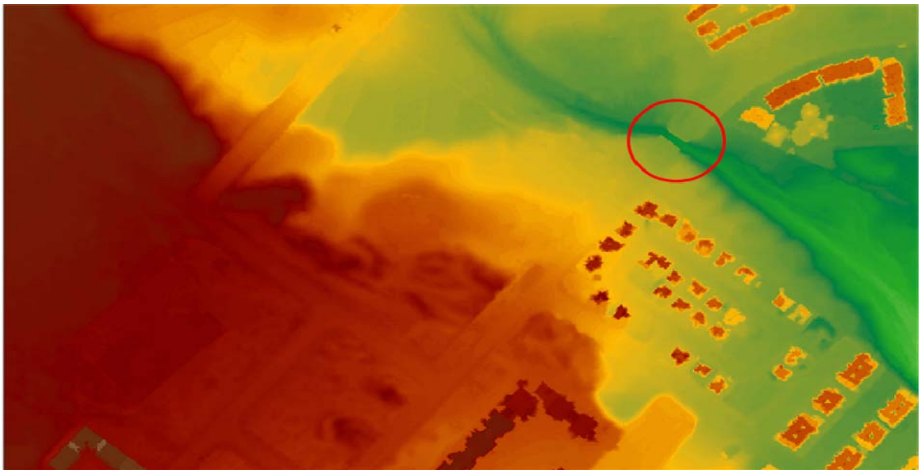
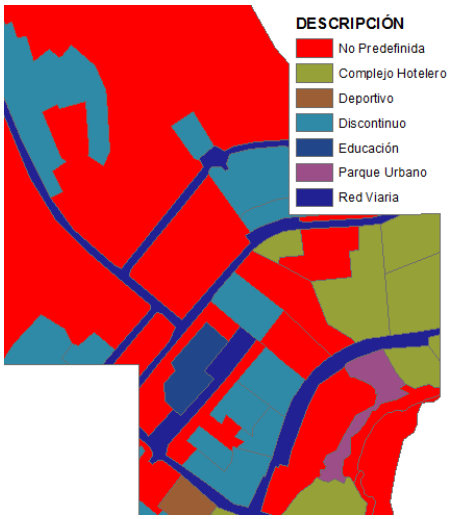


**Fig. 8 Ejemplo de eliminación de un puente.**

### *3.3.2.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE USOS DEL SUELO.*

En esta fase se ha utilizado inicialmente información del SIOSE 2005 (obtenida a través de la página web del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG) y posteriormente información del mapa de ocupación del suelo de GRAFCAN (Año 2002), por estar más completa esta última. También se han podido consultar la información del SIOSE 2011 en formato wms, y a través del visor de GRAFCAN.

Así, a partir de la información de los usos del suelo de GRAFCAN, se creó una capa al que se le ha asignado un coeficiente de rugosidad utilizando como criterio la tabla del anejo V Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000 de la *"Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables".*



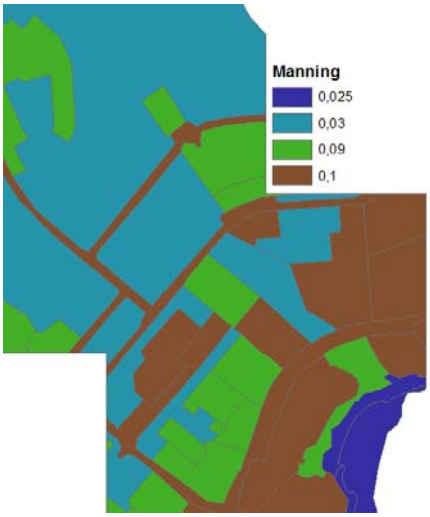




**Fig. 9** **Mapa de usos del SIOSE.** **Fig. 10** **Capa de coef de rugosidad.**

A continuación se convierte a formato ráster y posteriormente a ASCII. También, se crea un archivo *.csv con las correspondencias entre el valor del ráster y el tipo de cobertura, para que IBER pueda entender los coeficientes de rugosidad a aplicar.

### *3.3.3.- GENERACIÓN DE GEOMETRÍA.*

Utilizando como base el archivo ASCII con la información topográfica ya corregida, se crea un RTIN en IBER imponiendo como lado mínimo un metro (el tamaño de celda de la información LIDAR) y las condiciones de lado máximo y de tolerancia dependerán del tamaño y del relieve de la zona.

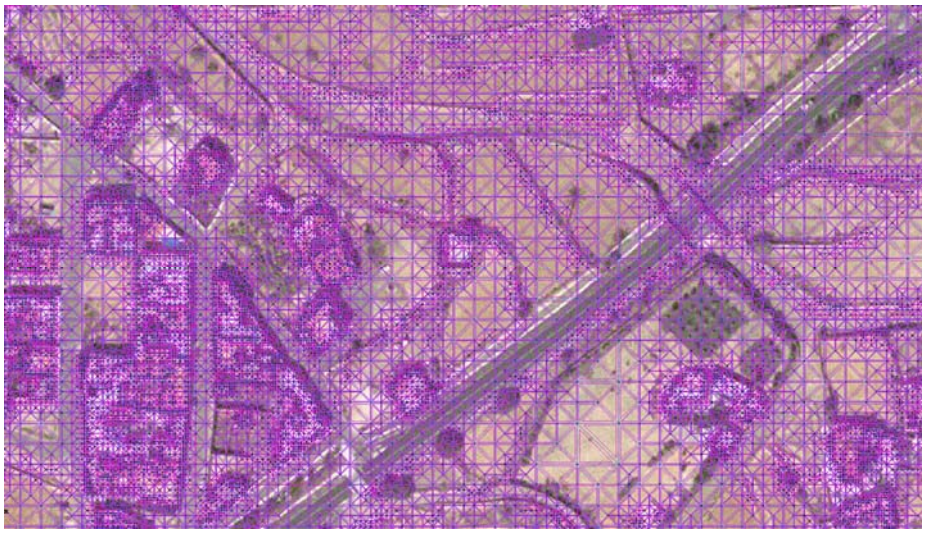


**Fig. 11** **Ejemplo de geometría utilizada en Iber.**

### *3.3.4.- ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE CÁLCULO.*

Una vez importada en IBER la geometría, es necesario imponer las condiciones de cálculo que serán:

- Datos del problema: Engloban tiempos de simulación, esquemas numéricos, resultados, condiciones de turbulencia, sedimentos, vía de intenso desagüe, etc.
- Condiciones de contorno: Corresponde a las condiciones de entrada y salida de flujo.
- Condiciones iniciales: Cota de agua al inicio de la simulación.
- Condiciones internas: Si existen puentes u obras de paso que incorporar a la simulación.
- Estructuras: Si existen tramos soterrados que se incorporan a modo de cubiertas.
- Rugosidad: Se asigna de forma automática una vez añadidos los valores de rugosidad que se corresponden al archivo *.csv.

A continuación se muestran imágenes a modo de ejemplo de las condiciones explicadas anteriormente:

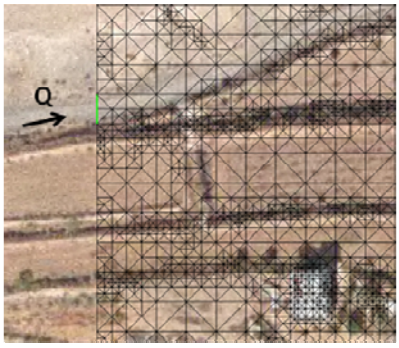



**Fig. 12** **Ej. de entrada de caudal.**

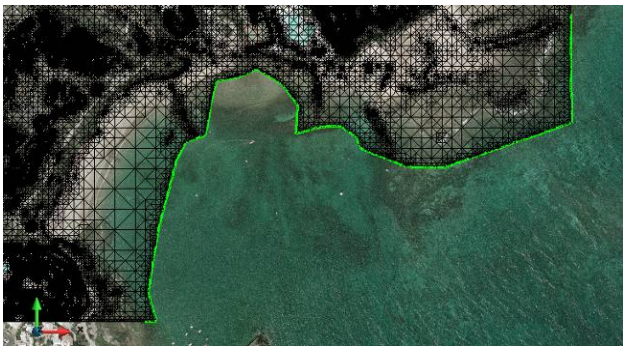


**Fig. 13** **Ej. de condición de salida (calado = 0 m).**

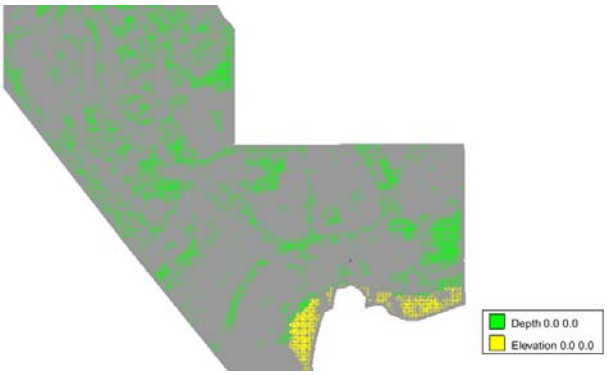



**Fig. 14** **Condiciones iniciales.**

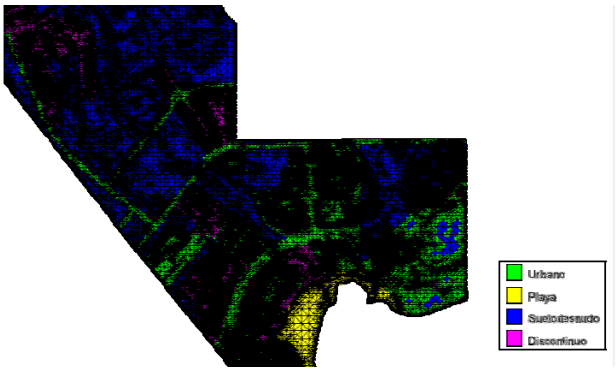



**Fig. 15** **Rugosidad.**

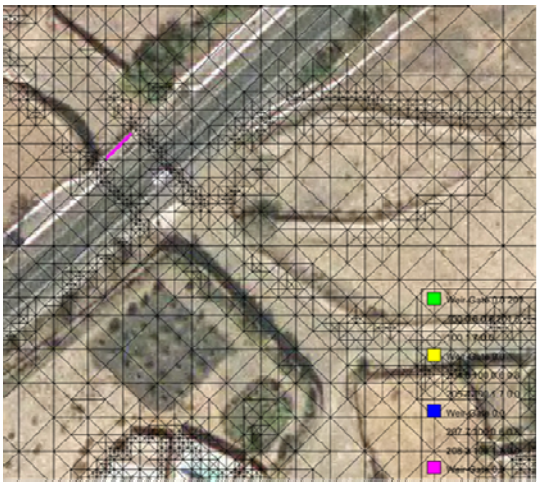


**Fig. 16** **Condiciones internas.**

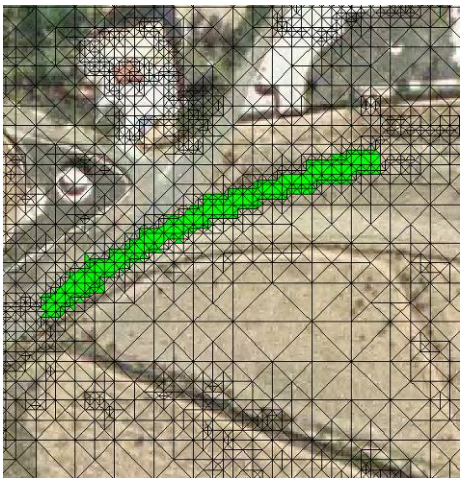


**Fig. 17** **Estructuras: cubiertas.**

### *3.3.5.- GENERACIÓN DE LA MALLA Y CÁLCULO.*

Aprovechando que la geometría es tipo RTIN, y por tanto, regular, la malla que se utilizada es del tipo estructurada y con el número de divisiones de líneas de 1, de manera que no se

divida más, para que la malla se acople exactamente a la geometría utilizada. Tal y como se muestra en la siguiente imagen, al compararla con la Fig. 11 Ejemplo de geometría utilizada en Iber.

**Fig. 18 Ejemplo de malla utilizada en Iber.**

Una vez introducidas todas las condiciones anteriormente expuestas, solo es necesario calcular y esperar a que termine el proceso de cálculo para obtener los resultados.

#### *3.3.6.- POSTPROCESO Y EXPORTACIÓN DE LOS RESULTADOS.*

Para visualizar los resultados en IBER, es necesario pasar a la parte de postproceso dentro del programa y te permite obtener los mapas de calados, velocidades, peligrosidad… Se exporta en formato ráster los mapas de máximos calados, obteniendo así las capas necesarias para su representación en el Visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Además, esta información puede ser tratada en cualquier programa de SIG a partir de la cual se obtendrán el resto de capas como las zonas inundables, y los mapas de riesgo.

## 3.4.- AJUSTE DE LAS ZONAS INUNDABLES

Una vez obtenidas las zonas inundables a partir de la simulación con IBER, se ha adoptado como criterio básico limitar inferiormente los mapas de calado en 20 cm, valor que coincide

con la precisión en altimetría del vuelo LIDAR que se ha usado de base del Modelo Digital del Terreno.

Esta operación lleva a que se puedan generar zonas a modo de "islas" pudiendo perder la continuidad de la mancha de la zona inundable, al quedar zonas con calados mayores de 20 cm que están rodeadas de zonas con calado menor de esa cantidad.

Para evitar esta discontinuidad de la mancha, se ha propuesto crear una envolvente a partir del ráster de calados completo (hasta 1 cm). Este proceso ha consistido en realizar un reclasificado del ráster de calados para convertirlo a continuación en una capa de tipo polígono. Posteriormente, se ha realizado un suavizado de la capa obtenida con una tolerancia de 10 m mediante la herramienta Smooth y seguidamente, con la herramienta Eliminate Poligon Part, se han eliminado los huecos interiores menores de 80 m2. Posteriormente, se han descartado aquellos polígonos menores dejando el polígono mayor, el cual se ha ajustado según "criterio de experto", eliminando zonas que por posibles errores generados en la malla de la simulación (por falta de detalle o mala clasificación de los datos del vuelo LIDAR), estuvieran distorsionando el resultado final de la zona inundable. Como último paso, se utilizó la herramienta Project para proyectar la envolvente en el sistema de coordenadas requerido: ETRS 1989 UTM ZONE 30N.

Una vez generada esta envolvente de la zona inundable para los 2 periodos de retorno calculados (T=100 y T=500 años), se ha cortado el ráster de calados con esta envolvente, que será el que finalmente se utilice.

Las zonas inundables quedarán representadas por un único polígono cuyo contorno será la envolvente anteriormente comentada y cuyo interior quedará sombreado todo aquello que tenga calados mayores de 20 cm.

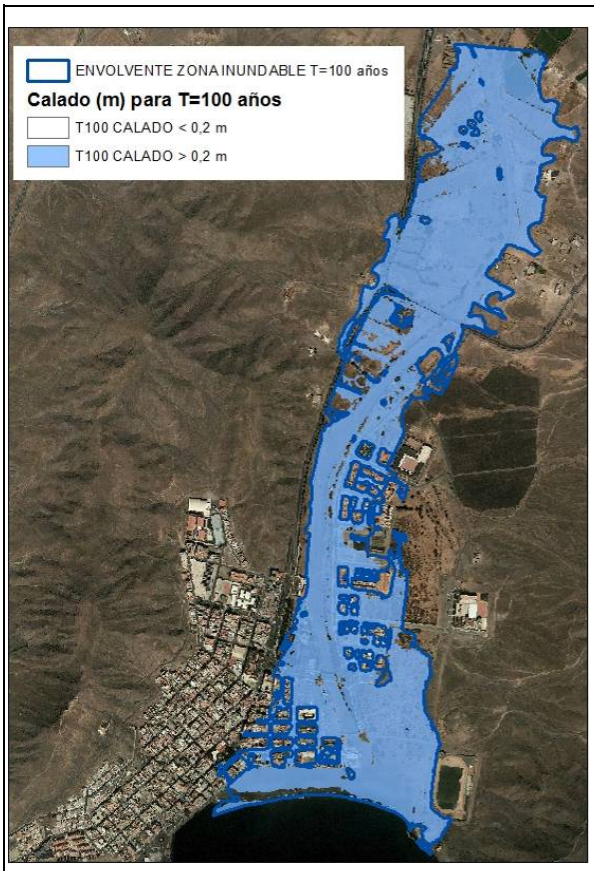



**Fig. 19** **Detalle de la zona inundable del Barranco de Gran Tarajal para T = 100 años.**

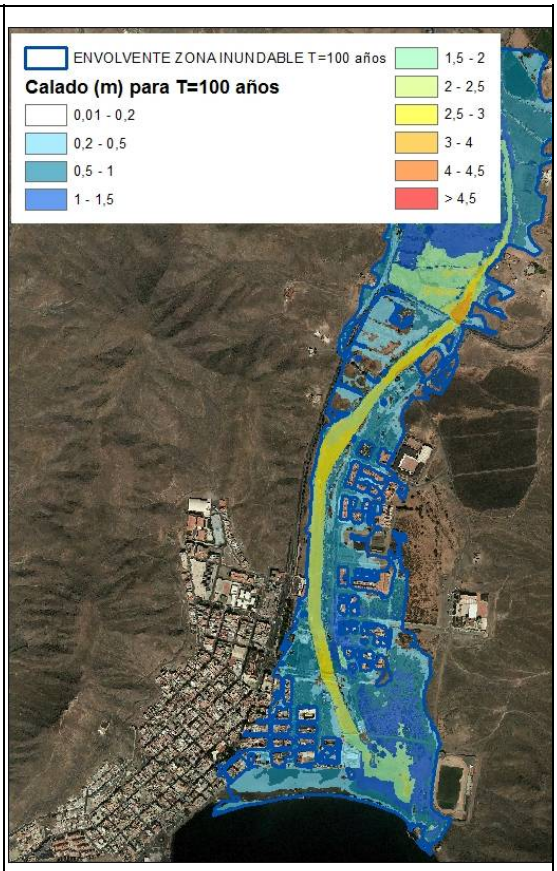



**Fig. 20** **Detalle del mapa de calados del Barranco de Gran Tarajal para T = 100 años.**

## 3.5.- ZONA DE FLUJO PREFERENTE

Para estimar la Zona de Flujo Preferente, ZFP, se ha utilizado como base la simulación de Iber para T = 100 años de cada barranco, a la que se ha incorporado la condición de vía de intenso desagüe, VID. Se establece inicialmente como VID, la zona de alta peligrosidad. Es decir, aquella cuya velocidad sea mayor de 1 m/s, o cuyo calado sea mayor de 1 m o cuyo producto entre la velocidad y el calado sea mayor de 0,5 m2/s. Se calcula la simulación con las nuevas condiciones y a los máximos calados resultantes se les resta los máximos calados de la simulación inicial para T = 100 años.

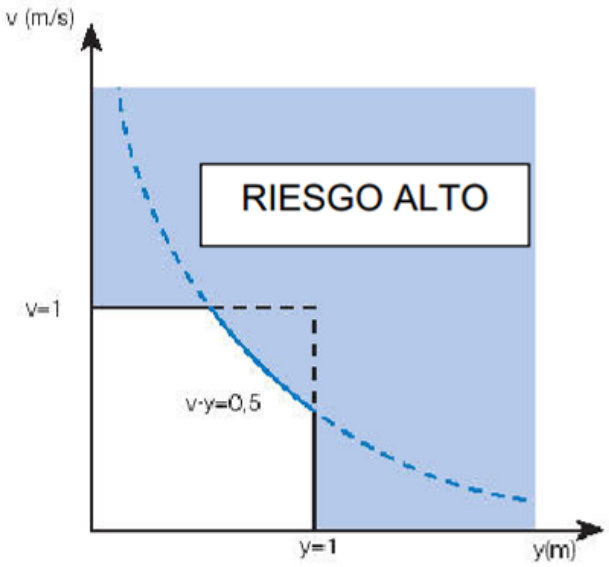



**Fig. 21 Zona de Alta Peligrosidad**

La Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables define la VID como la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. De este modo, si la diferencia entre los máximos calados obtenida es mayor de 0,3 m, se amplía la zona establecida inicialmente como VID y se vuelve a repetir el proceso hasta conseguir que se cumpla la condición de 0,3 m.

Una vez conseguido el objetivo, se exporta la VID en formato dxf y se convierte a un shape con los campos especificados y en el sistema de coordenadas establecido en ArcMap.

## 3.6.- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO

A criterio de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura se ha establecido como Dominio Público Hidráulico únicamente aquel que ya está deslindando en sus correspondientes expedientes de Deslinde, correspondiendo estos a algunos tramos de las ARPSI's del Bco de Gran Tarajal y del Bco de Casillas del Ángel, tal y como se muestra en la información gráfica.

## 3.7.- INFORMACIÓN GRÁFICA

Como resultado de los trabajos anteriores, se han confeccionado para cada ARPSI los siguientes planos:

- Zonas inundables para T=100 y T=500 años.
- Mapas de calados de inundación para T=100 y T=500 años.
- Zona de Flujo Preferente según la definición recogida en el Real Decreto 9/2008 y obtenida como envolvente de la Zona de Graves Daños y la Vía de Intenso Desagüe para T=100 años.
- Delimitación del Dominio Público Hidráulico junto con sus Zonas de Servidumbre y Policía, para aquellas ARPSIs en las que ya estuviera deslindado.

# 4.- METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE RIESGO DE LAS ARPSIS DE ORIGEN FLUVIAL

El principal objetivo de los mapas de riesgo es aportar la información de base para la elaboración de los futuros Planes de Gestión del Riesgo y, en este sentido, deben reflejar los daños asociados a las inundaciones, tanto en lo concerniente a la salud humana como en lo relativo al medio ambiente y a la actividad económica. Adicionalmente, deben responder a las cuestiones siguientes:

- Según la Consideración Inicial nº12 de la Directiva Europea de Inundaciones, los mapas de riesgo deben proporcionar una base sólida para el establecimiento de prioridades y la toma de decisiones adicionales de índole técnica, económica y política relativas a la gestión del riesgo. En consecuencia deben constituir una herramienta eficaz para valorar y priorizar medidas dentro de un ARPSI, así como para realizar una comparativa entre diferentes ARPSIs.

- Según la Consideración Inicial nº7 de la Directiva Europea de Inundaciones, estos mapas deben servir a las autoridades de Protección Civil como punto de partida para un desempeño más eficiente de su actividad, ya que ésta puede proporcionar una respuesta adecuada a las poblaciones afectadas, mejorar la preparación y aumentar la capacidad de recuperación y adaptación.

El Artículo nº7 de la Directiva Europea de Inundaciones establece que la adecuada gestión del riesgo de inundación debe efectuarse teniendo en cuenta los costes incurridos en su reducción y los beneficios esperados. En este sentido, los costes de inversión necesarios para mitigar el riesgo de inundación deben ser comparados con los beneficios asociados para establecer su idoneidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, además del contenido mínimo exigido para estos mapas:

- Número indicativo de habitantes que pueden verse afectados.

- Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada.

- Instalaciones que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y zonas protegidas que puedan verse afectadas.

El Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura ha decidido abordar de manera exhaustiva la estimación cuantitativa de las pérdidas económicas esperables, de manera que las

Autoridades Hidráulicas y de Protección Civil puedan contar en el futuro con adecuadas herramientas de juicio para la gestión del problema.

El objetivo que se persigue es la cuantificación del valor anual esperado del daño asociado al fenómeno de las inundaciones. Esta cuantificación permitirá, por un lado, efectuar una comparación homogénea entre ARPSIs y medidas de protección a plantear, y por otro lado, abordar un adecuado análisis coste-beneficio, siendo los costes la inversión y los gastos de explotación y mantenimiento asociados a las obras o actuaciones de defensa, y los beneficios el valor de los daños evitados por su implantación.

La magnitud de los daños varía en función de la intensidad de la avenida, y ésta presenta a su vez una determinada probabilidad de ocurrencia, de forma que el producto de daño y probabilidad en cada caso será la contribución al valor anual esperado. En consecuencia, el valor anual esperado del daño equivale al área bajo la curva que relaciona su magnitud con la probabilidad de excedencia (inverso de T).

Siguiendo este procedimiento, se ha calculado el valor medio anual de la población afectada, de las pérdidas económicas esperables en cada una de las ARPSIs del ámbito de estudio.

## 4.1.- POBLACIÓN AFECTADA

Esta capa se obtiene a partir de la reclasificación del ráster de calados para convertir en una capa de polígonos aquella mancha de inundación de calado mayor de 0,2 m. Posteriormente, se edita esta capa uniendo todos los polígonos mediante la herramienta de edición *merge*. A continuación, se realiza un corte de esta capa con la capa de municipios para dividir la capa en tantos polígonos como municipios atraviese nuestra mancha de inundación.

A esta capa se le añaden los campos especificados y se proyecta en el sistema de coordenadas establecido. Para la estimación del campo NUM_HAB_ZI se ha utilizado el siguiente criterio:

- En aquellas zonas con edificaciones dispersas y escasas, se ha establecido un promedio de tres habitantes por edificación afectada.
- En aquellas zonas de urbanización concentrada, se ha calculado la densidad de población del núcleo urbano correspondiente y se ha estimado su correlación respecto a la superficie inundada.

## 4.2.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS AFECTADAS

Una vez obtenido la capa de calados mayores de 0,2 m, se superpone con los usos del suelo existentes para tener en cuenta la vulnerabilidad de los terrenos inundados y el diferente valor del riesgo que implica su inundación. La información relativa a la actividad económica se debe clasificar y representar de acuerdo a las siguientes categorías generales con su color

correspondiente. Éstas se corresponderían, como se muestra a continuación, con las categorías de la Reporting Guidance, marcadas por la Comisión Europea.

| Categoría en Mapa de riesgo nacional | Categoría para WISE |
|---|---|
| Urbano concentrado | Urban |
| Urbano disperso | |
| Asociado a urbano | |
| Infraestructura social | Social Infrastructure |
| Terciario | Commercial |
| Industrial concentrado | Industrial |
| Industrial disperso | |
| Agrícola-Secano | Rural land use |
| Agrícola-Regadío | |
| Otros usos rurales | |
| Forestal | Forests |
| Infraestructuras: carreteras | Infrastructures |
| Infraestructuras: ferrocarriles | |
| Infraestructuras aeroportuarias | |
| Infraestructuras: energía | |
| Infraestructuras: Comunicaciones | |
| Infraestructuras hidráulico-sanitarias | |
| Infraestructuras: Residuos | |
| Masas de agua | Waterbodies |
| Otras áreas sin riesgo | Other |

**Fig. 22 Clasificación del mapa de actividades económicas afectadas.**

El mapa de usos del suelo utilizado ha sido el mapa de ocupación de suelo suministrado por GRAFCAN que presenta una clasificación distinta a la del SIOSE y que para poder equiparar a la clasificación requerida por la Directiva se ha seguido la siguiente relación:

| GRAFCAN | | | | MAPAS DE RIESGO | |
|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPO** | **SUBGRUPO** | **CLASES DE OCUPACIÓN** | **DEFINICIÓN** | **ACT_ECON** | **ID_ACT_ECO** |
| Urbanizado construido | Residencial | Continuo | Áreas de urbanización densa | Urbano concentrado | URC |
| Urbanizado construido | Residencial | Diseminado | Áreas de urbanización laxa o dispersa | Urbano disperso | URD |
| Urbanizado construido | Residencial | En Vial | Áreas de urbanización a lo largo de viales | Urbano disperso | URD |
| Urbanizado construido | Viario | Red de carreteras | Viario con representación 1:25.000 | Infraestructuras: carreteras | ICA |
| Urbanizado | Complejos | Instalaciones | Aeropuertos e | Infraestructuras | IA |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| construido | | aeropuerto | infraestructura | aeroportuarias | |
| Urbanizado construido | Complejos | Instalaciones portuarias | Puertos e infraestructura portuaria | Infraestructuras aeroportuarias | IA |
| Urbanizado construido | Complejos | Complejos Comerciales | Complejos comerciales y entorno afectado | Terciario | T |
| Urbanizado construido | Complejos | Complejos Industriales | Complejos industriales y entorno afectado | Industrial concentrado | INC |
| Urbanizado construido | Complejos | Equipamientos deportivos, de esparcimiento, salud, educación | Polideportivos, campos de futbol, hospitales | Infraestructura social | IS |
| Urbanizado construido | Complejos | Cementerio | Cementerios | Infraestructura social | IS |
| Urbanizado construido | Complejos | Instalaciones militares | Campos de maniobras, cuarteles... | Infraestructura social | IS |
| Urbanizado construido | Espacios libres | Espacios verdes urbanos | Jardines | Asociado a urbano | AU |
| Agrícola | Anual Intensivo | Tomate (exportación) | Cultivos anuales que se repiten año tras año sobre las mismas parcelas. Su destino es la exportación. | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Anual Intensivo | Plátano (exportación) | Cultivos anuales que se repiten año tras año sobre las mismas parcelas. Su destino es la exportación. | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Anual Intensivo | Flores y ornamentales (exportación) | Cultivos anuales que se repiten año tras año sobre las mismas parcelas. Su destino es la exportación. | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Anual Autoconsumo | Cultivos herbáceos (huertas) | Pepino, pimiento, pimiento verde, berenjena, col, repollo, zanahoria, y cereales de invierno, papa, batata, boniato, | Agrícola-Regadío | AR |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | cebolla | | |
| Agrícola | Permanentes | Frutales tropicales | Aguacate, mango, papaya, kiwi | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Permanentes | Frutales templado oceánicos | Almendro, manzano, peral, albaricoque, melocotón, olivo | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Permanentes | Frutales cítricos | Naranja, limón, pomelo, lima | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Permanentes | Viña | Vitis vinifera | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Cultivos forzados | Cultivos forzados | Invernaderos | Agrícola-Regadío | AR |
| Agrícola | Cultivos abandonados | Cultivos abandonados | Zonas antiguamente cultivadas | Otras Áreas sin riesgo | OA |
| Bosques y espacios repoblados | Frondosas | Barrancos | Tamarix, Phoenix, Salix | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Frondosas | Bosques termófilos | Phoenix, Pistacia, Olea | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Frondosas | Laurisilva | Laurus, Ilex, apollonias... | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Frondosas | Fayal-Brezal | Myrica faya, Erica arborea, ... | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Frondosas | Castaño | Castanea sp | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Frondosas | Eucaliptus | Eucaliptus sp | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Coníferas | Pino Canario | Pinus canariensis | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Coníferas | Pino Insignis | Pinus radiata | Forestal | F |
| Bosques y espacios repoblados | Coníferas | Pino Carrasco | Pinus halepensis | Forestal | F |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Matorral | Costas | Cinturón halófilo, saladares y vegetación de dunas | Forestal | F |
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Matorral | Matorral costero | Tabaibal-cardonal y formaciones naturales afines | Forestal | F |
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Matorral | Matorral degradado | Facies degradadas, entre otras Ahulagar, Inciensal, Tuneral | Forestal | F |
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Matorral | Cañaveral | | Forestal | F |
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Matorral | Escobonal | Chamaecytisus proliferus | Forestal | F |
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Matorral | Matorral de cumbre | Retamar, codesar | Forestal | F |
| Vegetación arbustiva y/o herbácea | Pastizal | Pastizal | Zonas de pasto de ganado | Otros usos rurales | OR |
| Agua | Aguas insulares | Balsas | Excavadas en la tierra | Masas de agua | MA |
| Agua | Aguas insulares | Estanques | Paredes de material artificial | Masas de agua | MA |
| Agua | Aguas insulares | Presas | Embalsamiento artificial de agua | Masas de agua | MA |
| Agua | Aguas Marítimas | Lagunas o piscinas litorales | Masas de agua litoral de origen marino | Masas de agua | MA |
| Agua | Aguas Marítimas | Salinas | Extracción de sal marina | Masas de agua | MA |
| Agua | Aguas Marítimas | Océano | | Masas de agua | MA |
| Suelo desnudo | Antrópico | Extracción de materiales, obras | Canteras, minas | Otros usos rurales | OR |
| Suelo desnudo | Antrópico | Vertederos, escombreras | Depósitos de materiales inservibles | Infraestructuras: Residuos | IR |
| Suelo | Mineral | Sin vegetación | Coladas recientes | Otras Áreas sin riesgo | OA |

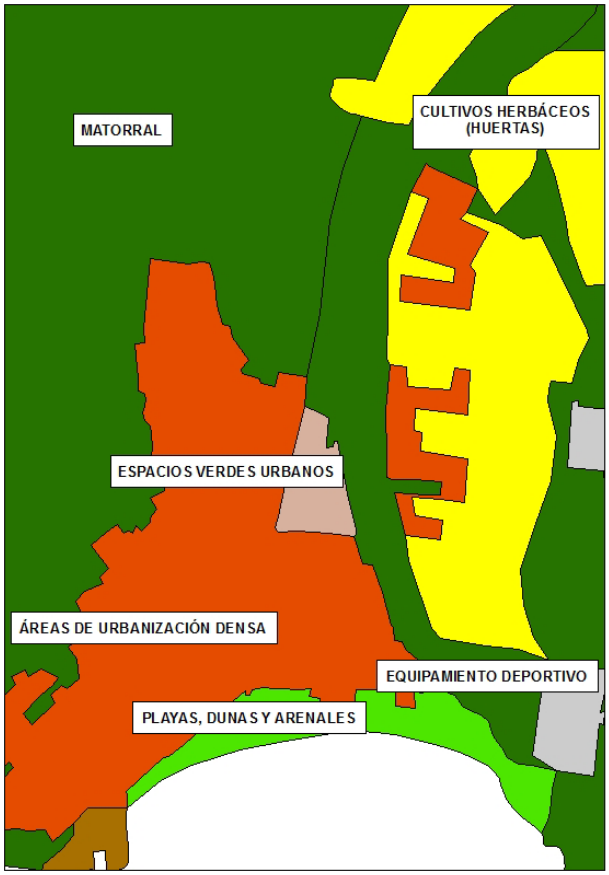
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| desnudo | | | | | |
| Suelo desnudo | Mineral | Playas, dunas y arenales | | Otras Áreas sin riesgo | OA |
| Suelo desnudo | Mineral | Vegetación escasa | El suelo está cubierto en menos de un 10% por vegetación | Otras Áreas sin riesgo | OA |
| | Pendiente | Pendiente de clasificar | Zonas de dudosa o difícil asignación | | |

*Tabla 2. Equiparación de Clasificación entre SIOSE y GRAFCAN.*

Posteriormente, se lleva a cabo la comprobación de la idoneidad de la categoría asignada mediante visualización con PNOA y con trabajo de campo; y en aquellos casos en los que sea necesaria, se realiza su pertinente corrección.

Finalmente, como resultado de integrar la información de todas estas fuentes, se obtendrá una capa de información que estará constituida por todos los polígonos de usos del suelo que conforman la zona inundable, caracterizados por la categoría de uso de suelo que marca la Comisión Europea.

A continuación se puede observar la clasificación previa realizada a partir del mapa de ocupación del suelo de GRAFCAN y el resultado final tras su corrección.



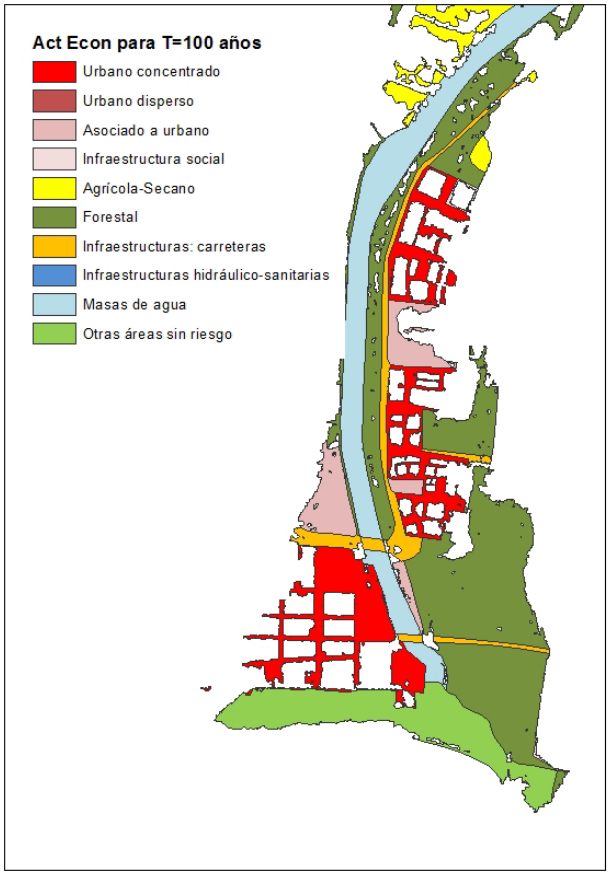




**Fig. 23 Mapa de ocupación del suelo de zona de detalle del Barranco de Gran Tarajal.**

**Fig. 24 Mapa de actividades económicas de zona de detalle del Barranco de Gran Tarajal.**

Para estimar el valor del riesgo económico de cada polígono que se viese afectado por la inundación en función del uso del suelo se utiliza la siguiente tabla (Fig. 26 Estimación económica en función del uso del suelo.) que establece un valor del riesgo (€/m$^2$) medio para cada uso de suelo. De esta manera, se estima el valor del riesgo inicial multiplicando el valor medio del riesgo por la superficie de cada polígono.

A esta valoración inicial será necesario aplicar unos coeficientes de corrección obtenidos en función del calado alcanzado para la zona de inundación. De tal forma que, al aplicarlo, se reducirán en ese porcentaje los calados asociados al mismo. De esta forma, cuanto menor sea la altura del agua más se reducirá el valor del riesgo considerado. Los coeficientes minorizantes, de acuerdo a la altura de agua alcanzada, son los siguientes:

| Altura del agua (m) | Coeficiente |
|---|---|
| 0 – 0.3 | 20% |
| 0.3 – 0.7 | 60% |
| 0.7 – 2 | 90% |
| > 2 | 100% |

**Fig. 2 Coeficientes a aplicar sobre el valor inicial del riesgo.**

Estos coeficientes son los establecidos en el documento de "Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación" elaborado por la Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), que derivan de las conclusiones establecidas en el proyecto PREEMT, donde se ha detectado que para cualquier tipo de uso, calados mayores a 2 m suponían una afección total al elemento considerado. Por otro lado, calados inferiores a 0,3 m provocan poca afección al contenido de edificios. Asimismo, la cota 0,7 m supone un punto de inflexión importante, a partir del cual se ven afectados los elementos principales de las edificaciones (elementos en mesas tipo PCs, impresoras, electrodomésticos sobre encimeras), por lo que calados por encima de 0,7 m se ha considerado que provocan una afección casi total.

El valor del riesgo inicial en €/m$^2$, que se adjunta en la tabla siguiente, se han obtenido del documento de "Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación" elaborado por la Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

| Uso del suelo | Valor del riesgo inicial (€/m$^2$) |
|---|---|
| **Urbano concentrado** | |
| Edificación asociada a urbano concentrado (sin desagregar edificaciones) | 350 |
| Edificación asociada a urbano concentrado (edificios desagregados) | 400 |
| **Urbano disperso** | |
| Edificación asociada a urbano disperso (sin desagregar edificaciones) | 170 |
| Edificación asociada a urbano disperso (edificios desagregadas) | 260 |
| **Asociado a urbano** | **150** |
| **Infraestructura social** | **200** |
| **Terciario** | **380** |
| **Industrial concentrado** | |
| Industrial concentrado (sin desagregar edificaciones) | 450 |
| Industrial concentrado (edificios desagregados) | 380 |
| **Industrial disperso** | |
| Industrial disperso (sin desagregar edificaciones) | 170 |
| Industrial disperso (edificios desagregados) | 380 |
| **Agrícola – Secano** | **1** |
| **Agrícola – Regadío** | **5** |
| **Agrícola indeterminado** | **3** |
| **Otros usos rurales** | **0.5** |
| **Forestal** | **0** |
| **Infraestructuras: carreteras** | **250** |
| **Infraestructuras: ferrocarriles** | **350** |
| **Infraestructuras: aeroportuarias** | **450** |
| **Infraestructuras: energía** | **500** |
| **Infraestructuras: comunicaciones** | **500** |
| **Infraestructuras: hidráulico - sanitarias** | **500** |
| **Infraestructuras: residuos** | **150** |
| **Masas de agua** | **0** |
| **Otras áreas sin riesgo económico** | **0** |

**Fig. 26 Estimación económica en función del uso del suelo.**

Así, los mapas de calado se convierten en capas vectoriales agrupadas según estas cuatro categorías, asignándoles el coeficiente correspondiente. Esta capa se cruza con la capa de polígonos clasificada por su uso del suelo. De esta forma, se obtendrá una nueva capa con

múltiples polígonos (cada polígono de usos del suelo inicial se habrá dividido en tantos polígonos como combinaciones haya con la altura del agua). A continuación se muestran imágenes del proceso.

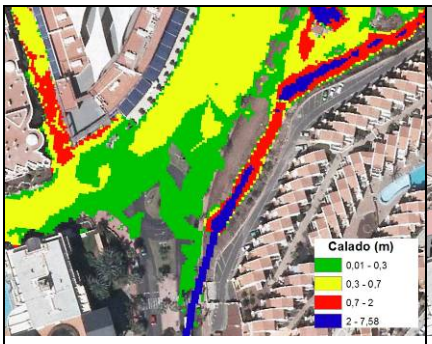



**Fig. 27** **Clasificación de calados.**

**Fig. 28** **Mapa de Act. Económica.**

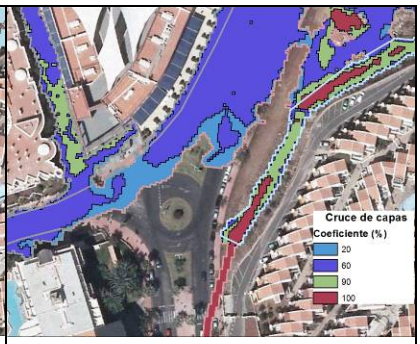



**Fig. 29** **Cruce resultante.**

Por tanto, se obtiene una capa en la cual cada polígono identificado y clasificado adecuadamente se encuentra dividido a su vez en función del coeficiente a aplicar. Posteriormente, se calcula el valor de cada subpolígono como la multiplicación de su superficie por el coeficiente (tabla 25) y por el valor del riesgo inicial (tabla 26). Finalmente, se suman los subpolígonos en función del identificador del polígono al que pertenecen y se obtiene el valor final de cada polígono ((para completar el campo DAÑ_EC_EST: Daños Económicos Estimados).

Finalmente, se realiza mediante la herramienta *Dissolve* la unión de todos los polígonos en función del campo TIP_ACT_EC, es decir, en función del uso del suelo clasificado. El campo de SUPERFICIE y DAÑ_EC_EST resultan de la suma de los mismos.

En resumen, el valor del Daño Económico Estimado (DAÑ_EC_EST) según el tipo de actividad económica afectada, dependerá del calado que alcance la inundación en cada punto y del valor del daño (€/m$^2$) según el uso del suelo.

El riesgo frente a inundaciones de un determinado territorio se establece en función de la vulnerabilidad (el concepto de exposición queda englobado en este concepto) del mismo y la peligrosidad a la que está expuesto. De esta forma, el riesgo se determina mediante el siguiente binomio:

RIESGO = VULNERABILIDAD x PELIGROSIDAD

Para estimar el valor del Riesgo cuantitativamente, sólo es necesario tomar el valor del campo anterior (DAÑ_EC_EST) y dividirlo por el periodo de retorno correspondiente que se esté analizando (Peligrosidad o Probabilidad de ocurrencia del evento).

## 4.3.- PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA

Para establecer aquellos puntos de especial importancia que intersecten con la zona inundable, se ha utilizado la siguiente información:

• Información que dispone el Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs).

• Elementos vulnerables de Patrimonio Cultural proporcionados por el Cabildo de Fuerteventura.

• Instalaciones IPPC (Integrated, Prevention, Pollution and Control) descargadas a través de la página de PRTR-España (el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes).

• Elementos vulnerables de Protección Civil proporcionados por la Dirección General de Seguridad y Emergencia del Gobierno de Canarias.

Estos puntos son denominados, codificados y clasificados de acuerdo a los campos especificados, tanto si son: IPPC, EDAR, PATRIMONIO CULTURAL o PROTECCIÓN CIVIL y por su gravedad como: LEVE (inundación de poco porcentaje y/o poco calado), GRAVE (afección más del 25% superficie, y calados superiores a 30 cm, etc.) y MUY GRAVE (afección a más del 50% de la superficie y calados superiores a 70 cm). Esta capa de puntos se debe proyectar en el sistema de coordenadas establecido.

## 4.4.- ÁREAS DE IMPORTANCIA MEDIOAMBIENTAL

Esta capa se realiza del mismo modo que la de población afectada, pero sin recortar con la capa de municipios. Es decir, que es una capa de un solo polígono formado por la unión de aquellos polígonos que presentan un calado mayor de 0,2 m.

A esta mancha se incorpora la información relativa a:

• Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano.

• Masas de agua de uso recreativo.

• Zonas para la protección de hábitats o especies que pueden resultar afectadas.

Esta información se representa tal y como se recoge en la transposición de la Directiva de Inundaciones, en el artículo 9 a través de los campos especificados para ello. Finalmente se proyecta en el sistema de coordenadas ETRS 1989 UTM ZONE 30N.

La información de la red Natura 2000 y de las aguas de uso recreativo se ha descargado a través del Sistema Integrado de Información del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Mientras que la información sobre captaciones de agua y de

masas de agua de la DMA fueron remitidas por el Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura.

## 4.5.- INFORMACIÓN GRÁFICA

Una vez realizada las capas anteriores, ha sido necesario simplificarlas con la herramienta *Simplify* mediante el algoritmo de Bend simplify y una tolerancia de 2 m para reducir el peso de las capas y eliminar ciertos picos que se producen como consecuencia de convertir un ráster de 1 x 1m en un shape. Y finalmente, como resultado de los trabajos anteriores, se han confeccionado para cada ARPSI los siguientes planos:

- Mapas de población afectada para T=100 y T=500 años.
- Mapas de actividades económicas afectadas para T=100 y T=500 años.
- Mapas de vulnerabilidad ambiental, que incluyen la capa de puntos de especial importancia y la capa de áreas de importancia ambiental para T=100 y T=500 años.

# 5.- RESUMEN DE RESULTADOS

En este capítulo, se expondrán a modo de resumen, los resultados más significativos obtenidos del cruce de las zonas inundables para los diferentes periodos de retorno abordados, con las capas de elementos vulnerables (Población, Actividades Económicas, Puntos de Especial Importancia y Áreas de Importancia Ambiental).

## 5.1.- ÁREAS INUNDABLES POR TÉRMINO MUNICIPAL

| TÉRMINO MUNICIPAL | Nº DE ARPSIS | LONGITUD DE ARPSI (KM) | ÁREA INUNDABLE ($KM^2$) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | T = 100 AÑOS | T = 500 AÑOS |
| La Oliva | 2 | 4,6 | 2,42 | 2,83 |
| Puerto del Rosario | 3 | 9,119 | 0,81 | 0,92 |
| Tuineje | 2 | 3,428 | 0,8 | 0,88 |

*Tabla 3. Áreas inundables por término municipal.*

## 5.2.- AFECCIÓN A LA POBLACIÓN

| TÉRMINO MUNICIPAL | Nº ESTIMATIVO DE HAB. AFECTADOS | | % SOBRE EL TOTAL DE POBLACIÓN AFECTADA | |
|---|---|---|---|---|
| | T = 100 años | T = 500 años | T = 100 años | T = 500 años |
| La Oliva | 596 | 772 | 16,5 | 19 |
| Puerto del Rosario | 306 | 372 | 8,5 | 9,2 |
| Tuineje | 2703 | 2920 | 75 | 71,8 |
| **Total:** | 3605 | 4064 | 100,0 | 100,0 |

*Tabla 4. Estimación de población afectada por término municipal.*

## 5.3.- AFECCIÓN A LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

| ARPSI | T = 100 AÑOS | | T = 500 AÑOS | |
|---|---|---|---|---|
| | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| ES122_ARPSI_0027 | 24.060.995 | 240.610 | 29.848.247 | 59.696 |
| ES122_ARPSI_0028 | 20.402.918 | 204.029 | 26.030.487 | 52.061 |
| ES122_ARPSI_0029 | 6.649.759 | 66.498 | 8.678.262 | 17.357 |
| ES122_ARPSI_0030 | 1.489.613 | 14.896 | 1.663.982 | 3.328 |
| ES122_ARPSI_0031 | 3.705.970 | 37.060 | 4.237.596 | 8.475 |
| ES122_ARPSI_0032 | 1.606.984 | 16.070 | 2.584.162 | 5.168 |
| ES122_ARPSI_0033 | 1.406.296 | 14.063 | 1.677.880 | 3.356 |
| **Total:** | 59.322.535 | 593.226 | 74.720.616 | 149.441 |

*Tabla 5. Resumen valor de daños y riesgos.*

| PERIODO DE RETORNO | SUPERFICIE AFECTADA | | | |
|---|---|---|---|---|
| | T = 100 AÑOS | | T = 500 AÑOS | |
| | $KM^2$ | % | $KM^2$ | % |
| Urbano concentrado | 96.979 | 3,38 | 115.266 | 3,40 |
| Urbano disperso | 57.728 | 2,01 | 74.283 | 2,19 |
| Asociado a urbano | 144.994 | 5,05 | 179.807 | 5,30 |
| Infraestructura social | 28.194 | 0,98 | 30.241 | 0,89 |
| Terciario | 423 | 0,01 | 472 | 0,01 |
| Industrial disperso | 872 | 0,03 | 98.507 | 2,90 |
| Agrícola-Secano | 900.754 | 31,39 | 966.778 | 28,50 |
| Agrícola-Regadío | 98.364 | 3,43 | 120.615 | 3,56 |
| Forestales | 207.154 | 7,22 | 257.892 | 7,60 |
| Infraestructuras: Carreteras | 90.022 | 3,14 | 103.520 | 3,05 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Infraestructuras: Energía | 26 | 0,00 | 53 | 0,00 |
| Infraestructuras: Hidráulico-Sanitarias | 7.406 | 0,26 | 7.483 | 0,22 |
| Infraestructuras: Residuos | 1.501 | 0,05 | 1.533 | 0,05 |
| Masas de agua | 272.268 | 9,49 | 284.053 | 8,37 |
| Otras áreas sin riesgo | 962.901 | 33,56 | 1.151.987 | 33,96 |
| **Total:** | 2.869.586 | 100 | 3.392.490 | 100 |

*Tabla 6. Superficie afectada en Km$^2$ y porcentaje de las distintas actividades económicas.*

### *5.3.1.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0027 (BCO. DE GRAN TARAJAL)*

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP (m$^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP (m$^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Agrícola-Secano | 232.669 | 36,4 | 162.189 | 1.622 | 267.780 | 37,6 | 199.479 | 399 |
| Asociado a urbano | 21.959 | 3,4 | 2.139.930 | 21.399 | 29.143 | 4,1 | 3.090.900 | 6.182 |
| Forestal | 153.340 | 24,0 | 0 | 0 | 170.405 | 23,9 | 0 | 0 |
| Infraestructura social | 882 | 0,1 | 112.340 | 1.123 | 1.112 | 0,2 | 162.620 | 325 |
| Infraestructuras hidráulico-sanitarias | 7.406 | 1,2 | 3.061.850 | 30.619 | 7.483 | 1,0 | 3.167.950 | 6.336 |
| Infraestructuras: carreteras | 24.658 | 3,9 | 4.323.925 | 43.239 | 27.008 | 3,8 | 5.224.125 | 10.448 |
| Masas de agua | 95.857 | 15,0 | 0 | 0 | 97.113 | 13,6 | 0 | 0 |
| Otras áreas sin riesgo | 42.994 | 6,7 | 0 | 0 | 44.286 | 6,2 | 0 | 0 |
| Urbano concentrado | 59.819 | 9,4 | 14.253.400 | 142.534 | 68.598 | 9,6 | 17.992.310 | 35.985 |
| Urbano disperso | 66 | 0,0 | 7.361 | 74 | 88 | 0,0 | 10.863 | 22 |
| **Total:** | 639.650 | 100 | 24.060.995 | 240.610 | 713.016 | 100 | 29.848.247 | 59.696 |

*Tabla 7. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0027 (Bco. de Gran Tarajal).*

### 5.3.2.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0028 (BCO. DE LAJARES)

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Agrícola-Regadío | 1.824 | 0,2 | 5.817 | 58 | 3.164 | 0,3 | 10.127 | 20 |
| Agrícola-Secano | 48.230 | 5,3 | 36.903 | 369 | 70.782 | 6,5 | 53.498 | 107 |
| Asociado a urbano | 41.809 | 4,6 | 4.719.810 | 47.198 | 46.534 | 4,3 | 5.767.680 | 11.535 |
| Infraestructura social | 13.624 | 1,5 | 2.398.260 | 23.983 | 14.447 | 1,3 | 2.558.540 | 5.117 |
| Infraestructuras: carreteras | 52.478 | 5,8 | 4.106.900 | 41.069 | 60.770 | 5,6 | 4.973.150 | 9.946 |
| Otras áreas sin riesgo | 694.351 | 76,5 | 0 | 0 | 819.834 | 75,4 | 0 | 0 |
| Urbano concentrado | 17.630 | 1,9 | 4.205.075 | 42.051 | 22.304 | 2,1 | 6.209.770 | 12.420 |
| Urbano disperso | 37.747 | 4,2 | 4.930.153 | 49.302 | 49.154 | 4,5 | 6.457.722 | 12.915 |
| **Total:** | 907.693 | 100 | 20.402.918 | 204.029 | 1.086.989 | 100 | 26.030.487 | 52.061 |

*Tabla 8. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0028 (Bco. de Lajares).*

### 5.3.3.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0029 (BCO. DE LA OLIVA.)

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Agrícola-Regadío | 91.780 | 11,5 | 165.152 | 1.652 | 112.926 | 11,9 | 227.560 | 455 |
| Agrícola-Secano | 424.322 | 53,4 | 243.412 | 2.434 | 474.264 | 50,1 | 297.281 | 595 |
| Asociado a urbano | 39.127 | 4,9 | 3.958.785 | 39.588 | 50.908 | 5,4 | 4.807.140 | 9.614 |
| Forestal | 501 | 0,1 | 0 | 0 | 530 | 0,1 | 0 | 0 |
| Industrial disperso | 712 | 0,1 | 40.460 | 405 | 801 | 0,1 | 45.798 | 92 |
| Infraestructura social | 441 | 0,1 | 36.400 | 364 | 527 | 0,1 | 45.120 | 90 |
| Infraestructuras: carreteras | 4.817 | 0,6 | 397.475 | 3.975 | 6.757 | 0,7 | 624.650 | 1.249 |
| Otras áreas sin riesgo | 213.173 | 26,8 | 0 | 0 | 273.510 | 28,9 | 0 | 0 |
| Urbano concentrado | 3.331 | 0,4 | 441.700 | 4.417 | 6.885 | 0,7 | 1.034.600 | 2.069 |
| Urbano disperso | 16.622 | 2,1 | 1.366.375 | 13.664 | 19.510 | 2,1 | 1.596.113 | 3.192 |
| **Total:** | 794.826 | 100 | 6.649.759 | 66.498 | 946.618 | 100 | 8.678.262 | 17.357 |

*Tabla 9. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0029 (Bco. de La Oliva).*

### 5.3.4.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0030 (BCO. DE TETIR.)

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Agrícola-Regadío | 4.365 | 1,8 | 17.277 | 173 | 4.525 | 1,8 | 17.927 | 36 |
| Agrícola-Secano | 138.159 | 58,4 | 82.195 | 822 | 147.472 | 58,9 | 89.697 | 179 |
| Asociado a urbano | 493 | 0,2 | 38.565 | 386 | 571 | 0,2 | 52.395 | 105 |
| Forestal | 4.859 | 2,1 | 0 | 0 | 5.251 | 2,1 | 0 | 0 |
| Industrial disperso | 160 | 0,1 | 21.420 | 214 | 169 | 0,1 | 22.253 | 45 |
| Infraestructuras: carreteras | 6.317 | 2,7 | 1.120.325 | 11.203 | 6.724 | 2,7 | 1.203.675 | 2.407 |
| Masas de agua | 73.054 | 30,9 | 0 | 0 | 74.366 | 29,7 | 0 | 0 |
| Otras áreas sin riesgo | 6.601 | 2,8 | 0 | 0 | 7.891 | 3,2 | 0 | 0 |
| Urbano disperso | 2.503 | 1,1 | 209.831 | 2.098 | 3.445 | 1,4 | 278.035 | 556 |
| **Total:** | 236.511 | 100 | 1.489.613 | 14.896 | 250.414 | 100 | 1.663.982 | 3.328 |

*Tabla 10. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0030 (Bco. de Tetir).*

### 5.3.5.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES120_ARPSI_0031 (BCO DE LAS PLAYITAS)

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Agrícola-Secano | 5.297 | 12,4 | 2.040 | 20 | 5.512 | 12,2 | 2.431 | 5 |
| Asociado a urbano | 16.459 | 38,6 | 1.032.840 | 10.328 | 17.800 | 39,4 | 1.219.410 | 2.439 |
| Infraestructura social | 11.058 | 25,9 | 952.600 | 9.526 | 11.425 | 25,3 | 1.068.580 | 2.137 |
| Infraestructuras: residuos | 1.501 | 3,5 | 113.565 | 1.136 | 1.533 | 3,4 | 125.460 | 251 |
| Urbano concentrado | 8.351 | 19,6 | 1.604.925 | 16.049 | 8.861 | 19,6 | 1.821.715 | 3.643 |
| **Total:** | 42.666 | 100 | 3.705.970 | 37.060 | 45.131 | 100 | 4.237.596 | 8.475 |

*Tabla 11. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0031 (Bco. de Las Playitas).*

### 5.3.6.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0032 (BCO. DE CASILLAS DEL ÁNGEL)

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Agrícola-Regadío | 395 | 0,2 | 468 | 5 | 968 | 0,3 | 1.443 | 3 |
| Agrícola-Secano | 52.077 | 23,9 | 22.304 | 223 | 97.537 | 30,9 | 47.046 | 94 |
| Asociado a urbano | 13.921 | 6,4 | 1.150.425 | 11.504 | 22.111 | 7,0 | 1.873.440 | 3.747 |
| Forestal | 47.496 | 21,8 | 0 | 0 | 80.588 | 25,5 | 0 | 0 |
| Infraestructura social | 382 | 0,2 | 33.140 | 331 | 837 | 0,3 | 66.980 | 134 |
| Infraestructuras: carreteras | 1.752 | 0,8 | 338.300 | 3.383 | 2.261 | 0,7 | 425.225 | 850 |
| Infraestructuras: energía | 26 | 0,0 | 7.250 | 73 | 53 | 0,0 | 13.050 | 26 |
| Masas de agua | 100.737 | 46,3 | 0 | 0 | 109.700 | 34,7 | 0 | 0 |
| Urbano disperso | 790 | 0,4 | 55.097 | 551 | 2.086 | 0,7 | 156.978 | 314 |
| Total: | 217.576 | 100 | 1.606.984 | 16.070 | 316.141 | 100 | 2.584.162 | 5.168 |

*Tabla 12. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0032 (Bco. de Casillas del Ángel).*

### 5.3.7.- VALOR DE LOS DAÑOS Y RIESGOS EN EL ES122_ARPSI_0033 (BCO. DE VARICHELOS)

| | T100 | | | | T500 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPO ACTIVIDAD ECONÓMICA | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) | SUP ($m^2$) | Valor relativo (%) | Valor Daño (€) | Valor Riesgo (€) |
| Asociado a urbano | 11.226 | 36,6 | 467.280 | 4.673 | 12.740 | 37,3 | 540.585 | 1.081 |
| Forestal | 958 | 3,1 | 0 | 0 | 1.118 | 3,3 | 0 | 0 |
| Infraestructura social | 1.807 | 5,9 | 77.600 | 776 | 1.893 | 5,5 | 88.640 | 177 |
| Masas de agua | 2.620 | 8,5 | 0 | 0 | 2.874 | 8,4 | 0 | 0 |
| Otras áreas sin riesgo | 5.782 | 18,9 | 0 | 0 | 6.466 | 18,9 | 0 | 0 |
| Terciario | 423 | 1,4 | 42.066 | 421 | 472 | 1,4 | 50.350 | 101 |
| Urbano concentrado | 7.848 | 25,6 | 819.350 | 8.194 | 8.618 | 25,2 | 998.305 | 1.997 |
| **Total:** | 30.664 | 100 | 1.406.296 | 14.063 | 34.181 | 100 | 1.677.880 | 3.356 |

*Tabla 13. Valor económico de los Daños y Riesgos en el ARPSI_0033 (Bco. de Varichelos).*

## 5.4.- AFECCIÓN A PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA Y ÁREAS PROTEGIDAS AMBIENTALMENTE

| | EDAR | IPPC | P. CULTURAL | P. CIVIL | A. BAÑO | CAPT. | ZEC | ZEPA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0027 | 1 | | | | SI | | SI | |
| ES122_ARPSI_0028 | | | 13 | 5 | | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0029 | | | 10 | 1 | | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0030 | | | | | | SI | | |
| ES122_ARPSI_0031 | | | 3 | 4 | SI | SI | | |
| ES122_ARPSI_0032 | | | 3 | 7 | | SI | | |
| ES122_ARPSI_0033 | | | 1 | 2 | | SI | | |
| TOTAL | 1 | | 30 | 19 | 2 | 6 | 2 | 2 |

*Tabla 14. Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 100 años.*

| | EDAR | IPPC | P. CULTURAL | P. CIVIL | A. BAÑO | CAPT. | ZEC | ZEPA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0027 | 1 | | | | SI | | SI | |
| ES122_ARPSI_0028 | | | 15 | 5 | | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0029 | | | 20 | 2 | | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0030 | | | | | | SI | | |
| ES122_ARPSI_0031 | | | 3 | 4 | SI | SI | | |
| ES122_ARPSI_0032 | | | 4 | 7 | | SI | | |
| ES122_ARPSI_0033 | | | 1 | 2 | | SI | | |
| TOTAL | 1 | | 43 | 20 | 2 | 6 | 2 | 2 |

*Tabla 15. Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 500 años.*

| | Nombre ARPSI | Categoría BIC | Nombre BIC |
|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0029 | Cuenca endorreica de La Oliva | Monumento | Casa del Inglés |
| ES122_ARPSI_0032 | Barranco de Casillas del Ángel | Monumento | Ermita de Santa Ana |

*Tabla 16. Bienes de Interés Cultural en las zonas inundables.*

| ZEC | | ZEPA | |
|---|---|---|---|
| CÓDIGO | NOMBRE DEL LUGAR | CÓDIGO | NOMBRE DEL LUGAR |
| ES7010035 | Playas de sotavento de Jandía | ES0000101 | Lajares, Esquinzo y costa del Jarubio |
| ES7010023 | Malpaís de la Arena | ES0000349 | Vallebrón y valles de Fimapaire y Fenimoy |

*Tabla 17. ZEC y ZEPA en zonas inundables.*

### *5.4.1.- PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA AFECTADOS EN CADA ARPSI*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | EDAR Gran Tarajal |
| 2 | Centro Municipal De Servicios Sociales |
| 3 | Parque Público |
| 4 | Policía Local |
| 5 | Transporte Sanitario Urgente De Gran Tarajal |
| 6 | Recinto Ferial De Gran Tarajal |
| 7 | Parque Público |
| 8 | Centro Cultural De Gran Tarajal |
| 9 | Auditorio Municipal |
| 10 | Playa De Gran Tarajal |
| 11 | Pista De Atletismo De Gran Tarajal |
| 12 | Centro De Salud De Gran Tarajal |
| 13 | Aeromotor |
| 14 | Aljibe |
| 15 | Estanque |
| 16 | Estanque |
| 17 | Estanque |

| | |
|---|---|
| 18 | Nido de Ametralladora |
| 19 | Vivienda de Planta Rectangular |
| 20 | Vivienda de Planta Rectangular |
| 21 | Salinas de Gran Tarajal |

*Tabla 18. Bco. Gran Tarajal (T100).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | EDAR Gran Tarajal |
| 2 | Recinto Ferial de Gran Tarajal |
| 3 | I.E.S. Vigán |
| 4 | Parque Público |
| 5 | Centro Cultural de Gran Tarajal |
| 6 | Auditorio Municipal |
| 7 | Playa de Gran Tarajal |
| 8 | Pista de Atletismo de Gran Tarajal |
| 9 | Centro de Salud de Gran Tarajal |
| 10 | Centro Municipal de Servicios Sociales |
| 11 | Parque Público |
| 12 | Policía Local |
| 13 | Transporte Sanitario Urgente de Gran Tarajal |
| 14 | Aeromotor |
| 15 | Aljibe |
| 16 | Estanque |
| 17 | Estanque |
| 18 | Estanque |
| 19 | Nido de Ametralladora |
| 20 | Vivienda de Planta Rectangular |
| 21 | Vivienda de Planta Rectangular |
| 22 | Salinas de Gran Tarajal |

*Tabla 19. Bco. Gran Tarajal (T500).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Parque Público Los Lajares |
| 2 | Consultorio Local Lajares - Centro de Salud |
| 3 | Camp. de Futbol Muni. Daniel Rodríguez Rodríguez |
| 4 | Parque Público Infantil |
| 5 | Colegio Público de Lajares |
| 6 | Aljibe |
| 7 | Aljibe |
| 8 | Aljibe |
| 9 | Rosa |
| 10 | Horno de cal |
| 11 | Vivienda de planta de tipología en U |
| 12 | Vivienda de una planta y sobrado, con tipología en L y patio cerrado |
| 13 | Dependencia de tipología rectangular |
| 14 | Gañanía |
| 15 | Aljibe |
| 16 | Aljibe |
| 17 | Tahona |
| 18 | Vivienda de planta de tipología cuadrangular |

*Tabla 20. Bco. de Lajares (T100).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Parque Público Los Lajares |
| 2 | Consultorio Local Lajares - Centro de Salud |
| 3 | Camp. de Futbol Muni. Daniel Rodríguez Rodríguez |
| 4 | Parque público infantil |
| 5 | Colegio público de Lajares |
| 6 | Gañanía |
| 7 | Aljibe |
| 8 | Aljibe |
| 9 | Aljibe |
| 10 | Tahona |
| 11 | Aljibe |
| 12 | Aljibe |
| 13 | Aljibe |
| 14 | Rosa |
| 15 | Corral de concejo |
| 16 | Horno de cal |
| 17 | Vivienda de planta de tipología en U |
| 18 | Vivienda de una planta y sobrado, con tipología en L y patio cerrado |
| 19 | Vivienda de planta de tipología cuadrangular |
| 20 | Dependencia de tipología rectangular |

*Tabla 21. Bco. de Lajares (T500).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Casa del Inglés - Bien histórico artístico |
| 2 | Mareta |
| 3 | Mareta |
| 4 | Mareta |
| 5 | Mareta |
| 6 | Aljibe |
| 7 | Aljibe |
| 8 | Aljibe |
| 9 | Casa del inglés - BIC |
| 10 | Vivienda de tipología en L y U |
| 11 | Vivienda de tipología cuadrangular con patio central |

*Tabla 22. Bco. de La Oliva (T100).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | De grano la cilla - edificio espectáculo |
| 2 | Casa del inglés - bien histórico artístico |
| 3 | Cilla - inmueble agrícola |
| 4 | Era - inmueble destinado a la elaboración agrícola |
| 5 | Mareta |
| 6 | Mareta |
| 7 | Mareta |
| 8 | Mareta |
| 9 | Mareta |
| 10 | Mareta |
| 11 | Tazmiero - Inmueble agrícola destinado a almacenamiento |
| 12 | Aljibe |
| 13 | Aljibe |
| 14 | Aljibe |
| 15 | Aljibe |
| 16 | Aljibe |
| 17 | Casa del inglés - BIC |
| 18 | Vivienda de tipología en L y U |

| | |
|---|---|
| 19 | Vivienda de tipología cuadrangular con patio central |
| 20 | Vivienda de tipología cuadrangular con patio interior |
| 21 | Portón |
| 22 | Museo del grano |

*Tabla 23. Bco. de La Oliva (T500).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Centro cultural de Las Playitas |
| 2 | Iglesia de Las Playitas |
| 3 | Campo de futbol Las Playitas |
| 4 | Parque infantil |
| 5 | Aeromotor |
| 6 | Aeromotor |
| 7 | Estanque |

*Tabla 24. Bco. Las Playitas (T100).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Centro cultural de Las Playitas |
| 2 | Iglesia de Las Playitas |
| 3 | Campo de futbol Las Playitas |
| 4 | Parque infantil |
| 5 | Aeromotor |
| 6 | Aeromotor |
| 7 | Estanque |

*Tabla 25. Bco. Las Playitas (T500).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Hotel Rural Casa de Los Rugama |
| 2 | Centro socio/cultural Casillas del Ángel |
| 3 | Escuela unitaria casillas |
| 4 | Iglesia de Santa Ana |
| 5 | Parque público infantil |
| 6 | Terrero de lucha Casillas del Ángel |
| 7 | Edificio espectáculo municipal |
| 8 | Pozo |
| 9 | Explotación agraria singular |
| 10 | Iglesia de Santa Ana - BIC |

*Tabla 26. Bco. de Casillas del Ángel (T100).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Hotel Rural Casa de Los Rugama |
| 2 | Centro socio/cultural Casillas del Ángel |
| 3 | Escuela Unitaria Casillas |
| 4 | Iglesia de Santa Ana |
| 5 | Parque público infantil |
| 6 | Terrero de lucha casillas del Ángel |
| 7 | Edificio espectáculo municipal |
| 8 | Pozo |
| 9 | Explotación agraria singular |
| 10 | Iglesia de Santa Ana - BIC |
| 11 | Horno de cal |

*Tabla 27. Bco. de Casillas del Ángel (T500).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Centro socio/cultural El Matorral |
| 2 | Terrero de lucha El Matorral |
| 3 | Pozo |

*Tabla 28. Bco. de Los Varichelos (T100).*

| PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA | |
|---|---|
| Nº | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Centro socio/cultural El Matorral |
| 2 | Terrero de lucha El Matorral |
| 3 | Pozo |

*Tabla 29. Bco. de Los Varichelos (T500).*

## 6.- DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA

A continuación se citan los principales documentos que han servido de consulta para la realización de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura:


- Estudio de Riesgo Hidráulico de Fuerteventura (GESPLAN, 2011).
- Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundaciones en la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura.
- Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
- Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Visor SNCZI). Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
- Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación. Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
- Vuelo LIDAR 2010-2011 desarrollado por GRAFCAN.
- Colección de ortofotos de GRAFCAN en formato wms, a través del visor.
- SIOSE 2005: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España. Se enmarca dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), que coordina y gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), integrando las bases de datos existentes en el ámbito nacional y en las Comunidades.
- SIOSE 2011: en formato wms, a través del visor de GRAFCAN.
- Mapa de usos de del suelo de GRAFCAN (2002).
- Ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Información de población y densidad de habitantes: Instituto Canario de Estadística (ISTAC).
- RED NATURA 2000. Cobertura de espacios LICs y ZEPAS. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Capa de elementos vulnerables facilitados por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias.
- Plan Territorial por Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA).

FUERTEVENTURA

# PARTE 2:

## MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS ARPSIs COSTERAS

## (DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA)

# MEMORIA GENERAL

# C.S. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO REQUERIDO POR EL R.D. 903/2010 EN LA COSTA ESPAÑOLA

# INDICE

**1.- INTRODUCCIÓN ..... 1**
1.1.- Antecedentes ..... 1
1.2.- Objeto del estudio ..... 3
1.3.- Ámbito del estudio ..... 3

**2.- METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA EXTENSIÓN DE LA INUNDACIÓN ..... 5**
2.1.- Introducción ..... 5
2.2.- Aproximación metodológica con nivel del mar (1ª) ..... 8
2.2.1.- Introducción ..... 8
2.2.2.- Metodología ..... 8
2.3.- Aproximación metodológica con nivel del mar y oleaje (2ª) ..... 10
2.3.1.- Introducción ..... 10
2.3.2.- Metodología ..... 11

**3.- ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO ..... 34**
3.1.- Introducción ..... 34
3.2.- Metodología ..... 34
3.3.- Resultados ..... 35

**4.- METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN ..... 35**
4.1.- Introducción ..... 35
4.2.- Metodología ..... 36
4.2.1.- Inundación por nivel ..... 36
4.2.2.- Inundación por nivel y oleaje ..... 36
4.2.3.- Mapas de peligrosidad ..... 37
4.2.4.- Consideraciones a la metodología aplicada ..... 37
4.3.- Resultados ..... 45

**5.- METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN ..... 46**
5.1.- Introducción ..... 46

5.2.- Metodología .....46
5.2.1.- Afección a la población .....46
5.2.2.- Afección a la actividad económica .....47
5.2.3.- Afección a puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente .48
5.3.- Resultados .....49

**6.- REFERENCIAS ..... 49**

**APÉNDICE I**: Bases de datos del Proyecto C3E
**APÉNDICE II**: Modelo numérico IH-2VOF

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Ámbito de estudio ..... 4
**Figura 2.** Factores que afectan a la cota de inundación ..... 5
**Figura 3.** Ajuste del régimen extremal de cota de inundación en una posición del Mar Cantábrico (izquierda) y en una posición del Mar Mediterráneo (derecha).10
**Figura 4.** Ejemplo de la segmentación realizada en la línea de costa. Puntos rojos cada 200 m. .....13
**Figura 5.** Esquema para determinar el perfil asociado a cada punto de la costa. .....14
**Figura 6.** Representación de la altura de ola significante superada 12 horas al año ($Hs_{12}$) hasta los 50 m de profundidad. .....15
**Figura 7.** Ejemplo de la segmentación realizada en la isla de Formentera. En rojo, los puntos de la línea de costa cada 200 m. En blanco, perfiles del terreno según la dirección del flujo medio de energía de los temporales. .....15
**Figura 8.** Esquema para determinar el perfil emergido y sumergido .....16
**Figura 9.** Cuantil del 95% de la altura de ola significante (izquierda) y cuantil del 95% de marea meteorológica. (tomadas de www.c3e.ihcantabria.com) ...17
**Figura 10.** Ejemplo de dos perfiles con el mismo número de Iribarren (Ir) y run-up adimensional (Ru/Hs). Perfil izquierda: Pendiente 1/10, Ru = 1.1 m, Hs = 1 m, Tp = 12 s. Perfil derecha: Pendiente 1/5, Ru = 4.4 m, Hs = 4 m, Tp = 12 s.....19
**Figura 11.** Ejemplo de perfil adimensional con un número de Iribarren, Ir = 1.5 .....20
**Figura 12.** Ejemplo de adimensionalización de un perfil real (Emergido + Sumergido) con un estado de mar de Hs = 4 m y Tp = 12 s. .....21
**Figura 13.** Clasificación K-Mean de perfiles adimensionalizados con los 81 clústers más representativos.....23
**Figura 14.** Ejemplo de 4 clústers (Nº 11, 51, 78 y 119) de perfiles adimensionalizados clasificados con K-Mean (121 clústers). Se representa en cada uno de ellos el centroide (línea negra) y la banda de confianza del 95 % (zona gris)...24
**Figura 15.** Ajustes lineales del run-up adimensional ($Ru_{2\%}$/Hs) en 4 clústers (Nº 11, 51, 78 y 119). Los puntos negros son los resultados de las ejecuciones del modelo IH2VOF, la línea negra es el ajuste de los datos a una recta y las líneas discontinuas son distintas bandas de confianza al 95%, 90%, 80% y 68.5% respectivamente. .....26

**Figura 16.** Ajustes lineales del alcance de la inundación adimensional (I2%/√L0Hs) en 4 clústers (Nº 11, 51, 78 y 119). Los puntos negros son los resultados de las ejecuciones del modelo IH-2VOF, la línea negra es el ajuste de los datos a una recta y las líneas discontinuas son distintas bandas de confianza al 95%, 90%, 80% y 68.5% respectivamente. ....27

**Figura 17.** Ejemplo de ajuste del régimen extremal de cota de inundación con nivel del mar y oleaje. ....30

**Figura 18.** Ejemplo de ajuste del régimen extremal de distancia de inundación con nivel del mar y oleaje. ....31

**Figura 19.** Ejemplo de la extensión de la inundación a partir de la cota de inundación (líneas discontinuas horizontales) y distancia de inundación (líneas continuas verticales) para T=10, 50, 100 y 500 años en el perfil Nº 9950 (perfil emergido) calculado con nivel del mar y oleaje. ....32

**Figura 20.** Ejemplo de la extensión de la inundación (líneas continuas verticales) a partir de la cota de inundación (líneas discontinuas horizontales) y distancia de inundación (líneas discontinuas verticales) para T=10, 50, 100 y 500 años en el perfil Nº 161 (perfil emergido) calculado con nivel del mar y oleaje. ....33

**Figura 21.** Zona protegida al abrigo de los temporales extremos de componente NE. 38

**Figura 22.** Zona inundable para los periodos de retorno de 100 años (naranja) y 500 años (amarillo). ....39

**Figura 23.** Resolución de trabajo frente a verdad terreno ....40

**Figura 24.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 excede la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2012) ....41

**Figura 25.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 no alcanza a cubrir toda la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2012) ....42

**Figura 26.** Ejemplo con la zona inundable delimitada por el SIOSE 2009 y la lámina de agua hasta el mismo ....43

**Figura 27.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 no alcanza a cubrir toda la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2006) ....43

**Figura 28.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 y la ortofoto (PNOA 2012) tienen límites coincidentes ....44

**Figura 29.** Ejemplo de aplicación del criterio utilizado para delimitar lateralmente las ARPSIs ....45

## INDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Relación de las 22 Demarcaciones Hidrográficas relacionadas con el ámbito de estudio ..... 4

**Tabla 2.** Categorías en Mapa de riesgo nacional .....47

# 1.- INTRODUCCIÓN

## 1.1.- ANTECEDENTES

La Directiva 2007/60 del Consejo Europeo publicada el 6 de noviembre del 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (en adelante, "Directiva de Inundaciones"), cuya trasposición al ordenamiento jurídico español es el objeto del Real Decreto 903/2010, del 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, publicado en el BOE Nº171 del 15 de julio del 2010, tiene como objetivo generar nuevos instrumentos a nivel comunitario para reducir las posibles consecuencias de las inundaciones mediante la gestión del riesgo, apoyada en cartografía de peligrosidad y de riesgo.

La implantación de esta Directiva se está llevando a cabo por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través de la Dirección General del Agua y la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar en los ámbitos competencia de la Administración General del Estado. En este sentido se ha puesto en marcha el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), un instrumento de apoyo a la gestión de dichos espacios, la prevención de riesgos, la planificación territorial y la transparencia administrativa.

El eje central del SNCZI es el visor cartográfico de zonas inundables, que permite a todos los interesados visualizar los estudios de delimitación del Dominio Público Hidráulico y los estudios de cartografía de zonas inundables, elaborados por el Ministerio y aquellos que han aportado las Comunidades Autónomas. En la actualidad sólo se ha elaborado la primera fase (fase 1) que exigía la Directiva de Inundaciones: la Evaluación Preliminar de los Riesgos de Inundación (en adelante EPRI), definiendo unas Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs).

La Directiva prevé dos fases más para su implementación. En primer lugar está la fase 2 que tiene que estar redactada para finales del año 2013 y consiste en la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de las áreas que se han definido como potenciales frente a los riesgos de inundación en la fase 1. La fase 3 consiste en la redacción de los Planes de Gestión de estas zonas y tiene que estar finalizada para finales del 2015.

El objeto del presente documento es obtener los mapas de peligrosidad por inundación y los mapas de riesgo de inundación para posteriormente, en una siguiente fase, poder elaborar los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación, todo ellos según indica el RD 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Para la elaboración de estos trabajos se ha contado con el apoyo del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (en adelante IH Cantabria), que ha desarrollado para el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente las metodologías y herramientas que permiten la determinación de la extensión de las zonas inundables a lo largo de las costas españolas a partir de la información generada en el proyecto C3E (Cambio Climático en la Costa Española, Ref 20080050084091, www.c3e.ihcantabria.es).

Este proyecto, realizado en el marco del Plan Nacional de I+D+i y financiado por la Secretaría de Estado de Cambio Climático del entonces Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino tuvo como uno de sus resultados la elaboración de una extensa base de datos de variables meteo-oceánicas a lo largo de la costa española que, si bien fue desarrollada para otro fin, su adaptación para su uso en el caso de inundación costera permite no sólo un gran ahorro en lo que se refiere a los trabajos de estudios y modelado matemático requeridos para dar cumplimiento a las exigencias de la Directiva de Inundaciones, sino también un alto grado de precisión en la evaluación de los riesgos asociados a las inundaciones difícilmente obtenibles de otra manera, con el consiguiente beneficio para las administraciones públicas y la sociedad en general.

La metodología adoptada para la obtención de estos mapas ha sido, por tanto, compleja aunque dada la amplitud del trabajo y la necesidad de homogeneizar situaciones ha sido necesaria adoptar ciertas simplificaciones dejando, en cualquier caso, los resultados obtenidos del lado de la seguridad.

**Finalmente, es importante destacar que, si bien el RD 903/2010 indica la necesidad de representar en los mapas de peligrosidad la delimitación de la zona de dominio público marítimo-terrestre, la ribera del mar y la zona de servidumbre de protección en zonas costeras, estos mapas, así obtenidos, no tienen por objeto cuestionar las limitaciones anteriormente citadas sino obtener unos mapas que sirvan como instrumento adecuado para la posterior Gestión de las Zonas Inundables.**

## 1.2.- OBJETO DEL ESTUDIO

El presente "Contrato de Servicios Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera por el R.D. 903/2010 en la Costa Española" tiene por objeto la actualización y determinación de la extensión de las zonas inundables definidas en la Fase 1 y la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación costera a lo largo del litoral español.

## 1.3.- ÁMBITO DEL ESTUDIO

El ámbito geográfico de los trabajos objeto del presente estudio comprende el litoral de toda la costa Española.

El litoral español está dividido en 22 Demarcaciones Hidrográficas (Tabla 1) para las que se ha realizado el presente trabajo de actualización y elaboración del los mapas de peligrosidad y riesgo en las zonas previamente determinadas como inundables en la Fase de EPRI (Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación).

**Tabla 1.** Relación de las 22 Demarcaciones Hidrográficas relacionadas con el ámbito de estudio

| DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS RELACIONADAS CON EL ÁMBITO DE ESTUDIO | |
|---|---|
| D.H. de Galicia-Costa | D.H. del Cantábrico Occidental |
| D.H. del Cantábrico Oriental | D.H. del Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya |
| D.H. del Ebro | D.H. del Júcar |
| D.H. del Segura | D.H. de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas |
| D.H. de Tinto, Odiel y Piedras | D.H. del Guadalquivir |
| D.H. de Guadalete y Barbate | D.H. del Guadiana |
| D.H. de las Islas Baleares | D.H. de Gran Canaria |
| D.H. de Fuerteventura | D.H. de Lanzarote |
| D.H. de Tenerife | D.H. de La Palma |
| D.H. de La Gomera | D.H. de El Hierro |
| D.H. de Ceuta | D.H. de Melilla |

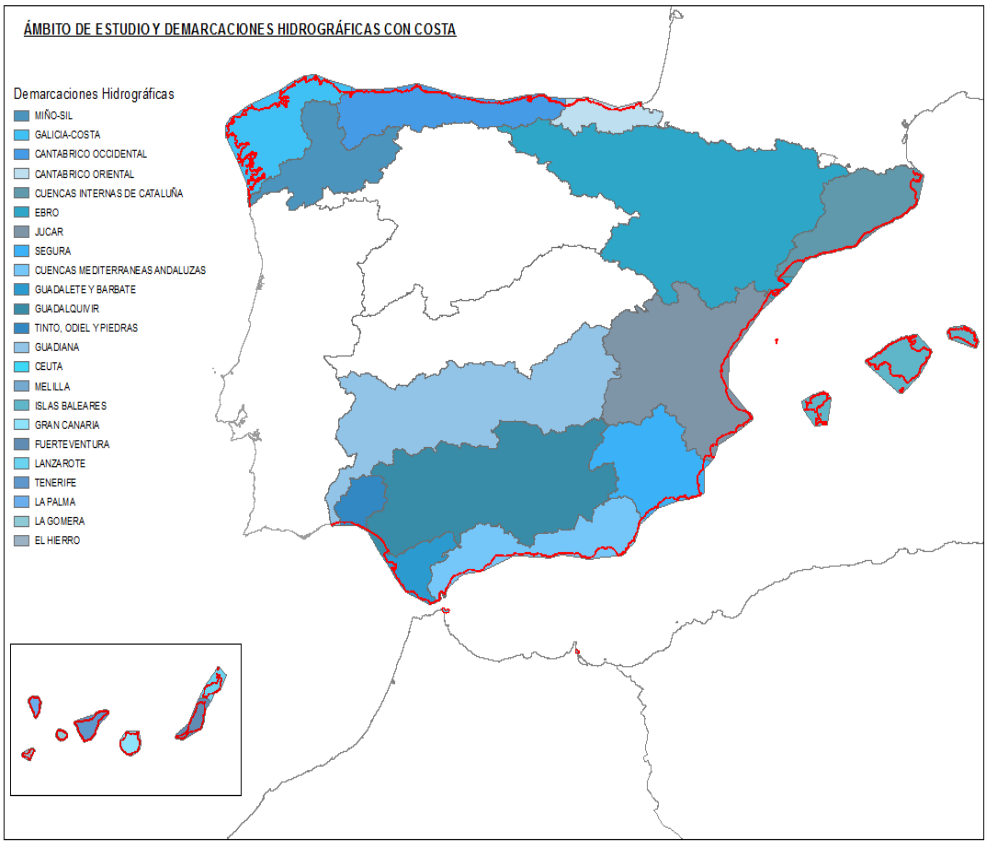



**Figura 1.** Ámbito de estudio

# 2.- METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA EXTENSIÓN DE LA INUNDACIÓN

## 2.1.- INTRODUCCIÓN

El régimen de inundaciones en la costa debido a la acción conjunta de la dinámica marina y meteorológica es un fenómeno especialmente complejo, tanto por el gran número de elementos que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre dichos elementos.

El fenómeno de inundación en una playa, o tramo de costa cualquiera, puede ser representado de acuerdo al siguiente esquema, Figura 2: en un instante determinado, la playa está caracterizada por un nivel de marea (NM) compuesto por la marea astronómica y la marea meteorológica (MA+MM) y una batimetría. Sobre dicho nivel de marea se encuentra el oleaje que, en función de sus características y de la batimetría de la playa, se propaga hacia la costa. Al alcanzar la costa, el oleaje rompe en la playa, produciéndose un movimiento de ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil de playa "*Run-Up*" (RU). Todos estos factores están relacionados entre sí. Además de la interacción entre los elementos (oleaje – batimetría - nivel de marea - ascenso), el fenómeno de la inundación presenta la complicación añadida de que algunos de los factores (marea meteorológica, oleaje...) son variables aleatorias y, por tanto, su presentación está sujeta a una determinada probabilidad.

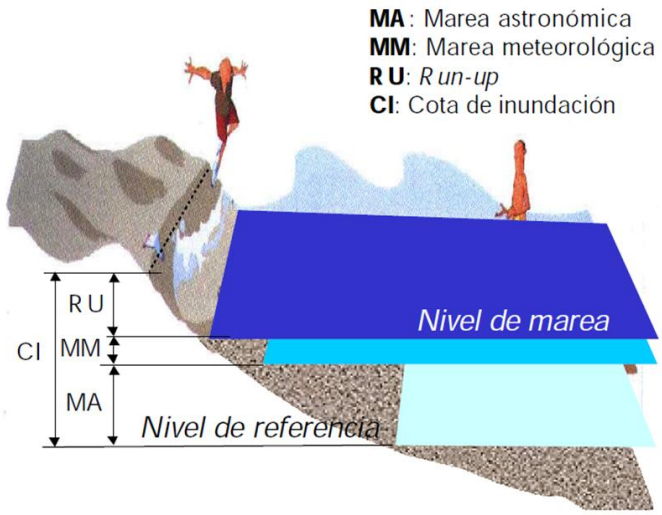



**Figura 2.** Factores que afectan a la cota de inundación

Por consiguiente, cada evento de inundación tendrá una probabilidad de ser sobrepasado y, por lo tanto, la obtención de las máximas inundaciones, para cada perfil batimétrico, serán función del periodo de retorno o de la probabilidad anual de ocurrencia de tales fenómenos.

Para obtener los eventos extremos de inundación asociados a determinados periodos de retorno, resulta necesario caracterizar el régimen extremal de todas las dinámicas que intervienen en el fenómeno de inundación a lo largo de todo el litoral español. Ello hace imprescindible tener información de calidad durante largos periodos de tiempo (varias decenas de años) de todas esas variables aleatorias; de forma que sea factible el estudio de la recurrencia de los eventos más extremos que intervienen en la inundación, pues se repiten con relativa poca frecuencia.

Para ello se cuenta con las bases de datos de oleaje y nivel del mar (MA, MM y referencia del Nivel Medio del Mar en Alicante (Ref)) generadas en el marco del Proyecto C3E antes mencionado. Dichas bases de datos cubren todo el litoral español con una resolución espacial de, al menos, 200 m y están compuestas por series horarias, generadas de forma homogénea y continua desde el año 1948 hasta el año 2008 (más de 60 años de datos). La principal característica de estas bases de datos es que, aunque han sido generadas numéricamente, se ha aplicado un exhaustivo proceso de validación y/o corrección con información instrumental (boyas, mareógrafos y satélites), verificándose la excelente calidad de las mismas.

Como ya se ha mencionado, resolver los procesos de inundación costera combinando las dinámicas de oleaje y nivel del mar con la batimetría, en una ubicación concreta, es difícil, y más aún si se realiza para toda la costa española. De hecho, en sí mismo, el tratamiento de toda la información disponible es un complicado problema a resolver. Como ejemplo, una serie de 60 años de una variable contiene más de medio millón de datos y si únicamente se dispone de 3 parámetros para caracterizar el oleaje (altura de ola significante, periodo de pico y dirección media) y 2 para el nivel (marea astronómica y marea meteorológica) se tienen 2.5 millones de datos en cada posición en la costa. Además, las dinámicas marinas varían mucho al aproximarse a la costa, por las condiciones batimétricas locales, por lo que es necesario caracterizar dichas dinámicas a escalas del orden de centenares de metros. Por lo que, si por ejemplo, se discretiza la línea de costa cada 200 m (que son más de 30 000 posiciones), esto supondría más de 80 billones de datos únicamente para caracterizar las dinámicas costeras.

Por otro lado, el cálculo de la inundación de una porción del perfil de playa producida por los movimientos del mar de largo plazo, o mareas, y de corto período asociados al oleaje, es especialmente complicado. En las playas, las zonas de rompientes y de ascenso-descenso se caracterizan por la completa transformación de la dinámica debida al oleaje incidente, y de otras dinámicas de características y escalas temporales muy diferentes, incluyendo desde la turbulencia de pequeña escala (con periodos inferiores al oleaje incidente) hasta flujos medios y ondas infragravitatorias de gran escala (con periodos muy superiores al del oleaje incidente). Además, todos los procesos anteriormente citados se ven altamente influenciados por otros factores locales como la forma del perfil de playa, que afecta a la transformación del oleaje en rotura y a la magnitud del run-up.

Tradicionalmente existen formulaciones empíricas que determinan el valor del run-up en playas a partir de la observación de éste en playa reales, como las de Strockdon *et al*. (2006) o las de Nielsen *et al*. (1991). Estas formulaciones tienden a simplificar en exceso la física del problema usando únicamente la energía de oleaje fuera de la zona de rompientes sin considerar aspectos como la forma del perfil de playa o la pendiente de ésta, anteriormente citados.

El uso de modelos numéricos está por tanto justificado debido a la gran cantidad de información a manejar y a los costes asociados. Dentro de las opciones existentes en el estado del arte, el modelo IH-2VOF (www.ih2vof.ihcantabria.com), que se enmarca dentro de la familia de los modelos bidimensionales que resuelven las ecuaciones completas de Navier–Stokes, aparece como el óptimo para el estudio de la hidrodinámica de la zona de rompientes y de swash. Uno de los aspectos más importantes que justifican su uso es el hecho de que no requiere de hipótesis simplificativas para la determinación de la teoría de ondas a usar o para la caracterización del tipo de rotura o de su localización a lo largo de la playa. Además su exhaustiva validación a partir de ensayos de laboratorio, centrados en los procesos no lineales de transformación del oleaje en la zona de rompientes, reducen la incertidumbre en su uso. En contrapartida, el coste computacional es relativamente elevado, lo que condiciona la cantidad de simulaciones a realizar. Como orden de magnitud, la simulación numérica de un estado de mar de una hora de duración tarda del orden de 4 días en un ordenador convencional.

Como se ha puesto de relevancia, la complejidad de los distintos aspectos que conforman el cálculo de la inundación a lo largo de las costas españolas hace necesario definir una

metodología que simplifique el problema de forma que sea resoluble, eficiente y precisa. Así en una primera aproximación se inunda todo el litoral únicamente con la dinámica nivel del mar, sin oleaje. Con esta aproximación se tienen resultados válidos en las zonas donde el oleaje no tiene relevancia (interior de rías y estuarios o al abrigo de infraestructuras exteriores). Tras esta primera aproximación, se corrigen las zonas del litoral donde el oleaje incide directamente, es decir, en la línea de costa propiamente dicha que no está al abrigo del oleaje. En esta segunda aproximación se trazan perfiles del terreno para resolver de forma bidimensional la inundación, perfil a perfil, incorporando el efecto combinado del oleaje y del nivel del mar.

## 2.2.- APROXIMACIÓN METODOLÓGICA CON NIVEL DEL MAR (1ª)

### 2.2.1.- Introducción

En este apartado se desarrolla la primera de las dos aproximaciones o fases de la metodología general para el cálculo de la extensión de la inundación a lo largo del litoral español. Así, en esta primera aproximación se inunda únicamente con la dinámica nivel del mar, sin oleaje.

Como ya se ha comentado, con esta primera aproximación se obtienen resultados válidos en las zonas donde el oleaje no tiene relevancia (interior de rías y estuarios o al abrigo de infraestructuras exteriores). Posteriormente, con la segunda aproximación, se corregirán las zonas del litoral donde el oleaje incide directamente, es decir, en la línea de costa propiamente dicha que no está al abrigo del oleaje.

Como no se incorpora el oleaje en los cálculos de la extensión de la inundación, tampoco se requiere el uso del modelo numérico IH-2VOF.

### 2.2.2.- Metodología

La metodología de esta primera fase, para la inundación con nivel del mar, consta de dos partes bien diferenciadas. En primer lugar se ajusta, para cada posición "*i*" a lo largo del litoral español, el régimen extremal de cota de inundación a partir de las series de datos de nivel del mar del proyecto C3E (ver Apéndice I); calculándose la cota de inundación

asociada a distintos periodos de retorno (CI T). En segundo lugar se corta el Modelo Digital del Terreno con las cotas de inundación calculadas, obteniéndose la extensión de la inundación para cada periodo de retorno y generándose finalmente los mapas de peligrosidad asociados a cada uno de dichos periodos.

Los datos de nivel del mar se obtienen del proyecto C3E, como superposición de la Marea Astronómica (MA), Marea Meteorológica (MM) y referencia del nivel medio del mar respecto al nivel medio del mar en Alicante (Ref) en cada posición "*i*". Por lo que respecta a la Cota de Inundación en cada punto ($CI_i$) se define a partir de las series de datos horarios, ya mencionadas, que abarcan desde 1948 hasta 2008 y disponen, a lo largo del litoral español, de una resolución espacial de entre 10 km y 15 km.

Posteriormente se ajusta el régimen extremal a cada serie De dicha serie se utilizan los eventos extremos independientes que superan un cierto umbral de forma que se obtengan entre 2 y 3 temporales al año. Usualmente se denomina a esta técnica, que utiliza sólo los datos que superan un cierto umbral para estimar el régimen extremal, POT ("*Peaks Over Threshold*").

Asumiendo que la tasa de ocurrencia de eventos se distribuye según un proceso de Poisson y que las excedencias siguen la GPD *("Distribución Generalizada de Pareto")*, se tiene que el modelo GPD-Poisson es idéntico al modelo GEV ("*Generalized Extreme Value*"), expresando el resultado del ajuste en términos del máximo anual y del período de retorno.

En la Figura 3 se presentan dos ejemplos de ajustes del régimen extremal, con su intervalo de confianza del 90%. Se representa el valor de la cota de Inundación (respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante, NMMA) frente al periodo de retorno en años (T).

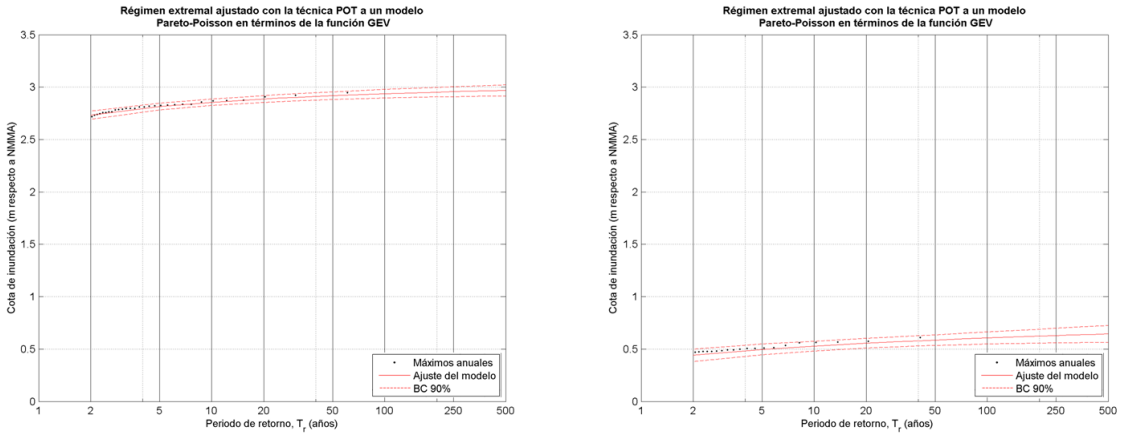



**Figura 3.** Ajuste del régimen extremal de cota de inundación en una posición del Mar Cantábrico (izquierda) y en una posición del Mar Mediterráneo (derecha).

Una vez realizado el ajuste se calculan los valores de Cota de Inundación para los distintos periodos de retorno (CI T), dando cumplimiento a lo requerido por el artículo 8 del Real Decreto 903/2010.

Se han obtenido los valores para los periodos de retorno de 100 años y 500 años, en donde T = 100 años corresponde a una media probabilidad de inundación y T = 500 años corresponde a una baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos.

## 2.3.- APROXIMACIÓN METODOLÓGICA CON NIVEL DEL MAR Y OLEAJE (2ª)

### 2.3.1.- <u>Introducción</u>

En este apartado se desarrolla la segunda de las dos aproximaciones o fases de la metodología general para el cálculo de la extensión de la inundación a lo largo del litoral español. Así, una vez realizada la primera fase en la que se inunda únicamente con la dinámica nivel del mar (sin oleaje), en esta segunda fase se corregirán las zonas del litoral donde el oleaje incide directamente, es decir, en las zonas costeras que no están al abrigo del oleaje. Por lo tanto, se incorpora el efecto combinado del oleaje y nivel del mar en el cálculo de la extensión de la inundación; sin embargo la inundación se resuelve de forma bidimensional en cada perfil del terreno a lo largo del litoral español.

Como se ha puesto de manifiesto, en esta segunda fase se da solución a un complejo problema. Para ello se desarrolla una eficiente y novedosa metodología que combina los cuatro aspectos siguientes:

- En el marco del proyecto C3E se han generado unas bases de datos de oleaje y nivel del mar de altísima calidad (ver Apéndice I). Series horarias, homogéneas y continuas de más de 60 años de duración, calibradas y/o validadas con información instrumental. En concreto, la base de datos de oleaje DOW (*"Downscaled Ocean Waves"*), permite caracterizar correctamente el oleaje propagado hasta el litoral español con una resolución espacial de, al menos, 200 m.

- El modelo numérico bidimensional IH-2VOF (ver Apéndice II), que resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, es uno de los más avanzados en su clase, debido fundamentalmente a su versatilidad, robustez y su extensa validación tanto para el cálculo de la estabilidad y funcionalidad de todo tipo estructuras costeras, como para reproducir la hidrodinámica en la zona de rompientes (Torres *et al*., 2007). Debido a esto, se utiliza para simular los procesos de inundación costeros provocados por el oleaje.

- La gran cantidad de información utilizada se administra mediante técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus *el at*., 2011a), de forma que se elige el número óptimo de estados de mar y perfiles del terreno representativos de todo el litoral español, para ser simulados numéricamente con el modelo IH-2VOF.

A continuación se explica dicha metodología.

### 2.3.2.- <u>Metodología</u>

La metodología desarrollada para esta segunda fase bidimensional de inundación, con oleaje y nivel del mar, está basada en el uso del modelo numérico IH-2VOF y se aplica a perfiles del terreno tomados a lo largo del litoral español. Para ello se obtienen perfiles del terreno en la línea de costa expuesta directamente al oleaje, sin entrar en rías, estuarios, interior de puertos, etc. pues estas zonas están correctamente calculadas en la primera fase de la metodología (sólo con nivel del mar).

Los perfiles reales del terreno se simulan con el modelo IH-2VOF, resolviendo con precisión la hidrodinámica en la zona de rompientes debida al oleaje y nivel del mar. Una vez resuelto el ascenso-descenso del oleaje en la playa, se asume, para cada estado de mar, que la zona inundada del perfil es la que es alcanzada por más del 2% de las olas. Éste es un valor usual para este tipo de trabajos (Holman, 1986).

Una vez calculadas las distancias máximas hasta donde llega la inundación en cada perfil, se corrigen las zonas expuestas al oleaje de los mapas de inundación calculados en la primera fase de la metodología general (sin oleaje).

A continuación se explican los pasos en los que se desglosa la metodología de esta segunda fase:

- Segmentación de la línea de costa.
- Corte de los perfiles del terreno.
- Definición de las dinámicas en cada perfil.
- Selección de las simulaciones a realizar con el modelo IH-2VOF.
- Ajuste de las fórmulas basadas en los resultados del modelo IH-2VOF.
- Cálculo de las series de $Ru_{2\%}$ e $I_{2\%}$ en cada perfil.
- Ajuste de los regímenes extremales de inundación en cada perfil.
- Cálculo de la extensión de la inundación en cada perfil.
- Generación de los mapas de inundación.

#### 2.3.2.1.- Segmentación de la línea de costa

En este primer paso de la metodología se define como línea de costa aquella que tiene cota 0 respecto al Nivel Medio del Mar de Alicante, con una sinuosidad adecuada a la escala

de trabajo. En la Figura 4 se representa un tramo de dicha línea de costa, que ha sido segmentada en puntos con una separación nominal de 200 m. Esta resolución espacial está condicionada por la resolución espacial de las base de datos de oleaje (DOW, ver ), pero se considera suficiente para representar correctamente el comportamiento de la inundación por oleaje a lo largo del litoral español.

**Figura 4.** Ejemplo de la segmentación realizada en la línea de costa. Puntos rojos cada 200 m.

A continuación, se eliminan los puntos de dicha segmentación de la línea de costa al abrigo del oleaje exterior, es decir los que están en el interior de rías, estuarios, bahías, etc. o al abrigo de infraestructuras portuarias (como se puede apreciar en la Figura 4).

Para cada uno de dichos puntos se definen varios parámetros o características del oleaje asociados a dicha posición. Estos parámetros sirven para definir el perfil del terreno correspondiente a cada punto. En la Figura 5 se presenta un esquema de cómo sería el perfil en un determinado punto de la costa (punto rojo). Uno de los parámetros que se calcula para cada punto es la dirección del flujo medio de energía de los temporales en el inicio del perfil ($\theta_{FE}$), ésta es la dirección predominante con la que los temporales inundan la

costa, por lo que los perfiles del terreno se cortarán siguiendo esa dirección; de esta forma se simulan bidimensionalmente los procesos de inundación lo más correctamente posible. En la figura se señala dicha dirección como una flecha roja sobre un punto amarillo; dicho punto representa la posición del inicio del perfil. Se asume que la posición del inicio de cada perfil tiene la profundidad de cierre definida para playas (h*). El cálculo tanto de $\theta_{FE}$ como de h* se hace en función de la altura de ola significante que es superada 12 horas al año ($Hs_{12}$). $Hs_{12}$ es el umbral a partir del cual se definen los temporales con los que se calcula $\theta_{FE}$; y, en la costa española, se asume que h* es 1.57 veces el valor de $Hs_{12}$ (GIOC, 2000).

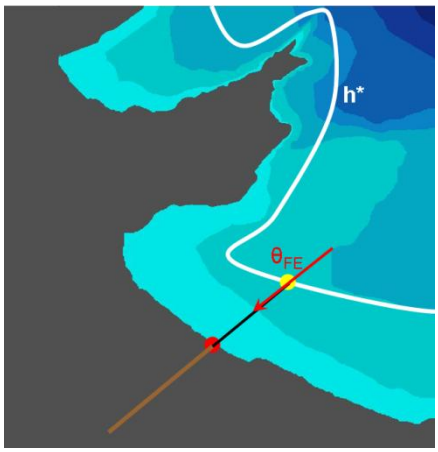



**Figura 5.** Esquema para determinar el perfil asociado a cada punto de la costa.

Finalmente, a partir de la base de datos DOW ("*Downscaled Ocean Waves*"), primeramente se calcula la $Hs_{12}$ a lo largo de todo el litoral. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de la distribución de $Hs_{12}$ en un tramo de la costa Cantábrica. Posteriormente se busca la línea del inicio de los perfiles (línea blanca de la Figura 5), como intersección de la batimetría con la profundidad de cierre (h* = 1.57 $Hs_{12}$). Y finalmente se calcula la $\theta_{FE}$ en el inicio de cada perfil, dirección con la que se determinan los perfiles del terreno.

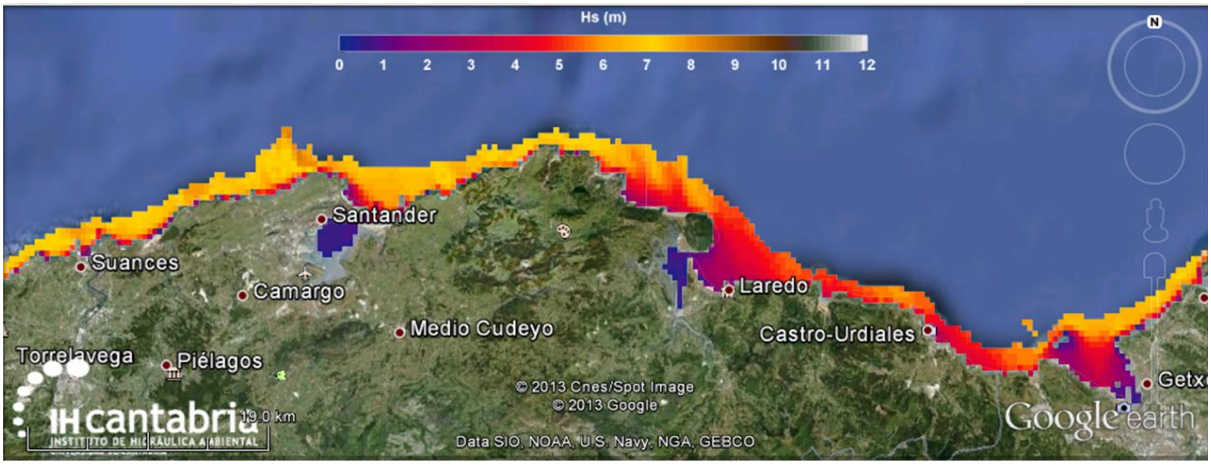



**Figura 6.** Representación de la altura de ola significante superada 12 horas al año ($Hs_{12}$) hasta los 50 m de profundidad.

La Figura 7 muestra, a modo de ejemplo, los perfiles obtenidos a partir de la $\theta_{FE}$ para la isla de Formentera. Se observa cómo dichos perfiles se adecúan a las condiciones de la isla.

**Figura 7.** Ejemplo de la segmentación realizada en la isla de Formentera. En rojo, los puntos de la línea de costa cada 200 m. En blanco, perfiles del terreno según la dirección del flujo medio de energía de los temporales.

### 2.3.2.2.- Corte de los perfiles del terreno

Una vez realizada la segmentación de la línea de costa y determinada la dirección del perfil (dirección del flujo medio de energía de los temporales, $\theta_{FE}$) se procede a realizar los cortes del terreno.

Cada perfil tiene una longitud de 1500 m (1000 en tierra y 500 hacia mar) y la dirección del flujo medio de energía de los temporales correspondiente a dicho perfil. Con dichos perfiles se corta el MDT del IGN (MDT05: Modelo Digital del Terreno con paso de malla 5m) extrayendo las cotas a lo largo del perfil. El MDT únicamente contiene información de la topografía o cotas positivas del terreno respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA), por eso a esta parte del perfil se le denomina "Perfil Emergido".

Como el MDT no tiene incorporada la batimetría y la disponible de las cartas náuticas no tiene suficiente resolución, no se determina el perfil sumergido haciendo un corte de la batimetría, sino que se ajusta dicha parte del perfil a uno teórico.

El "Perfil Sumergido" se ajusta a un perfil teórico de Dean (1991), ampliamente utilizado por su simplicidad matemática, $h = A\ x^{2/3}$. Así, en cada perfil se ajusta el parámetro A, utilizando para ello la distancia entre el inicio del perfil y la costa (x = L) y la profundidad de la batimetría al inicio del perfil (h = h*). En la Figura 8 se puede ver un esquema de los elementos con los que se determina el perfil emergido y el perfil sumergido. De esta forma se obtiene una transición coherente y suave entre el perfil sumergido y el emergido.

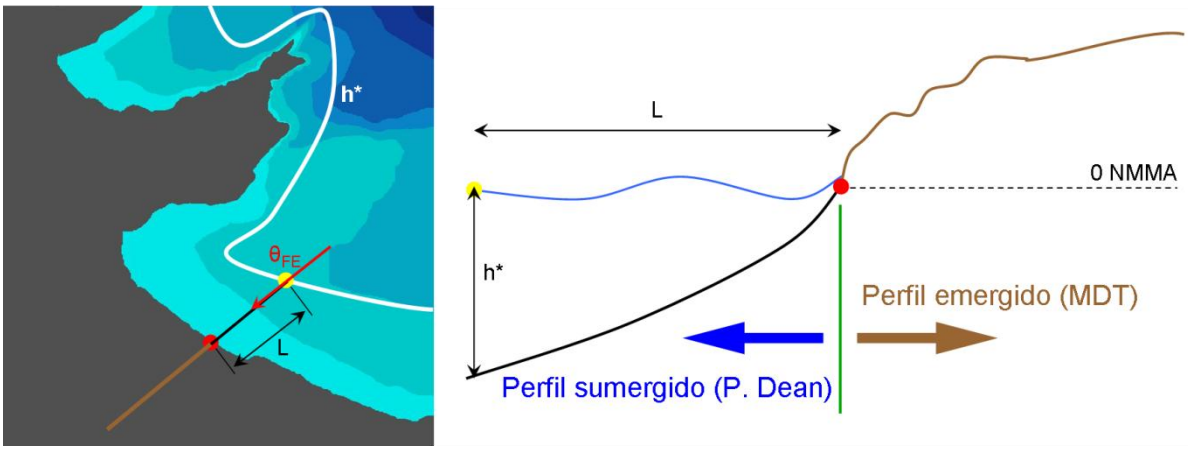



**Figura 8.** Esquema para determinar el perfil emergido y sumergido

Siguiendo este procedimiento, se determinan todos los perfiles del terreno, (emergidos y sumergidos) a lo largo del litoral español. En total, como la separación entre perfiles es de 200 m, se obtienen unos 30 000 perfiles.

#### 2.3.2.3.- Definición de las dinámicas en cada perfil

Para definir las dinámicas en los distintos perfiles en los que se ha segmentado la costa española se utilizan las bases de datos de oleaje y nivel del mar que proporciona el proyecto C3E. En la Figura 9 se representan ejemplos de caracterización de ambas dinámicas. Estas bases de datos permiten extraer, en el punto inicial de cada perfil, las series horarias de más de 60 años de nivel del mar (marea meteorológica y marea astronómica) y oleaje (altura de ola significante y periodo de pico).

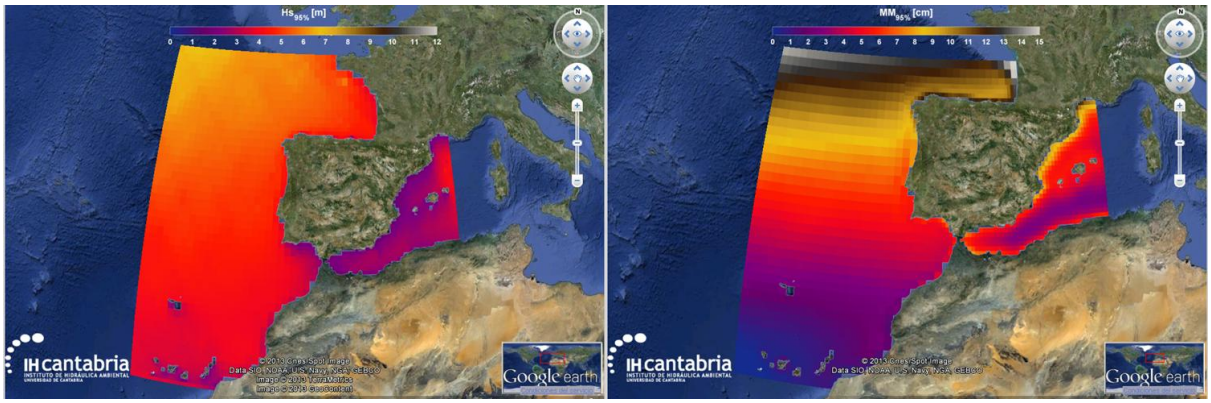



**Figura 9.** Cuantil del 95% de la altura de ola significante (izquierda) y cuantil del 95% de marea meteorológica. (tomadas de www.c3e.ihcantabria.com)

Cada serie de cada variable tiene más de 500 000 datos horarios de los cuales se utilizarán los que mayores inundaciones produzcan. Ya que posteriormente se van a ajustar los regímenes extremales de inundación mediante la técnica POT, únicamente se usarán para el ajuste los 2 o 3 estados de mar extremos de cada año. Esto reduce el número de estados de mar necesarios en cada posición a un total de 61 x 3 = 183 temporales Dichos eventos extremos se consideran en términos de inundación, por lo que, en cada posición, se eligen los 183 estados de mar horarios que mayor run-up produzcan sobre el perfil. Se utiliza la fórmula de Stockdon *et al*. (2006) para estimar el valor del run-up a partir de las series de

nivel del mar, altura de ola significante y periodo de pico, teniendo en cuenta la pendiente del perfil sumergido.

Cabe señalar que la utilización de la fórmula de Stockdon para el cálculo del run-up únicamente sirve para seleccionar los estados de mar que mayores inundaciones potenciales producen, es decir como un indicador. Posteriormente se calculará de forma precisa la inundación producida por todos ellos a través del modelo IH-2VOF.

#### 2.3.2.4.- Selección de las simulaciones a realizar con el modelo IH-2VOF

El cálculo de la inundación en cada perfil se realiza a través de simulaciones numéricas con el modelo IH-2VOF. A lo largo del litoral español se han obtenido del orden de 30 000 perfiles, por lo tanto, la simulación de todos los temporales seleccionados en cada perfil (183), conlleva ejecutar numéricamente más de cinco millones de estados de mar (30 000 x 183). Teniendo en cuenta que cada ejecución de un estado de mar horario con el modelo IH-2VOF tarda del orden de 4 días, resulta inviable la ejecución de los cinco millones de estados de mar, por tiempo de cómputo.

Para solucionar este problema, el IH de Cantabria ha desarrollado un método de clasificación con el que se selecciona un número factible de ejecuciones (del orden de 1000) que sean representativas del total (5.000.000). Para ello se utilizan algoritmos de selección y clasificación para variables de alta dimensionalidad (Camus *et al*. 2011a).

Previamente a la clasificación, se incorpora la información de la dinámica actuante de cada estado de mar horario ([1]Hs, [2]Tp y Nivel) en la geometría real de cada perfil, de forma que se definen unos "perfiles adimensionales" para cada temporal y para cada posición de cada perfil. Con esta adimensionalización se busca tener en cuenta que distintas combinaciones de oleajes actuando sobre diferentes perfiles con pendientes distintas, pueden tener un mismo run-up o inundación, si se cumplen ciertas relaciones. De esta forma, si se encuentran dichas relaciones se puede reducir el número de ejecuciones a realizar, pues conjuntos de distintas geometrías con distintas dinámicas proporcionarían los mismos resultados.

[1] Hs: altura significante

[2] Tp: periodo de pico

A modo de ejemplo, en la Figura 10 se presenta la configuración de dos playas muy distintas en las que se obtiene el mismo valor de inundación (run-up adimensional = 1.1). El perfil de playa de la izquierda tiene un perfil más tendido que el de la derecha, en cambio el oleaje de la derecha está más peraltado que el de la izquierda. Como resultado, la inundación, medida en términos de run-up adimensional (Ru/Hs) es la misma. Esto es debido a que el run-up sobre una playa se rige o está relacionado por el número de Iribarren (Ir), ya que dos playas con el mismo número de Iribarren teóricamente tendrán la misma inundación.

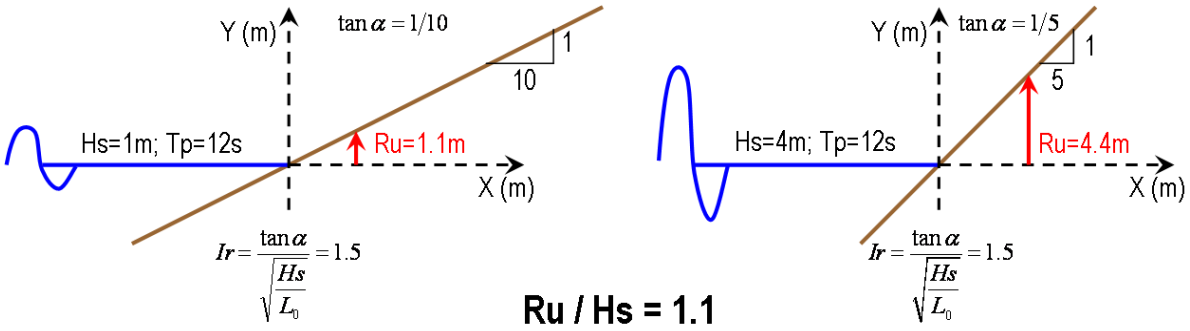



**Figura 10.** Ejemplo de dos perfiles con el mismo número de Iribarren (Ir) y run-up adimensional (Ru/Hs). Perfil izquierda: Pendiente 1/10, Ru = 1.1 m, Hs = 1 m, Tp = 12 s. Perfil derecha: Pendiente 1/5, Ru = 4.4 m, Hs = 4 m, Tp = 12 s

En la literatura existen multitud de formulaciones semi-empíricas que estiman el valor del run-up (Stockdon *et al*., 2006; EurOtop, 2007,…), pero siempre dependen de una u otra manera del número de Iribarren. El número de Iribarren (Ir) es un parámetro que relaciona la pendiente de la playa con el peralte del oleaje. Así, si Ru/Hs es proporcional a Ir y la pendiente de la playa la expresamos como y/x, se tiene:

$$\frac{Ru}{Hs} \sim Ir = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{Hs/L_0}} = \frac{\tan\alpha\sqrt{Hs\,L_0}}{Hs} = \frac{y/x\sqrt{Hs\,L_0}}{Hs} = \frac{y/Hs}{x/\sqrt{Hs\,L_0}}$$

siendo Hs, la altura de ola significante y $L_0$ la longitud de onda en profundidades indefinidas definida a partir del periodo de pico.

Con esta transformación de las coordenadas del perfil se consigue lo que se denomina "perfil adimensional", que tiene una pendiente que coincide con el número de Iribarren y cuyos nuevos ejes o coordenadas ($Y/Hs$ – $X/\sqrt{(HsL_0)}$) son adimensionales. En la Figura 11 se muestra la adimensionalización de los dos perfiles mostrados en la Figura 10. Se verifica que ambos perfiles que tienen geometrías y dinámicas distintas, convergen en un mismo perfil adimensional, pues tienen el mismo número de Iribarren.

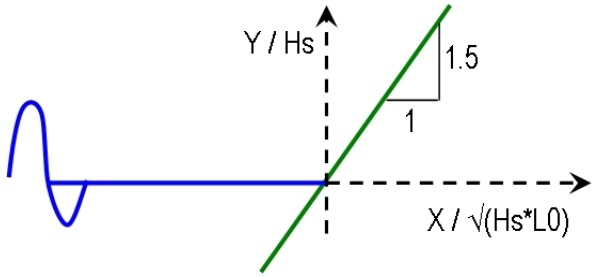



**Figura 11.** Ejemplo de perfil adimensional con un número de Iribarren, Ir = 1.5

Todo este análisis para determinar el "perfil adimensional" se basa en un estudio teórico basado en el comportamiento de playas que tienen perfiles con pendientes uniformes. Pero los perfiles de las playas reales tienen cambios de pendiente, dunas, barras, etc. lo que complica la definición de la pendiente característica de una playa y por lo tanto la definición del número de Iribarren para un determinado estado de mar. Usualmente se adopta un criterio, bajo ciertas hipótesis, para definir la pendiente con la que se utilizan las formulaciones semi-empíricas. Con la adimensionalización propuesta no es necesario definir una pendiente característica del perfil de playa, lo que evita tener que realizar hipótesis simplificativas y facilita la sistematización del procedimiento para todo tipo de perfiles de playa reales. En la Figura 12 se muestra un ejemplo de perfil real (izquierda) y perfil adimensionalizado (perfil derecha) realizado directamente a partir de un sencillo cambio de sistema de coordenadas $Y \rightarrow Y/Hs$; $X \rightarrow X/\sqrt{(HsL0)}$. Se comprueba que el perfil adimensional mantiene la forma de la geometría original, pero al ser adimensional permite la comparación directa con otros perfiles adimensionales generados a partir de perfiles y dinámicas distintas.

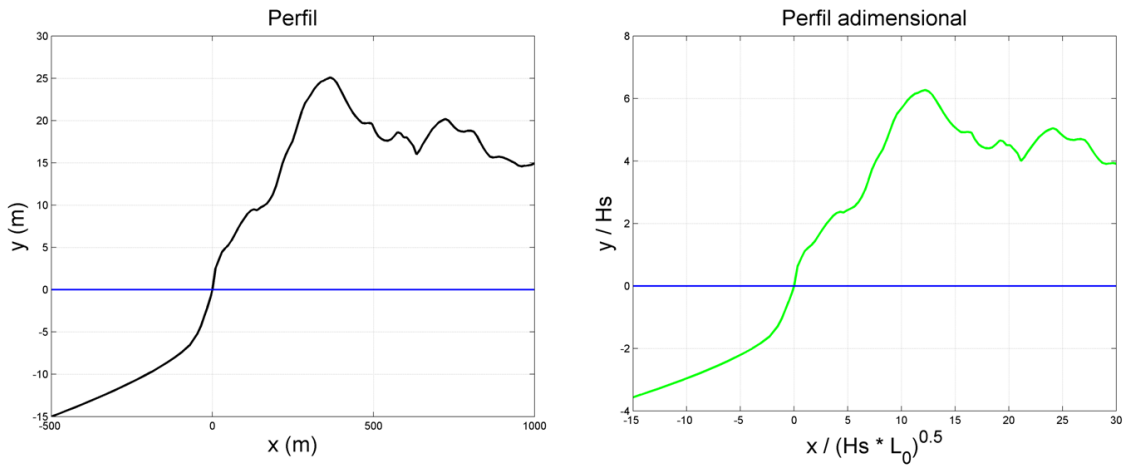



**Figura 12.** Ejemplo de adimensionalización de un perfil real (Emergido + Sumergido) con un estado de mar de Hs = 4 m y Tp = 12 s.

Una ventaja añadida de la adimensionalización de perfiles reales es que, al mantener la forma de los perfiles (cambios de pendiente, dunas, etc.), se aprovecharán al máximo las capacidades del modelo numérico IH-2VOF, que permite reproducir la hidrodinámica en la zona de rompientes para cualquier geometría, sin ningún tipo de simplificación.

En resumen, el sencillo método de adimensionalización propuesto permite comparar directamente todos los perfiles adimensionales e incorpora la información necesaria para resolver los procesos de inundación; tanto la geometría del perfil del terreno emergido y sumergido, como la dinámica de los temporales que actúan sobre el perfil (oleaje y nivel). Gracias a ello se realiza la selección de los casos a ejecutar con el modelo IH-2VOF a partir de la muestra completa de perfiles adimensionalizados. En base a dicha muestra se realiza una clasificación para obtener los tipos o clústers que mejor representen la variabilidad en España. Se utiliza una combinación de algoritmos de clasificación y selección para variables de alta dimensionalidad (Camus *et al*., 2011a) en tres etapas.

Inicialmente se aplica la técnica de selección Max-Diss[3]. Con dicha técnica se busca, dentro de la muestra de datos, aquellos que son más distintos entre sí, por lo que siempre se seleccionan los datos más extremos. En su aplicación a la presente metodología, se reduce la dimensión del problema sin perder la información de la variabilidad de los perfiles

[3] Max-Diss: Máxima disimilitud en español, permite localizar los datos de una muestra que son más distintos entre sí.

adimensionales. Por lo que se realiza una selección Max-Diss de 25 perfiles de los 183 que se tienen en cada posición. En esta etapa se eliminan los acantilados por ser zonas de la costa no susceptibles de inundación; únicamente se analizan perfiles costeros no acantilados. Se consideran perfiles acantilados los que, al inicio del perfil emergido, tienen pendientes continuadas superiores al 50% o desniveles superiores a los 30 m.

Posteriormente se utiliza la técnica de clasificación K-Mean[4]. Con dicha técnica se obtienen los perfiles adimensionales más representativos de la muestra. En ella se realiza un ajuste de componentes principales (PCs), de los cuales se utilizan únicamente los que explican al menos el 99% de la varianza. Se obtuvo una clasificación con 121 tipos de perfiles adimensionalizados, de los cuales se eliminaron los menos representativos (con menos del 0.01% de los perfiles). En la Figura 13 están representados los perfiles adimensionales característicos ("centroides") de cada uno de los 81 clústers de perfiles adimensionales más representativos. En azul se dibuja el perfil sumergido y en rojo el emergido. Se puede comprobar que con la clasificación realizada se contemplan distintos formas y tipos de perfil, cambios de pendientes, formas de dunas, etc.

[4] K-mean: K-medias en español, es una herramienta de análisis cluster diseñada para asignar casos a un número fijo de grupos cuyas características no se conocen aún pero que se basan en un conjunto de variables especificadas

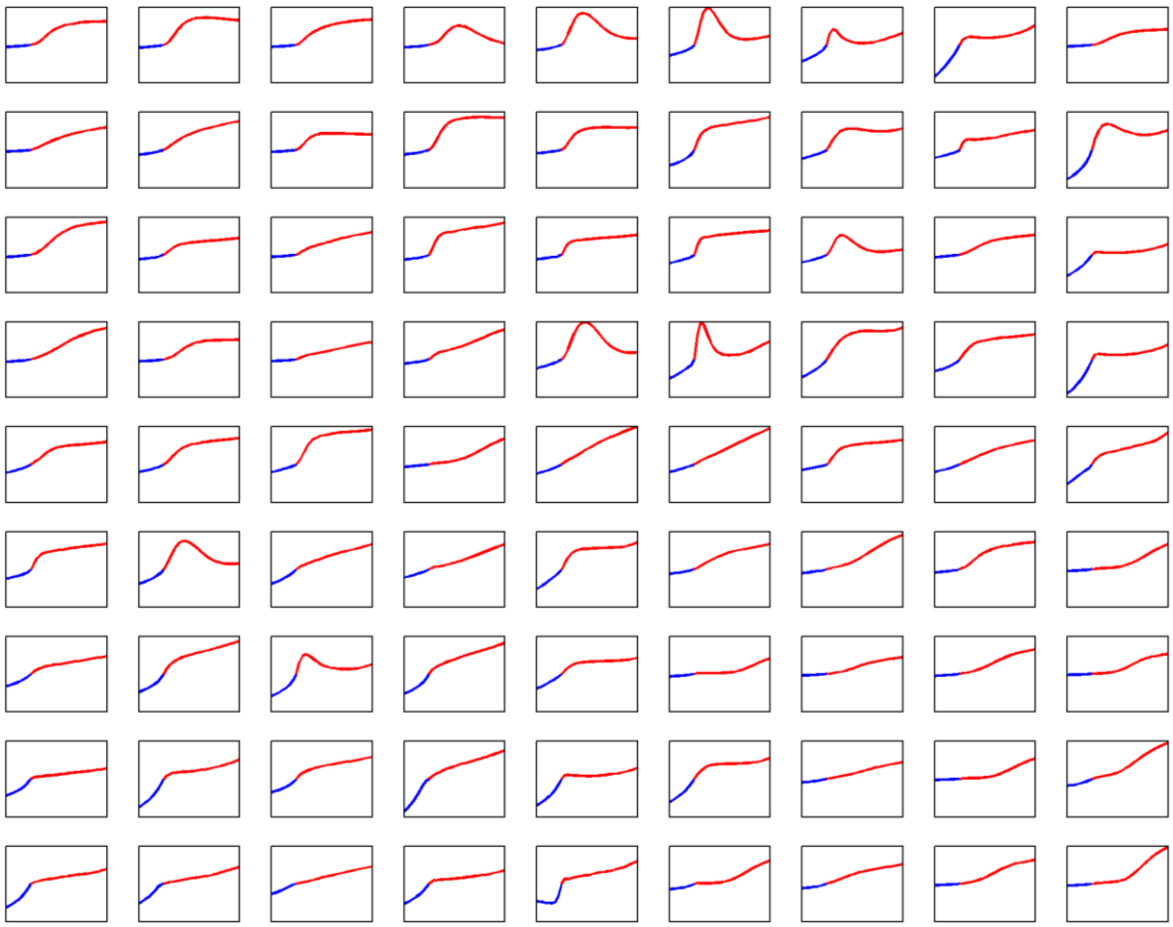


**Figura 13.** Clasificación K-Mean de perfiles adimensionalizados con los 81 clústers más representativos

En la Figura 14 se representan los centroides de cuatro clústers y las banda de confianza del 95 % realizadas con los perfiles adimensionalizados que le corresponden a cada clúster. Se puede ver que dentro de cada clúster existe una cierta variabilidad entre los perfiles, pero todos tienen formas similares. Por ejemplo el clúster Nº 119 tiene una forma de duna muy pronunciada; los clústers Nº 51 y Nº 78 tienen una pendiente poco pronunciada en la parte del perfil sumergido, siendo la pendiente del perfil emergido mayor en el clúster Nº 78 que en el Nº 51, que permanece prácticamente plana; el clúster Nº 11 tiene una mayor pendiente en la parte del perfil sumergido.

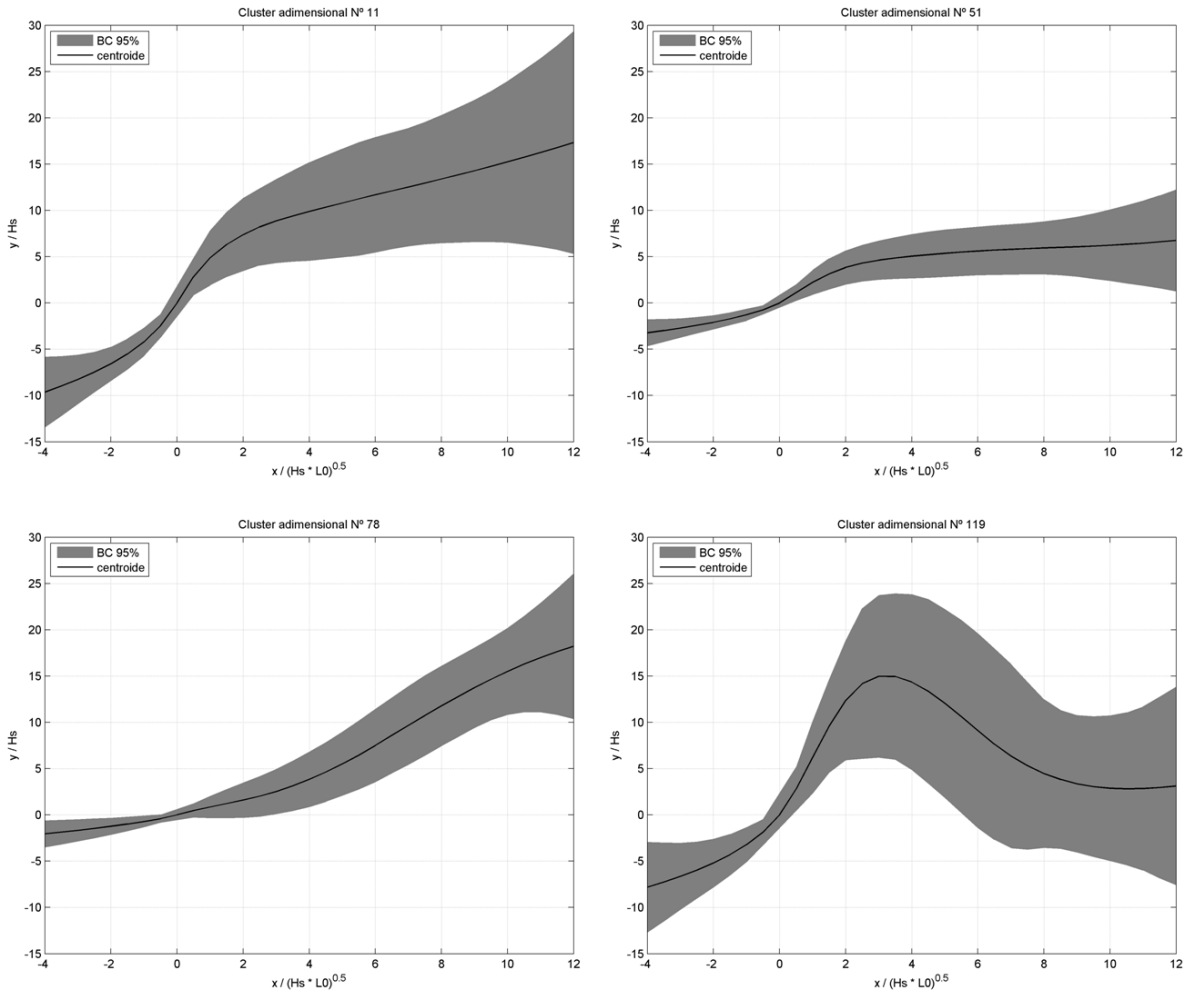



**Figura 14.** Ejemplo de 4 clústers (Nº 11, 51, 78 y 119) de perfiles adimensionalizados clasificados con K-Mean (121 clústers). Se representa en cada uno de ellos el centroide (línea negra) y la banda de confianza del 95 % (zona gris).

Una vez realizada la clasificación con la técnica K-Mean, se aplica de nuevo la técnica Max-Diss para seleccionar los casos que deben ejecutarse con el modelo IH-2VOF. El modelo numérico necesita tener definido tanto el estado de mar (Hs, Tp y nivel) como el perfil real, para poder ejecutarse. Así, para cada clúster se seleccionan los 10 estados de mar (en términos de altura de ola significante y periodo de pico) con la técnica Max-Diss; asegurando así una selección de casos con la mayor variabilidad posible. Posteriormente se determina el perfil real y el nivel del mar de cada estado de mar seleccionado.

Una vez seleccionados los estados de mar y los perfiles a simular con el modelo numérico IH-2VOF, las ejecuciones se realizan siguiendo la metodología que se presenta en el Apéndice II. De esta forma, para cada ejecución de cada clúster se obtiene el remonte o run-up asociado al 2% de las olas ($Ru_{2\%}$) y también el alcance de la inundación asociado al 2% de las olas ($I_{2\%}$). Posteriormente se agrupan los resultados de $Ru_{2\%}$ y de $I_{2\%}$ de cada clúster.

### 2.3.2.5.- Ajuste de las fórmulas basadas en los resultados del modelo IH-2VOF

Tras la ejecución de los casi 1 000 estados de mar horarios realizados con el modelo numérico IH-2VOF, se procesan los resultados y se determina el $Ru_{2\%}$ y el $I_{2\%}$ en todos los casos simulados. Posteriormente se agrupan los resultados por clústers y se ajustan a leyes o fórmulas que rijan el comportamiento del $Ru_{2\%}$ y el $I_{2\%}$ en cada clúster, de forma que puedan usarse de forma predictiva para otros estados de mar no simulados con el modelo numérico.

Para mayor generalidad de los resultados, se busca siempre expresar las fórmulas de forma adimensional. Por ejemplo, frecuentemente los valores de run-up se dividen entre los valores de Hs para definir el run-up adimensional (de la misma forma que se hace la adimensionalización de la coordenada Y del perfil). Teniendo esto en cuenta, se representan los valores de run-up adimensional ($Ru_{2\%}/Hs$) frente a la raíz cuadrada de la inversa del peralte del oleaje ($\sqrt{(L_0/Hs)}$). Con esta dependencia se destaca, para cada clúster, si existe independencia o no del run-up adimensional frente a la forma del perfil. De forma teórica, si $Ru_{2\%}/Hs$ no dependiese de la pendiente del perfil (como pasa en las playas disipativas), entonces sería proporcional a $\sqrt{(L0/Hs)}$. Por otro lado, si los perfiles pertenecientes a un clúster determinado no tuviesen cambios de pendiente y tuviesen el mismo número de Iribarren, entonces el $Ru_{2\%}/Hs$ tendría un valor constante e independiente de $\sqrt{(L0/Hs)}$.

En la Figura 15 se muestran los ajustes realizados para el run-up adimensional en los 4 clústers mostrados en la Figura 14. Se puede comprobar que los clústers en los que la pendiente permanece aproximadamente constante (Nº 51 y Nº78), los ajustes salen horizontales, es decir independientes de $\sqrt{(L0/Hs)}$. En cambio, los clústers en los que los perfiles tienen cambios bruscos de pendientes (Nº 11 y Nº 119), los ajustes las líneas de ajuste son dependientes de $\sqrt{(L0/Hs)}$. Así mismo también se puede comprobar que los clústers con menores pendientes (perfiles más disipativos) tienen valores más pequeños de

$Ru_{2\%}$/Hs. Cabe señalar que la hipótesis de dependencia de $Ru_{2\%}$/Hs con la covariable √(L0/Hs) se ha contrastado a un nivel de significancia del 95%.

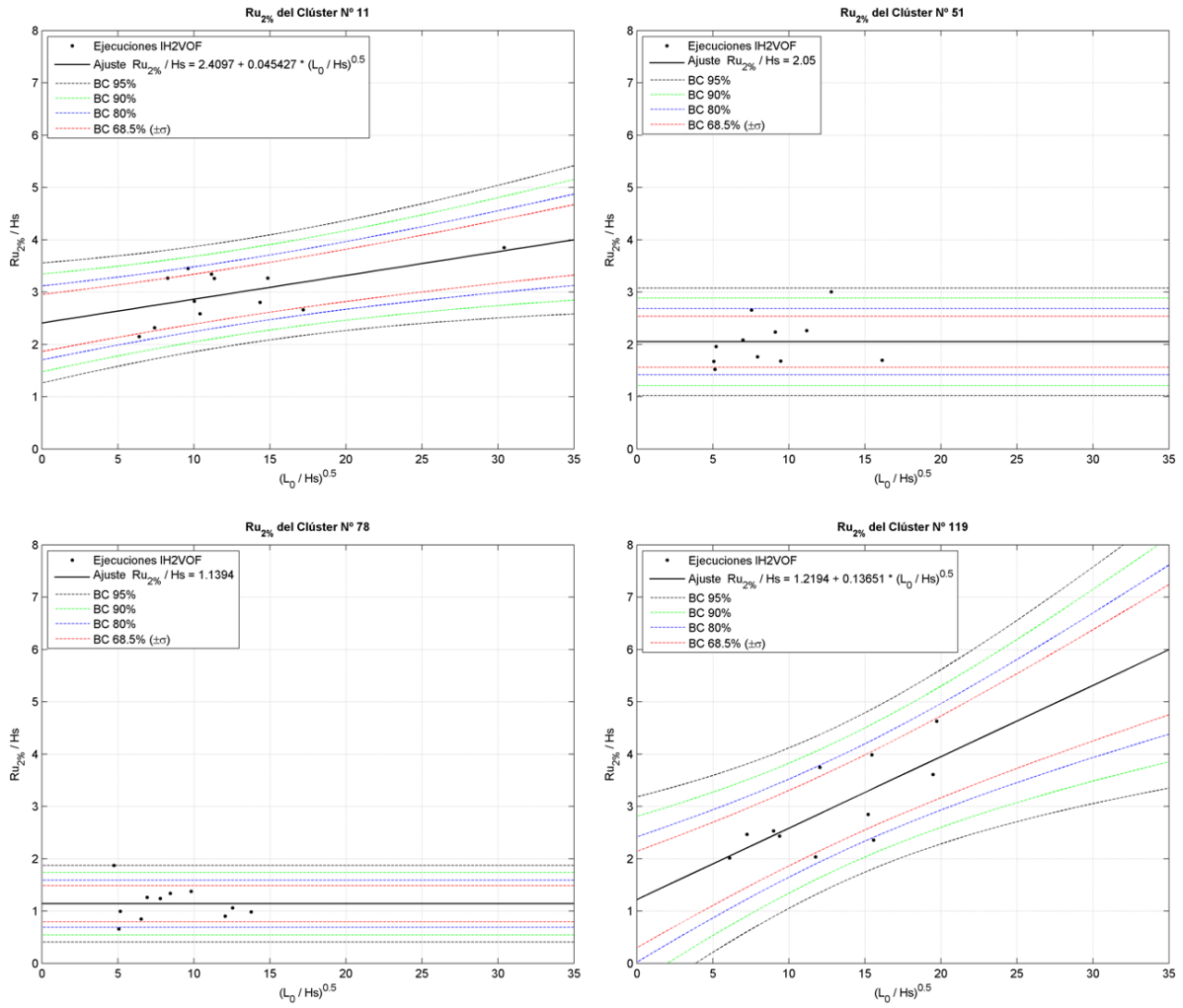



**Figura 15.** Ajustes lineales del run-up adimensional ($Ru_{2\%}$/Hs) en 4 clústers (Nº 11, 51, 78 y 119). Los puntos negros son los resultados de las ejecuciones del modelo IH2VOF, la línea negra es el ajuste de los datos a una recta y las líneas discontinuas son distintas bandas de confianza al 95%, 90%, 80% y 68.5% respectivamente.

De forma análoga a como se han ajustado los valores de run-up adimensional en cada clúster, se realiza el ajuste de los valores del alcance de la inundación adimensional. También en este caso se representan los valores obtenidos frente a la raíz cuadrada de la inversa del peralte del oleaje (√(L0/Hs)). La adimensionalización del alcance de la

inundación ($I_{2\%}$) se realiza con la misma variable con la que se adimensionaliza la coordenada X del perfil, siendo la inundación adimensional igual a $I_{2\%}/\sqrt{(L0Hs)}$. Con la definición de estas variables adimensionales se destaca la dependencia del alcance de la inundación frente a la forma del perfil, si bien la interpretación de los resultados es más complicada de explicar que en el caso del run-up.

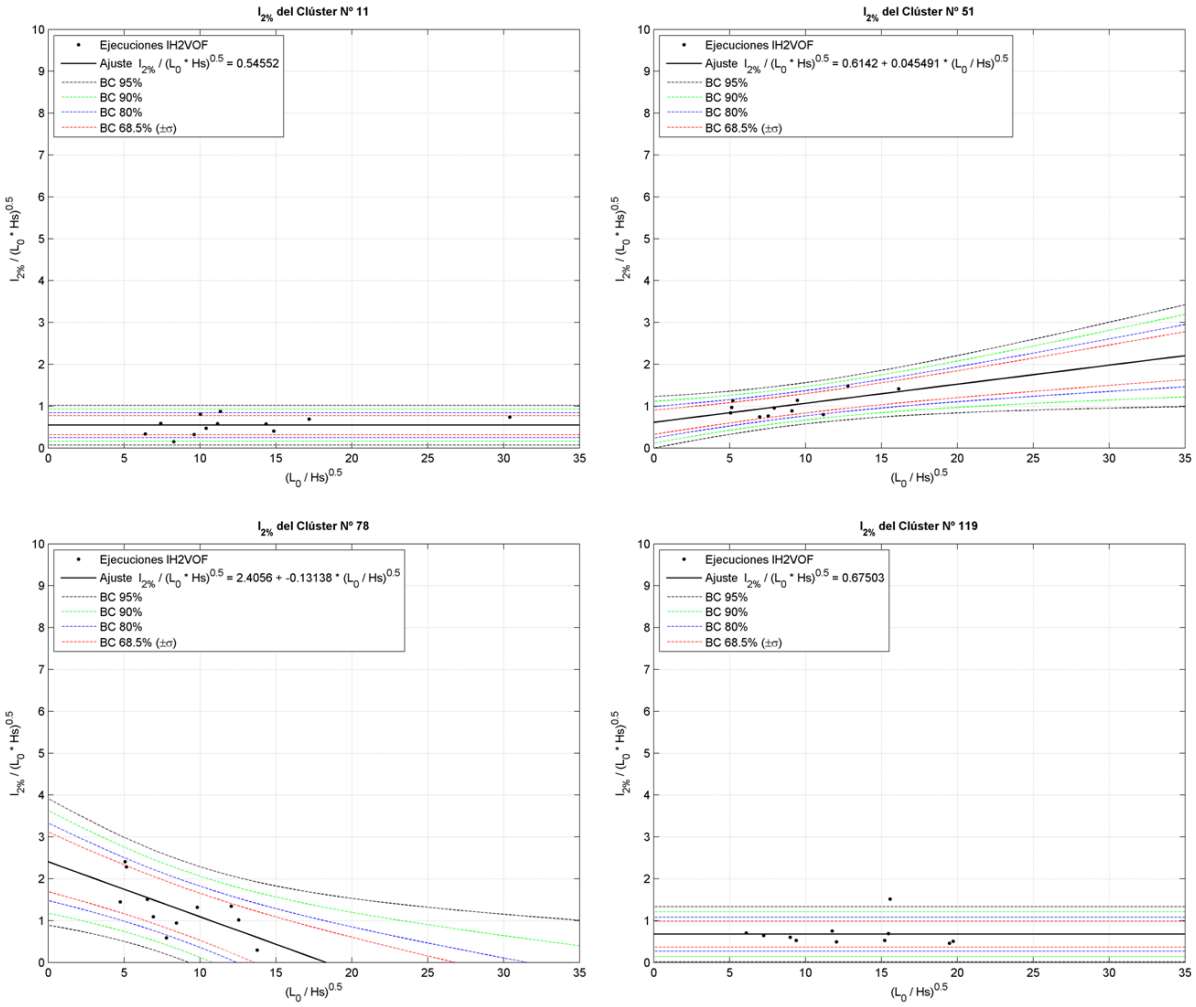



**Figura 16.** Ajustes lineales del alcance de la inundación adimensional (I2%/√L0Hs) en 4 clústers (Nº 11, 51, 78 y 119). Los puntos negros son los resultados de las ejecuciones del modelo IH-2VOF, la línea negra es el ajuste de los datos a una recta y las líneas discontinuas son distintas bandas de confianza al 95%, 90%, 80% y 68.5% respectivamente.

En la Figura 16 se muestran los ajustes realizados para el alcance adimensional en los 4 clústers mostrados en la Figura 14. Se puede comprobar que los clústers en los que las rectas de ajuste permanecen horizontales, son los mismos que en la Figura 15 tienen pendiente (Nº 11 y Nº 119). En cambio los que en la tienen pendiente, en la Figura 15 son horizontales (Nº 51 y Nº78). Esto es debido a la relación geométrica intrínseca existente entre el $Ru_{2\%}$, el $I_{2\%}$ y la forma de cada clúster. Cabe señalar que se han hecho también contrastes de hipótesis con un nivel de significancia del 95% para aceptar la dependencia de la inundación adimensional frente a la covariable √(L0/Hs).

Finalmente, con los ajustes adimensionales del $Ru_{2\%}$ y del $I_{2\%}$ en cada clúster, se tiene una colección de fórmulas con las que se puede determinar el $Ru_{2\%}$ y el $I_{2\%}$ de un estado de mar cualquiera. Pero no se utiliza la estima central de los ajustes, sino que se utiliza un determinado intervalo superior de confianza. Para el presente trabajo se utiliza la banda de confianza del 90%.

### 2.3.2.6.- Cálculo de las series de $Ru_{2\%}$ e $I_{2\%}$ en cada perfil

Con las fórmulas anteriormente determinadas, para cada estado de mar y perfil, se calculan los valores de $Ru_{2\%}$ y del $I_{2\%}$, con un suficiente margen de seguridad o intervalo de confianza. De esta forma es sencillo reconstruir la estadística extrema de los más de 60 años de dinámicas en cada perfil.

Así, para un determinado estado de mar (oleaje y nivel del mar) y un determinado perfil (compuesto por el perfil emergido y sumergido), aplicando la adimensionalización del perfil, se puede determinar cuál es el clúster que le corresponde. En la adimensionalización del perfil no solo interviene el cambio de sistema de coordenadas Y → Y/Hs; X → X/√(HsL0), sino que también previamente el origen del perfil se referencia a la posición del nivel del mar. Posteriormente, una vez conocido el número de clúster, se utilizan las fórmulas ajustadas de dicho clúster para calcular los valores de $Ru_{2\%}$ y de $I_{2\%}$. Las fórmulas del IH-2VOF utilizan únicamente el valor de la altura de ola significante (Hs) y de la longitud de onda en profundidades indefinidas ($L_0$) para estimar los valores de run-up ($Ru_{2\%}$) y de alcance de la inundación ($I_{2\%}$).

El uso de las fórmulas determinadas con el ajuste de los resultados del modelo IH-2VOF se plantea utilizándose para un determinado intervalo superior de confianza. Como ya se ha comentado, para el presente trabajo se utiliza la banda de confianza del 90%.

#### 2.3.2.7.- Ajuste de los regímenes extremales de inundación en cada perfil

A partir de los valores extremos de $I_{2\%}$ y $Ru_{2\%}$, calculados para los 183 temporales de cada perfil, se ajustan los regímenes extremales con la técnica POT ("*Peaks Over Threshold*"). Asumiendo que la tasa de ocurrencia de eventos se distribuye según un proceso de Poisson y que las excedencias siguen la (GPD) ("*Distribución Generalizada de Pareto"*), se tiene que el modelo GPD-Poisson es idéntico al modelo GEV ("*Generalized Extreme Value*"), expresando el resultado del ajuste en términos del máximo anual y del período de retorno.

Antes de realizar el ajuste de los regímenes extremales es necesario referenciar las variables al mismo sistema de referencia u origen, de forma que se pueda agregar espacialmente los resultados finales. Por ejemplo, el ajuste del régimen extremal de cota de inundación se obtiene como resultado de la superposición del run-up, el nivel del mar (MA y MM) y la referencia del nivel medio del mar respecto al nivel medio del mar en Alicante (Ref). En la parte derecha de la Figura 17 se muestra un esquema, en el cual se toma como origen el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA), el mismo que se ha tomado en los ajustes de la fase 1 (solo nivel del mar sin oleaje). Aquí, la Cota de Inundación (CI) se define como la superposición de la referencia del nivel medio del mar respecto al nivel medio del mar en Alicante (Ref), la Marea Astronómica (MA), la Marea Meteorológica (MM) y el $Ru_{2\%}$ obtenido con las fórmulas del IH2-VOF (que está referenciado al nivel del mar).

En la parte izquierda de la Figura 17 se presenta un ejemplo de ajuste del régimen extremal, con su intervalo de confianza del 90%. Se representa el valor de la cota de Inundación (respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante, NMMA) frente al periodo de retorno en años (T).

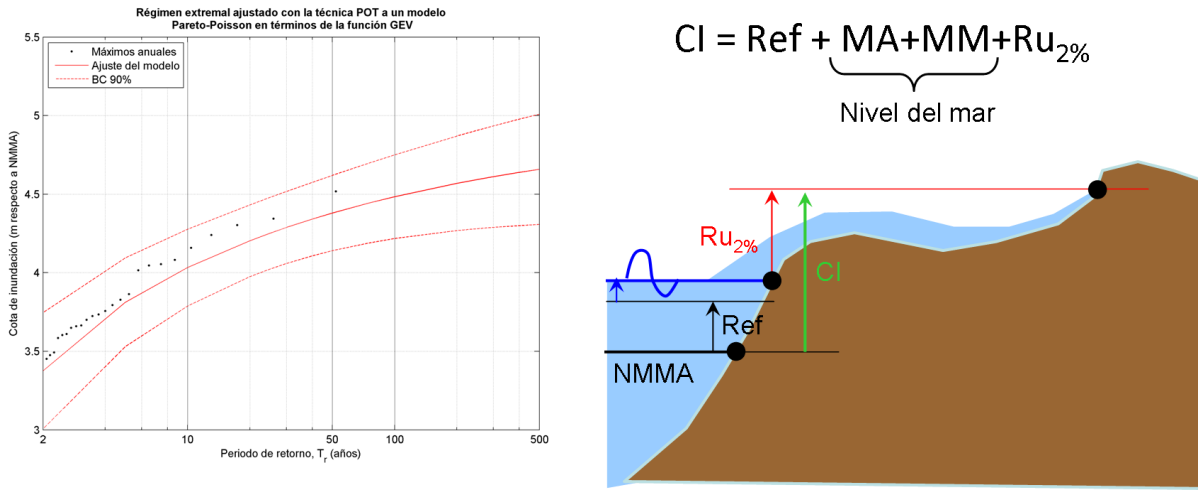



**Figura 17.** Ejemplo de ajuste del régimen extremal de cota de inundación con nivel del mar y oleaje.

De forma análoga a como se referencia la cota de inundación, también se referencia la distancia o alcance de la inundación respecto al corte del terreno con el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). En la parte derecha de la Figura 18 se muestra el esquema correspondiente. La Distancia de Inundación (DI) se define como la superposición de la distancia desde el inicio del perfil emergido (corte con el NMMA) hasta el corte con el nivel del mar (I1) y el I2% obtenido con las fórmulas del IH2-VOF (que está referenciado al nivel del mar). En la parte izquierda de la Figura 18 se presenta un ejemplo de ajuste del régimen extremal, con su intervalo de confianza del 90%. Se representa el valor de la distancia de inundación frente al periodo de retorno en años (T).

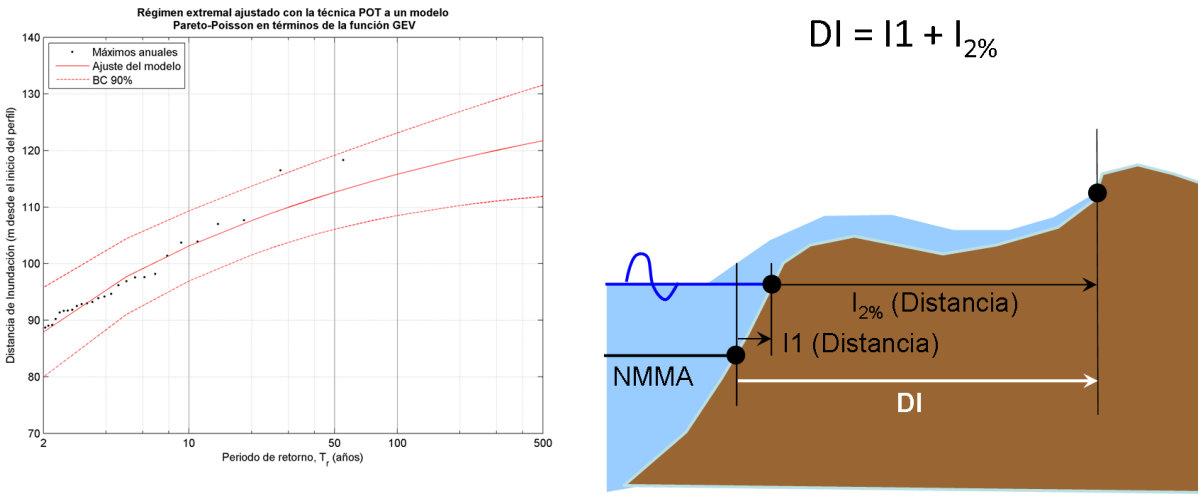



**Figura 18.** Ejemplo de ajuste del régimen extremal de distancia de inundación con nivel del mar y oleaje.

Una vez realizados los ajustes de los regímenes extremales se calculan los valores asociados a distintos los periodos de retorno de 100 años y 500 años. (los mismos que los de la fase 1, con sólo nivel del mar).

### 2.3.2.8.- Cálculo de la extensión de la inundación en cada perfil

El resultado final que se busca en cada perfil es el cálculo de la extensión máxima de la inundación a lo largo del corte transversal del terreno, asociada a unos periodos de retorno concretos. Para ello se cuenta con los valores de cota de inundación (CI T), medida en vertical y distancia de inundación (DI T), medida en horizontal, para cada periodo de retorno. A partir cada una de ellas se puede calcular la extensión de la inundación (medida en horizontal), pues la forma del perfil liga las distancias en vertical y en horizontal de la inundación. Pero al ser variables distintas y haberse tratado de forma independiente, no se obtienen los mismos resultados en función de si se calcula la extensión de la inundación a partir de unos u otros valores. Sólo coincidirían si el perfil fuese monótono creciente.

Esto es debido a que se están extrapolando los resultados. En primera instancia, al realizar el ajuste de los regímenes extremales basándose en 60 años de datos y caracterizar periodos de retorno de 100 y 500 años, se extrapolan los resultados; pero también al

incorporar un cierto intervalo de confianza en la utilización de las formulas del IH-2VOF, pues se obtienen valores de inundación mayores.

Inicialmente se podría considerar que las distancias de inundación (DI T) son directamente el resultado buscado de extensión de la inundación, y efectivamente en una primera aproximación se considera así. En la Figura 19 se representa con líneas continuas la distancia de inundación (DI T) y con líneas discontinuas la cota de inundación (CI T). Se puede verificar que se trata de un perfil con una duna o similar, de forma que la inundación rebasa la cota máxima de dicha duna; los valores de DI T representan correctamente dicho fenómeno, pero los de CI T no tienen en cuenta que la cota del terreno disminuye tras la duna, obteniéndose valores de la extensión de la inundación cercanos a los 1 000 m, que no son correctos. Por ello, se utilizan los valores de distancia de inundación para representar la extensión de la inundación en dicho perfil.

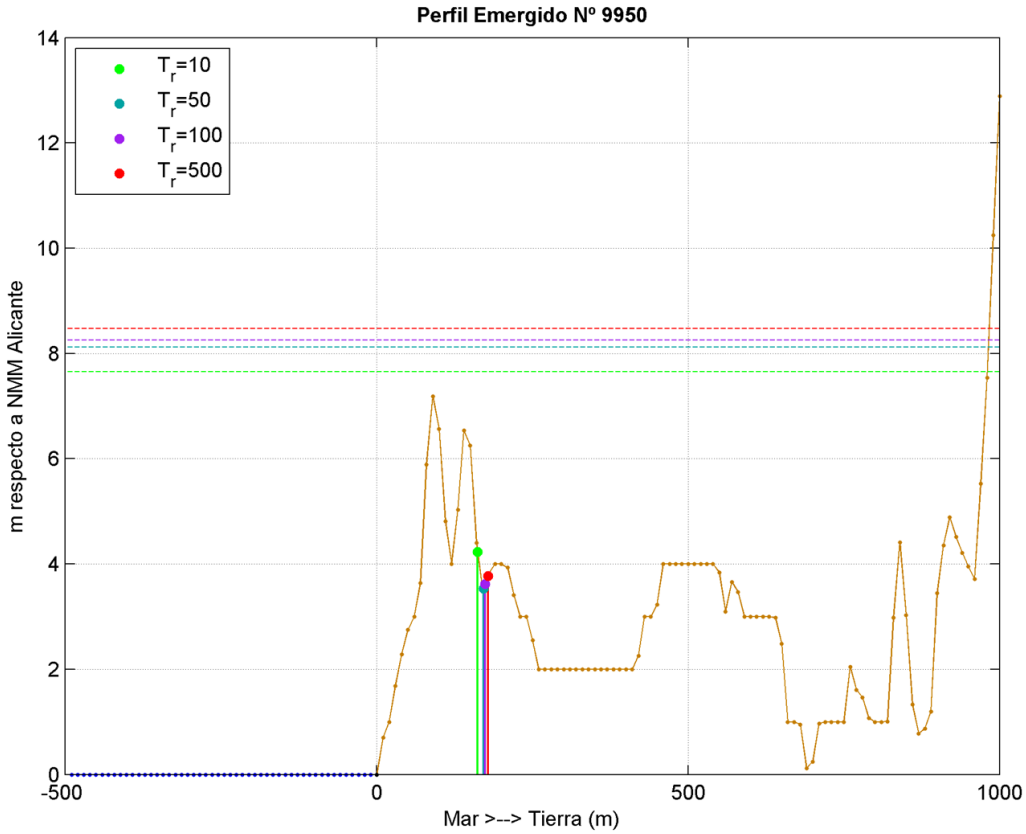



**Figura 19.** Ejemplo de la extensión de la inundación a partir de la cota de inundación (líneas discontinuas horizontales) y distancia de inundación (líneas continuas

verticales) para T=10, 50, 100 y 500 años en el perfil Nº 9950 (perfil emergido) calculado con nivel del mar y oleaje

En la Figura 20 se muestra otro ejemplo en el que con los valores de DI T se obtienen valores de cota de inundación excesivos, en cambio los de CI T representan correctamente la inundación en este caso. Por ello, se utilizan los valores de cota de inundación para representar la extensión de la inundación en dicho perfil.

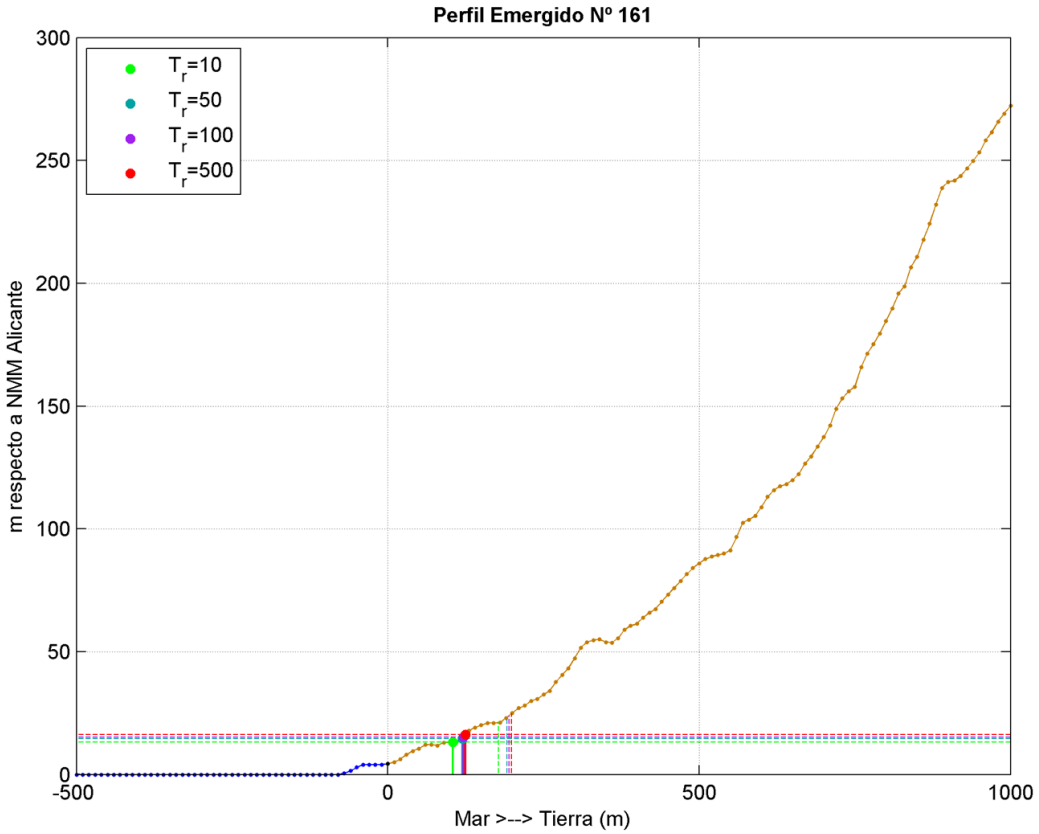



**Figura 20.** Ejemplo de la extensión de la inundación (líneas continuas verticales) a partir de la cota de inundación (líneas discontinuas horizontales) y distancia de inundación (líneas discontinuas verticales) para T=10, 50, 100 y 500 años en el perfil Nº 161 (perfil emergido) calculado con nivel del mar y oleaje.

Como criterio general se utilizarán los valores de la extensión de la inundación que sean menores de entre las dos alternativas de cálculo, los obtenidos a partir de la cota de

inundación (CI T) o los de distancia de inundación (DI T). También se tendrá en cuenta la coherencia entre los distintos periodos de retorno: $I_{Tr}=100 < I_{Tr}=500$.

Finalmente, para cada periodo de retorno de cada perfil, se determinan las coordenadas hasta donde llega la extensión de la inundación. Dichas coordenadas se referencian al sistema UTM ETRS89 UTM30N.

# 3.- ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO

## 3.1.- INTRODUCCIÓN

Como se ha comentado en el apartado 1.-INTRODUCCIÓN, de las tres fases exigidas por la normativa de Inundaciones 2007/60, ya se ha elaborado la primera fase: la Evaluación Preliminar de los Riesgos de Inundación (en adelante EPRI), en la que el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX) ha definido unas Áreas Potenciales de Riesgos de Inundación. El presente trabajo forma parte de la segunda fase de implantación de dicha Directiva, en la que se simulan numéricamente los procesos de inundación y se utilizan datos de mayor calidad (con mayor resolución espacial y temporal) que en el EPRI.

En este capítulo se define una metodología de verificación y contraste de la EPRI para que de forma rápida y eficiente se contraste si las zonas obtenidas en la primera fase de la Directiva (EPRI) son consistentes con las que se van a estudiar en esta segunda fase. Para la aplicación de dicha metodología se ha usado el ráster de la extensión máxima de la inundación proporcionada por el IH Cantabria para un periodo de retorno de 50 años, con una resolución espacial de 200 m a lo largo de la costa española.

## 3.2.- METODOLOGÍA

La metodología de verificación de la EPRI se basa en la metodología explicada en el apartado 2.-METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA EXTENSIÓN DE LA INUNDACIÓN, que consta de dos fases o aproximaciones. Con la primera aproximación se determinan los mapas de inundación teniendo en cuenta únicamente la dinámica nivel del mar. Posteriormente, con la segunda aproximación, se incorpora el efecto combinado del oleaje y nivel del mar en las

zonas del litoral donde el oleaje incide directamente, es decir, en la línea de costa propiamente dicha que no está al abrigo del oleaje.

Para la verificación de la EPRI, el IH de Cantabria ha proporcionado para todo el litoral español las capas en formato ráster de la extensión de la inundación (calculada de forma simplificada) para un periodo de retorno de 50 años.

Esta información ha permitido una verificación preliminar de las ARPSIs (Áreas Potenciales de Riesgos de Inundación) definidas por la EPRI. Una vez identificadas las zonas susceptibles de riesgo de inundación (ya definidas por la EPRI o nuevas) se ha calculado con precisión la extensión de la inundación en dichas zonas.

### 3.3.- RESULTADOS

En el anejo correspondiente a cada una de las Demarcaciones Hidrográficas se recogen los resultados obtenidos de dicha actualización.

## 4.- METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

### 4.1.- INTRODUCCIÓN

La estimación de la extensión de la inundación costera, como ya se ha comentado, se realiza siguiendo una metodología en dos fases cada una de las cuales genera una serie de datos. Toda esta información se integra mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para poder obtener el producto final, los mapas de peligrosidad.

Con las herramientas del SIG se rectifican los mapas de inundación generados en la fase 1ª (válidos para las zonas del litoral no directamente expuestas al oleaje), con los resultados de los perfiles del terreno de esta fase 2ª (inundación bidimensional con oleaje).

## 4.2.- METODOLOGÍA

### 4.2.1.- Inundación por nivel

Como resultado de la aplicación de la Fase 1 de la metodología (apartado 2.2.-Aproximación metodológica con nivel del mar (1ª)) se obtiene para cada perfil considerado la cota de inundación asociada a nivel del mar (Marea Astronómica, Marea Meteorológica y Referencia al NMMA) para cada uno de los periodos de retorno. Esta información queda recogida en archivos en formato ASCII.

Esta información se trata para poder ser incorporada a un Sistema de Información Geográfica (SIG) y poder hacer uso de las herramientas del mismo.

Para cada ARPSI se interpola la Cota de Inundación obtenida para cada periodo de retorno obteniendo un MDT de Cotas de Inundación que posteriormente se corta con el MDT Topográfico del IGN (MDT05: Modelo Digital del Terreno con paso de malla 5m) para obtener la zona inundable por nivel.

### 4.2.2.- Inundación por nivel y oleaje

Mediante la metodología explicada en el apartado 2.3.-Aproximación metodológica con nivel del mar y oleaje (2ª) se obtienen los datos de extensión de la inundación por oleaje y nivel en la costa. Con dichos datos se generan unos archivos en formato ASCII con los valores longitudinales y latitudinales en UTM que reflejan hasta donde llega la inundación, cada aproximadamente 200 m, para los distintos periodos de retorno calculados.

Esta información se trata para poder ser incorporada a un Sistema de Información Geográfica (SIG) y poder hacer uso de las herramientas del mismo.

Para cada ARPSI, a partir de los valores obtenidos durante la modelización, se obtiene la línea límite de inundación. Esta información se trata con herramientas del SIG para obtener un formato que permita operar con los resultados de inundación obtenidos en la Fase 1 (sólo nivel).

### 4.2.3.- Mapas de peligrosidad

La obtención de la zona de inundación definitiva se determina como la máxima entre la inundación por nivel del mar de la Fase 1 y la inundación por nivel del mar y oleaje de la Fase 2.

La zona de inundación definitiva proporciona los mapas de peligrosidad, que se calculan para cada uno de los periodos de retorno considerados. Al ser de tipo raster, tal como lo solicita la Directiva de Inundaciones, se ha incluido el oleaje como zona de calado 0 de forma que se pueda reflejar su extensión en el mapa de peligrosidad.

Los mapas finales obtenidos, para cada periodo de retorno, están referenciados en coordenadas UTM ETRS89 UTM30N y se acompañarán de hojas en formato MS Excel con los metadatos de su generación.

### 4.2.4.- Consideraciones a la metodología aplicada

#### 4.2.4.1.- Consideraciones sobre la modelización

La metodología usada para calcular la zona de inundación potencial por fenómenos costeros permite, como se ha comentado, la simplificación de un problema altamente complejo, sobre todo teniendo en cuenta la versatilidad de morfologías de la costa española. Es un método que puede aplicarse a todo el litoral español de manera eficiente asegurando unos resultados homogéneos, sobre todo en lo que a criterios empleados se refiere. El método permite la replicabilidad en futuras revisiones asegurando que los resultados sean comparables.

En cualquier caso, conviene no perder de vista que se trata de la aplicación de un modelo sofisticado, pero que necesariamente aplica simplificaciones y por lo tanto presenta limitaciones en su capacidad de simulación y predicción. Como todo modelo, hay varios factores que influyen en los resultados obtenidos: datos de partida, hipótesis admitidas, resolución de trabajo, etc.

Una de las hipótesis de partida es que la inundación que se va a evaluar es la producida por oleaje extremal. La dirección de los perfiles “sensiblemente transversales” con los que se

discretiza la costa, con separaciones nominales de 200 m, se establece a partir de la dirección media del flujo de energía del régimen extremal (máximos temporales). Dicha dirección no tiene por qué coincidir con la dirección media del flujo de energía del régimen medio de oleaje en la zona. Como consecuencia habrá zonas que no se verán afectadas por el oleaje de dichos temporales al estar abrigadas, por su situación, de la dirección de procedencia de los mismos. Esto no quiere decir que temporales de otras intensidades y/o direcciones de procedencia no puedan arribar a dicha zona.

En la Figura 21 se muestra un ejemplo de una zona protegida por la orografía de los temporales máximos procedentes del NE. Las líneas en rojo y azul (perfil emergido y perfil sumergido) indican la dirección del flujo medio de energía del régimen extremal usado en la modelización. En azul y blanco se ha representado la inundación por nivel (azul) y por oleaje (blanco). Se ha mantenido un buffer hacia mar para ilustrar el ejemplo.

Como consecuencia, las zonas de peligrosidad quedan definidas tal y como se muestra en la Figura 22. Se han representado las zonas inundables derivadas de la modelización efectuada para los periodos de retorno de 100 años y 500 años.

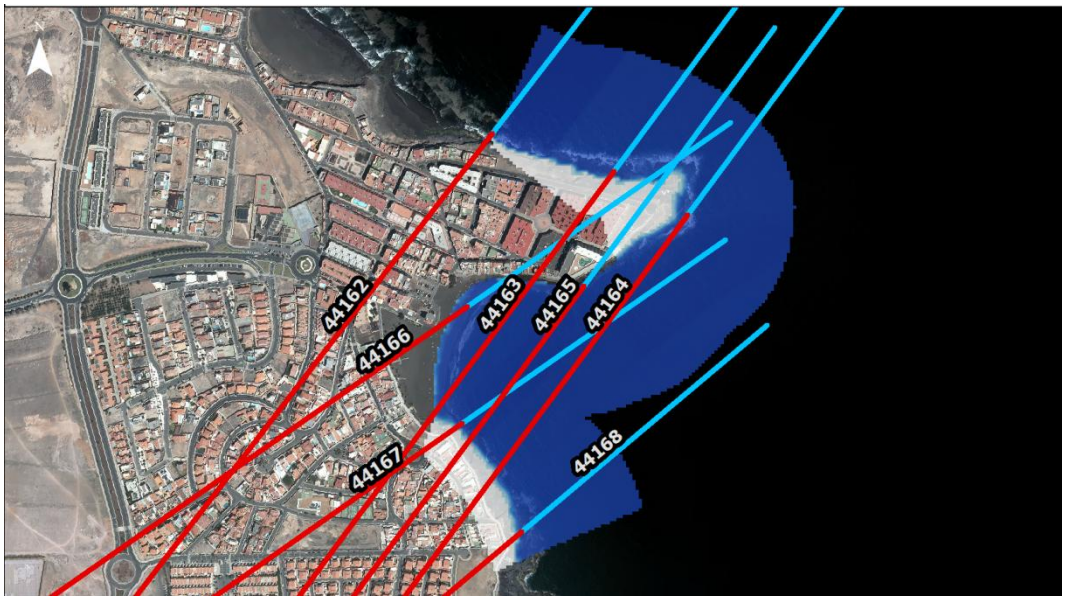



**Figura 21.** Zona protegida al abrigo de los temporales extremos de componente NE.

**Figura 22.** Zona inundable para los periodos de retorno de 100 años (naranja) y 500 años (amarillo).

Por otro lado, la discretización que se ha utilizado es de 200 m nominales. Esto quiere decir que la resolución de los resultados será también de 200 m no pudiendo describir el comportamiento de la inundación por oleaje para distancias inferiores debidas, por ejemplo, a accidentes del terreno de menores dimensiones que la resolución de trabajo. Esta resolución de trabajo, adecuada para el alcance del presente documento consistente en elaborar los mapas de peligrosidad y riesgo por inundación por fenómenos costeros, permite definir las zonas con riesgo de inundación con suficiente precisión e identificar y delimitar aquellas zonas que pudieran ser objeto de un estudio de detalle.

En la Figura 23 se muestra un ejemplo de lo expuesto. Se ha utilizado el modelo digital de elevaciones como base para la figura (resolución 5 m), intensificando la escala de colores para poder identificar mejor las irregularidades del terreno. Las líneas rojas indican la posición de los perfiles de trabajo, con separación nominal de 200 m. La línea negra punteada enmarca la zona inundable obtenida como resultado de la inundación conjunta por nivel y oleaje. Las flechas naranjas marcan la dimensión aproximada, en la dirección longitudinal, de dos accidentes del terreno con menor cota que el terreno circundante. Aunque con la resolución de 200 m la influencia en la inundación debida al oleaje de estos accidentes geográficos no se verá reflejada, la zona de riesgo ha quedado identificada y delimitada. Definida la zona de riesgo de inundación, en las siguientes fases, se podría

llevar a cabo un estudio de detalle en caso necesario, que tuviera en cuenta estas irregularidades del terreno aumentando, por ejemplo, la resolución del modelo.

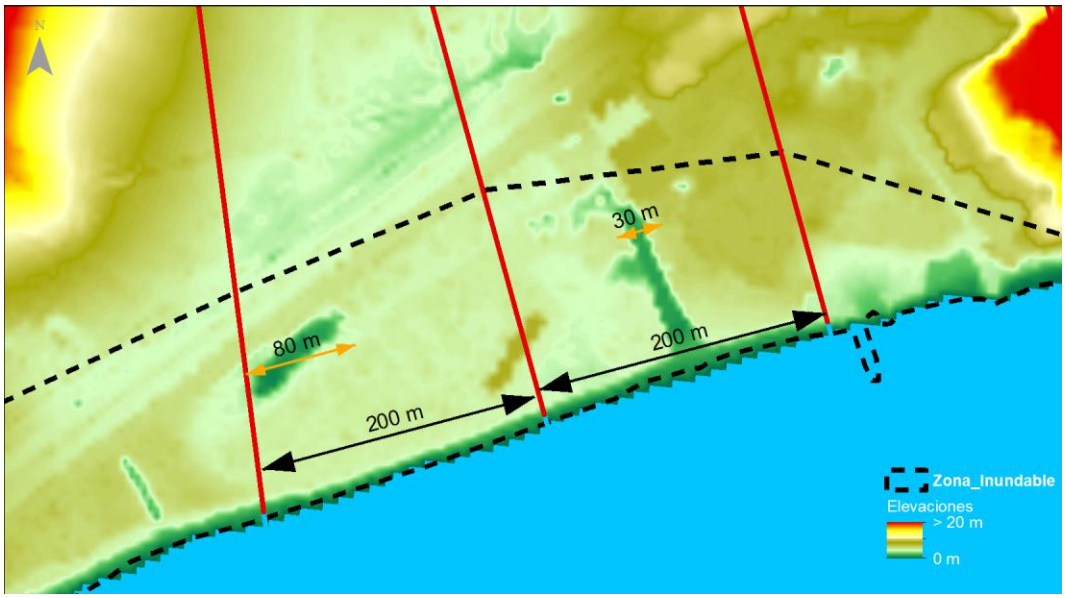



**Figura 23.** Resolución de trabajo frente a verdad terreno

### 4.2.4.2.- Consideraciones sobre el límite marino de las zonas inundables

La línea de orilla del litoral se caracteriza por su gran variabilidad temporal, los distintos procesos costeros pueden dar lugar a diferencias en su posición diarias (mareas), estacionales (perfil de invierno y perfil de verano), anuales (procesos erosivos o de acreción) y a largo plazo (subida del nivel del mar junto a los procesos erosivos o de acreción).

Establecer una delimitación para el límite marino de las zonas inundables requiere de un criterio único, homogéneo y que sea extrapolable fácilmente a todo el litoral español en estudio. Ninguna de las opciones posibles se ajusta a la realidad del terreno dada su naturaleza variable. Algunas de las razones pueden ser, por ejemplo, que la curva de nivel "cero" no estén actualizadas, no tengan una escala adecuada o estén referidas a distintos ceros o que los límites administrativos no siempre se correspondan con la realidad orográfica.

Para el presente trabajo se ha escogido para establecer dicho límite el perímetro del SIOSE 2009. Dicho límite es homogéneo para toda el litoral español, se ajusta a uno de los elementos evaluables por el presente trabajo (riesgo económico), es un límite oficial y fácilmente disponible para las siguientes revisiones establecidas por el *Real Decreto 903/210, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación*.

Como puede ocurrir con otros límites, puede darse el caso de que la línea de orilla mostrada por las ortofotos utilizadas como base de los mapas de peligrosidad y riesgo no coincida con el límite del SIOSE 2009. A continuación se muestran unos ejemplos.

En la Figura 24 se muestra un ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 (línea negra discontinua) excede la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2012).

**Figura 24.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 excede la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2012)

En la Figura 25 se muestra el caso contrario. En este caso el límite del SIOSE 2009 (línea negra discontinua) limita el área inundable sin cubrir toda la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2012) en su borde marino. Esto no implica que el área por debajo de la línea del SIOSE 2009 no se inunde. Lo que en realidad ocurre es que la lámina de agua procedente de la costa inunda toda la zona tal y como se muestra en la Figura 26 con el patrón de cuadrícula pero esto no queda reflejado al delimitar la zona inundable con una

"línea cero". Esta diferencia puede deberse a estados de mareas diferentes, procesos de acreción en la zona, etc.

En la Figura 27 se muestra el mismo ejemplo pero con la ortofoto del PNOA de 2006. Puede verse como la diferencia con la línea del SIOSE 2009 es menor que al comparar con la ortofoto del PNOA del 2012.

**Figura 25.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 no alcanza a cubrir toda la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2012)

**Figura 26.** Ejemplo con la zona inundable delimitada por el SIOSE 2009 y la lámina de agua hasta el mismo

**Figura 27.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 no alcanza a cubrir toda la zona de playa seca mostrada por la ortofoto (PNOA 2006)

Finalmente en la Figura 28 se recoge un ejemplo en el que el límite marino de la zona inundable se ajusta a la línea de orilla mostrada por la ortofoto del PNOA 2012.

**Figura 28.** Ejemplo en el que el límite del SIOSE 2009 y la ortofoto (PNOA 2012) tienen límites coincidentes

### 4.2.4.3.- Consideraciones sobre el límite lateral de las zonas inundables

Para establecer el límite lateral de las ARPSIs se ha utilizado como criterio el final de la afección producida por la inundación, es decir, la dimensión longitudinal de las ARPSIs se restringe a las zonas en donde hay afección a la población, la actividad económica. el medio ambiente o el patrimonio cultural.

En la Figura 29 se recoge un ejemplo para ilustrar el criterio mencionado. El ARPSI definida corresponde a la zona de color amarillo sin trama y cuyo borde marino tiene la línea discontinua negra. La inundación prosigue a ambos lados del ARPSI (zona de trama rayada en amarillo), sin embargo la afección a zona urbana, población o actividad económica no es significativa, por lo que se limita la longitud del ARPSI a la zona de riesgo. Como puede verse, la zona adyacente también se inunda, pero no conlleva una afección significativa.

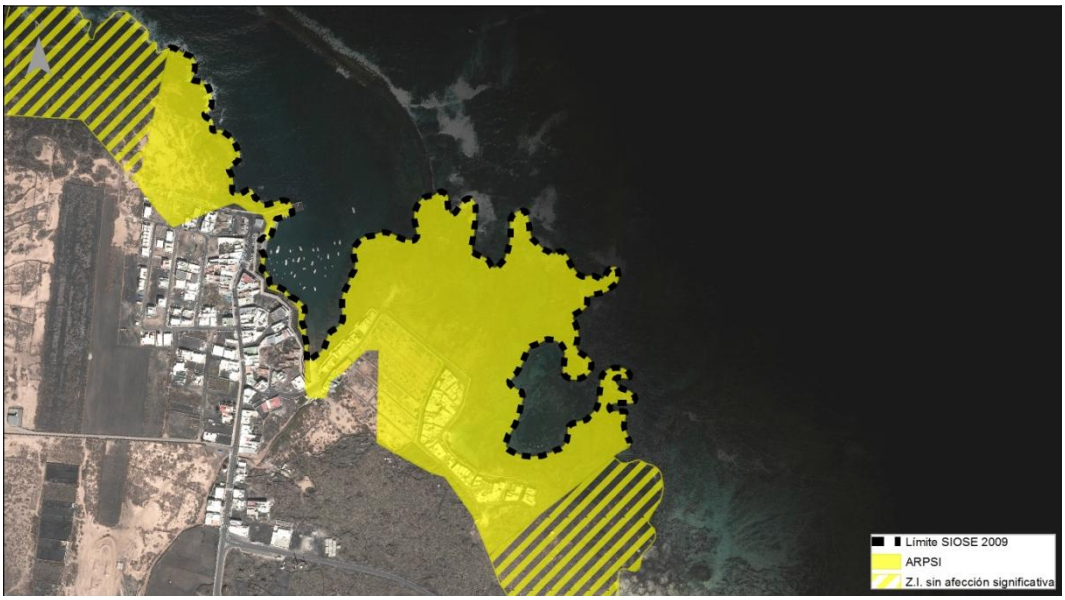



**Figura 29.** Ejemplo de aplicación del criterio utilizado para delimitar lateralmente las ARPSIs

#### 4.2.4.4.- Consideraciones sobre la representación de líneas legales

Si bien el RD 903/2010 indica la necesidad de representar en los mapas de peligrosidad la delimitación de la zona de dominio público marítimo-terrestre, la ribera del mar y la zona de servidumbre de protección en zonas costeras, es importante destacar que **estos mapas, así obtenidos, no tienen por objeto cuestionar las limitaciones anteriormente citadas sino obtener unos mapas que sirvan como instrumento adecuado para la posterior Gestión de las Zonas Inundables**.

No siempre las zonas inundables se ajustan al el Dominio Público Marítimo-Terrestre. Ello se debe a que los criterios de definición de las líneas legales incluyen otros factores que los puramente ligados al fenómeno de la inundación costera.

## 4.3.- RESULTADOS

En el anejo correspondiente a cada una de las Demarcaciones Hidrográficas se analizan los resultados obtenidos.

# 5.- METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN

## 5.1.- INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de los mapas de riesgo es aportar la información fundamental para la elaboración de los futuros planes de gestión del riesgo. Estos mapas, generados en base a los mapas de peligrosidad, incorporan la información de los posibles daños asociados a las inundaciones tanto en lo concerniente a salud humana como en lo relativo a la actividad económica, el medio ambiente y el patrimonio cultural.

La metodología general empleada es la indicada por la "PROPUESTA DE MÍNIMOS PARA LA METODOLOGÍA DE REALIZACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN" elaborada por la Dirección General del Agua expresamente para dar cumplimiento a la Directiva de inundaciones de la Unión Europea.

## 5.2.- METODOLOGÍA

### 5.2.1.- Afección a la población

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/ce, en su punto 5, se indica que deberá incluirse un "*número indicativo de habitantes que pueden verse afectados*".

Como información de base se han utilizado diversas fuentes de datos. en función de la calidad de los resultados obtenidos en cada Demarcación Hidrográfica. Las principales fuentes de datos utilizadas son: la densidad poblacional proporcionada por la EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente), el censo poblacional del INE de 1 de Enero de 2012 y datos catastrales.

En el anejo correspondiente a cada una de las Demarcaciones Hidrográficas se detalla la metodología y qué fuentes de información se han empleado en cada una de ellas para el cálculo de población afectada por la inundación de manera que la estimación obtenida sea coherente con las particularidades de cada zona.

### 5.2.2.- Afección a la actividad económica

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/ce, en su punto 5, también se indica que uno de los parámetros a mostrar será el "*tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada*".

Para la obtención de las actividades económicas se ha partido de información existente sobre usos del suelo. Dicha información se clasifica en base a las categorías generales del mapa de riesgo nacional que establece 20 categorías de actividad económica (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Una vez establecida las equivalencias uso/actividad económica en cada polígono, se le asigna a éste la actividad económica mayoritaria.

**Tabla 2.** Categorías en Mapa de riesgo nacional

| Categoría en Mapa de riesgo nacional |
|---|
| Urbano concentrado |
| Urbano disperso |
| Asociado a urbano |
| Infraestructura social |
| Terciario |
| Industrial concentrado |
| Industrial disperso |
| Agrícola-Secano |
| Agrícola-Regadío |
| Otros usos rurales |
| Forestal |
| Infraestructuras: carreteras |
| Infraestructuras: ferrocarriles |
| Infraestructuras aeroportuarias |
| Infraestructuras: energía |
| Infraestructuras: Comunicaciones |
| Infraestructuras hidráulico-sanitarias |
| Infraestructuras: Residuos |
| Masas de agua |
| Otras áreas sin riesgo |

El resultado obtenido se coteja con la capa BTN-25 y las ortofotografías 2012 del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del IGN. Esta revisión es necesaria porque aunque un polígono puede presentar mayoría de ocupación de un uso puede ocurrir que sólo se encuentre en zona inundable una pequeña porción de ese polígono y que dicha porción se corresponda con uno de los porcentajes minoritarios.

Como información de base de usos del suelo se han utilizado el SIOSE 2009 (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) proporcionado por el IGN y en algunas demarcaciones información cartográfica de usos del suelo más específica.

En el anejo correspondiente a cada una de las Demarcaciones Hidrográficas se detalla la metodología y qué fuentes de información se han empleado en cada una de ellas.

### 5.2.3.- Afección a puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente

Para el cumplimiento del R.D. 903/2010, de 9 de Julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, los mapas de riesgo deben incluir, además de los puntos anteriormente descritos, una serie de elementos recogidos en el art. 9:

*"c) Instalaciones industriales a que se refiere el anejo I de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación así como las estaciones depuradoras de aguas residuales*

*d) Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats o especies que pueden resultar afectas"*

Por otra parte, también se hace referencia a las consecuencias sobre el patrimonio cultural y el medio ambiente en el art. 1 tanto de la Directiva 2007/60/CE como de su transposición al derecho español mediante el R.D. 903/2010.

Por esta razón se ha recopilado la información siguiente:

- Instalaciones industriales a que se refiere el anejo I de la Ley 16/2002 ya mencionada.
- Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR)
- Patrimonio cultural
- Afecciones de importancia para las labores de protección civil
- Zonas protegidas para la captación de agua
- Masas de agua de uso recreativo
- Zonas para la protección de hábitats o especies (LIC, ZEPA y, en su caso, otros hábitats de interés)
- Masas de agua de la Directiva Marco del Agua

La información recopilada proviene de las diferentes administraciones públicas implicadas en cada una de las Demarcaciones Hidrográficas en las que se divide el presente estudio.

## 5.3.- RESULTADOS

En el anejo correspondiente a cada una de las Demarcaciones Hidrográficas se analizan los resultados obtenidos.

# 6.- REFERENCIAS

Abascal, A.J.; Castanedo, S.; Cid, A.; Medina, R. (2012) A high resolution storm surge hindcast in Southern Europe: a useful database for coastal applications. 33rd International Conference on Coastal Engineering. Santander (Spain).

Booij, N.; Ris, R.C.; Holthuijsen, L.H. (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I: Model description and validation. Journal of Geophysical Research, 104(C4). pp 7649-7666. doi: 10.1029/98JC026222.

Bruun, P. (1954). Coastal Erosion and Development of Beach Profiles. U.S. Army Beach Erosion Board Technical Memorandum Nº. 44. U.S. Army Corps of Engr. Waterways Exp. Station, Vicksburg, Mississipi.

Bruun, P. (1962). Sea Level Rise as a Cause of Shore Erosion. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 88, Nº 117.

Bruun, P. (1966). Tidal inlets and littoral drift. Stability of tidal inlets, Vol. 2. Noruega, 1966.

Bruun, P. (1978). Stability of Tidal Inlets, Elsevier, New York.

Bruun, P. (1990). Port Engineering. Gulf Publishing Co. Houston, USA.

Callaghan D.P., Nielsen P, Short A., Ranasinghe R. (2007). Statistical simulation of wave climate and extreme beach erosion, Coastal Engineering, Volume 55, Issue 5, May 2008, Pages 375-390

Camus, P.; Mendez, F.J.; Medina, R.; Cofiño, A.S. (2011a). Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate. Coastal Engineering, Vol. 58 (6), pp 453-462. doi:10.1016/j.coastaleng.2011.02.003

Camus, P.; Méndez, F.J.; Medina, R. (2011b). A hybrid efficient method to downscale wave climate to coastal areas. Coastal Engineering, 58, 851-862. doi:10.1016/j.coastaleng.2011.05.007

Camus, P.; Mendez, F.J.; Medina, R.; Tomas, A.; Izaguirre, C. (2013). High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas, Coastal Engineering, Vol. 72, pp 56-68. doi:10.1016/j.coastaleng.2012.09.002

Cooper, J.A. and Pilkey, O.H. (2004). Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. Global and Planetary Change, 43, pp. 157-171.

Dean, R.G. (1991). Equilibrium beach profiles: Characteristics and applications. Journal of Coastal Research, Vol. 7, pp 53-84.

EurOtop (2007). Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual. (Disponible en http://www.overtopping-manual.com/manual.html)

Fita, L.; Fernandez, J.; Gutiérrez, J.M.; Cofiño, A.S. (2009). SeaWind project: Analysing the sensitivity on horizontal and vertical resolution on WRF simulations. II JMCMO, Valencia.

Franke, R. (1982). Scattered data interpolation: test of some methods. Math. Comp., 38, 181-200.

GIOC, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (2000). Documento Temático. Vol. 1. Regeneración de Playas. Universidad de Cantabria.

Goerlich, F.J; Cantarino, I. (2012). Una grid de densidad de población para España. Fundación BBVA. pp 140. ISBN: 978-84-92937-39-4

Holman, R.A. (1986). Extreme Value Statistics for Wave Runup on a Natural Beach. Coastal Engineering, Vol 9, No 6, March, pp.527-544.

Kennard, R.W.; Stone, L.A. (1969). Computer aided design experiments. Technometrics, 11, 137-148.

Lara J.L.; Ruju, A.; Loasada I.J. (2011) Reynolds averaged Navier–Stokes modelling of long waves induced by a transient wave group on a Beach. Proceedings of the Royal Society of Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 467: 1215-1242

Miller J.K, Livermont E. (2008), An index for predicting storm erosion due to increased waves and water levels, Solutions to coastal Disaster Congress, pp 561- 572

Minguez, R.; Espejo, A.; Tomas, A.; Méndez, F.J.; Losada, I.J. (2011a) Directional Calibration of Wave Reanalysis Databases using Instrumental Data. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 28, 1466-1485. doi: 10.1175/JTECH-D-11-00008.1

Minguez, R.; Reguero, B.G.; Luceño, A.; Méndez, F.J. (2011b) Regression Models for Outlier Identification (Hurricanes and Typhoons) in Wave Hindcast Databases. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 29, 267-285. doi: 10.1175/JTECH-D-11-00059.1

Nielsen, P.; Hanslow, D.J. (1991). Wave runup distributions on natural beaches. Journal of Coastal Research Vol. 7 (4), pp 1139–1152

Reguero, B.G.; Menéndez, M.; Méndez, F.J.; Minguez, R.; Losada, I.J. (2012) A Global Ocean Wave (GOW) calibrated reanalysis from 1948 onwards. Coastal Engineering, 65, 38-55. doi:10.1016/j.coastaleng.2012.03.003

Ruju, A.; Lara J.L.; Losada, I.J. (2012) Radiation stress and low-frequency energy balance within the surf zone: A numerical approach. Coastal Engineering. Vol. 68, pp. 44-55

Shchepetkin, A.F.; McWilliams, J.C. (2005). Regional Ocean Model System: a split-explicit ocean model with a freesurface and topography-following vertical coordinate. Ocean Modelling 9, 347–404.

SIOSE, 2011. Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España, Anexo I - Descripción del Modelo de Datos y Rótulo SIOSE2005, Versión 2, Documento que describe las características básicas del Modelo de Datos Conceptual y la estructura y significado del Rótulo SIOSE2005. 1 de febrero de 2011. (Disponible en: http://www.siose.es/siose/)

Skamarock, W.C.; Klemp, J.B.; Dudhia, J.; Gill, D.O.; Baker, D.M.; Duda, M.G.; Huang, X.Y.; Wang, W.; Powers, J.G. (2008) A description of the advanced research WRF version 3. NCAR Tech., NCAR/TN-475+STR.

Stockdon, H.F.; Holman, R.A.; Howd, P.A.; Sallenger, A.H. (2006) Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Coastal Enginineering, Vol 53, pp 573-588

Tolman, H.L.; 2002. User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 2.22. NOAA / NWS / NCEP / MMAB Technical Note 222, 139 pp. (Available at: http://polar.wwb.noaa.gov/mmab/papers/tn222/MMAB_222.pdf).

Torres-Freyermuth, A.; Losada, I.J.; Lara, J.L. (2007). Modeling of surf zone processes on a natural beach using Reynolds-Averaged Navier-Stokes equations, Journal of Geophysical

Research. Oceans. AGU. (American Geophysical Union) VOL 112, C09014. doi: 10.1029/2006JC004050.

Torres-Freyermuth, A.; Lara, J.L.; Losada, I.J. (2010). Numerical modelling of short- and long- wave transformation on a barred Beach. Coastal Engineering. Vol. 57(3), pp. 317-330. doi:10.1016/j.coastaleng.2009.10.013.

Zhang, K., Douglas C., Leatherman S.P., (2001), Beach erosion potential for severe Nor´easters, Journal of Coastal Research, 17-2, pp 309-321.

# APÉNDICE I

# BASES DE DATOS DEL PROYECTO C3E

# ÍNDICE

**1.- INTRODUCCIÓN ..... 1**

**2.- MAREA ASTRONÓMICA ..... 1**

**3.- MAREA METEOROLÓGICA ..... 1**

**4.- NIVEL DE REFERENCIA ..... 4**

**5.- OLEAJE ..... 4**

**6.- BATIMETRÍA ..... 7**

**7.- TOPOGRAFÍA ..... 8**

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Dominio GOS 1.1 (la escala de colores indica la profundidad en metros) ... 2

**Figura 2.** Validación del reanálisis GOS 1.1 (Elevación de la marea meteorológica en metros) con mareógrafos de la red REDMAR del Organismo Público Puertos del Estado. ... 3

**Figura 3.** Referencia del nivel del mar respecto al nivel medio del mar en Alicante (1998). ... 4

**Figura 4.** Validación de las series de oleaje en el año 2007 del DOW 1.1 con la boya costera del OPPE A Coruña (Altura de ola significante, Hs; Periodo de pico, Tp y Dirección media, θm). ... 6

**Figura 5.** Validación del comportamiento agregado del DOW 1.1 con la boya costera del OPPE Cost-Bilbao (Altura de ola significante, Hs; Periodo de pico, Tp y Dirección media, θm). ... 7

## 1.- INTRODUCCIÓN

El objeto de este Apéndice I es la descripción de las bases de datos de nivel del mar y oleaje generadas en el marco del proyecto C3E (Marea Astronómica, Marea Meteorológica, Nivel de Referencia y Oleaje), así como la batimetría y topografía utilizadas.

## 2.- MAREA ASTRONÓMICA

Para describir, en cada posición, la variación del nivel medio del mar debido a la marea astronómica, se ha utilizado el análisis armónico de tal forma que se reconstruye la marea astronómica a partir de las constantes armónicas ajustadas con los datos de los mareógrafos del Organismo Público Puertos del Estado (OPPE). En las posiciones de la costa española en que no se dispone de datos de mareógrafos, se interpolan las constantes armónicas a partir de las determinadas en las posiciones de los mareógrafos más cercanos y posteriormente se reconstruyen las series de marea astronómica a partir de dichas constantes armónicas interpoladas.

Finalmente se obtienen series de datos horarios desde el año 1948 hasta el año 2008, a lo largo de la costa española, cada aproximadamente 10-15 km.

## 3.- MAREA METEOROLÓGICA

Se denomina marea meteorológica ("*storm surge*") a la sobreelevación del nivel del mar debida a la tensión tangencial que ejerce el viento sobre una masa de agua y a los gradientes de presión atmosférica. Esta sobreelevación es uno de los sumandos que intervienen en el cálculo del nivel del mar y su importancia relativa, respecto a la marea astronómica y otros factores, depende de la zona geográfica analizada.

La base de datos GOS 1.1 (Global Ocean Surges) desarrollada por IH Cantabria (Abascal *et al*. 2012), comprende el reanálisis de marea meteorológica de un periodo de 60 años (1948-2009), de alta resolución realizado en el sur de Europa. El reanálisis proporciona datos de marea meteorológica calculados con una resolución espacial de 1/8º y una resolución temporal horaria. El área de estudio engloba el sur de Europa, desde 20ºW a 37ºW en

longitud y desde 25ºN a 46ºN en latitud, incluyendo el mar Mediterráneo y la costa Atlántica Española (ver Figura 1).

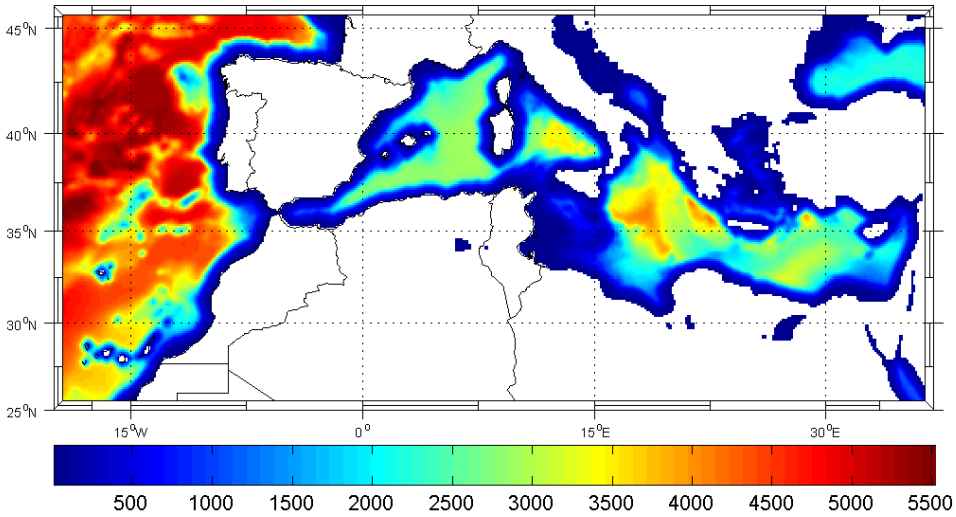



**Figura 1.** Dominio GOS 1.1 (la escala de colores indica la profundidad en metros)

Dicho reanálisis ha sido realizado con el modelo tridimensional de circulación ROMS (Regional Ocean Modeling System) desarrollado por el Ocean Modeling Group de Rutgers (Shchepetkin y McWilliams, 2005). Debido a que el modelo incluye algoritmos físicos y numéricos altamente eficientes y precisos, en la actualidad está siendo ampliamente utilizado por la comunidad científica.

El modelo ROMS resuelve de forma numérica las ecuaciones conocidas como ecuaciones primitivas, en las que se asume que la presión sigue una ley hidrostática. Las ecuaciones primitivas engloban la ecuación de conservación de cantidad de movimiento, la de conservación de la masa, la de transporte de distintas sustancias como la temperatura y la salinidad, y la ecuación de estado para el cómputo de la densidad del agua. En este estudio, dado el carácter barotrópico del fenómeno a resolver, se ha utilizado la versión 2D del modelo.

El modelo ha sido forzado con datos de viento y presión atmosférica de alta resolución (~ 30 km) procedentes del downscaling dinámico realizado en el marco del proyecto SEAWIND (Fita *et al.*, 2009). Dicho reanálisis utiliza un modelo de área limitada denominado WRF

(Weather Research and Forecasting, Skamarock *et al.*, 2008), forzado con datos del reanálisis NCEP (1948-2009).

Los resultados del reanálisis de marea meteorológica GOS 1.1 han sido validados con 20 mareógrafos de la red REDMAR del Organismo Público Puertos del Estado (OPPE). A través de la página WEB www.maruca.ihcantabria.com se pueden descargar todas las validaciones realizadas (Dinámicas Aguas Abiertas → Fichas). En la Figura 2 se muestra la comparación del GOS 1.1 con algunos de dichos mareógrafos; se comprueba la precisión de las simulaciones por medio de unos parámetros estadísticos como el coeficiente de correlación ρ, el sesgo (BIAS) o el error cuadrático medio (RMS). Se verifica un buen ajuste entre los mediciones instrumentales y lo modelado numéricamente, viendo la capacidad del modelo para simular con exactitud la sobreelevación del nivel del mar en condiciones de temporal.

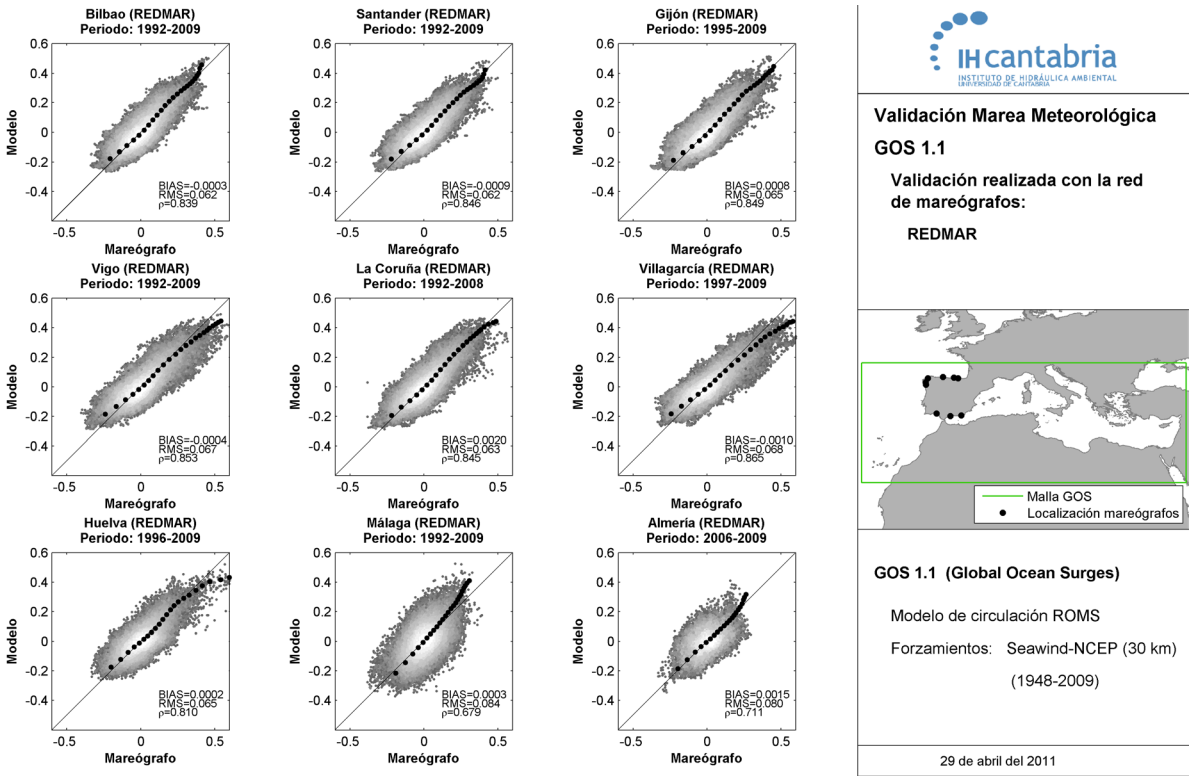



**Figura 2.** Validación del reanálisis GOS 1.1 (Elevación de la marea meteorológica en metros) con mareógrafos de la red REDMAR del Organismo Público Puertos del Estado.

## 4.- NIVEL DE REFERENCIA

Para obtener de forma homogénea el nivel del mar a lo largo del litoral español, siempre se ha referido éste (Marea Astronómica y Marea Meteorológica) respecto al nivel medio del mar en Alicante tras la nivelación del año 1998. En la Figura 3 se representa el nivel de referencia interpolado a lo largo del litoral español.

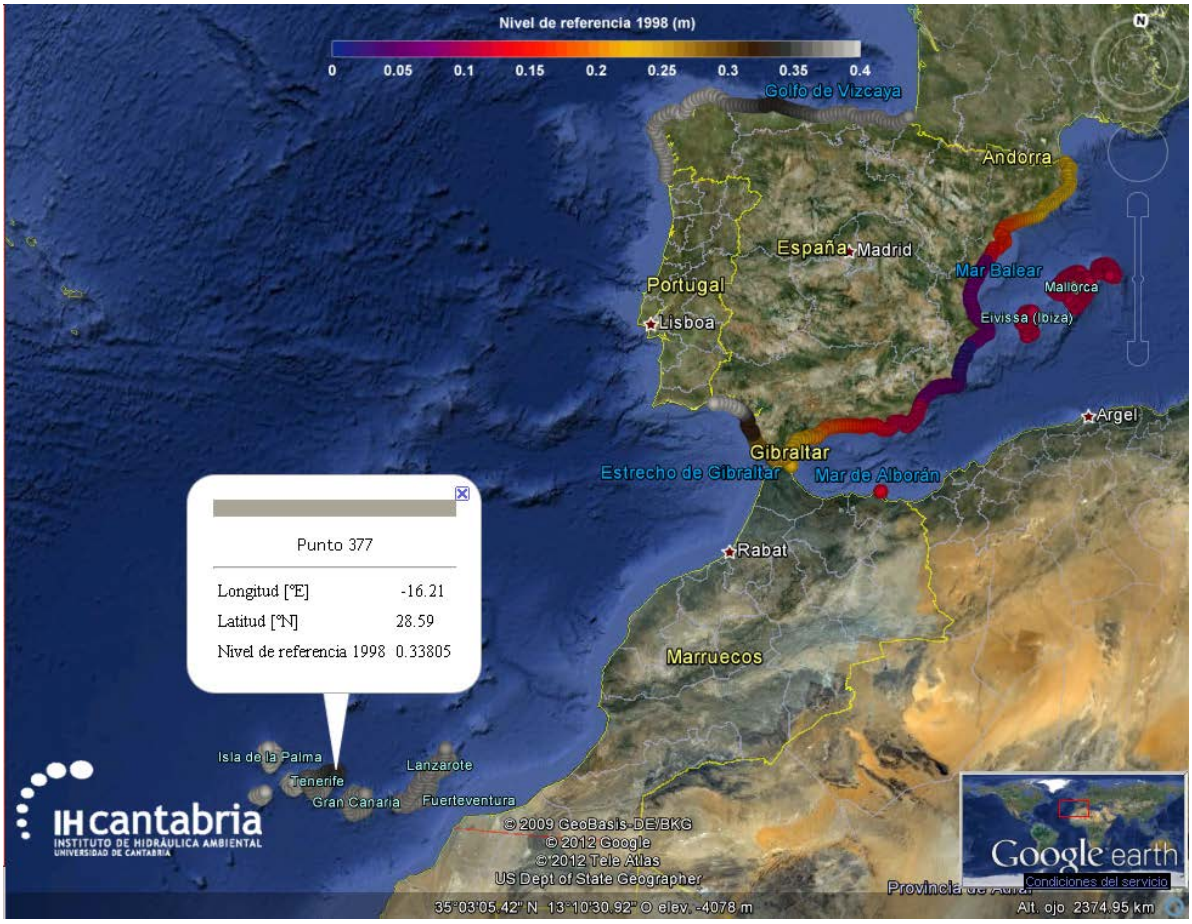



**Figura 3.** Referencia del nivel del mar respecto al nivel medio del mar en Alicante (1998).

## 5.- OLEAJE

IH Cantabria ha generado una base de datos de oleaje propagado hasta la costa denominada DOW 1.1 (Downscaled Ocean Waves, Camus *et al*. 2013), de más de 60 años

de duración (1948-2008), con una resolución temporal horaria y espacial de entre 50 m y 200 m.

Para la generación de dicha base de datos se ha desarrollado una metodología híbrida (Camus *et al*., 2011b) que combina la generación y propagación numérica del oleaje, con técnicas estadísticas avanzadas de selección (MaxDiss, Kennard y Stone, 1969) e interpolación (RBF, Franke, 1982) de variables de alta dimensionalidad. La propagación se realiza mediante la ejecución del modelo numérico SWAN (Booij, 1999) forzado con los vientos del reanálisis SeaWind-NCEP (los mismos que se han utilizado para generar el GOS 1.1) y con los espectros de oleaje del reanálisis en aguas abiertas GOW 1.1 (Global Ocean Waves, Reguero *et al*., 2012) calibrados con datos de satélites (Mínguez *et al*., 2011a y b).

La base de datos GOW 1.1 tiene una resolución espacial de aproximadamente 10 km en el litoral español. Dicha base de datos ha sido simulada con el modelo numérico WaveWatch III (Tolman, 2002) que está forzado con el reanálisis de vientos SeaWind-NCEP.

Tanto los datos GOW 1.1 (oleaje en aguas abiertas) como los datos del DOW 1.1 (oleaje propagado a las costas) han sido exhaustivamente validados con datos de 16 boyas en profundidades indefinidas (OPPE) y 32 boyas costeras (OPPE y XIOM, Xarxa d'Instruments Oceanogràfics i Meteorològics) a lo largo del litoral español. A través de la página WEB www.maruca.ihcantabria.com se pueden descargar todas las validaciones realizadas (Dinámicas Aguas Abiertas → Fichas), obteniéndose unos resultados muy satisfactorios para todas las variables comparadas. A modo de ejemplo, en la Figura 5 se representa un ejemplo de los resultados obtenidos en el año 2007 para la posición de la boya A Coruña (OPPE).

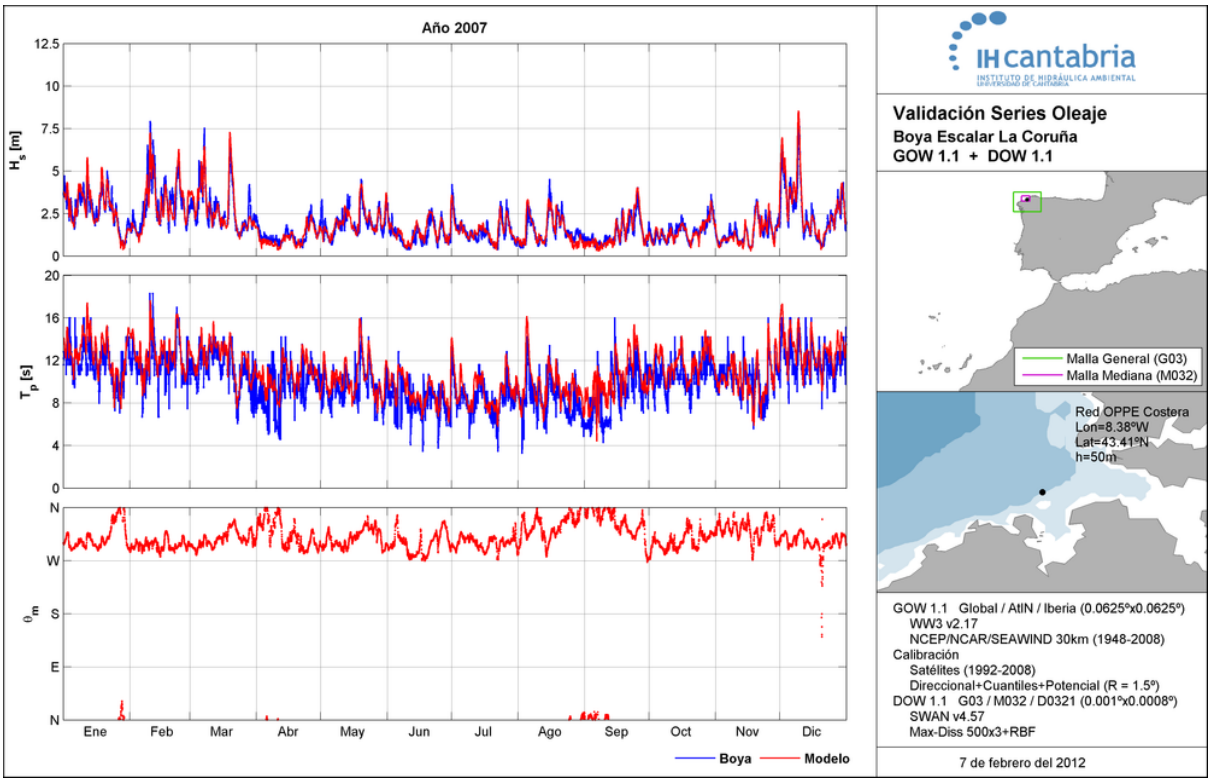



**Figura 4.** Validación de las series de oleaje en el año 2007 del DOW 1.1 con la boya costera del OPPE A Coruña (Altura de ola significante, Hs; Periodo de pico, Tp y Dirección media, θm).

Además de realizar validaciones en las que se compara la evolución temporal de las series de parámetros de oleaje para un año determinado, también se valida agregando toda la información disponible en la posición de las boyas. En la Figura 6 se presenta un ejemplo de validación en la posición de la boya Cost-Bilbao (OPPE) mediante diagramas de dispersión, comparación de rosas de oleaje, etc. Se comprueba, que pese a la dispersión natural en los datos instrumentales, el régimen medio del oleaje determinado a partir de los datos de la boya coincide con el calculado a partir de los datos simultáneos del DOW.

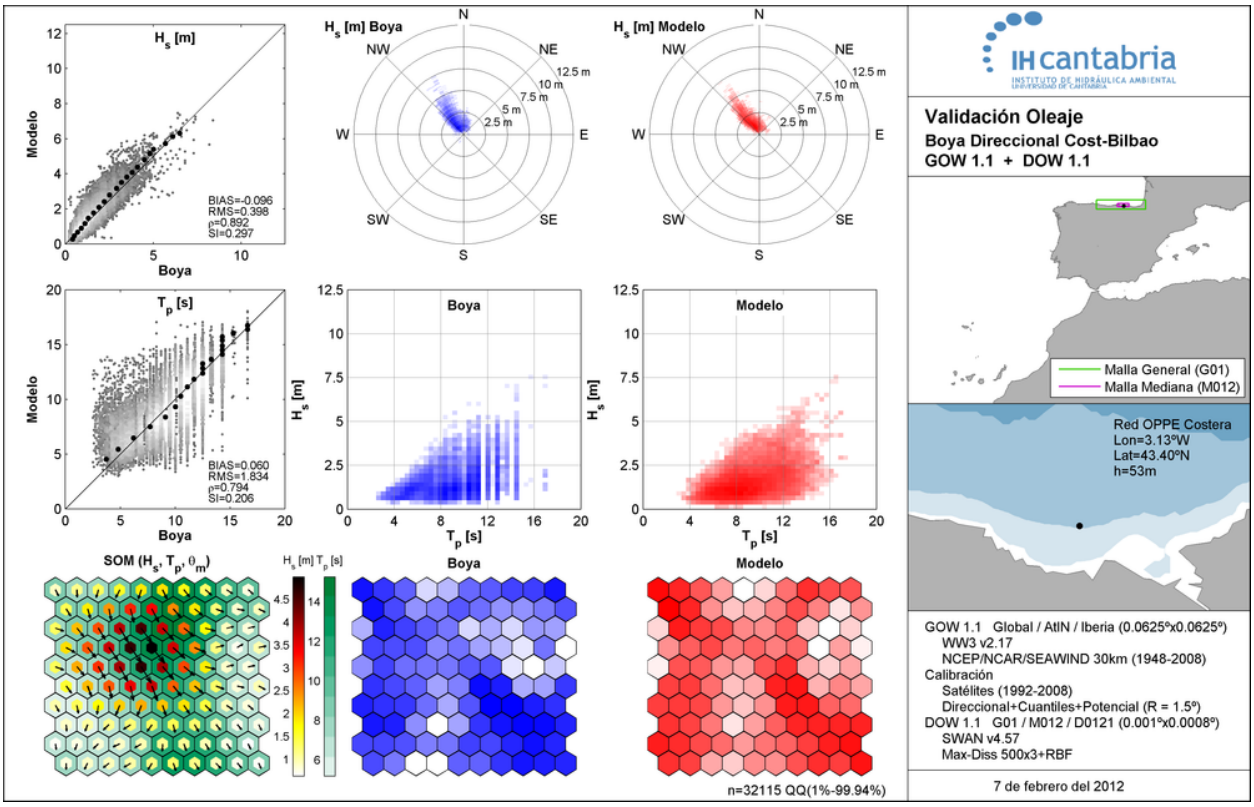



**Figura 5.** Validación del comportamiento agregado del DOW 1.1 con la boya costera del OPPE Cost-Bilbao (Altura de ola significante, Hs; Periodo de pico, Tp y Dirección media, θm).

## 6.- BATIMETRÍA

Se han utilizado dos bases de datos de batimetría. Por un lado la batimetría global GEBCO ("*General Bathymetric Chart of the Oceans*") del British Oceanographic Data Centre (BDOC) que tiene un control de calidad de los datos a 1 minuto de resolución; dicha base de datos ha sido producida a partir de información de altimetría satelital y sondas batimétricas instaladas en barcos.

Por otro lado, en las zonas costeras, se ha remplazado la información del GEBCO por las batimetrías digitalizadas de las cartas náuticas disponibles en el BACO del Sistema Modelado Costero (SMC, www.smc.ihcantabria.com).

## 7.- TOPOGRAFÍA

Se han utilizado dos Modelos Digitales del Terreno (MDT), ambos proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional. Uno de ellos cubre la costa peninsular junto con Ceuta, Melilla y Baleares en el sistema de coordenadas ETRS89 UTM-30N; tiene una resolución espacial de 10 metros y una exactitud en cota con un error cuadrático medio menor de 1 metro. El otro Modelo Digital del Terreno cubre las Islas Canarias en el sistema de coordenadas ETRS89 UTM28N y tiene una resolución espacial de 5 metros.

# APÉNDICE II

# MODELO NUMÉRICO IH-2VOF

# ÍNDICE

**1.- OBJETO DEL ANEJO ..... 1**

**2.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO ..... 1**

**3.- OBJETIVO ESPECÍFICO DE USO. ..... 4**

**4.- METODOLOGÍA. ..... 6**

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Comparación de la elevación de la superficie libre a lo largo de diferentes puntos del perfil transversal de una playa real. Línea roja: Modelo IH-2VOF. Línea azul: medidas de campo. ..... 3

**Figura 2.** Evolución de la lámina de agua durante el proceso de run-up en una playa. Línea continua: Modelo IH-2VOF. Puntos: medidas de laboratorio ..... 4

**Figura 3.** Factores que afectan a la cota de inundación. ..... 5

**Figura 4.** Esquema de la definición de las proyecciones X (distancia horizontal) y Z (distancia vertical) del ascenso-descenso del oleaje sobre un perfil de playa. ..... 5

**Figura 5.** Esquema de la metodología para el cálculo del Run-Up y Alcance de la inundación, mediante el uso del modelo IH-2VOF. ..... 6

**Figura 6.** Esquema de las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH-2VOF. ..... 7

**Figura 7.** Esquema de las resoluciones obtenidas en las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH-2VOF. ..... 8

**Figura 8.** Ejemplo de serie de oleaje generado con el modelo IH-2VOF. Panel superior: Evolución de la superficie libre de un estado de mar horario. Paneles centrales: histogramas de altura de ola (izquierda) y periodo de ola (derecha). Paneles inferiores: espectro de oleaje (izquierda) y diagrama de dispersión altura – periodo (derecha). ..... 9

**Figura 9.** Representación de la posición de la superficie libre, ascenso – descenso sobre una playa, en cuatro instantes de tiempo (t=90, 94, 98 y 102 s). ..10

**Figura 10.** Evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso - descenso sobre una playa, X (m). .....11

**Figura 11.** Evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso - descenso sobre una playa, Z (m). .....12

**Figura 12.** Definición del Alcance (I) y Run-Up (Ru) a partir de la evolución temporal de la distancia en horizontal (X) y vertical (Z) del ascenso - descenso sobre una playa. .....12

**Figura 13.** Función de distribución empírica del Alcance, I (izquierda) y del Run-Up o remonte, Ru (derecha) con los valores del 2% respectivamente I2% y Ru2%, en rojo. .....13

## 1.- OBJETO DEL ANEJO

A continuación se describe modelo IH-2VOF desarrollado en el IH Cantabria y utilizado para el cálculo de la inundación por oleaje y nivel en el presente estudio.

## 2.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo numérico IH-2VOF, www.ih2vof.ihcantabria.com, es un modelo desarrollado en el IH Cantabria orientado al estudio de la interacción flujo-estructura, es decir, al estudio de la acción del oleaje sobre estructuras marítimas y la hidrodinámica en la zona de rompientes. El modelo IH-2VOF corresponde a un desarrollo posterior del modelo Mar-IFE.

IH-2VOF es un modelo en plena expansión y el más avanzado entre los de su categoría para el estudio de la interacción onda-estructura. Entre sus principales características destacan su capacidad para la simulación de todo tipo de estructuras marítimas a escala de prototipo o laboratorio; proporciona el campo de velocidades, presiones y turbulencia en un dominio bidimensional; y es capaz de simular todo tipo de oleajes: oleaje regular, irregular, onda solitaria, etc. Todo ello proporciona al modelo IH-2VOF gran versatilidad, siendo capaz de simular dominios a escala de prototipo de hasta un kilómetro. El IH Cantabria ha calibrado y validado el modelo para el caso de diques en talud de materiales sueltos mediante numerosos ensayos de laboratorio, además de haber sido aplicado al diseño de obras marítimas.

IH-2VOF resuelve las ecuaciones bidimensionales en dos fases de Navier-Stokes, con el promediado de Reynolds, para tener en cuenta el papel de los procesos turbulentos del flujo. Dentro de los medios porosos, como son los mantos de las estructuras de materiales sueltos, se realiza un promediado a lo largo de un volumen de control. Por tanto el modelo resuelve las llamadas ecuaciones VARANS ("*Volume-Averaged/Reynolds-Averaged Navier-Stokes*"). El seguimiento de la superficie libre se resuelve mediante la técnica "*Volume of Fluid*" (VOF) y la turbulencia se modela mediante un modelo k-ε.

En el desarrollo del modelo IH-2VOF, se ha prestado una especial atención a los procesos de generación/absorción del oleaje. Para ello se ha incorporado un algoritmo matemático, basado en contornos móviles (*moving boundaries*), que permite simular el movimiento de la

pala generadora del oleaje (pala dinámica) junto con un proceso de absorción del oleaje reflejado en las estructuras.

Además, el número de publicaciones científicas asociadas al uso de este modelo y de su validación a partir de ensayos de laboratorio y de medidas en campo, centradas en los procesos no lineales de transformación del oleaje en la zona de rompientes, reducen la incertidumbre en su uso. Dentro de estas publicaciones destacan los trabajos de Torres *et al*. (2007) y Torres *et al*. (2010), donde se presenta por primera vez el uso de un modelo RANS, en este caso el modelo IH-2VOF, para el estudio de los procesos de transformación del oleaje en playas combinando el efecto conjunto de la modelización de la banda gravitatoria e infra-gravitatoria del oleaje.

En Torres *et al*. (2007) se realizó un análisis prestando especial atención a los procesos de transformación de las ondas infra-gravitatorias en una playa natural disipativa, como efecto forzador del run-up en la playa. Los resultados numéricos se corroboraron con medidas en campo de la evolución temporal de la superficie libre y de velocidades dentro de la zona de rompientes, encontrando un error en la predicción del modelo inferior al 10%.

En Torres *et al*. (2010), se desarrolla una metodología de trabajo, que posteriormente se perfecciona por Lara *et al*. (2011), que permite asegurar una adecuada representación de las características del oleaje, en ambas bandas: gravitatoria e infra-gravitatoria. Uno de los aspectos señalados por Torres *et al*. (2010) era la falta de uniformidad en las condiciones de contorno usadas en el modelado numérico para el tratamiento de la energía reflejada en la playa por efecto de la radiación de la ondas largas liberadas en rotura. Torres *et al*. (2010) y posteriormente Lara *et al*. (2011), mejoran los procesos de generación y absorción numérica para una adecuada caracterización de los procesos que se desencadenan en la zona de rompientes y swash. Lara *et al*. (2011) aplican esta metodología para el estudio de la amplificación de la onda larga y el run-up en playas con un bajo muy largo en su perfil transversal.

A partir de estos trabajos, Ruju *et al*. (2012) utilizan el modelo IH-2VOF para demostrar la existencia de un proceso de disipación de onda larga en la zona de swash que condiciona el run-up en la playa. A partir de los algoritmos desarrollados y de los resultados del modelo numérico Ruju *et al*. (2012) demuestran numéricamente aspectos de la transferencia de energía entre las bandas gravitatoria e infra-gravitatoria en la zona de rompientes y swash que solo había sido predicha a partir de medidas en campo.

En resumen, la calidad y precisión de los resultados de validación del modelo IH-2VOF ha sido avalada por la comunidad científica internacional. Esto permite reproducir numéricamente los procesos no lineales que tienen lugar en la zona de rompientes y en la zona de ascenso y descenso del oleaje sobre una playa. Además el modelo considera los procesos de transferencia de energía entre las ondas infragravitatorias y el oleaje, que condicionan el run-up en playas. A modo de ejemplo se presentan dos figuras con resultados de validación del modelo, en la Figura 1 la evolución del oleaje en la zona de rompientes y swash presentados por Torres *et al*. (2010) y en la Figura 2una simulación de detalle del run-up en una playa.

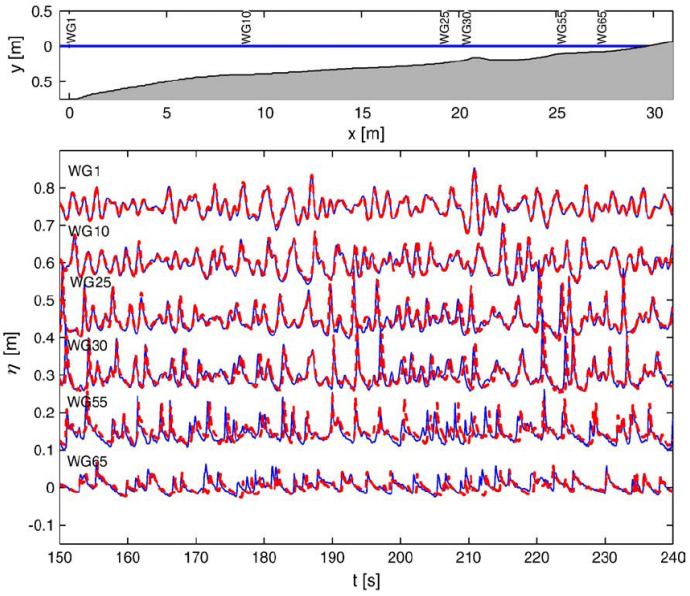



**Figura 1.** Comparación de la elevación de la superficie libre a lo largo de diferentes puntos del perfil transversal de una playa real. Línea roja: Modelo IH-2VOF. Línea azul: medidas de campo.

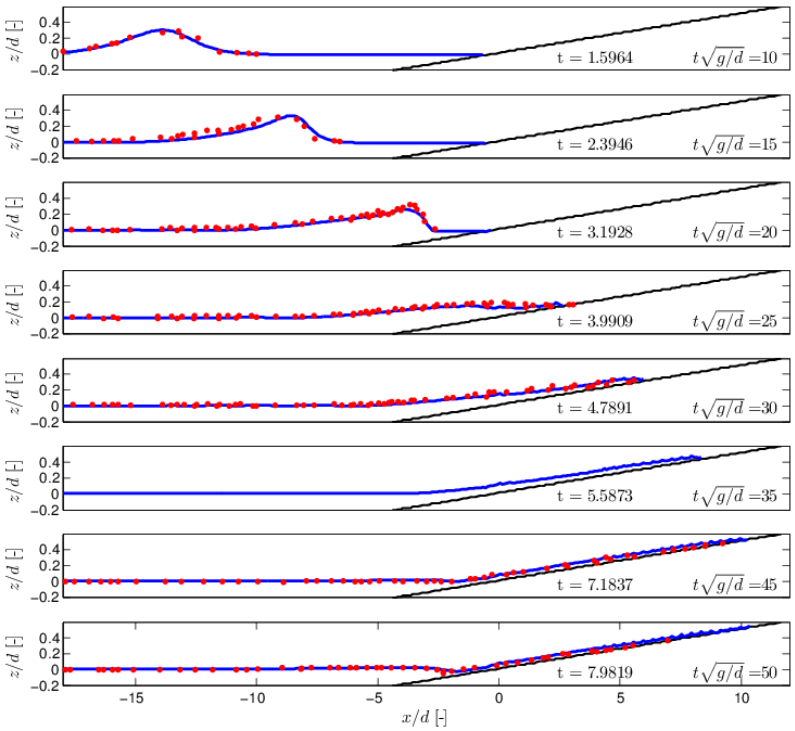



**Figura 2.** Evolución de la lámina de agua durante el proceso de run-up en una playa. Línea continua: Modelo IH-2VOF. Puntos: medidas de laboratorio

## 3.- OBJETIVO ESPECÍFICO DE USO

El objetivo del uso del modelo IH-2VOF en este proyecto es la determinación de la evolución temporal de ascenso y descenso del oleaje en playas y la estadística de este a partir de simulaciones de estados de mar completos, en concreto el Run-Up del 2% de las olas de cada estado de mar.

De esta forma se caracterizan todas las variables que conforman la cota de inundación (MA, MM y RU, ver la Figura 3), pues las variables del nivel del mar (MA y MM) se caracterizan adecuadamente a partir de las bases de datos explicadas en el Apéndice I.

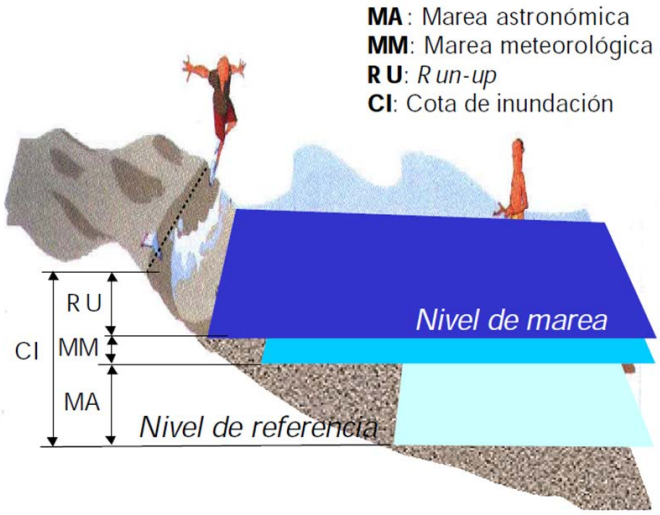



**Figura 3.** Factores que afectan a la cota de inundación.

Como se verá más adelante, para caracterizar la inundación debida al oleaje no sólo se calcula el Run-Up del 2% ($Ru_{2\%}$) a partir de la evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso-descenso sobre la playa (Z); sino que también, a partir de la evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso-descenso sobre la playa (X), se calcula el valor del 2% del alcance de la inundación ($I_{2\%}$). En la Figura 4 se muestra un esquema de la definición de las distancias X y Z (horizontal y vertical respectivamente), que son las proyecciones del ascenso-descenso sobre la playa, tomando como origen el corte del perfil de playa con el nivel del mar.

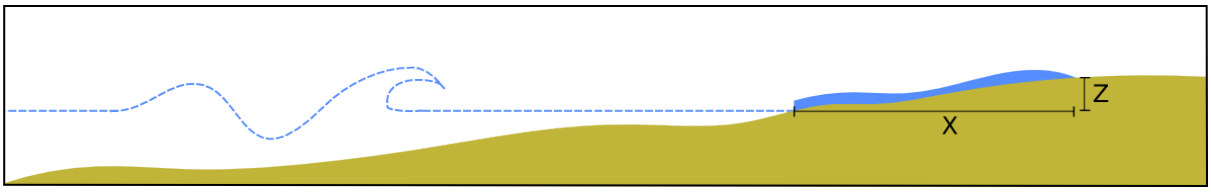



**Figura 4.** Esquema de la definición de las proyecciones X (distancia horizontal) y Z (distancia vertical) del ascenso-descenso del oleaje sobre un perfil de playa.

Así, el objetivo final de uso del modelo IH-2VOF es el cálculo de los valores de $I_{2\%}$ (alcance del 2%) y $Ru_{2\%}$ (Run-up o remonte del 2%) para distintas geometrías o perfiles de playa y distintas condiciones de dinámicas actuantes (nivel del mar y oleaje).

## 4.- METODOLOGÍA

A continuación se detalla la metodología para realizar las simulaciones numéricas con el modelo IH-2VOF, así como el pre-proceso y post-proceso para el cálculo del $I_{2\%}$ (alcance del 2%) y del $Ru_{2\%}$ (Run-up o remonte del 2%), en función de los distintos datos de partida (geometrías y dinámicas). En la Figura 5 se presenta un esquema de dicha metodología.

El proceso para la generación de los casos de IH-2VOF comienza con el mallado del dominio de estudio, en el que se incluye el nivel del agua y la batimetría.

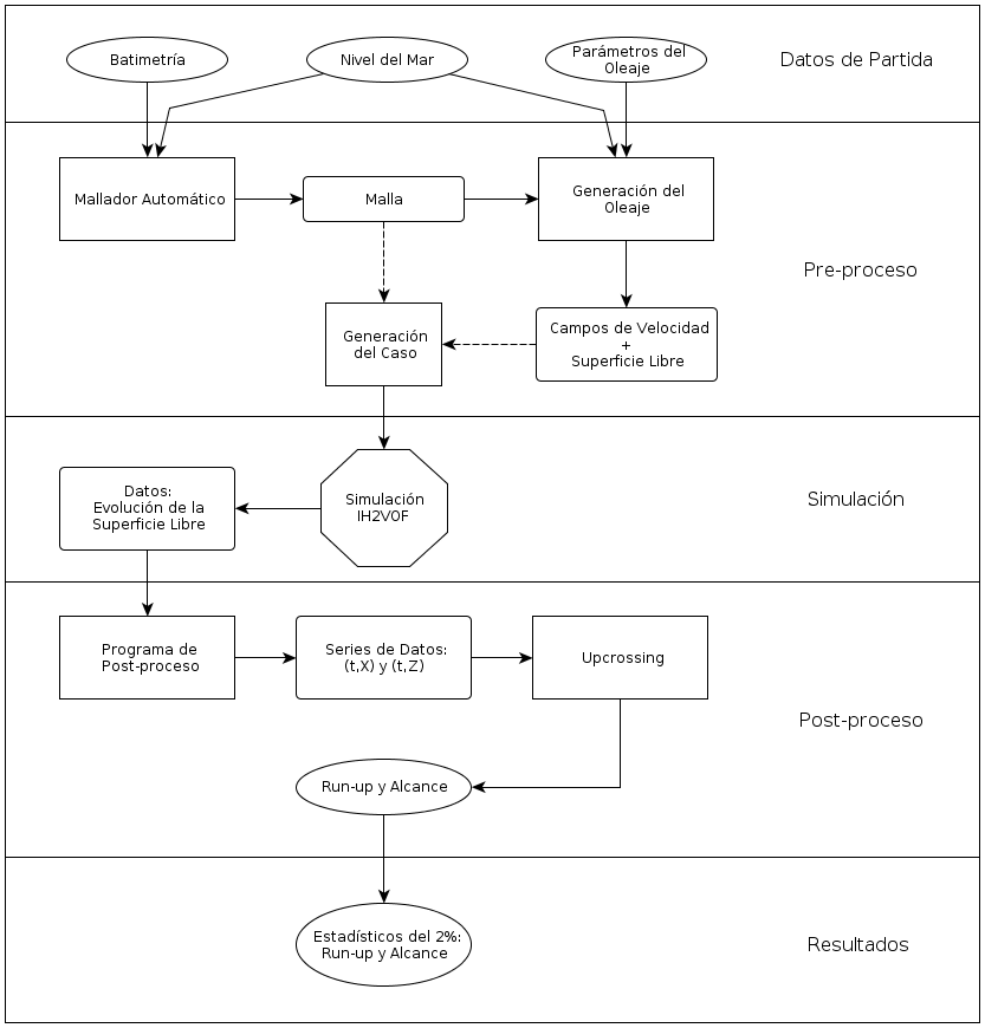



**Figura 5.** Esquema de la metodología para el cálculo del Run-Up y Alcance de la inundación, mediante el uso del modelo IH-2VOF.

Las mallas para IH-2VOF se generan con un mallador nominado Coral. Éste genera mallas con celdas rectangulares, totalmente ortogonales y conformes. Asimismo permite definir obstáculos en forma de polilíneas, haciendo que las celdas interiores a él sean totalmente impermeables al flujo.

Como convención se establece como contorno generador de oleaje el izquierdo, mientras que el derecho se fija como capaz de absorber el agua que llega. El mallado sigue un proceso automático siguiendo un número de normas generales. Estas permiten conseguir mallas de calidad, y a la vez reducir el número de celdas en zonas donde una menor discretización sigue representando correctamente los procesos físicos. Para ello se establecen dos zonas diferenciadas en la dirección horizontal, y otras dos en la vertical (ver Figura 6).

- Zonas horizontales: zona de generación o general y zona de run-up o de detalle. La línea de división entre ambas se define como la vertical en la que el agua intersecta con la batimetría, retranqueada un 10% de la longitud del dominio hacia la zona de generación. En la zona de generación las celdas varían su longitud en el eje X de 50 cm a 25 cm. En la zona de run-up (zona de detalle), la discretización horizontal se mantiene constante igual a 25 cm. De esta forma se ahorra en número de celdas donde no son necesarias (en generación), mientras que se obtiene una muy buena resolución en la zona de run-up.

- Zonas verticales: zona de profundidad o general y zona de run-up o de detalle. La línea de división entre ambas es el nivel del mar. La parte superior mantiene una discretización igual a 10 cm, ya que cubre la zona en la que se desarrolla el run-up. La porción inferior no necesita tanto detalle en las zonas adyacentes al fondo de la malla, por lo que la discretización vertical varía desde 25 cm en el fondo, hasta 10 cm en la superficie del mar.

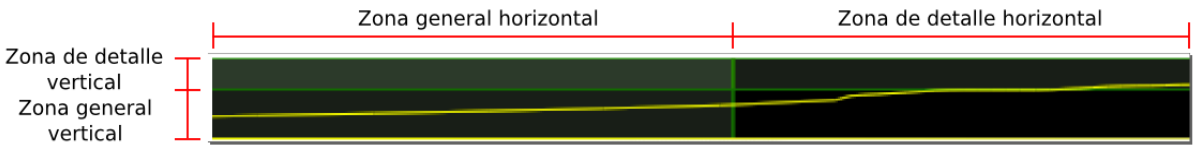



**Figura 6.** Esquema de las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH-2VOF.

La discretización empleada ha sido elegida de forma que la longitud de onda esté definida por al menos 100 celdas; y la altura de ola (en vertical) por un mínimo de 5, lo cual permite tener definidos los procesos de ascenso y descenso con una resolución muy fina. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de la zonificación horizontal y vertical, con sus respectivas resoluciones; en la zona de detalle se consigue 10 cm en vertical y 25 cm en horizontal.

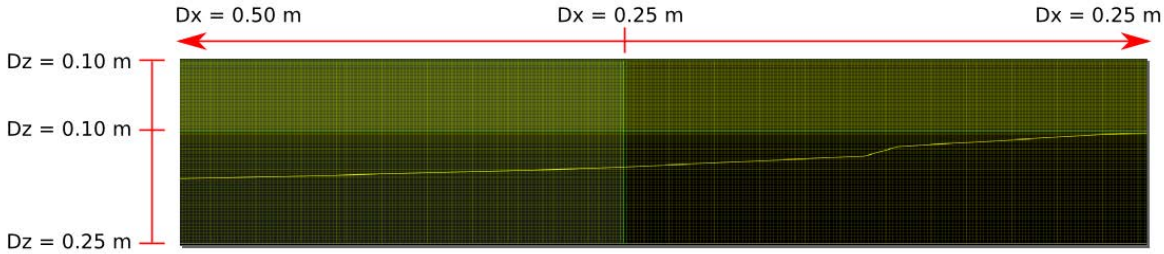



**Figura 7.** Esquema de las resoluciones obtenidas en las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH-2VOF.

La etapa de pre-proceso se completa mediante la generación del oleaje. Este paso también está totalmente automatizado. Para cada perfil/malla se considera un determinado nivel del mar y oleaje; éste último caracterizado por unos parámetros estadísticos: altura de ola significante, período de pico y dispersión frecuencial γ de JONSWAP. Todos los oleajes se han generado usando la forma espectral JONSWAP, para una duración de 1 hora de estado de mar, para un número de componentes espectrales igual a 512 y para un γ = 3.3, que son adecuados para definir este tipo de oleajes.

El modo de obtención del oleaje se basa en la suma lineal de las 512 componentes aleatorias, recomponiendo la serie de elevación de la superficie libre en el punto de generación. Esta serie de superficie libre es analizada de forma que si los parámetros estadísticos obtenidos no coinciden con los parámetros objetivo, dentro de una tolerancia, se generan de nuevo aleatoriamente las componentes espectrales de una nueva superficie libre. Adicionalmente se descartan los oleajes en los que la altura de ola máxima sea menor a 1.8 veces la altura de ola significante, ya que se considera que no son suficientemente energéticos. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta obtener los parámetros objetivo.

El resultado final es una serie sintética de oleaje, con un informe como el que se detalla a continuación en la Figura 8.

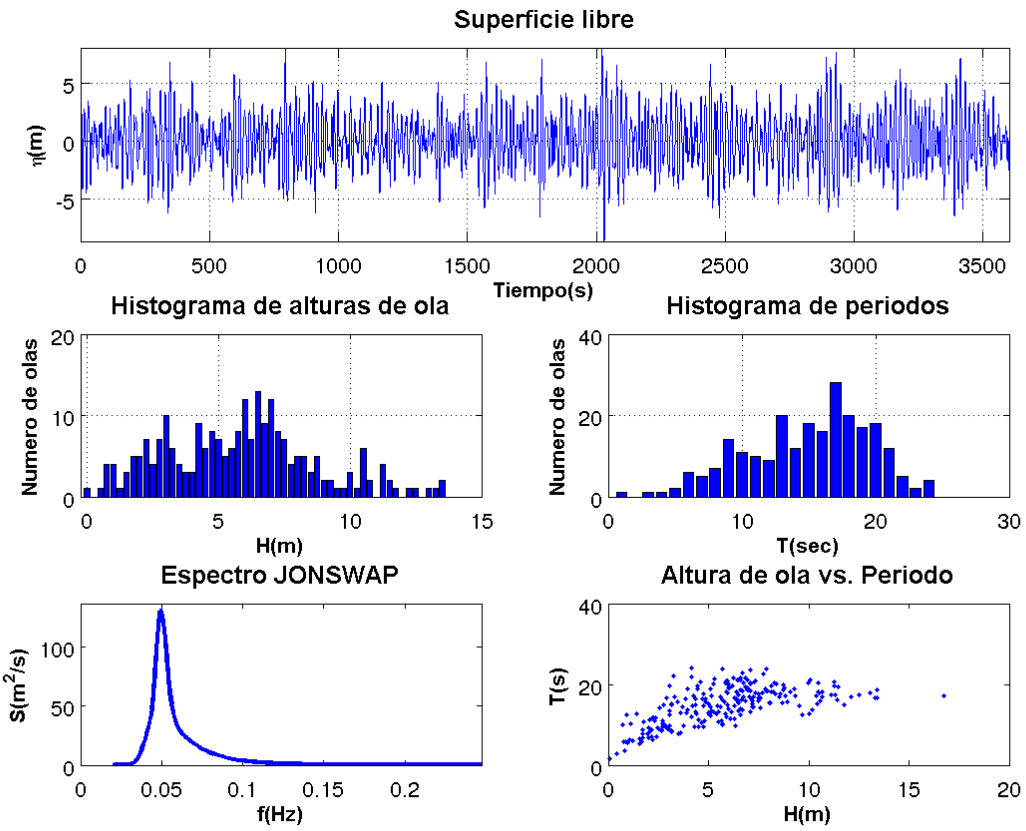



**Figura 8.** Ejemplo de serie de oleaje generado con el modelo IH-2VOF. Panel superior: Evolución de la superficie libre de un estado de mar horario. Paneles centrales: histogramas de altura de ola (izquierda) y periodo de ola (derecha). Paneles inferiores: espectro de oleaje (izquierda) y diagrama de dispersión altura – periodo (derecha).

Como paso previo a la simulación se generan las series temporales de superficie libre y velocidades en el formato de entrada del modelo. Para ello se obtienen ambas variables como suma de las expresiones para componentes lineales. La superficie libre se guarda como un nivel, mientras que las componentes de la velocidad se calculan y guardan para cada celda del contorno izquierdo en la dirección vertical.

Una vez realizadas todas las etapas del pre-proceso, se realiza la simulación propiamente dicha, en la plataforma de computación. Únicamente se requiere la evolución de la superficie libre para el post-proceso de los datos, por lo que se guardan únicamente dichos datos. En la Figura 9 se muestra un ejemplo de resultados obtenidos, la superficie libre en cuatro instantes de tiempo. A partir de los resultados de la superficie libre en todos los instantes de tiempo, en el post-proceso, se obtiene la evolución del ascenso-descenso sobre el perfil de playa.

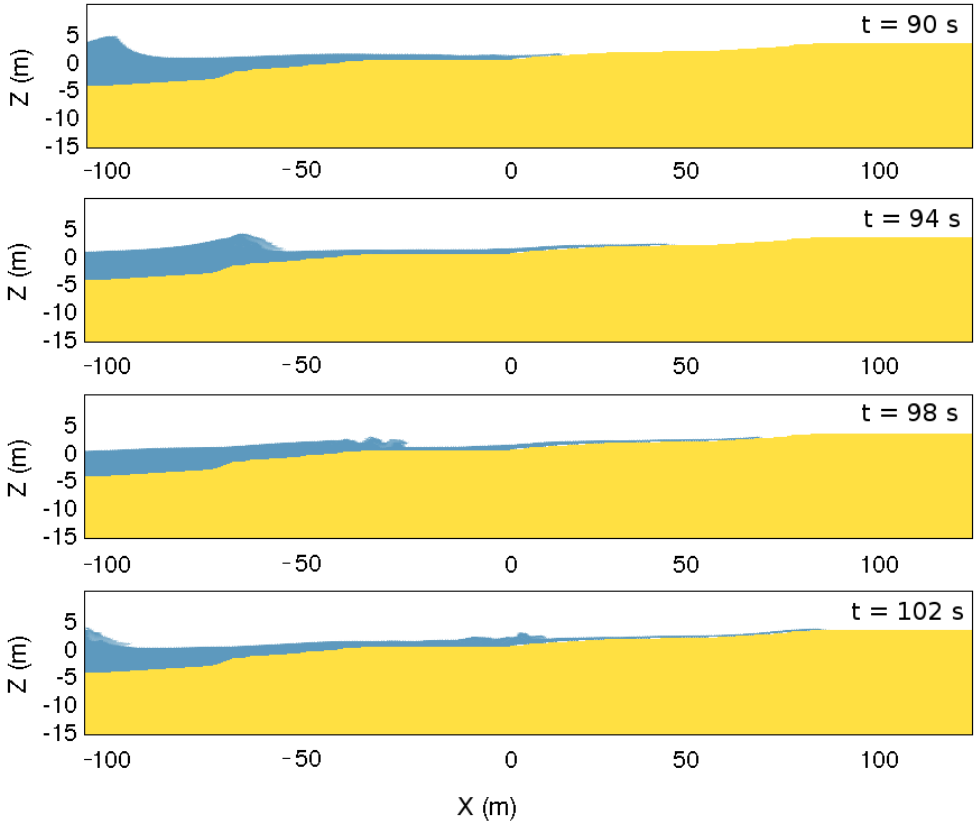



**Figura 9.** Representación de la posición de la superficie libre, ascenso – descenso sobre una playa, en cuatro instantes de tiempo (t=90, 94, 98 y 102 s).

El post-proceso del modelo numérico IH-2VOF está diseñado para identificar automáticamente las celdas inmediatamente adyacentes a las que constituyen la batimetría. Para evitar un excesivo número de datos, se delimita una zona en la que se monitorizan dichas celdas y con las que, posteriormente, se calculará el run-up.

Para cada paso de tiempo se guarda el valor de la cantidad de fluido en cada celda del grupo seleccionado de celdas. Los valores adimensionales posibles son los siguientes: 0 = celda vacía, 1 = celda llena de agua, 0-1 = celda parcialmente llena. Previamente se han obtenido las coordenadas centrales de cada celda, posibilitando la obtención del ascenso - descenso tanto en la coordenada horizontal (Alcance de la inundación) como en vertical (Run-Up o remonte). Así para cada instante se obtiene el índice de la celda más alejada que presenta un valor de cantidad de fluido adimensional mayor de 0.5 (límite establecido para el cálculo de la superficie libre), y con ella la cota y alcances máximos de la lámina de agua.

A continuación se presenta un ejemplo de ello; en la Figura 10 se muestra la evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso-descenso sobre la playa (X) y en la Figura 11 se muestra la evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso-descenso sobre la playa (Z). Los resultados son muy similares, y están ligados por las pendientes del perfil real. Es por ello que en ambas figuras se aprecia un gran pico en la parte central de la señal. Su magnitud relativa es mucho más grande en la componente X que en la Z; esto quiere decir que se trata de una zona bastante plana al final del perfil.

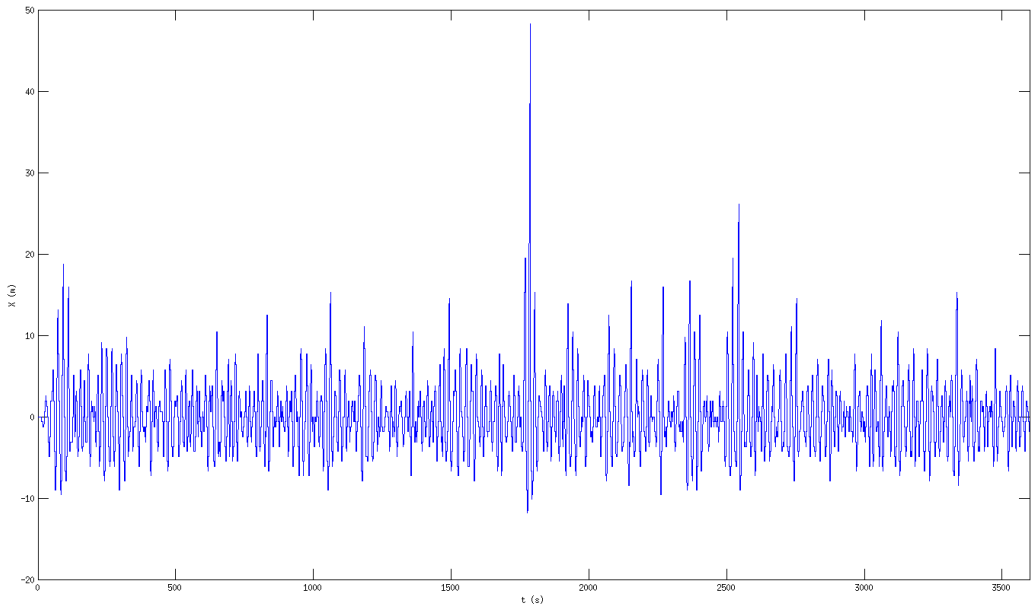



**Figura 10.** Evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso - descenso sobre una playa, X (m).

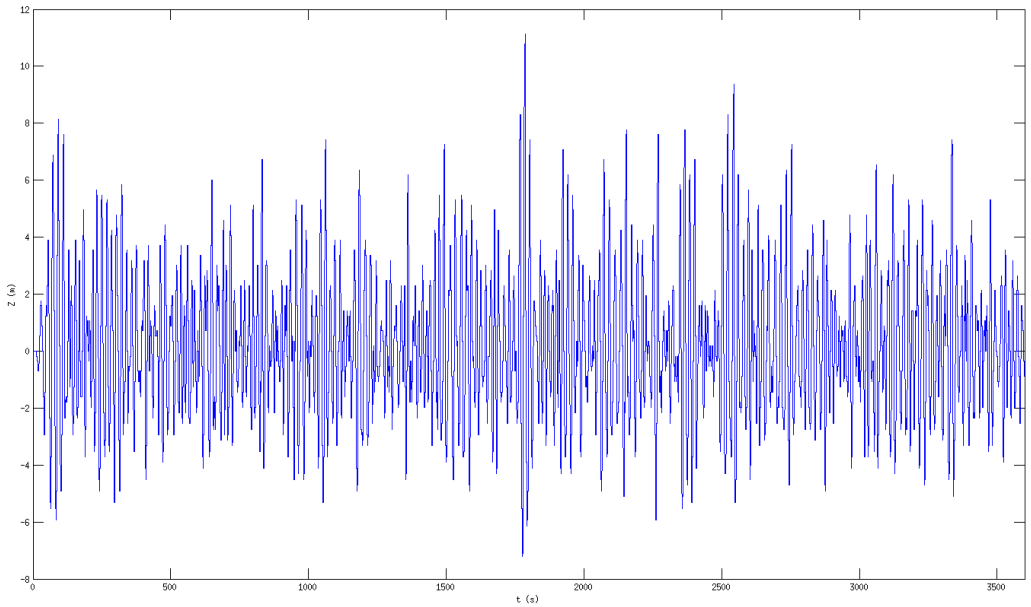



**Figura 11.** Evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso - descenso sobre una playa, Z (m).

Basándose en la evolución instantánea de las proyecciones horizontales y verticales del ascenso-descenso (X y Z) se calcula la máxima inundación producida por cada ola o evento individual. La identificación de la inundación de cada ola y el cálculo de su máximo, se lleva a cabo mediante un análisis de up-crossing o pasos ascendentes por cero, en cada serie. En la Figura 12 se muestra un ejemplo de ello. Se obtienen así los valores de Alcance (I) y Run-Up (Ru) de todas las olas del estado de mar horario.

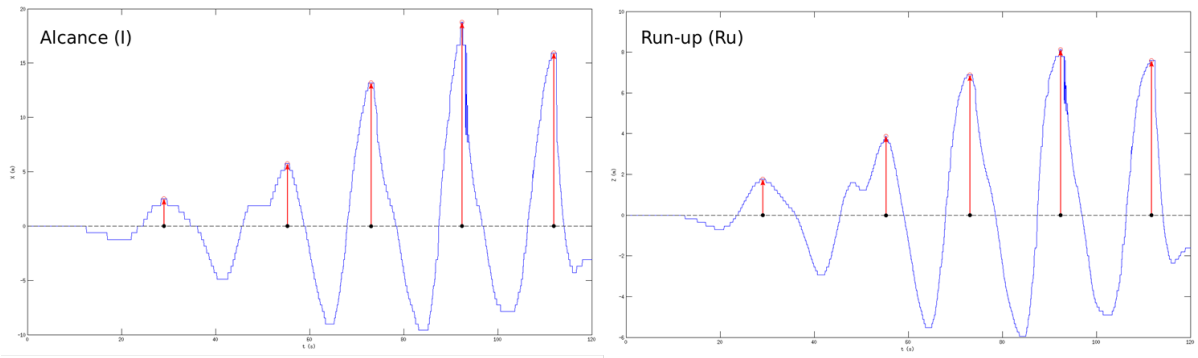



**Figura 12.** Definición del Alcance (I) y Run-Up (Ru) a partir de la evolución temporal de la distancia en horizontal (X) y vertical (Z) del ascenso - descenso sobre una playa.

Es en este momento cuando los eventos individuales de Alcance y Run-up se ordenan de menor a mayor, calculándose el valor del 2% mediante interpolación lineal a partir de las curvas de distribución empírica. En la Figura 13 se muestran las funciones de distribución empíricas del Alcance y del Run-Up, situándose los valores del 2% con un círculo rojo.

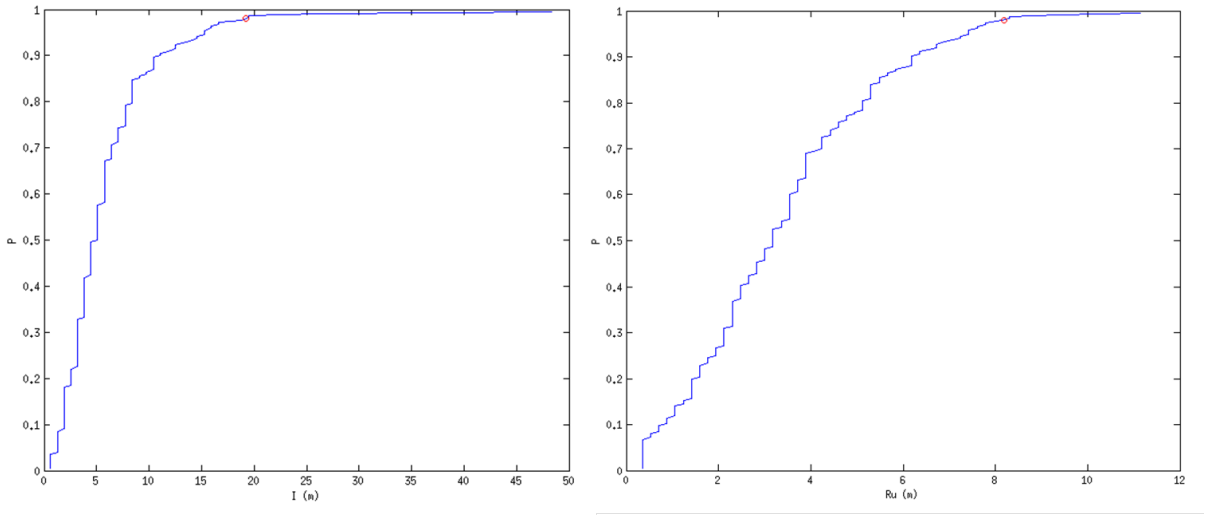



**Figura 13.** Función de distribución empírica del Alcance, I (izquierda) y del Run-Up o remonte, Ru (derecha) con los valores del 2% respectivamente I2% y Ru2%, en rojo.

Cabe señalar que como se ejecutan estados de mar de una hora de duración, los valores de Alcance y Run-Up del 2% se definen con suficiente precisión. Se verifica siempre que se obtengan más de 100 eventos de inundación para realizar la estadística (más de 100 olas disponibles).

# APÉNDICE III

# GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

# GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

| GLOSARIO DE ACRÓNIMOS | |
|---|---|
| ARPSI | Área con Riesgo Potencial Significativo de Inundación |
| BIC | Bien de Interés Cultural |
| DMA | Directiva Marco del Agua |
| DPMT | Dominio Público Marítimo-Terrestre |
| EBAR | Estación de Bombeo de Aguas residuales |
| EDAM | Estación Desaladora de Agua Marina |
| EDAR | Estación Depuradora de Aguas Residuales |
| EDAS | Estación Desaladora de Agua Salobre |
| EPRI | Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación |
| ETAR | Estación de Tratamiento de Aguas Residuales |
| IPPC | Integrated, Prevention, Pollution and Control (Prevención y Control Integrado de la Contaminación) |
| LIC | Lugar de Importancia Comunitaria |
| NMMA | Nivel Medio del Mar en Alicante |
| PRTR | Pollutant Release and Transfer Register (Registro de Emisiones y Transferencias contaminantes) |
| SNCZI | Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables |
| ZEPA | Zona de Especial Protección para las Aves |

# ANEJO 15

# DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA

# ÍNDICE

**1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁMBITO COSTERO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA ..... 1**

1.1.- Características generales del medio físico ..... 1

1.1.1.- Morfología ..... 1

1.1.2.- Climatología ..... 5

1.1.3.- Dinámica Marina ..... 8

1.2.- Características generales del medio natural ..... 15

1.2.1.- Espacios Naturales Protegidos ..... 16

1.2.2.- LIC y ZEPA ..... 18

1.3.- Características generales del medio urbanístico ..... 20

1.4.- Características generales del medio socioeconómico ..... 22

**2.- DESCRIPCIÓN DE LAS ARPSI ..... 23**

2.1.- Actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo ..... 23

2.2.- Cuadro resumen ..... 31

2.3.- Aplicación de la metodología a la costa de la Demarcación Hidrográfica ..... 34

2.3.1.- Zonas inundables ..... 34

2.3.2.- Afección a la población ..... 35

2.3.3.- Afección a la actividad económica ..... 36

2.3.4.- Afección a puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente ..... 36

**3.- RESULTADOS ..... 38**

3.1.- Zonas inundables ..... 38

3.2.- Afección a la población ..... 40

3.3.- Afección a la actividad económica ..... 42

3.4.- Afección a puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente ..... 54

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Isla de Fuerteventura ..... 2
**Figura 2.** Barrancos de la parte de sotavento en la península de Jandía ..... 4
**Figura 3.** Rosa de vientos en un punto al norte de las Islas Canarias (WANA 1019017 y SIMAR-44 1019017), mostrando la predominancia de los vientos alisios (Fuente: Puertos del Estado) ..... 6
**Figura 4.** Corriente de Canarias como parte de la Corriente del Golfo (izqd.), y rosa de corrientes en la Boya de Gran Canaria (dcha.) (Fuente: Puertos del Estado) ..... 7
**Figura 5.** Corriente de Canarias. Zona oriental del giro subtropical del Atlántico Norte 9
**Figura 6.** Oleaje en Fuerteventura (de arriba abajo y de izquierda a derecha: zona norte, este, sur, y oeste de la Isla de Fuerteventura). Fuente: Puertos del Estado ..... 10
**Figura 7.** Espacios naturales protegidos de la Isla de Fuerteventura ..... 17
**Figura 8.** LIC de la Isla de Fuerteventura ..... 19
**Figura 9.** ZEPA de la Isla de Fuerteventura ..... 20
**Figura 10.** Distribución de los términos municipales de la Isla de Fuerteventura ..... 21
**Figura 11.** Localización de las ARPSI de la DH de Fuerteventura ..... 24
**Figura 12.** Representación proporcional del área de las ARPSI ..... 39
**Figura 13.** Representación proporcional de la longitud de las ARPSI ..... 40
**Figura 14.** Representación proporcional al número de habitantes afectados por ARPSI por la zona de inundación ..... 41
**Figura 15.** Actividades económicas para el periodo de retorno de 500 años, ARPSI "Las Palmas (Playa de las Canteras)" ..... 43
**Figura 16.** Porcentaje de superficie de las distintas actividades económicas para el periodo de retorno de 100 años ..... 45
**Figura 17.** Porcentaje de superficie de las distintas actividades económicas para el periodo de retorno de 500 años ..... 46
**Figura 18.** Porcentaje de superficie, respecto al total de zona inundable la Demarcación Hidrográfica, por categoría de actividad económica y término municipal. Periodo de retorno de 100 años ..... 53

**Figura 19.** Porcentaje de superficie, respecto al total de zona inundable la Demarcación Hidrográfica, por categoría de actividad económica y término municipal. Periodo de retorno de 500 años ..... 53

**Figura 20.** Central Térmica Las Salinas (ES122_ARPSI_0005) ..... 56

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Armónicos de marea (Fuente Puertos del Estado) ..... 11
**Tabla 2.** Playas de interés en la Isla de Fuerteventura..... 13
**Tabla 3.** Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos en la Isla de Fuerteventura .. 17
**Tabla 4.** Listado de LIC de la Isla de Fuerteventura ..... 18
**Tabla 5.** Listado de ZEPA de la Isla de Fuerteventura ..... 19
**Tabla 6.** Términos municipales de la Isla de Fuerteventura y número de habitantes.. 21
**Tabla 7.** ARPSI DH de Fuerteventura ..... 25
**Tabla 8.** Actualización de la EPRI de la DH Fuerteventura ..... 31
**Tabla 9.** Características de las ARPSI para un periodo de retorno de 100 años ..... 32
**Tabla 10.** Características de las ARPSI para un periodo de retorno de 500 años ..... 33
**Tabla 11.** Estadísticas de las ARPSI ..... 38
**Tabla 12.** Estadísticas de las ARPSI por término municipal ..... 39
**Tabla 13.** Nº estimativo de habitantes afectados en la Demarcación Hidrográfica ..... 41
**Tabla 14.** Nº de ARPSI por término municipal ..... 42
**Tabla 15.** Superficie en $km^2$ y porcentaje de las distintas actividades económicas, para los periodos de retorno calculados ..... 43
**Tabla 16.** Codificación de las categorías en el mapa de riesgo nacional ..... 44
**Tabla 17.** Porcentaje de superficie afectada por actividad económica y ARPSI para el periodo de retorno de 100 años ..... 47
**Tabla 18.** Porcentaje de superficie afectada por actividad económica y ARPSI para el periodo de retorno de 500 años ..... 49
**Tabla 19.** Porcentaje de superficie, respecto al total de zona inundable la Demarcación Hidrográfica, por categoría de actividad económica, término municipal y periodo de retorno ..... 51
**Tabla 20.** Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 100 años ..... 54
**Tabla 21.** Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 500 años ..... 55
**Tabla 22.** BIC en zonas inundables..... 57
**Tabla 23.** LIC y ZEPA en zonas inundables ..... 57
**Tabla 24.** Hábitats de Interés en zonas inundables ..... 57

# 1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁMBITO COSTERO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA

## 1.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MEDIO FÍSICO

### 1.1.1.- Morfología

La Isla de Fuerteventura está situada en el hemisferio Boreal, entre 28º45'04'' y 28º02'16'' latitud norte y 13º49'12'' a 14º30'24'' longitud oeste.

Es la más árida de las Islas Canarias y también la más cercana a la costa africana, habiendo 97 km de distancia entre la Punta de la Entallada y el cabo Jubi (Seguía-El-Hamra, Sáhara Occidental). La isla presenta una dimensión principal en sentido de Norte a Sur, que se prolonga hacia el Suroeste por la península de Jandía (Figura 1).

Es la de mayor longitud del archipiélago, con unos 100 km desde la Punta de la Tiñosa, en el Norte, a la Punta de Jandía, en el Sur; es también la segunda en extensión, con una superficie de 1 659.74 km² incluidos los 4.38 km² de la isla de Lobos. Esta pequeña isla, situada al Noreste de Fuerteventura y considerada parte de ésta, debe su nombre a la existencia de lobos marinos en el pasado. Este islote está separado unos 2 km de Fuerteventura. El pequeño estrecho que las separa tiene profundidades comprendidas entre los 9 m y 13 m. La máxima altura de Fuerteventura es el Pico de la Zarza (807 m), en la Península de Jandía.

Fuerteventura es una isla con extensas planicies, fruto del proceso erosivo, al ser una de las islas con mayor antigüedad del archipiélago canario, aunque ha experimentado numerosas erupciones volcánicas a lo largo de la historia. Muchas zonas están cubiertas de lavas como Montaña de la Arena, Malpaís Grande y Chico.

**Figura 1.** Isla de Fuerteventura

Aunque el origen de la isla es volcánico, la actividad volcánica en la zona no es, ni ha sido nunca, continua. Los períodos eruptivos abarcan desde el Mioceno hasta hace unos pocos miles de años. La isla adquiere su configuración actual durante el Plioceno - Pleistoceno. De los materiales que afloran podemos establecer una primera separación entre los que formaron el zócalo insular (Complejo Basal) y aquellos otros, de naturaleza basáltica, originados por las etapas volcánicas subaéreas.

En el centro de la isla aflora la corteza oceánica: Morrete de Yeseros, Cuchillo de Agua Dulce. El tercio septentrional es un campo de volcanes activo. Son característicos los malpaíses volcánicos como los del norte, Arena, Chico, Grande, Jacomar y los tres pequeños volcanes de Pájara. El norte de la isla está dividido entre el Malpaís de Bayuyo y el Jable de Corralejo, una de las zonas de dunas más importantes de Canarias. Al Oeste se presenta la llanura de Punta Jandía.

La antigüedad del Complejo Basal implica una mayor exposición a la erosión. Este hecho y el que haya estado un largo tiempo bajo el nivel del mar, determinan una topografía muy suavizada de lomos redondeados y una red de barranquillos que desembocan en la costa occidental.

Fuerteventura se caracteriza por un relieve maduro con escasas formaciones montañosas. La máxima altura es el Pico de la Zarza con 807 m, en la Península de Jandía. El macizo de Betancuria es el relieve con un aspecto más montañoso, siendo el Pico de la Atalaya, con 762 m, su altura más destacada.

En la zona norte, la más reciente, se extiende un malpaís formado por lavas arrojadas por volcanes del Cuaternario, entre los que destacan el de Montaña la Mancha (151 m), Montaña San Rafael (117 m) y Bayuyo (269 m).

En el interior, entre Tiscamanita y Tuineje también se han producido erupciones recientes que formaron el Malpaís Chico, procedente de la Caldera de Gairía (461 m); y el Malpaís Grande, de la Caldera de la Laguna (301 m), Caldera de Liria (254 m), Caldera de los Arrabales (242 m) y la Caldereta.

En el Oeste está el Macizo de Betancuria y los tres barrancos centrales más importantes: La Peña, Ajuí y Pájara.

Las grandes llanuras del interior son las áreas más singulares, conformando los llanos más extensos de todo el archipiélago. Están rodeadas por los relieves montañosos del Macizo de Betancuria y los cuchillos orientales. Son los llamados "paisajes extensos" caracterizados por la fragilidad de sus ecosistemas, debido sobre todo a su aridez y a la erosión eólica.

La Península de Jandía, en el Sur, está atravesada por grandes y numerosos barrancos (Figura 2) que nacen en la espina dorsal montañosa que separa las costas de barlovento y sotavento, cayendo hacia las orillas de sotavento. Entre estos barrancos destacan el del Ciervo, de los Canarios, del Mal Nombre y el de Esquinzo y Butihondo que bajan del Pico de la Zarza.

**Figura 2.** Barrancos de la parte de sotavento en la península de Jandía

La costa de Fuerteventura es muy variada: bajas terrazas y acantilados se alternan con multitud de playas de las más diversas texturas y colores.

En Fuerteventura destaca la abundancia de playas levantadas y rasas (plataformas de abrasión emergidas), reflejo de las variaciones en el nivel del mar que han provocado avances y retrocesos de la línea de costa. La existencia de estas plataformas de abrasión extensas y poco profundas ha facilitado la vida de numerosos organismos cuyos restos son uno de los componentes más importantes de las arenas claras. Estas arenas, acumuladas en las playas y sobre todo en la bajamar de las rasas actuales, son arrastradas por los vientos que soplan del mar y depositadas tierra adentro en campos de dunas, conocidos con el nombre de "jables", como los de Jandía, Corralejo y Lajares - El Cotillo. Este efecto es significativo en la variada morfología litoral, donde tiene especial relevancia la gran extensión que ocupan las playas.

Otro aspecto muy a destacar en la geomorfología de Fuerteventura está bajo el mar. Goza del privilegio de poseer la mayor plataforma de todas las islas del archipiélago. Esta plataforma está unida a la de Lanzarote por el Norte y, en el Sur se prolonga varios kilómetros desde la Punta de Jandía. A ambos lados del centro de la isla, frente al faro de la Entallada y la Punta de la Herradura, tiene unas expansiones considerables denominadas "placeres".

Los fondos de la plataforma son fundamentalmente arenosos en el mar de sotavento, siendo de carácter rocoso cerca de tierra y en el borde del talud. Hasta la profundidad de 30 m hay grandes zonas arenosas cubiertas de plantas verdes del género *Cymodocea* (sebas) que forman praderas que reciben el nombre de manchones o sebadales. En los fondos rocosos hay también grandes extensiones de arena apelmazada y piedra casi llana denominadas "tableros". Por último hay que citar algunos lugares de tamaño reducido en los que el fondo está cubierto de corales. Estos lugares se encuentran siempre en las proximidades del veril, a profundidades cercanas a los 150 m.

La plataforma de barlovento es mucho más rocosa y las zonas de manchones son mínimas. Las rocas del fondo son muy altas y, en algunos lugares, se levantan más de 20 m dando lugar a los bajones, cuyas cimas son visibles los días en que las aguas están claras. Este tipo de fondo rocoso, de relieve muy accidentado, cuevas y caletones, se llama en Fuerteventura marisco bronco. Si, por el contrario, el fondo rocoso es bajo y poco irregular se dice que es marisco atablerado.

Las plataformas acaban de forma súbita y su declive, que hasta los 200 m de profundidad es suave, se quiebra y cae de forma repentina hasta los grandes fondos. En algunos lugares el veril cae de forma casi vertical, como sucede frente al pueblo de La Lajita. Al pie de los veriles, a una profundidad que oscila entre 500 m y 600 m, comienza una zona de menos pendiente, constituida casi por completo por fondos de fango y algunas rocas aisladas.

Toda esta geomorfología marina es dibujada por las corrientes marinas que son intensas y persistentes en el mar de sotavento y discurre la mayor parte del tiempo en dirección NE-SO, paralelo a los flancos de la isla.

### 1.1.2.- Climatología

Las particularidades del clima canario vienen condicionadas fundamentalmente por los vientos alisios, la corriente marina fría de Canarias, el relieve, la proximidad al Continente Africano y las perturbaciones procedentes de otras latitudes, ya que Canarias se encuentra ubicada en una zona de transición entre dos dominios climáticos, el de la zona templada o zona de circulación del Oeste y el de la zona subtropical.

Los vientos Alisios están originados por el anticiclón de las Azores. Estos vientos soplan de componente Noreste y Norte-Noreste, con una velocidad media de 20 km/h, pudiendo alcanzar velocidades de hasta 60-70 km/h en algunas ocasiones (Figura 3). Los Alisios soplan con mayor frecuencia e intensidad en el verano, en las demás estaciones sopla con menor frecuencia y es menos intenso. El régimen de vientos Alisios domina en Canarias desde mediados de abril hasta mediados de septiembre. Son vientos estratificados en dos capas, una baja y húmeda y otra alta y seca. Esta circunstancia genera una inversión térmica de límites variables y cuya consecuencia más llamativa es la aparición de un "mar de nubes" en las vertientes orientadas a los vientos dominantes.

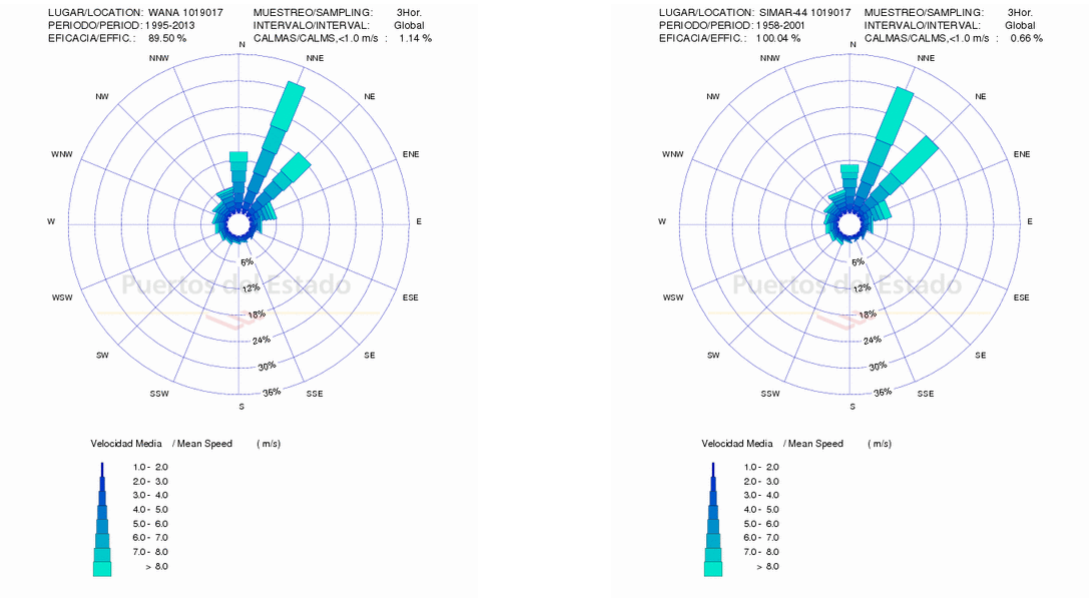
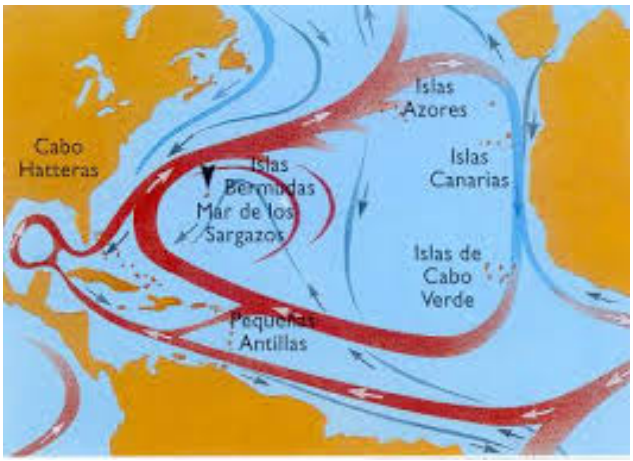



**Figura 3.** Rosa de vientos en un punto al norte de las Islas Canarias (WANA 1019017 y SIMAR-44 1019017), mostrando la predominancia de los vientos alisios (Fuente: Puertos del Estado)

La corriente fría de Canarias procedente del norte, es una bifurcación de la Corriente del Golfo, que al encontrarse con las Azores se divide en dos ramales, uno cálido que va hacia el norte y otro frío que desciende hasta Canarias, donde los vientos alisios tienden a desplazar las aguas superficiales hacia el centro del Atlántico, favoreciendo el ascenso de las aguas frías, que por lo general viajan más profundas. La presencia de la corriente fría atenúa la estratificación de los alisios.

La existencia de altas montañas pone obstáculos a la circulación de los alisios. El efecto barrera se potencia en las montañas, y en las vertientes de barlovento se acumulan las nubes y las lluvias, mientras que el efecto foehn se muestra muy activo a sotavento.

La cercanía de África, en concreto al desierto del Sahara, se manifiesta por la advección de aire muy cálido, seco y con grandes cantidades de polvo en suspensión, que dificultan la visibilidad (calima). Por lo general son vientos fuertes con una componente este o sureste muy marcada. Esta situación es común en verano, cuando el anticiclón de las Azores se desplaza hacia el norte, y, por lo tanto, se debilita en la región. Es lo que se conoce como tiempo sur.



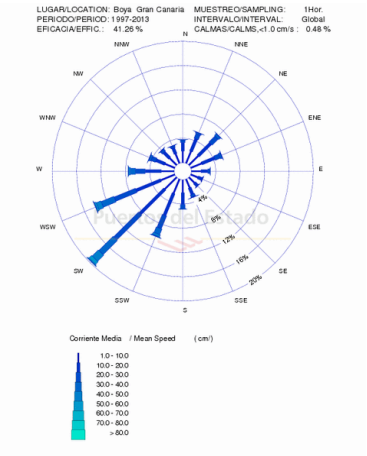




**Figura 4.** Corriente de Canarias como parte de la Corriente del Golfo (izqd.), y rosa de corrientes en la Boya de Gran Canaria (dcha.) (Fuente: Puertos del Estado)

En Fuerteventura, la escasez de precipitaciones (140 mm anuales) y la frecuencia dominante de los vientos Alisios dan lugar a un clima subdesértico. Esta clasificación debe ser matizada ya que el mar y su efecto termorregulador, como consecuencia de la Corriente fría de Canarias, hace que se suavice considerablemente, siendo la temperatura media anual de 20.16 ºC, con amplitudes térmicas mínimas. El mes más frío es Enero y el más cálido Agosto.

Entrando en una descripción climatológica más profunda cabe destacar que la isla carece de un relieve lo suficientemente importante como para modificar, por efecto orográfico, el total de las precipitaciones, por lo que es, junto con Lanzarote, la isla más seca del archipiélago.

Las precipitaciones son muy bajas y condensadas en un pequeño número de días. El cielo está con frecuencia nublado, si bien no se suele encontrar completamente cubierto. Las temperaturas no sufren grandes oscilaciones estacionales.

Por su situación subtropical, la isla se encuentra afectada durante la mayor parte del año, especialmente en el verano, por los anticiclones, en especial el anticiclón de las Azores que como ya se ha comentado origina los vientos Alisios. Los Alisios vienen cargados de humedad y de sal, con frecuente nubosidad de desarrollo horizontal debido a su largo recorrido por el océano. Aumentan su velocidad en los obstáculos que le ofrece el relieve de la isla, alcanzando una media de 23 km/h.

Cuando el anticiclón desaparece, los vientos cambian de dirección y procedencia, teniendo varios orígenes: origen atlántico (SE) o polar (N o NE), que producen las temperaturas mínimas del año y la "gota fría" cuando son de origen polar, además de la mayoría de las precipitaciones. De origen tropical continental, procedente de África, es lo que se denomina tiempo sur o levante y, por lo general, viene acompañado de polvo en suspensión (calima).

La humedad relativa insular oscila entre el 19 % y el 38 %. El alto grado de insolación es otro de los elementos destacables del clima, presentando una media anual cerca de las 2 800 horas de sol. Las lluvias son escasas y se producen de septiembre a mayo. Las tormentas son escasas. La temperatura del agua del mar oscila entre los 17 ºC y los 23 ºC en superficie.

### 1.1.3.- Dinámica Marina

El Archipiélago Canario se encuentra localizado en el extremo oriental del giro subtropical del Atlántico Norte, denominándose Corriente de Canarias a la masa de agua del giro que baña las islas (Figura 5). Se trata de una corriente lenta (0.1 m/s – 0.3 m/s) y amplia, que fluye hacia el ecuador, que como característica, presenta unas aguas superficiales relativamente frías teniendo en cuenta la latitud en la que se localiza el archipiélago.

La interposición del archipiélago al flujo de la corriente y de los vientos produce un efecto barrera, que como consecuencia provoca la aceleración de la corriente entre las

islas, lo que facilita el aumento de la turbulencia y la aparición de remolinos, además de favorecer el establecimiento de zonas de calma a sotavento de cada isla.

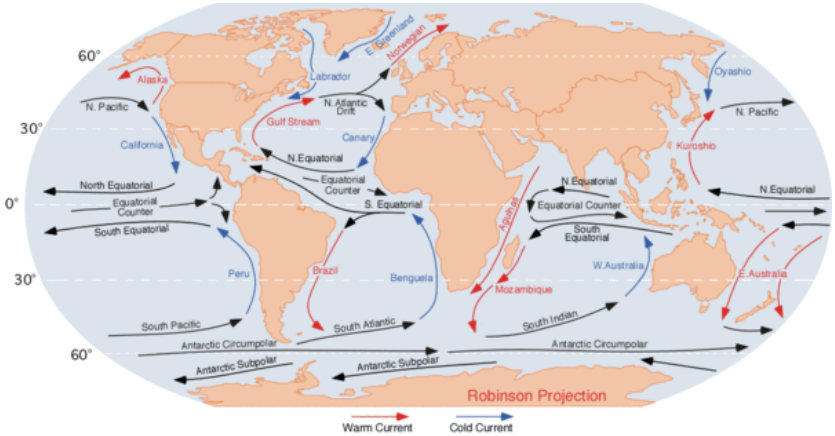



**Figura 5.** Corriente de Canarias. Zona oriental del giro subtropical del Atlántico Norte

La acción del viento es básica como factor generador de oleaje. Sin embargo, en Fuerteventura, dada la existencia de zonas con escasa altura, juega un papel muy importante en el transporte de arena desde las playas hacia zonas del interior de la isla.

En media anual, se obtienen vientos del cuadrante norte en aproximadamente el 70 % de las observaciones. Esta dominancia es más acusada durante el verano, como resultado de la combinación de los alisios con la brisa del mar. Esta combinación provoca vientos particularmente fuertes durante los meses de dicha estación.

Los oleajes predominantes son los procedentes del sector NW-NE (Figura 6). La frecuencia e intensidad de los oleajes disminuye mucho entre las direcciones E y S, debido a la cercanía de la costa africana, volviendo a aumentar paulatinamente en el sector SW.

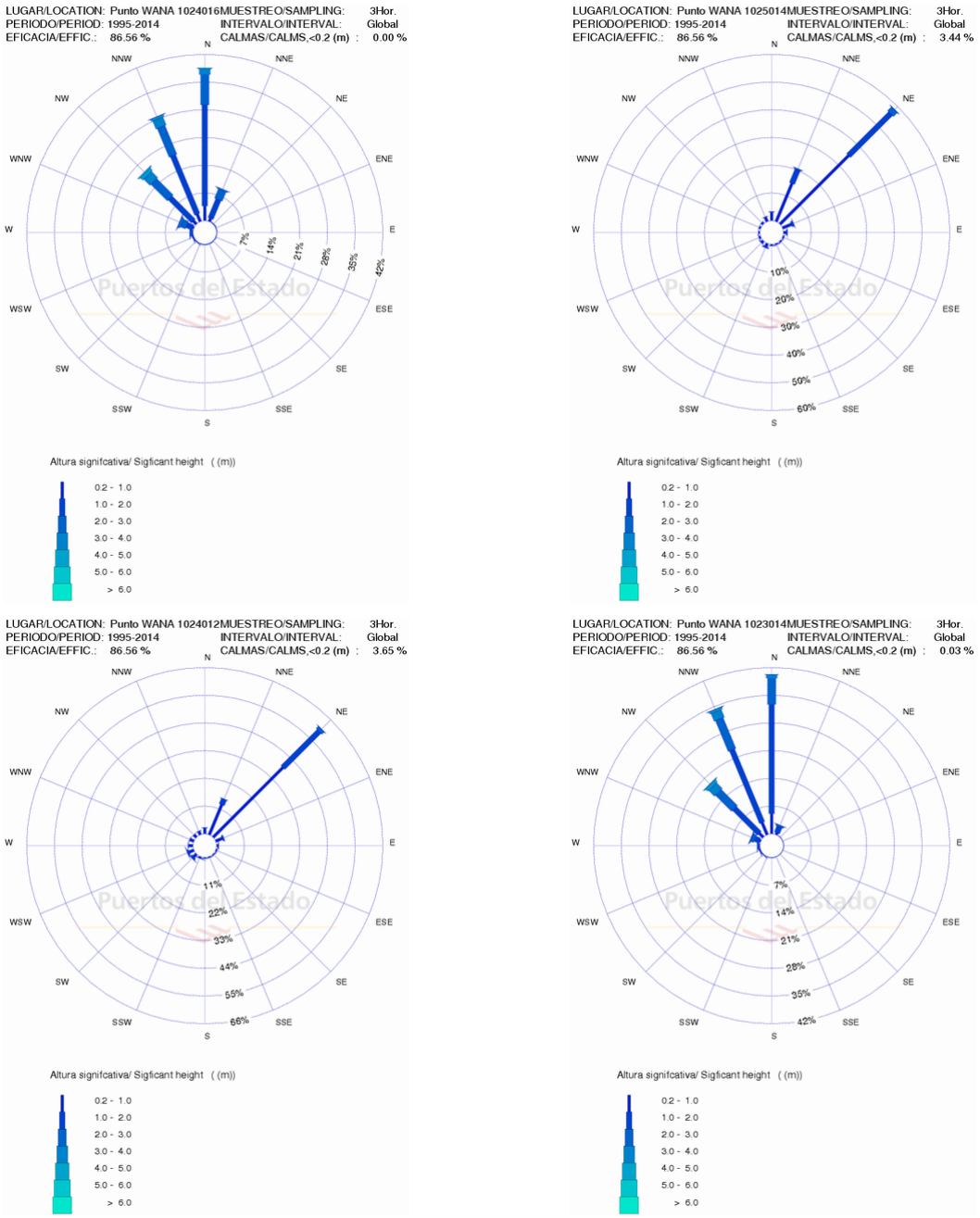



**Figura 6.** Oleaje en Fuerteventura (de arriba abajo y de izquierda a derecha: zona norte, este, sur, y oeste de la Isla de Fuerteventura). Fuente: Puertos del Estado

Las mareas tienen carácter semidiurno. La carrera de marea para en vivas medias es del orden de los dos metros y en muertas medias no alcanza el metro. Los periodos de mareas mínimas tiene lugar durante los meses de junio y diciembre, mientras que las mareas máximas se producen en marzo y septiembre durante los periodos equinocciales,

en los cuales la carrera de marea máxima astronómica alcanza valores próximos a los 3 metros. En la Tabla 1 se recogen las componentes armónicas de la marea en la isla. La información procede de Puertos del Estado que mantiene una estación de medida de nivel del mar en la isla: Fuerteventura 2.

**Tabla 1.** Armónicos de marea (Fuente Puertos del Estado)

| | | FUERTEVENTURA 2 | |
|---|---|---|---|
| ARMÓNICO | FRECUENCIA (ciclos/hora) | AMPLITUD (cm) | FASE (°) |
| ALP1 | 0.034396 | 0.13 | 175.35 |
| 2Q1 | 0.035706 | 0.36 | 190.45 |
| SIG1 | 0.035908 | 0.28 | 202.23 |
| Q1 | 0.037218 | 1.60 | 234.89 |
| O1 | 0.038730 | 5.18 | 294.35 |
| CHI1 | 0.040470 | 0.07 | 278.75 |
| P1 | 0.041552 | 1.99 | 34.27 |
| S1 | 0.041666 | 0.85 | 63.55 |
| K1 | 0.041780 | 6.14 | 38.54 |
| OQ2 | 0.075974 | 0.31 | 327.35 |
| EPS2 | 0.076177 | 0.76 | 324.23 |
| 2N2 | 0.077487 | 2.54 | 358.10 |
| MU2 | 0.077689 | 3.21 | 352.85 |
| N2 | 0.078999 | 16.77 | 18.47 |
| NU2 | 0.079201 | 3.13 | 23.14 |
| H1 | 0.080397 | 0.32 | 2.12 |
| M2 | 0.080511 | 80.89 | 32.33 |
| LDA2 | 0.081821 | 0.48 | 21.80 |
| L2 | 0.082023 | 1.56 | 39.73 |
| T2 | 0.083219 | 1.63 | 54.49 |
| S2 | 0.083333 | 30.53 | 56.22 |
| R2 | 0.083447 | 0.17 | 59.04 |
| K2 | 0.083561 | 8.43 | 52.46 |
| ETA2 | 0.085073 | 0.51 | 75.88 |
| M3 | 0.120767 | 0.46 | 166.30 |
| SO3 | 0.122064 | 0.08 | 228.15 |
| SK3 | 0.125114 | 0.12 | 272.11 |
| MN4 | 0.159510 | 0.48 | 70.56 |
| M4 | 0.161022 | 1.08 | 117.43 |
| MS4 | 0.163844 | 0.60 | 191.64 |
| MK4 | 0.164072 | 0.17 | 193.80 |
| S4 | 0.166666 | 0.08 | 289.91 |
| 2MN6 | 0.240022 | 0.11 | 288.30 |
| M6 | 0.241534 | 0.28 | 321.82 |
| 2MS6 | 0.244356 | 0.33 | 23.31 |

| | | FUERTEVENTURA 2 | |
|---|---|---|---|
| ARMÓNICO | FRECUENCIA (ciclos/hora) | AMPLITUD (cm) | FASE (°) |
| 2MK6 | 0.244584 | 0.10 | 21.22 |
| 2SM6 | 0.247178 | 0.09 | 103.17 |
| MSK6 | 0.247406 | 0.06 | 110.27 |
| M8 | 0.322045 | 0.01 | 196.01 |

Como ya se ha comentado, en Fuerteventura destaca la abundancia de playas levantadas y rasas (plataformas de abrasión emergidas), con predominancia de arenas claras debidas principalmente a los restos de organismos que se han desarrollado en dichas plataformas. El transporte eólico transporta las arenas de las playas tierra adentro dando lugar a la formación de los mencionados jables o campos de dunas. Este efecto es significativo en la variada morfología litoral, donde tiene especial relevancia la gran extensión que ocupan las playas.

Desde Montaña Roja hasta Pozo Negro, al Este, la costa se convierte en una terraza producida por sucesivas invasiones de lava que han ido ganando terreno al mar y han dado lugar a una costa baja, tan sólo acantilada en sus extremos (ensenada de Pozo Negro y Montaña Roja) y en los que las acumulaciones de arenas y gravas (playas) se producen en las desembocaduras de barrancos o zonas abrigadas.

De los posibles aportes, el único que tiene cierta entidad es el producido a través de valles y barrancos, que en principio parece más importante en los existentes al Sur de Puerto Rosario. Al Norte de Puerto Rosario, predomina la rasa litoral. El transporte litoral es de escasa entidad, dada la estrechez de la plataforma y la escasez de fondos arenosos.

Los materiales en la mayoría de las playas de esta costa este, sobre todo en las formadas en la salida de los barrancos, son de procedencia terrestre y naturaleza basáltica. En las playas al norte de Puerto Rosario donde se producen acumulaciones de arena sobre la rasa, éstas son conchíferas de origen marino.

De la cornisa este caben destacar diferentes playas: la Playa de Pozo Negro, encajada en la desembocadura del valle de mismo nombre; la Caleta de Fuste, que es una playa en concha encajada, de arena gruesa y naturaleza mixta calcárea basáltica; la Playa Blanca, rectilínea encajada de arena fina de naturaleza calcárea; y la Playa de Lajas, apoyada en

su extremo sur y ligeramente abrigada por el norte, de arena media con cantos y bolos y de naturaleza basáltica.

A partir de Pozo Negro y hasta el Istmo de la Pared la costa es acantilada, alternando con caletas y playas en la desembocadura de los valles: Las Playitas, Gran Tarajal (playa al final de un gran barranco con un denso palmeral, y una laguna salobre en la playa), Giniginámar, Tarajalejo, hasta llegar a Matas Blancas, donde comienzan las playas de Sotavento de Jandía, con un mar turquesa y blancas dunas de arena.

En la Península de Jandía, en el Suroeste, se encuentran las playas más extensas y espectaculares no sólo de esta isla sino de toda Canarias. En el norte de la Península están las playas de Barlovento de Jandía, seguidas de la Playa de Cofete, hasta el Roque del Moro a partir del cual la costa se vuelve abrupta hasta Punta Pesebre, junto a la cual está la acantilada Caleta de la Madera. De Punta Pesebre a la Punta y Faro de Jandía se encuentra la pequeña Playa de los Ojos. Desde la Punta de Jandía hasta el pueblo de Morro Jable la costa es variada, alternando acantilados de pequeña altura con playas en las desembocaduras de los barrancos. A partir de Morro Jable hasta la Punta de los Molinillos, en el istmo, se extienden las playas de Sotavento de Jandía.

En la costa oeste de la isla hay abundancia del jable y el transporte eólico y la falta de presión hace que en algunos tramos las mesetas empiecen a estar cubiertas de arena con tendencia a la constitución de dunas.

**Tabla 2.** Playas de interés en la Isla de Fuerteventura

| PLAYAS | MUNICIPIO | LONGITUD (m) | ANCHURA (m) |
|---|---|---|---|
| Caleta de Fuste | Antigua | 700 | 40 |
| El Muellito | Antigua | 180 | 17 |
| Pozo Negro | Antigua | 310 | 12 |
| La Concha | La Oliva | 200 | 60 |
| Los Charcos I | La Oliva | 100 | 70 |
| Los Charcos II | La Oliva | 290 | 65 |
| Los Charcos III | La Oliva | 210 | 50 |
| Corralejo Viejo | La Oliva | 129 | 21 |
| La Goleta | La Oliva | 150 | 30 |
| Punta Prieta | La Oliva | 600 | 35 |
| Los Verilitos | La Oliva | 115 | 36 |

| PLAYAS | MUNICIPIO | LONGITUD (m) | ANCHURA (m) |
|---|---|---|---|
| Los Mallorquines | La Oliva | 210 | 43 |
| El Médano | La Oliva | 700 | 60 |
| Puerto Remedios | La Oliva | 700 | 20 |
| El Pozo | La Oliva | 450 | 60 |
| El Viejo | La Oliva | 1 000 | 50 |
| El Caserón | La Oliva | 300 | 45 |
| El Bajo Negro | La Oliva | 500 | 45 |
| Larga | La Oliva | 800 | 55 |
| Los Martos | La Oliva | 900 | 75 |
| El Hierro | La Oliva | 850 | 73 |
| El Dormidero | La Oliva | 440 | 30 |
| El Moro | La Oliva | 560 | 45 |
| El Rosadero | La Oliva | 450 | 60 |
| El Castillo | La Oliva | 190 | 35 |
| Alzada | La Oliva | 840 | 30 |
| El Aljibe De La Cueva | La Oliva | 1 210 | 30 |
| El Águila | La Oliva | 600 | 24 |
| Esquinzo | La Oliva | 300 | 33 |
| Tebeto | La Oliva | 200 | 30 |
| Marfolín | La Oliva | 950 | 30 |
| El Majanicho | La Oliva | 150 | 20 |
| El Río | La Oliva | 390 | 70 |
| Cofete – Barlovento de Jandía | Pájara | 13 700 | 50 |
| La Solapa | Pájara | 425 | 30 |
| Ugán | Pájara | 300 | 30 |
| La Pared | Pájara | 250 | 18 |
| El Viejo Rey | Pájara | 800 | 18 |
| Sotavento de Jandía | Pájara | 1 100 | 30 |
| El Morro De Potala | Pájara | 300 | 25 |
| El Puertito | Pájara | 545 | 20 |
| La Lajita | Pájara | 915 | 20 |
| Playas de Matas Blancas | Pájara | 1 500 | 35 |
| Tarajalejo | Pájara | 1 370 | 45 |
| Butihondo | Pájara | 1 500 | 45 |
| Morro Jable | Pájara | 4 325 | 60 |
| Las Coloradas | Pájara | 230 | 20 |
| Ajui | Pájara | 270 | 35 |
| Janubio | Puerto Del Rosario | 230 | 40 |
| Los Molinos | Puerto Del Rosario | 200 | 30 |
| Carrión | Puerto Del Rosario | 305 | 15 |
| Lajas | Puerto Del Rosario | 700 | 31 |
| Chica | Puerto Del Rosario | 117 | 26 |

| PLAYAS | MUNICIPIO | LONGITUD (m) | ANCHURA (m) |
|---|---|---|---|
| Blanca | Puerto Del Rosario | 875 | 45 |
| El Matorral | Puerto Del Rosario | 200 | 15 |
| Las Playitas | Tuineje | 700 | 30 |
| Gran Tarajal | Tuineje | 560 | 55 |
| Giniginamar | Tuineje | 550 | 48 |
| El Valle | Betancuria | 200 | 50 |

## 1.2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MEDIO NATURAL

Fuerteventura es la cuarta región natural a nivel mundial en cuanto a endemismos florísticos se refiere, donde perviven plantas de la Era Terciaria que han desaparecido de la mayor parte del planeta. Debido a la baja altitud de la isla, los vientos alisios no descargan su humedad, por lo que no existen en Fuerteventura bosques como en las islas más altas.

La formación vegetal que ocupa una mayor superficie en la isla es el matorral espinoso, que se extiende por llanos y lomadas. La aulaga es una de las especies más comunes, además de espinos, matamoros y rama. El verode, las tabaibas y los cardones representan los elementos más puros de la que se supone fue la formación original.

Las palmeras y tarajales, casi los únicos representantes arbóreos de la vegetación autóctona, están ligados al cauce de los barrancos y el fondo de los valles.

En áreas de trasplayas, inundadas periódicamente por la marea, aparece una comunidad denominada saladar. En este hábitat, junto con otras especies, se halla presente un matorral denso denominado matamoros.

Fuerteventura dispone de las mejores representaciones de saladar del archipiélago (Saladar del Matorral en Morro Jable). Estas zonas húmedas tienen una gran importancia debido a su vinculación con la avifauna. También en la costa, y generalmente cerca de los saladares, se encuentra el jable.

Los campos de dunas se extienden hacia el interior a favor de los vientos dominantes. Destacan en estas zonas la uva de mar y los balancones. Tierra adentro, el arenal

contiene una rica vegetación representada por corazoncillos, algahuera, salado blanco, saladillo, trufa, melosa, cebolla, etc.

Los invertebrados, y entre éstos los insectos, son el grupo faunístico más representado en Fuerteventura. Especial interés tiene la cochinilla, insecto que vive y se desarrolla sobre las hojas de la tunera, que llegó a estar protegido por una ley de 1827.

Frente a la abundancia de invertebrados, Fuerteventura no destaca por la presencia de vertebrados; las aves son los únicos representantes (con un número importante de especies, especialmente las nidificantes —muchas endémicas— y migratorias). Las costas vírgenes de Fuerteventura, y las escasas salinas y presas sirven de parada a estas especies, concentrándose en ellas una comunidad cuyos componentes varían estacionalmente.

Las aves más representativas de los llanos, tanto arenosos como terrosos, son la hubara canaria o avutarda, el corredor, el alcavarán, el alcaudón real, el cernícalo y la abubilla. En los barrancos se encuentran la terrera marismeña, la tarabilla canaria, el herrerillo, el gorrión moruno, etc. En las áreas montañosas abundan el guirre, la aguililla, el camachuelo trompetero, el águila pescadora, la lechuza común, etc. Tanto el águila pescadora como el guirre están en inminente peligro de extinción. De entre las aves marinas destacan la pardela, como ave nidificante y el chorlitejo grande, el chorlitejo gris, el correlimos, la garcela, etc., como aves migratorias. Quedan escasos ejemplares de charranes comunes de la numerosa colonia existente anteriormente.

La isla de Lobos constituye un enclave natural con presencia en el mar de especies como la tortuga careta o boba, tortugas laúd, que anidan en algunas playas de la isla.

### 1.2.1.- Espacios Naturales Protegidos

Asimismo, Fuerteventura fue declarada por la UNESCO “Reserva de la Biosfera” el 26 de mayo de 2009. La particularidad de sus rasgos geológicos y su extenso patrimonio natural, que emerge de la aridez y de la presencia de un rico y diverso medio marino, confieren a Fuerteventura una fuerte personalidad insular. Ésta se traduce en un patrimonio cultural rico en costumbres y tradiciones, que reflejan sus construcciones, el uso del suelo, la ganadería o la pesca.

La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos recoge en la Isla de Fuerteventura 13 áreas protegidas que se recogen en la Tabla 3 y cuya distribución ser muestra en la Figura 7.

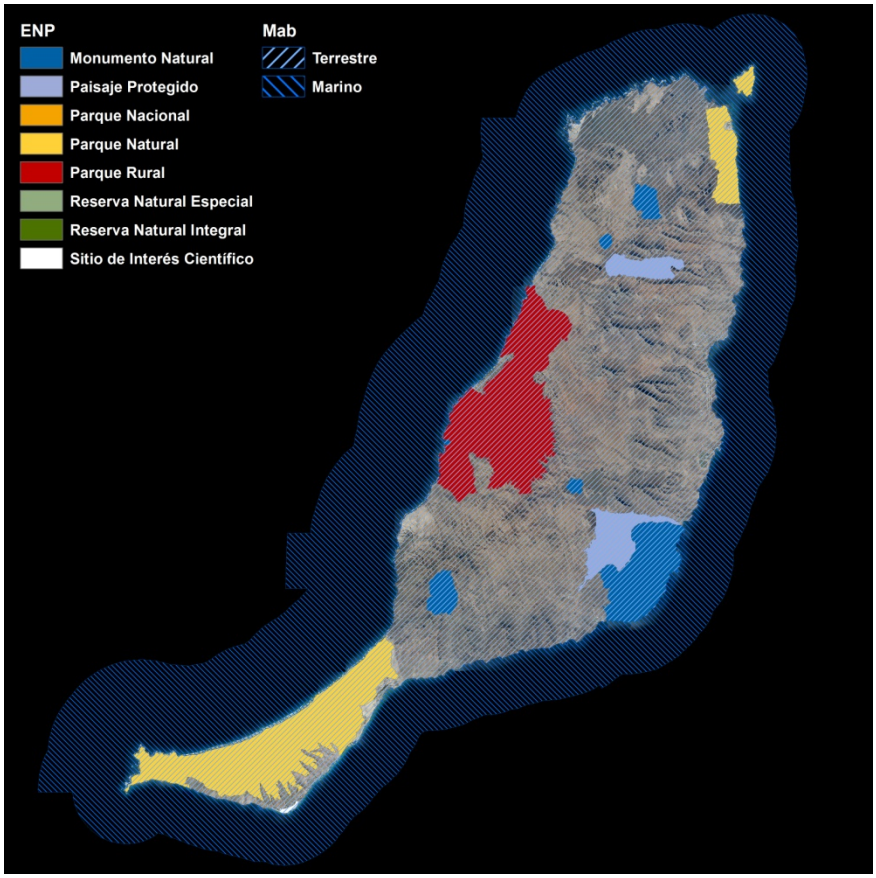



**Figura 7.** Espacios naturales protegidos de la Isla de Fuerteventura

**Tabla 3.** Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos en la Isla de Fuerteventura

| RED CANARIA DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS | |
|---|---|
| **CATEGORÍA** | **NOMBRE** |
| Parque Natural | El Islote de Lobos |
| | Corralejo |
| | Jandía |
| Parque rural | Betancuria |
| Monumento Natural | Malpaís de La Arena |

| RED CANARIA DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS | |
|---|---|
| **CATEGORÍA** | **NOMBRE** |
| | Montaña Tindaya |
| | Gairía |
| | Vigán |
| | Cardón |
| | Ajuí |
| Paisaje Protegido | Malpaí Grande |
| | Vallebrón |
| Sitio de Interés Científico | Playa del Matorral |

### 1.2.2.- LIC y ZEPA

En el ámbito de la Isla de Fuerteventura hay definidos 13 LIC, tres de los cuales son marinos (Figura 8, Tabla 4) y 10 ZEPA (Figura 9, Tabla 5)

**Tabla 4.** Listado de LIC de la Isla de Fuerteventura

| LUGARES DE IMPORTANCIA COMUNITARIA (LIC) | |
|---|---|
| **CÓDIGO** | **NOMBRE** |
| ES0000096 | Pozo Negro |
| ES7010014 | Cueva de Lobos |
| ES7010022 | Sebadales de Corralejo |
| ES7010023 | Malpaís de la Arena |
| ES7010024 | Vega de Río Palmas |
| ES7010031 | Islote de Lobos |
| ES7010032 | Corralejo |
| ES7010033 | Jandía |
| ES7010034 | Montaña Cardón |
| ES7010035 | Playas de sotavento de Jandía |
| ES7010042 | La Playa del Matorral |
| ES7010062 | Betancuria |
| ES7010064 | Ancones-Sice |

**Figura 8.** LIC de la Isla de Fuerteventura

**Tabla 5.** Listado de ZEPA de la Isla de Fuerteventura

| ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA) | |
|---|---|
| **CÓDIGO** | **NOMBRE** |
| ES0000039 | Jandía |
| ES0000042 | Dunas de Corralejo e Isla de Lobos |
| ES0000096 | Pozo Negro |
| ES0000097 | Betancuria |
| ES0000099 | Los Ajaches |
| ES0000101 | Lajares, Esquinzo y costa del Jarubio |
| ES0000310 | Llanos y cuchillos de Antigua |
| ES0000348 | Costa del norte de Fuerteventura |
| ES0000349 | Vallebrón y valles de Fimapaire y Fenimoy |
| ES7010042 | La Playa del Matorral |

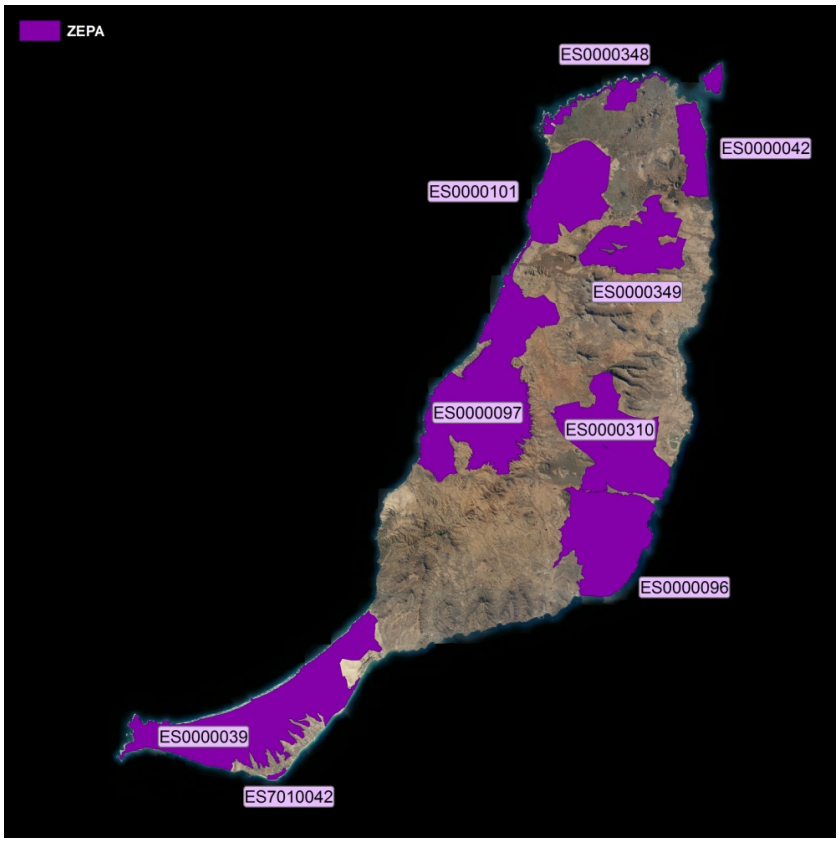



**Figura 9.** ZEPA de la Isla de Fuerteventura

## 1.3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MEDIO URBANÍSTICO

La isla está dividida en seis Ayuntamientos: Puerto del Rosario (capital de Fuerteventura), La Oliva, Betancuria, Antigua, Tuineje y Pájara (Figura 10). Éstos aglutinan una serie de barrios, distantes de la capital del municipio y que, paradójicamente, llegan a ser mayores que ésta; tal es el caso de Gran Tarajal en Tuineje, Morro Jable en Pájara y Corralejo en La Oliva.

Las instituciones de gobierno local son los ayuntamientos y el Cabildo Insular. El Cabildo constituye el órgano de gobierno y administración insular, y es el Gobierno Autonómico Canario quien coordina la actividad de los Cabildos. La población censada ronda los 100 000 habitantes, repartidos, en su mayoría, por los centros turísticos y la capital.

**Figura 10.** Distribución de los términos municipales de la Isla de Fuerteventura

El número de habitantes, según el censo del INE de 1 de enero de 2012, por término municipal se recoge en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Términos municipales de la Isla de Fuerteventura y número de habitantes

| MUNICIPIO | Nº HABITANTES |
|---|---|
| Antigua | 11 172 |
| Betancuria | 805 |
| La Oliva | 24 079 |
| Pájara | 20 500 |
| Puerto del Rosario | 36 285 |
| Tuineje | 13 615 |

En cuanto a desarrollo urbanístico, la Isla de Fuerteventura presenta seis puntos principales con mayor densidad urbanística:

- Cerca del punto sur de la isla destaca Morro Jable, uno de los mayores centros turísticos de Fuerteventura que atrae, en su mayoría, a una clientela alemana.

- Subiendo por la costa este, al final del Istmo de la Pared, está Costa Calma, una urbanización turística construida a lo largo de una playa de arena dorada (Jandía).
- Continuando hacia el Norte, se encuentra Gran Tarajal, la 3ª población de la Isla de Fuerteventura, perteneciente al municipio majorero de Tuineje. Antes de la explosión demográfica de Jandía, Gran Tarajal era el centro y capital del sur de la isla.
- El siguiente núcleo urbano a mencionar es Caleta del Fuste, construido como pueblo turístico alrededor de la bahía natural.
- Le sigue hacia el extremo norte, Puerto del Rosario, capital de la isla y mayor núcleo urbano donde se encuentra el Cabildo Insular, que es el gobierno de la isla.
- En el extremo norte destaca la urbanización turística de Corralejo, algo más grande que Caleta de Fuste y más turística

## 1.4.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

Antes de la Conquista, la economía majorera estuvo basada fundamentalmente en la agricultura y la ganadería, además de la recolección de especies vegetales silvestres, la pesca y el marisqueo. Los productos cultivados eran la cebada (denominada "tamoyén"), el trigo y el haba. En cuanto a la ganadería: cabras, ovejas y cerdos eran las especies principales. Las labores de pesca y marisqueo están documentadas por los importantes concheros repartidos por toda la isla. Las mejores condiciones agrarias se daban en los pueblos del interior.

Tras la Conquista, la agricultura ha mantenido un carácter de subsistencia, dándose algunos períodos de mayor desarrollo coincidiendo con una agricultura de exportación: primero del cereal, posteriormente de las tuneras para la cría de la cochinilla y, más recientemente, del tomate. En la actualidad ha surgido, con mucha fuerza, el cultivo del Aloe Vera destinado a la industria cosmética y farmacéutica.

La carencia de lluvia condiciona tanto el paisaje, con poca presencia de superficie dedicada a pastos y forraje, como el tipo de ganado, mayoritariamente caprino.

La ganadería ha mantenido un carácter complementario, dada la escasez de pastos, y aunque en la actualidad es una actividad en retroceso, todavía se mantiene una importante cabaña ganadera para la producción del queso majorero. Tras la obtención de la Denominación de Origen empieza a surgir una destacable industria de exportación de estos productos.

La pesca también continúa a la baja, presentando actualmente una escasa importancia, a pesar de su cercanía al banco pesquero más rico del archipiélago. Fundamentalmente se practica la llamada pesca artesanal. En los últimos años, este sector tiende más hacia el sector turístico.

En cuanto al sector secundario, la isla carece de industrias, teniendo en cuenta su pobreza en recursos hidráulicos. Queda reducida a algunas manufacturas rudimentarias y de carácter alimenticio.

Dentro del sector terciario, en la isla destaca el desarrollo turístico de los últimos años. El turismo es una actividad reciente, aunque por su espectacular crecimiento constituye el principal eje de la actividad económica majorera. Este fenómeno se ha desarrollado en dos zonas principalmente: Corralejo, en el Norte, donde predominan las instalaciones hoteleras y Jandía, en el Sur, con una mayor importancia de las residencias extrahoteleras (bungalows y apartamentos). Otro núcleo de turismo y ocio es la costa de Antigua (Caleta de Fuste), aunque con un número muy inferior de camas.

El turismo es mayoritariamente comunitario, destacando los de nacionalidad alemana, y seguidos a distancia por otros países comunitarios (Holanda, Reino Unido y Francia). Asimismo, y sobre todo en los últimos años el turismo procedente de la Península Ibérica ha cobrado un gran auge.

## 2.- DESCRIPCIÓN DE LAS ARPSI

### 2.1.- ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO

Tras la actualización de la fase de Evaluación Preliminar del Riesgo (EPRI) en la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura el número total de ARPSI, para el que se han

elaborado los mapas de peligrosidad y riesgo, es de 27. La localización puede verse en la Figura 11.

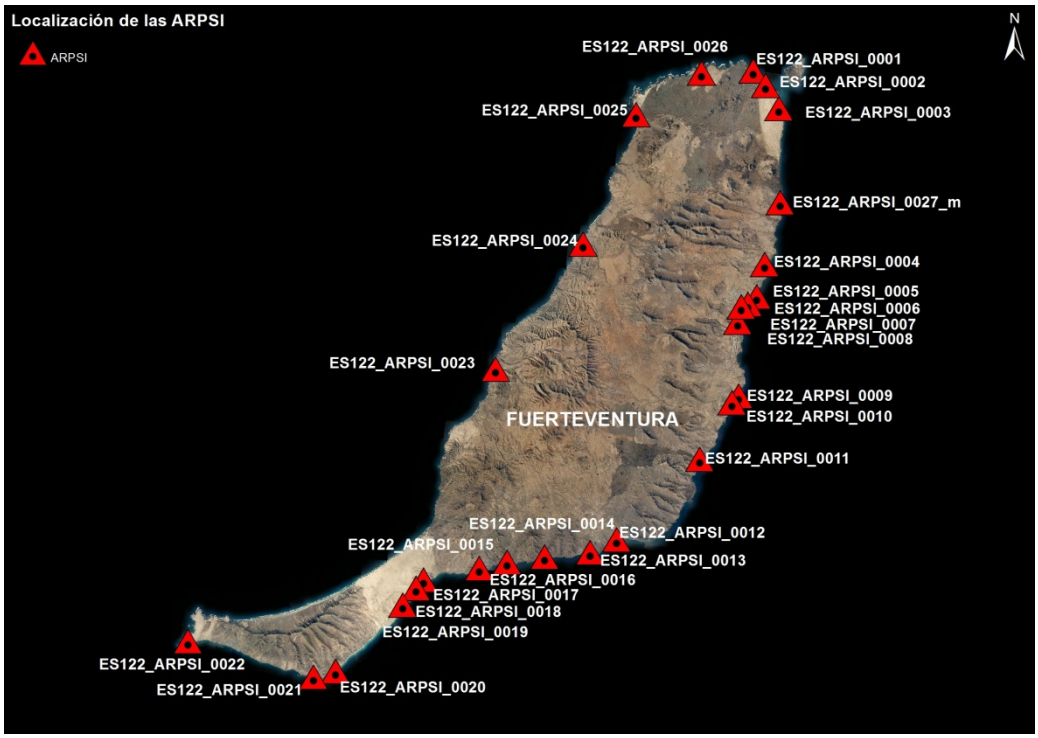
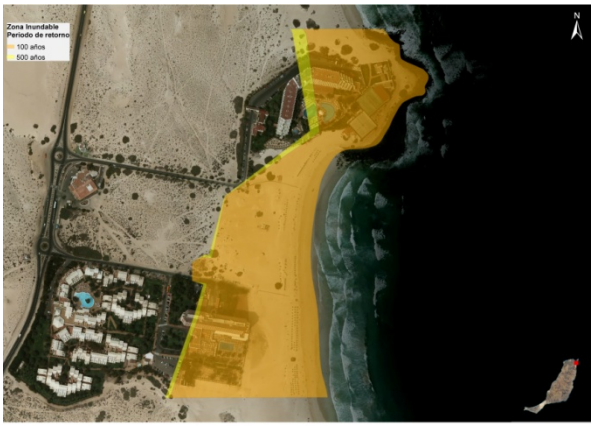



**Figura 11.** Localización de las ARPSI de la DH de Fuerteventura

En la Tabla 7 se enumeran las ARPSI de la DH de Fuerteventura.

**Tabla 7.** ARPSI DH de Fuerteventura

| ARPSI DH DE FUERTEVENTURA | |
|---|---|
| <br>**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0001<br>**NOMBRE ARPSI:** La Oliva | <br>**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0002<br>**NOMBRE ARPSI:** Corralejo |
|  <br>**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0003<br>**NOMBRE ARPSI:** Oliva Beach | <br>**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0004<br>**NOMBRE ARPSI:** Puerto Lajas |
| <br>**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0005<br>**NOMBRE ARPSI:** Faro Puerto del Rosario y Central Térmica | <br>**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0006<br>**NOMBRE ARPSI:** El Charco-Puerto del Rosario |

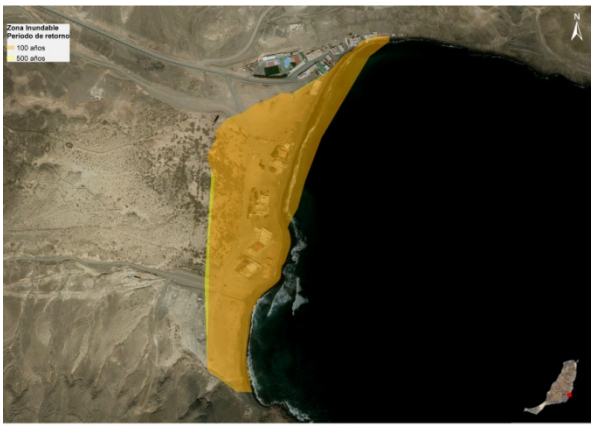
## ARPSI DH DE FUERTEVENTURA

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0007
**NOMBRE ARPSI:** Los Pozos-Puerto del Rosario

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0008
**NOMBRE ARPSI:** Parador de Fuerteventura

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0009
**NOMBRE ARPSI:** Fustes-Puerto deportivo

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0010
**NOMBRE ARPSI:** Fuerteventura Golf Club




**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0011
**NOMBRE ARPSI:** Casas de Pozo Negro

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0012
**NOMBRE ARPSI:** Las Playitas-Playa del Pajarito

## ARPSI DH DE FUERTEVENTURA

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0013
**NOMBRE ARPSI:** Gran Tarajal

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0014
**NOMBRE ARPSI:** Giniginamar

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0015
**NOMBRE ARPSI:** Tarajalejo

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0016
**NOMBRE ARPSI:** La Tajita y Barranco del Tarajal de Sancho

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0017
**NOMBRE ARPSI:** Bahía Calma

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0018
**NOMBRE ARPSI:** Los Albertos

## ARPSI DH DE FUERTEVENTURA

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0019
**NOMBRE ARPSI:** Los Verodes

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0020
**NOMBRE ARPSI:** Las Gaviotas

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0021
**NOMBRE ARPSI:** Morro del Jable

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0022
**NOMBRE ARPSI:** Puertito de la Cruz

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0023
**NOMBRE ARPSI:** Ajuí-Puerto de la Peña

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0024
**NOMBRE ARPSI:** Puertito de los Molinos

**ARPSI DH DE FUERTEVENTURA**

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0025
**NOMBRE ARPSI:** El cotillo y Urb. Los Lagos

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0026
**NOMBRE ARPSI:** Majanichio

**CODIGO ARPSI:** ES122_ARPSI_0027_m
**NOMBRE ARPSI:** El Jablito

Los criterios aplicados a la hora de actualizar las ARPSI de la fase de Evaluación Preliminar del Riesgo (EPRI) han sido los siguientes:

- Se han conservado las ARPSI determinadas en la fase de EPRI en las que la nueva metodología aplicada indica inundación por fenómenos costeros.
- Para la incorporación de nuevas ARPSI se establecieron tres niveles de riesgo, incorporándose como nueva ARPSI aquellas zonas catalogadas como Nivel 1.
  - Nivel 1:
    - Cascos urbanos/ núcleos de población concentrada
    - Instalaciones sociales: grandes hospitales

- Instalaciones industriales estratégicas: grandes polos
- Infraestructuras estratégicas (puertos comerciales, carreteras de primer orden o autovías, FFCC, centrales nucleares)
- Campings
- Agregación de más de dos tipologías de nivel 2
- Agrupación de tramos de más de 500m de longitud

- Nivel 2:
  - Núcleos de población dispersa
  - Infraestructuras no estratégicas (puertos deportivos, carreteras locales)
  - Pequeñas industrias
  - EDAR
  - Desaladoras
  - Más de 5 viviendas o elementos de riesgo afectados en una longitud de 1km
- Nivel 3:
  - Casas aisladas (dos o menos)
  - Instalaciones aisladas

- Se han incorporado aquellas zonas indicadas por la Demarcación de Costas en las que los resultados del modelo muestran inundación aún si no cumplían requisitos de Nivel 1.

La actualización de la EPRI ha dado como resultado se resume en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Actualización de la EPRI de la DH Fuerteventura

| COD. ARPSI | MODIFICACIÓN | COMENTARIO |
|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0001 | No | |
| ES122_ARPSI_0002 | Ampliación | Afección a infraestructura viaria (FV-1) |
| ES122_ARPSI_0003 | No | |
| ES122_ARPSI_0004 | No | |
| ES122_ARPSI_0005 | No | |
| ES122_ARPSI_0006 | No | |
| ES122_ARPSI_0007 | Ampliación | Afección mayor zona urbana |
| ES122_ARPSI_0008 | No | |
| ES122_ARPSI_0009 | Ampliación | Ampliación de unos 100 m en el extremo más al norte por afección a zona urbana |
| ES122_ARPSI_0010 | No | |
| ES122_ARPSI_0011 | Ampliación | Afección a zona de acampada |
| ES122_ARPSI_0012 | No | |
| ES122_ARPSI_0013 | Ampliación | Afección a zona portuaria |
| ES122_ARPSI_0014 | No | |
| ES122_ARPSI_0015 | Ampliación | Afección a paseo marítimo |
| ES122_ARPSI_0016 | No | |
| ES122_ARPSI_0017 | No | |
| ES122_ARPSI_0018 | No | |
| ES122_ARPSI_0019 | Ampliación | Afección a zona de restauración |
| ES122_ARPSI_0020 | No | |
| ES122_ARPSI_0021 | Reducción | Menor zona afectada |
| ES122_ARPSI_0022 | No | |
| ES122_ARPSI_0023 | No | |
| ES122_ARPSI_0024 | No | |
| ES122_ARPSI_0025 | Ampliación | Afección mayor zona urbana |
| ES122_ARPSI_0026 | No | |
| ES122_ARPSI_0027_m | Nueva | Incorporada a petición de la DC en Canarias. Afección a zona urbana |

## 2.2.- CUADRO RESUMEN

En las siguientes tablas se recogen las principales características de las ARPSI para los periodos de retorno calculados.

La longitud mide el tramo de costa afectado. El área indica el área de la zona inundable por nivel y/o oleaje. La distancia máxima hace referencia a la distancia máxima alcanzada por el oleaje, siendo nula en las zonas abrigadas, como puede ser el caso de los puertos. La cota de inundación máxima (CI) es la calculada por el modelo en el ARPSI correspondiente.

**Tabla 9.** Características de las ARPSI para un periodo de retorno de 100 años

| COD. ARPSI | NOMBRE ARPSI | LONGITUD (km) | ÁREA ($km^2$) | DISTANCIA MÁX.[1] (m) | CI MÁX. (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0001 | La Oliva | 0.15 | 0.009 | 140 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0002 | Corralejo | 7.33 | 0.850 | 620 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0003 | Oliva Beach | 0.80 | 0.116 | 210 | 2.01 |
| ES122_ARPSI_0004 | Puerto Lajas | 0.78 | 0.041 | 80 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0005 | Faro Puerto del Rosario y Central Térmica | 0.87 | 0.075 | 200 | 1.98 |
| ES122_ARPSI_0006 | El Charco - Puerto del Rosario | 0.44 | 0.017 | 70 | 1.98 |
| ES122_ARPSI_0007 | Los Pozos - Puerto del Rosario | 1.03 | 0.046 | 80 | 1.98 |
| ES122_ARPSI_0008 | Parador de Fuerteventura | 0.25 | 0.019 | 90 | 1.94 |
| ES122_ARPSI_0009 | Fustes - Puerto deportivo | 1.87 | 0.097 | 270 | 1.94 |
| ES122_ARPSI_0010 | Fuerteventura Golf Club | 1.40 | 0.192 | 300 | 1.98 |
| ES122_ARPSI_0011 | Casas de Pozo Negro | 0.69 | 0.071 | 180 | 1.96 |
| ES122_ARPSI_0012 | Las Playitas - Playa del Pajarito | 1.13 | 0.048 | 130 | 2.00 |
| ES122_ARPSI_0013 | Gran Tarajal | 1.43 | 0.127 | 130 | 2.01 |
| ES122_ARPSI_0014 | Giniginamar | 0.55 | 0.023 | 50 | 2.01 |
| ES122_ARPSI_0015 | Tarajalejo | 1.12 | 0.087 | 140 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0016 | La Tajita y Barranco del Tarajal de Sancho | 0.87 | 0.068 | 130 | 1.98 |
| ES122_ARPSI_0017 | Bahía Calma | 0.50 | 0.017 | 80 | 2.01 |
| ES122_ARPSI_0018 | Los Albertos | 0.21 | 0.013 | 70 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0019 | Los Verodes | 1.08 | 0.378 | 660 | 1.99 |

[1] Para el cálculo de la distancia máxima alcanzada por el oleaje se ha utilizado la línea cero del SIOSE

| COD. ARPSI | NOMBRE ARPSI | LONGITUD (km) | ÁREA ($km^2$) | DISTANCIA MÁX.[1] (m) | CI MÁX. (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0020 | Las Gaviotas | 0.31 | 0.027 | 100 | 1.86 |
| ES122_ARPSI_0021 | Morro del Jable | 1.24 | 0.151 | 260 | 1.85 |
| ES122_ARPSI_0022 | Puertito de la Cruz | 0.49 | 0.089 | 230 | 1.85 |
| ES122_ARPSI_0023 | Ajuí - Puerto de la Peña | 0.19 | 0.013 | 110 | 2.03 |
| ES122_ARPSI_0024 | Puertito de los Molinos | 0.14 | 0.007 | 90 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0025 | El cotillo y Urb. Los Lagos | 3.72 | 0.461 | 420 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0026 | Majanichio | 1.30 | 0.051 | 0 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0027_m | El Jablito | 0.23 | 0.014 | 190 | 2.01 |

**Tabla 10.** Características de las ARPSI para un periodo de retorno de 500 años

| COD. ARPSI | NOMBRE ARPSI | LONGITUD (km) | ÁREA ($km^2$) | DISTANCIA MÁX.[2] (m) | CI MÁX. (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0001 | La Oliva | 0.15 | 0.009 | 140 | 2.03 |
| ES122_ARPSI_0002 | Corralejo | 7.33 | 0.900 | 640 | 2.03 |
| ES122_ARPSI_0003 | Oliva Beach | 0.80 | 0.123 | 210 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0004 | Puerto Lajas | 0.78 | 0.045 | 90 | 2.00 |
| ES122_ARPSI_0005 | Faro Puerto del Rosario y Central Térmica | 0.87 | 0.076 | 200 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0006 | El Charco - Puerto del Rosario | 0.44 | 0.018 | 70 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0007 | Los Pozos - Puerto del Rosario | 1.03 | 0.049 | 90 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0008 | Parador de Fuerteventura | 0.25 | 0.020 | 100 | 1.95 |
| ES122_ARPSI_0009 | Fustes - Puerto deportivo | 1.87 | 0.104 | 340 | 1.94 |
| ES122_ARPSI_0010 | Fuerteventura Golf Club | 1.40 | 0.199 | 300 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0011 | Casas de Pozo Negro | 0.69 | 0.073 | 180 | 1.97 |
| ES122_ARPSI_0012 | Las Playitas - Playa del Pajarito | 1.13 | 0.052 | 140 | 2.01 |
| ES122_ARPSI_0013 | Gran Tarajal | 1.43 | 0.163 | 160 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0014 | Giniginamar | 0.55 | 0.026 | 50 | 2.03 |

[2] Para el cálculo de la distancia máxima alcanzada por el oleaje se ha utilizado la línea cero del SIOSE

| COD. ARPSI | NOMBRE ARPSI | LONGITUD (km) | ÁREA ($km^2$) | DISTANCIA MÁX.[2] (m) | CI MÁX. (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0015 | Tarajalejo | 1.12 | 0.104 | 170 | 2.04 |
| ES122_ARPSI_0016 | La Tajita y Barranco del Tarajal de Sancho | 0.87 | 0.079 | 150 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0017 | Bahía Calma | 0.50 | 0.019 | 100 | 2.02 |
| ES122_ARPSI_0018 | Los Albertos | 0.21 | 0.013 | 70 | 2.00 |
| ES122_ARPSI_0019 | Los Verodes | 1.08 | 0.380 | 660 | 1.99 |
| ES122_ARPSI_0020 | Las Gaviotas | 0.31 | 0.027 | 110 | 1.87 |
| ES122_ARPSI_0021 | Morro del Jable | 1.24 | 0.167 | 300 | 1.87 |
| ES122_ARPSI_0022 | Puertito de la Cruz | 0.49 | 0.103 | 230 | 1.86 |
| ES122_ARPSI_0023 | Ajuí - Puerto de la Peña | 0.19 | 0.014 | 120 | 2.07 |
| ES122_ARPSI_0024 | Puertito de los Molinos | 0.14 | 0.007 | 90 | 2.05 |
| ES122_ARPSI_0025 | El cotillo y Urb. Los Lagos | 3.72 | 0.487 | 500 | 2.04 |
| ES122_ARPSI_0026 | Majanichio | 1.30 | 0.052 | 0 | 2.03 |
| ES122_ARPSI_0027_m | El Jablito | 0.23 | 0.014 | 210 | 2.02 |

## 2.3.- APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LA COSTA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA

### 2.3.1.- Zonas inundables

Para la elaboración de los planos de peligrosidad se ha seguido la metodología recogida en los apartados 2. METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA EXTENSIÓN DE LA INUNDACIÓN y 4. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN de la Memoria General.

Dada la irregularidad de la línea de costa canaria, en zonas concretas donde se ha visto que la discretización inicial no permitía una caracterización adecuada de la zona de inundación, se ha incorporado algún perfil adicional o ajustado la posición de los perfiles necesarios.

Para calcular la longitud de costa afectada y el área de inundación se ha utilizado el perímetro del SIOSE 2009.

### 2.3.2.- Afección a la población

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/ce, en su punto 5, se indica que deberá incluirse un "número indicativo de habitantes que pueden verse afectados".

Para estimar el número de habitantes que pueden verse afectados por inundaciones por fenómenos costeros se han utilizado las siguientes fuentes de datos:

- Censo de población del INE a fecha 1 de enero de 2012
- Cartografía del Catastro
- BTN-25 del IGN
- Ortofotos PNOA 2012
- SIOSE 2009

Los pasos seguidos se enumeran a continuación:

1. A partir de los datos del censo de población del INE se ha obtenido el número de habitantes a fecha de 1 de enero de 2012 para cada uno de los municipios
2. A partir de los últimos datos de catastro disponibles se ha calculado el número de viviendas por municipio (los municipios tiene distintas fechas de actualización del catastro)
3. En base a los datos obtenidos en los primeros pasos se ha calculado un ratio de población por vivienda para cada municipio
4. Se han extraído, para cada ARPSI, las viviendas obtenidas por catastro
5. La población afectada para cada ARPSI se ha calculado a partir del ratio de población por vivienda calculado en el paso 3 y el número de viviendas en cada ARPSI
6. Los datos obtenidos se han chequeado usando la BTN-25, las ortofotos del PNOA 2012 y SIOSE 2009

### 2.3.3.- Afección a la actividad económica

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/ce, en su punto 5, también se indica que uno de los parámetros a mostrar será el "tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada".

En este apartado se recoge la información que se describe en el apartado 5.2.2. AFECCIÓN A LA ACTIVIDAD ECONÓMICA de la Memoria General.

Para obtener las actividades económicas de las zonas inundables se ha empleado la cobertura proporcionada por el proyecto SIOSE 2009 (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) del IGN.

### 2.3.4.- Afección a puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente

En este apartado se recoge la información que se describe en el apartado 5.2.3. AFECCIÓN A PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA Y ÁREAS PROTEGIDAS AMBIENTALMENTE de la Memoria General.

Las fuentes utilizadas para incorporar a los mapas de riesgo los puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente son las siguientes:

1. Inventario de instalaciones recogidas por el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes

2. Información del SIA (Sistema Integrado de Información del Agua) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

3. Información proporcionada por Protección Civil del Gobierno de Canarias

4. Información proporcionada por la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura

5. Atlas y Manual de los Hábitats Naturales y Seminaturales de España (MAGRAMA). El Atlas de los Hábitat de España es el resultado de cartografiar la vegetación de España considerando la asociación vegetal como unidad inventariable y a una

escala de trabajo de campo de 1:50.000. Como base para su elaboración se utilizó la cartografía del inventario de hábitat de la Directiva 92/43/CE, realizando una labor de revisión y mejora de la misma e implementándola con la cartografía de los hábitat no incluidos en la Directiva

6. Estudio Ecocartográfico del litoral de las islas de Fuerteventura y de Lobos

7. Encuesta de Infraestructura y Equipamiento Local del sistema UNIFICA del Gobierno de Canarias (http://www.gobiernodecanarias.org/hacienda/unifica/)

8. BTN-25 del IGN

La información de este apartado se divide en información de tipo puntual e información de tipo superficial. En cuanto a la información de tipo puntual se han establecido cinco categorías principales:

- EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales)
- Industrias IPPC (Prevención y Control Integrado de la Contaminación ("Integrated, Prevention, Pollution and Control")[3].
- Afecciones a las labores de Protección civil. Dentro de esta categoría se recoge información sobre instalaciones necesarias en el ejercicio de las labores de Protección Civil: hospitales, centros sociales, centros de culto, estaciones de transporte, albergues, potabilizadoras, desaladoras, depósitos, etc.
- Patrimonio cultural. En esta categoría se recoge información sobre patrimonio arqueológico y etnológico.
- Aguas de baño. Las aguas de baño se han incluido como información puntal ya que en las zonas costeras no existe representación de tipo poligonal. La información se corresponde con los puntos de muestreo de calidad del agua.

[3] *Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación así como las estaciones depuradoras de aguas residuales*. En el presente estudio indican instalaciones industriales a que se refiere el anejo I de la Ley 16/2002.

Las áreas protegidas ambientalmente que se han considerado para el presente estudio (información de tipo superficial) son:

- LIC (Lugar de Importancia Comunitaria)
- ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves)
- Hábitats del Atlas y Manual de los Hábitats Naturales y Seminaturales de España
- Masas de agua de la DMA

## 3.- RESULTADOS

### 3.1.- ZONAS INUNDABLES

La Tabla 11 recoge las estadísticas de las ARPSI a nivel de Demarcación Hidrográfica, para los periodos de retorno considerados.

**Tabla 11.** Estadísticas de las ARPSI

| PERIODO DE RETORNO | T = 100 años | T = 500 años |
|---|---|---|
| Nº DE ARPSI | 27 | 27 |
| Nº DE PERFILES | 191 | 191 |
| LONGITUD TOTAL | 30.12 km | 30.12 km |
| ÁREA INUNDABLE TOTAL | 3.107 $km^2$ | 3.323 $km^2$ |
| ÁREA MÁXIMA | 0.850 $km^2$ | 0.900 $km^2$ |
| CI MEDIA EN LA DH | 1.97 m | 1.98 m |
| CI MÁXIMA EN LA DH | 2.03 m | 2.06 m |

En la Tabla 12 se recogen las estadísticas principales por término municipal.

**Tabla 12.** Estadísticas de las ARPSI por término municipal

| TÉRMINO MUNICIPAL | Nº DE ARPSI | LONGITUD DE COSTA (km) | ÁREA INUNDABLE ($km^2$) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | T = 100 años | T = 500 años |
| Antigua | 3 | 3.96 | 0.360 | 0.376 |
| La Oliva | 6 | 13.46 | 1.501 | 1.585 |
| Pájara | 8 | 4.89 | 0.756 | 0.802 |
| Puerto del Rosario | 6 | 3.51 | 0.205 | 0.215 |
| Tuineje | 4 | 4.23 | 0.285 | 0.345 |

La ARPSI más larga y con mayor área inundable pertenece al término municipal La Oliva. Se trata de la ARPSI ES122_ARPSI_0002, “Corralejo”, con 7.33 km de longitud y un área de 0.850 $km^2$ y 0.900 $km^2$ para, respectivamente, 100 años y 500 años de periodo de retorno.

**Figura 12.** Representación proporcional del área de las ARPSI

En la Figura 12 se muestra un mapa de la isla con círculos azules proporcionales al área del ARPSI. En la Figura 13 los círculos verdes tienen un tamaño proporcional a la longitud del ARPSI. No se indica periodo de retorno ya que se trata de una representación cualitativa en la que se pretende mostrar la localización de las ARPSI de mayor longitud y área, magnitudes cuya relación entre los distintos periodos de retorno y ARPSI se mantiene.

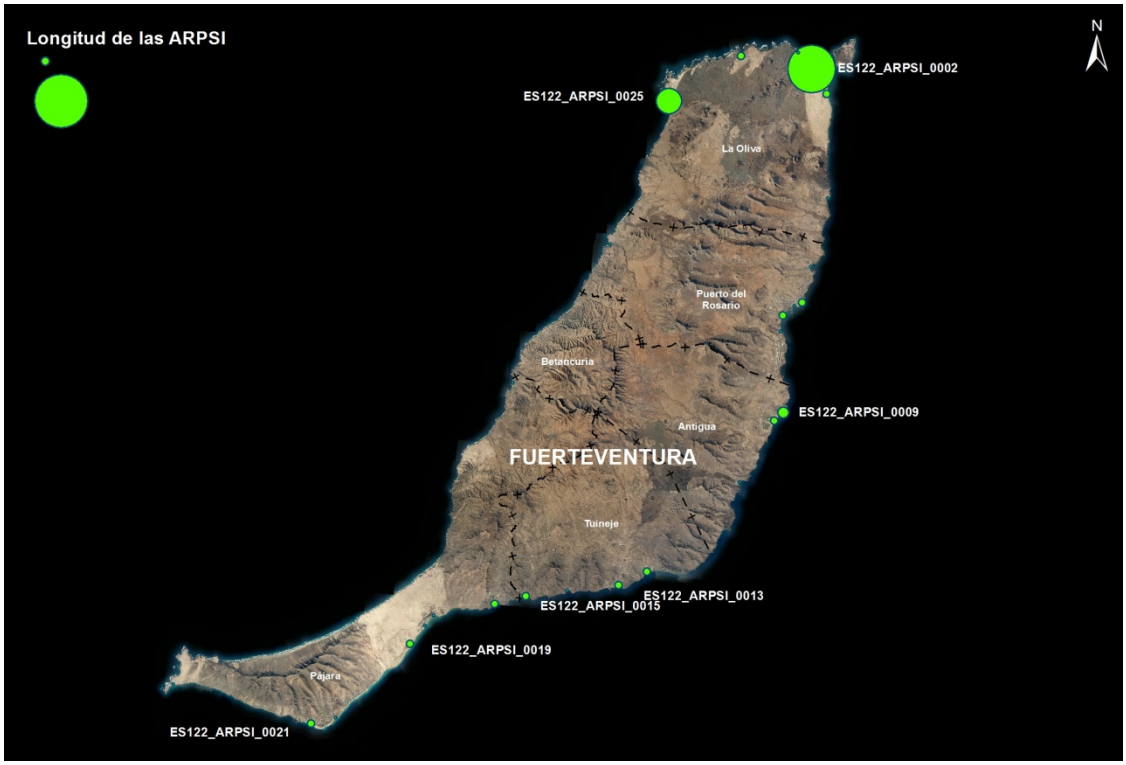



**Figura 13.** Representación proporcional de la longitud de las ARPSI

## 3.2.- AFECCIÓN A LA POBLACIÓN

El número total estimado de habitantes afectados por inundación por fenómenos costeros se recoge en Tabla 13 para los periodos de retorno calculados.

En la Figura 14 se muestra un mapa de la isla con círculos verdes proporcionales al número estimado de habitantes afectados por la zona inundable para cada ARPSI. No se indica periodo de retorno ya que se trata de una representación cualitativa de la afección

a la población de las distintas ARPSI, cuya proporción se mantiene entre los distintos periodos de retorno.

**Tabla 13.** Nº estimativo de habitantes afectados en la Demarcación Hidrográfica

| PERIODO DE RETORNO | T = 100 años | T = 500 años |
|---|---|---|
| Nº ESTIMATIVO DE HABITANTES AFECTADOS | 4 516 | 4 990 |

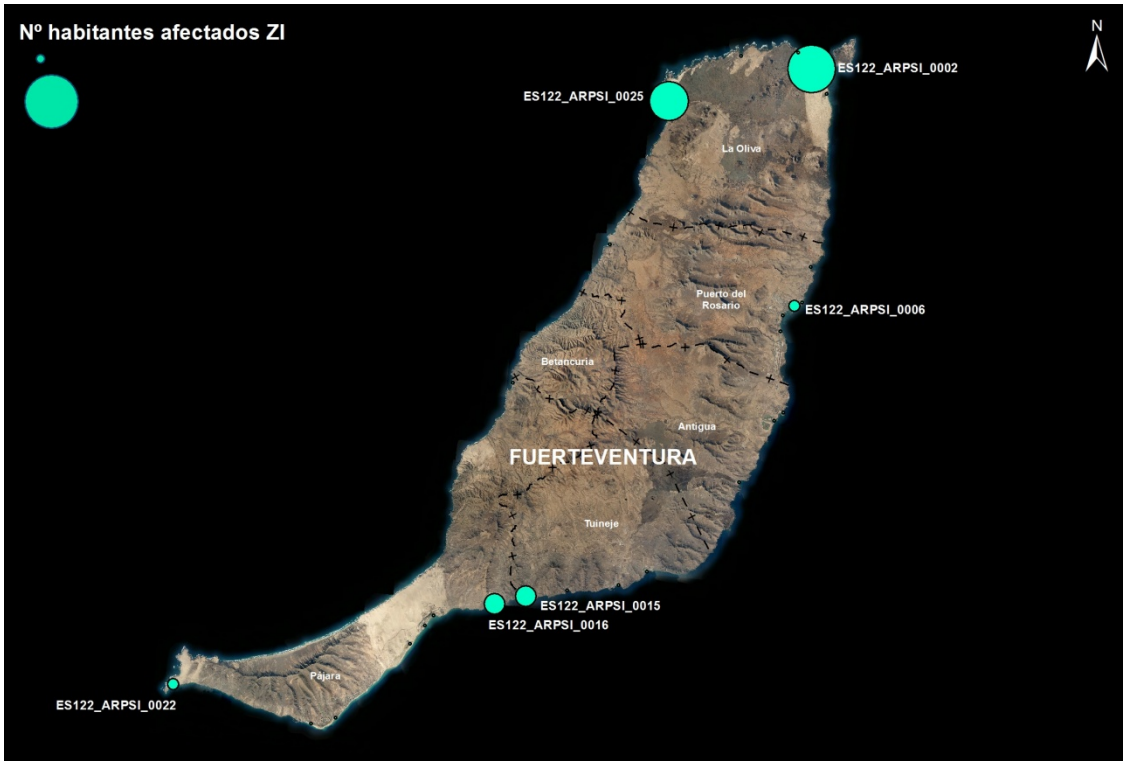



**Figura 14.** Representación proporcional al número de habitantes afectados por ARPSI por la zona de inundación

El desglose del número de habitantes potencialmente afectados por término municipal y periodo de retorno se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Nº de ARPSI por término municipal

| TÉRMINO MUNICIPAL | Nº ESTIMATIVO DE HAB. AFECTADOS | | % SOBRE EL TOTAL DE POBLACIÓN AFECTADA | |
|---|---|---|---|---|
| | T = 100 años | T = 500 años | T = 100 años | T = 500 años |
| Antigua | 66 | 67 | 1.46 | 1.34 |
| La Oliva | 3 557 | 3 662 | 78.8 | 73.39 |
| Pájara | 511 | 562 | 11.32 | 11.26 |
| Puerto del Rosario | 270 | 295 | 5.98 | 5.91 |
| Tuineje | 112 | 374 | 2.48 | 7.49 |

## 3.3.- AFECCIÓN A LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

Considerando todas las zonas inundables de la Demarcación Hidrográfica y sin tener en cuenta la categoría “Otras áreas sin riesgo”, la categoría “Urbano concentrado” es la que mayor afección presenta frente a la inundación potencial por fenómenos costeros. Los porcentajes asociados a la categoría “Otras áreas sin riesgo” se deben a que las zonas inundables a menudo presentan una franja en el límite marino formada por playas, arenales, roquedos bajos, etc., que se asocian a ésta categoría.

La Figura 15 recoge un ejemplo, correspondiente al ARPSI “Corralejo”. En color rojo, superficie del ARPSI asociada a la categoría “Urbano concentrado”, en rojo oscuro superficie asociada a “Urbano disperso”, en marrón “Infraestructura aeroportuaria”, correspondiente a una zona portuaria, en gris “Terciario”, en rosa grisáceo “Asociado a urbano”, en rosa “Industrial disperso” y en color verde superficie asociada a la categoría “Otras áreas sin riesgo”.

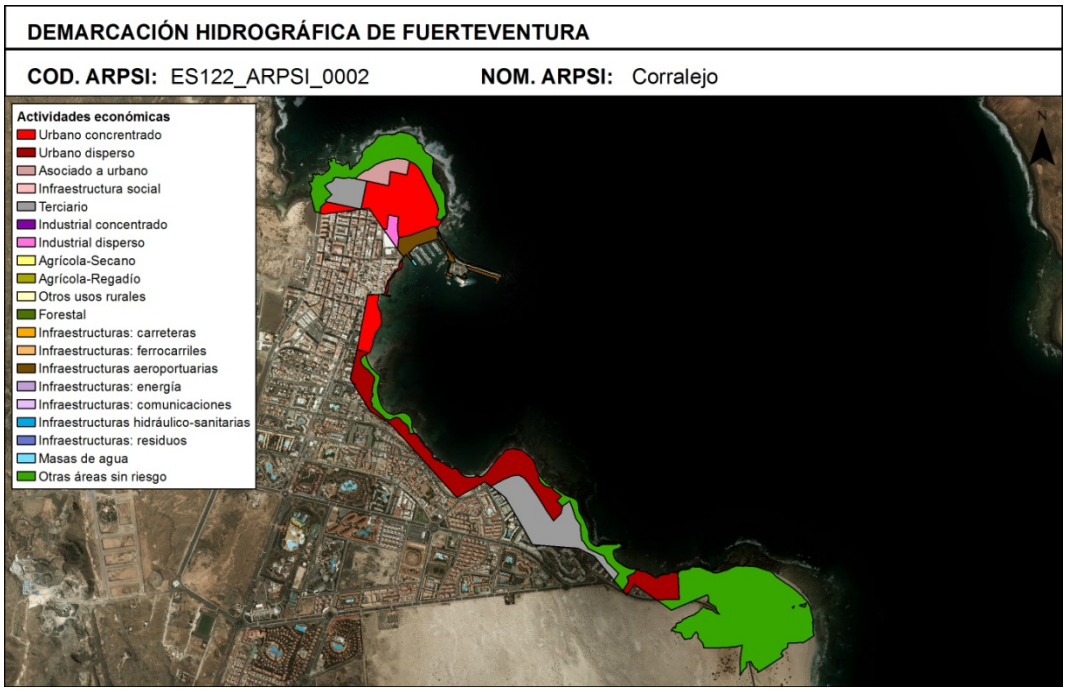



**Figura 15.** Actividades económicas para el periodo de retorno de 500 años, ARPSI "Las Palmas (Playa de las Canteras)"

En la Tabla 15 se recogen las superficies (en km$^2$ y porcentaje sobre el total de la superficie inundable de la Demarcación Hidrográfica) por actividad económica mayoritaria y periodo de retorno obtenidas para toda la Demarcación Hidrográfica.

**Tabla 15.** Superficie en km$^2$ y porcentaje de las distintas actividades económicas, para los periodos de retorno calculados

| | | SUPERFICIE AFECTADA | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| PERIODO DE RETORNO | | T = 100 años | | T = 500 años | |
| | | % | km$^2$ | % | km$^2$ |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Urbano concentrado | 17.60 | 0.547 | 17.70 | 0.593 |
| | Urbano disperso | 6.90 | 0.215 | 7.10 | 0.236 |
| | Asociado a urbano | 1.80 | 0.056 | 1.80 | 0.059 |
| | Infraestructura social | - | - | 0.02 | 0.001 |
| | Terciario | 13.00 | 0.404 | 13.80 | 0.458 |
| | Industrial concentrado | 0.40 | 0.013 | 0.40 | 0.014 |
| | Industrial disperso | 0.10 | 0.004 | 0.30 | 0.008 |

| PERIODO DE RETORNO | SUPERFICIE AFECTADA | | | |
|---|---|---|---|---|
| | T = 100 años | | T = 500 años | |
| | % | km² | % | km² |
| Agrícola-Secano | - | - | - | - |
| Agrícola-Regadío | - | - | - | - |
| Otros usos rurales | 0.30 | 0.010 | 0.40 | 0.015 |
| Forestal | 0.04 | 0.001 | 0.05 | 0.001 |
| Infraestructuras: carreteras | - | - | 0.06 | 0.002 |
| Infraestructuras: ferrocarriles | - | - | - | - |
| Infraestructuras aeroportuarias | 2.20 | 0.069 | 2.20 | 0.073 |
| Infraestructuras: energía | 1.50 | 0.046 | 1.40 | 0.046 |
| Infraestructuras: comunicaciones | - | - | - | - |
| Infraestructuras hidráulico-sanitarias | 0.50 | 0.016 | 0.50 | 0.017 |
| Infraestructuras: residuos | - | - | - | - |
| Masas de agua | 0.50 | 0.014 | 0.50 | 0.015 |
| Otras áreas sin riesgo | 55.10 | 1.714 | 53.8 | 1.789 |
| TOTAL AREA INUNDABLE (km²) | 3.107 | | 3.323 | |

Las actividades económicas recogidas en las figuras y tablas están identificadas por su código que se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Codificación de las categorías en el mapa de riesgo nacional

| CODIFICACIÓN CATEGORÍAS EN MAPA DE RIESGO NACIONAL | |
|---|---|
| Urbano concentrado | URC |
| Urbano disperso | URD |
| Asociado a urbano | AU |
| Infraestructura social | IS |
| Terciario | T |
| Industrial concentrado | INC |
| Industrial disperso | IND |
| Agrícola-Secano | AS |
| Agrícola-Regadío | AR |
| Otros usos rurales | OR |
| Forestal | F |

| CODIFICACIÓN CATEGORÍAS EN MAPA DE RIESGO NACIONAL | |
|---|---|
| Infraestructuras: carreteras | ICA |
| Infraestructuras: ferrocarriles | IF |
| Infraestructuras aeroportuarias[4] | IA |
| Infraestructuras: energía | IE |
| Infraestructuras: comunicaciones | ICO |
| Infraestructuras hidráulico-sanitarias | IH |
| Infraestructuras: residuos | IR |
| Masas de agua | MA |
| Otras áreas sin riesgo | OA |

En la Figura 16 y en la Figura 17 se representan gráficamente los porcentajes recogidos en la Tabla 15 para los periodos de retorno de 100 años y 500 años, respectivamente.

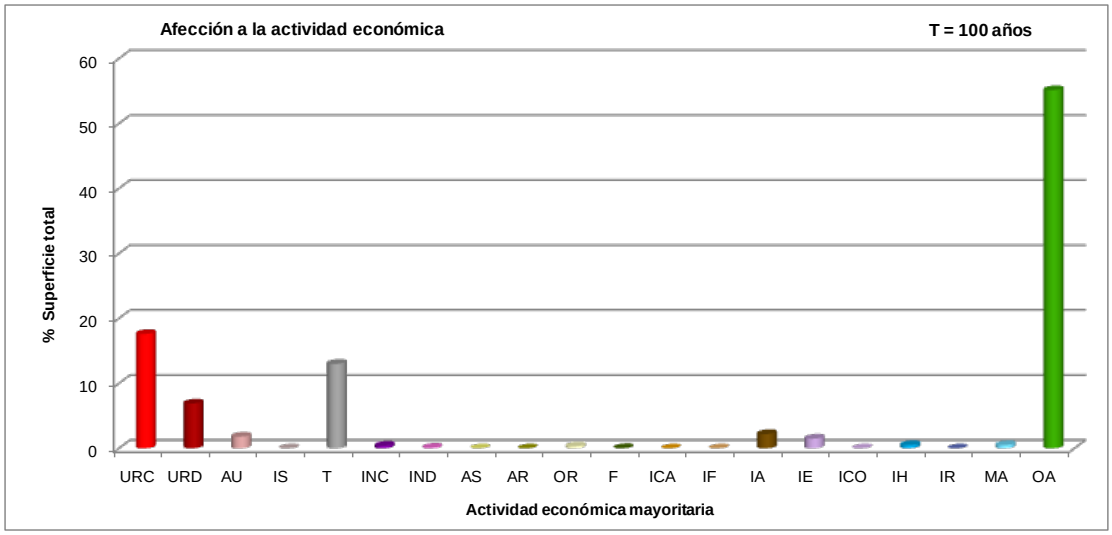



**Figura 16.** Porcentaje de superficie de las distintas actividades económicas para el periodo de retorno de 100 años

[4] En la categoría de Infraestructuras aeroportuarias están incluidas las infraestructuras portuarias al no existir una clasificación específica para éstas.

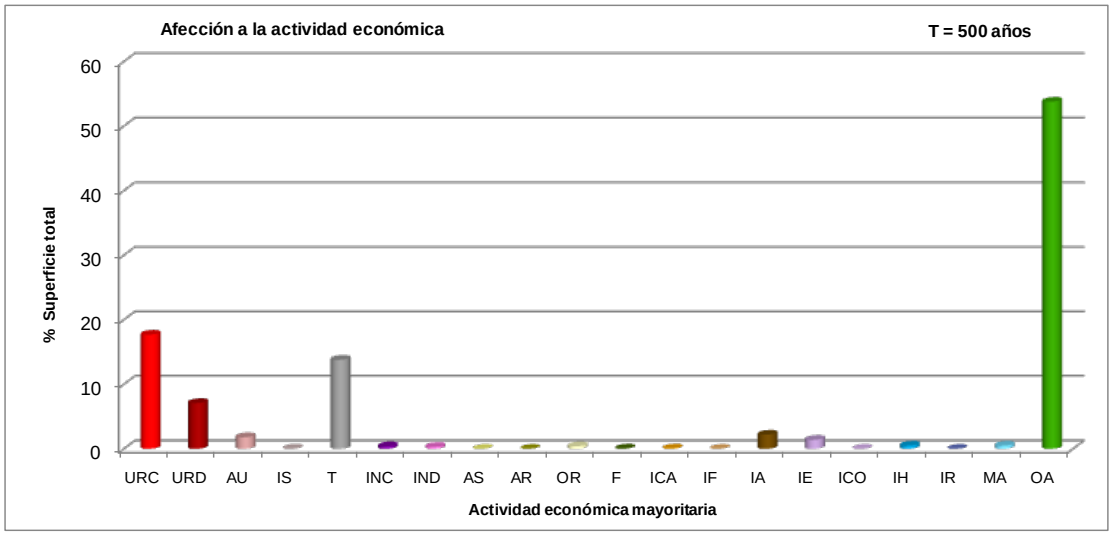



**Figura 17.** Porcentaje de superficie de las distintas actividades económicas para el periodo de retorno de 500 años

En la Tabla 17 se recoge, para cada ARPSI, el porcentaje de actividad económica mayoritaria con respecto al área total del ARPSI, para el periodo de retorno de 100 años.

En la Tabla 18 se recoge, para cada ARPSI, el porcentaje de actividad económica mayoritaria con respecto al área total del ARPSI, para el periodo de retorno de 500 años.

En la Tabla 19 se recogen los porcentajes de superficie por categoría de actividad económica, término municipal y periodo de retorno. Los porcentajes se han calculado sobre toda la superficie inundable de la Demarcación Hidrográfica. Dicha información se muestra gráficamente en la Figura 18 y la Figura 19.

**Tabla 17.** Porcentaje de superficie afectada por actividad económica y ARPSI para el periodo de retorno de 100 años

| | | % SUPERFICIE POR ACTIVIDAD ECONÓMICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | URC | URD | AU | IS | T | INC | IND | AS | AR | OR | F | ICA | IF | IA | IE | ICO | IH | IR | MA | OA |
| ARPSI | ES122_ARPSI_0001 | 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 | 21.1 | 0.0 | 0.0 | 78.9 |
| | ES122_ARPSI_0002 | 14.7 | 17.0 | 2.6 | 0.0 | 12.8 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 49.5 |
| | ES122_ARPSI_0003 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 38.3 | 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 | 61.7 |
| | ES122_ARPSI_0004 | 56.8 | 11.8 | 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 | 0.0 | 31.4 |
| | ES122_ARPSI_0005 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 17.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 60.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.2 |
| | ES122_ARPSI_0006 | 100 | 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 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | ES122_ARPSI_0007 | 31.4 | 0.0 | 68.6 | 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 | 0.0 |
| | ES122_ARPSI_0008 | 0.0 | 0.0 | 5.5 | 0.0 | 58.1 | 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 | 36.4 |
| | ES122_ARPSI_0009 | 45.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 41.7 |
| | ES122_ARPSI_0010 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 41.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.4 | 0.0 | 2.2 | 49.4 |
| | ES122_ARPSI_0011 | 0.0 | 43.6 | 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 | 0.0 | 56.4 |
| | ES122_ARPSI_0012 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 0.0 | 22.2 | 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 | 74.5 |
| | ES122_ARPSI_0013 | 8.3 | 0.0 | | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 15.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 76.1 |
| | ES122_ARPSI_0014 | 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 | 0.0 | 0.0 | 6.1 | 93.9 |
| | ES122_ARPSI_0015 | 1.1 | 17.5 | 0.0 | 0.0 | 25.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 44.1 |
| | ES122_ARPSI_0016 | 27.0 | 25.3 | 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 | 0.0 | 47.7 |
| | ES122_ARPSI_0017 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 22.5 | 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 | 77.5 |
| | ES122_ARPSI_0018 | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 90.3 |
| | ES122_ARPSI_0019 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 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 | 97.3 |
| | ES122_ARPSI_0020 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 36.9 | 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 | 63.1 |
| | ES122_ARPSI_0021 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 46.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 50.2 |
| | ES122_ARPSI_0022 | 49.2 | 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 | 0.0 | 0.0 | 50.8 |

| | % SUPERFICIE POR ACTIVIDAD ECONÓMICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | URC | URD | AU | IS | T | INC | IND | AS | AR | OR | F | ICA | IF | IA | IE | ICO | IH | IR | MA | OA |
| ES122_ARPSI_0023 | 4.4 | 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 | 0.0 | 22.1 | 73.5 |
| ES122_ARPSI_0024 | 100.0 | 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 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ES122_ARPSI_0025 | 48.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 40.6 |
| ES122_ARPSI_0026 | 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 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| ES122_ARPSI_0027_m | 87.9 | 12.1 | 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 | 0.0 | 0.0 |
| % SUPERFICIE TOTAL | **17.6** | **6.9** | **1.8** | 0.0 | **13.0** | **0.4** | **0.1** | 0.0 | 0.0 | **0.3** | **0.0** | 0.0 | 0.0 | **2.2** | **1.5** | 0.0 | **0.5** | 0.0 | **0.5** | **55.1** |

**Tabla 18.** Porcentaje de superficie afectada por actividad económica y ARPSI para el periodo de retorno de 500 años

| | | % SUPERFICIE POR ACTIVIDAD ECONÓMICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | URC | URD | AU | IS | T | INC | IND | AS | AR | OR | F | ICA | IF | IA | IE | ICO | IH | IR | MA | OA |
| ARPSI | ES122_ARPSI_0001 | 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 | 21.3 | 0.0 | 0.0 | 78.7 |
| | ES122_ARPSI_0002 | 14.9 | 17.0 | 2.5 | 0.0 | 14.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 47.5 |
| | ES122_ARPSI_0003 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 40.3 | 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 | 59.7 |
| | ES122_ARPSI_0004 | 56.8 | 12.4 | 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 | 0.0 | 30.8 |
| | ES122_ARPSI_0005 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 60.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.9 |
| | ES122_ARPSI_0006 | 100.0. | 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 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | ES122_ARPSI_0007 | 30.6 | 0.0 | 69.4 | 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 | 0.0 |
| | ES122_ARPSI_0008 | 0.0 | 0.0 | 5.5 | 0.0 | 59.1 | 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 | 35.4 |
| | ES122_ARPSI_0009 | 49.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 38.8 |
| | ES122_ARPSI_0010 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 42.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 0.0 | 2.2 | 47.5 |
| | ES122_ARPSI_0011 | 0.0 | 42.6 | 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 | 0.0 | 57.4 |
| | ES122_ARPSI_0012 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 0.0 | 26.6 | 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 | 70.4 |
| | ES122_ARPSI_0013 | 8.4 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 79.2 |
| | ES122_ARPSI_0014 | 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 | 0.0 | 6.0 | 94.0 |
| | ES122_ARPSI_0015 | 4.9 | 18.9 | 0.0 | 0.0 | 23.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 38.6 |
| | ES122_ARPSI_0016 | 26.0 | 30.8 | 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 | 0.0 | 43.1 |
| | ES122_ARPSI_0017 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 26.5 | 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 | 73.5 |
| | ES122_ARPSI_0018 | 9.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 88.7 |
| | ES122_ARPSI_0019 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 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 | 97.1 |
| | ES122_ARPSI_0020 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 37.5 | 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 | 62.5 |
| | ES122_ARPSI_0021 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 49.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 45.9 |
| | ES122_ARPSI_0022 | 42.5 | 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 | 0.0 | 0.0 | 57.5 |

| | % SUPERFICIE POR ACTIVIDAD ECONÓMICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | URC | URD | AU | IS | T | INC | IND | AS | AR | OR | F | ICA | IF | IA | IE | ICO | IH | IR | MA | OA |
| ES122_ARPSI_0023 | 4.8 | 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 | 0.0 | 22.8 | 72.4 |
| ES122_ARPSI_0024 | 100 | 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 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ES122_ARPSI_0025 | 48.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 40.1 |
| ES122_ARPSI_0026 | 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 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| ES122_ARPSI_0027_m | 88.6 | 11.4 | 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 | 0.0 | 0.0 |
| **% SUPERFICIE TOTAL** | **17.7** | **7.1** | **1.8** | **0.02** | **13.8** | **0.4** | **0.3** | 0.0 | 0.0 | **0.4** | **0.05** | **0.06** | 0.0 | **2.2** | **1.4** | 0.0 | **0.5** | 0.0 | **0.5** | **53.8** |

**Tabla 19.** Porcentaje de superficie, respecto al total de zona inundable la Demarcación Hidrográfica, por categoría de actividad económica, término municipal y periodo de retorno

| | | TÉRMINOS MUNICIPALES | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | T = 100 años | | | | | T = 500 años | | | | |
| | | Antigua | La Oliva | Pájara | Puerto del Rosario | Tuineje | Antigua | La Oliva | Pájara | Puerto del Rosario | Tuineje |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS | URC | 1.4 | 11.6 | 2.1 | 2.1 | 0.3 | 1.5 | 11.5 | 2.0 | 2.0 | 0.6 |
| | URD | 1.0 | 4.8 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 4.6 | 0.7 | 0.2 | 0.6 |
| | AU | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 1.0 | 0.0 |
| | IS | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | T | 2.5 | 6.0 | 3.0 | 0.4 | 1.0 | 2.6 | 6.4 | 3.3 | 0.4 | 1.1 |
| | INC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| | IND | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | AS | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | AR | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | OR | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| | F | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | ICA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| | IF | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | IA | 0.4 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.4 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.6 |
| | IE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.0 |
| | ICO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | IH | 0.5 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | IR | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | MA | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| | OA | 5.6 | 23.6 | 18.3 | 1.1 | 6.2 | 5.4 | 22.8 | 17.8 | 1.0 | 6.9 |

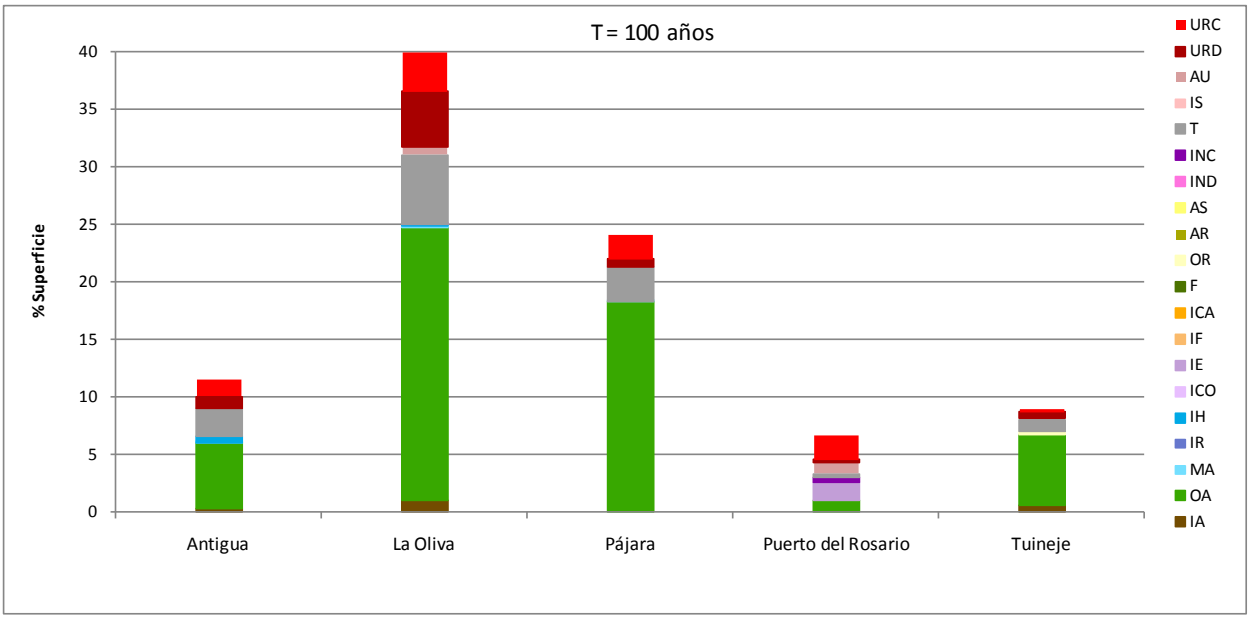



**Figura 18.** Porcentaje de superficie, respecto al total de zona inundable la Demarcación Hidrográfica, por categoría de actividad económica y término municipal. Periodo de retorno de 100 años

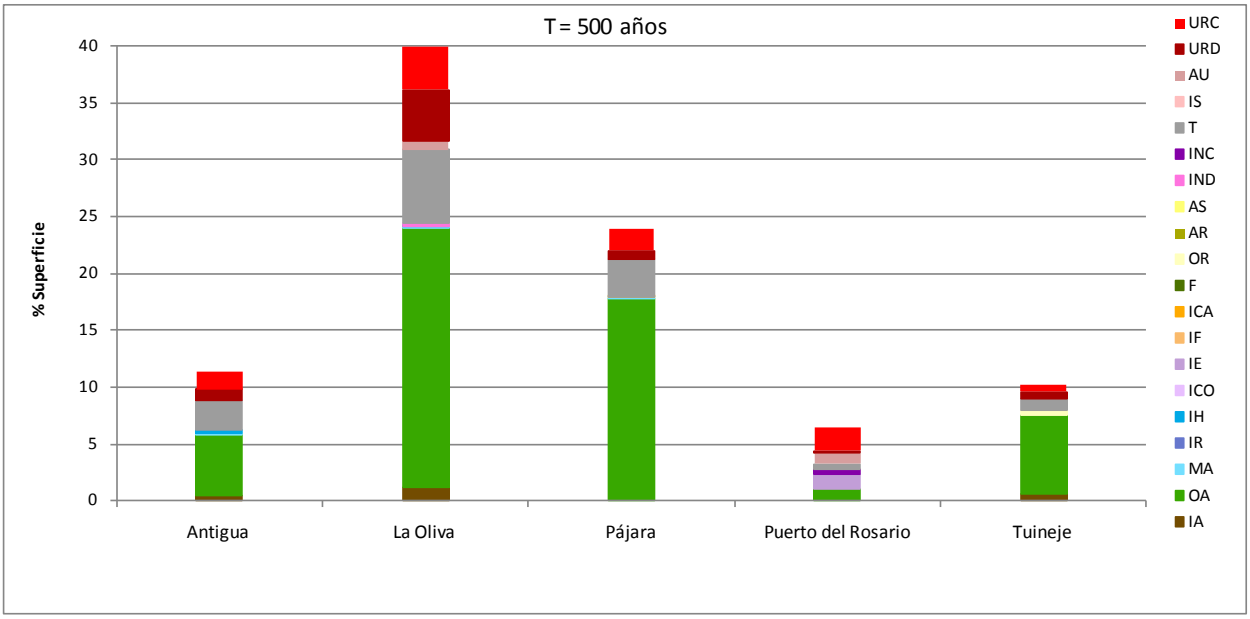



**Figura 19.** Porcentaje de superficie, respecto al total de zona inundable la Demarcación Hidrográfica, por categoría de actividad económica y término municipal. Periodo de retorno de 500 años

## 3.4.- AFECCIÓN A PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA Y ÁREAS PROTEGIDAS AMBIENTALMENTE

En la Tabla 20 y en la Tabla 21 se recoge un inventario por ARPSI de los distintos puntos de importancia y de las áreas ambientalmente protegidas, para los periodos de retorno de 100 años y 500 años respectivamente.

**Tabla 20.** Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 100 años

| COD. ARPSI | EDAR | IPPC | P. CULTURAL | P. CIVIL | A. BAÑO[5] | DMA | LIC | ZEPA | HÁBITATS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0001 | | | | 1 | | SI | | | |
| ES122_ARPSI_0002 | | | | 4 | 4 | SI | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0003 | | | | 1 | 1 | SI | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0004 | | | | 1 | 1 | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0005 | | | | 2 | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0006 | | | | 1 | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0007 | | | 1 | | | SI | | | |
| ES122_ARPSI_0008 | | | 2 | | 1 | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0009 | | | 2 | | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0010 | | | 1 | 1 | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0011 | | | | | 1 | SI | SI | SI | |
| ES122_ARPSI_0012 | | | | | 1 | SI | | | |
| ES122_ARPSI_0013 | | | | | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0014 | | | 1 | | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0015 | | | | | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0016 | | | | 2 | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0017 | | | | | | SI | SI | | |
| ES122_ARPSI_0018 | | | | | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0019 | | | | | | SI | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0020 | | | | 1 | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0021 | | | | | 1 | SI | SI | SI | |
| ES122_ARPSI_0022 | | | | 1 | | SI | SI | SI | |

[5] Puntos de muestreo en aguas de baño.

| COD. ARPSI | EDAR | IPPC | P. CULTURAL | P. CIVIL | A. BAÑO[5] | DMA | LIC | ZEPA | HÁBITATS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0023 | | | | | 1 | SI | | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0024 | | | | | | SI | | SI | |
| ES122_ARPSI_0025 | | | 1 | | 1 | SI | | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0026 | | | | | | SI | | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0027_m | | | | | | SI | | | SI |
| TOTAL | 0 | 0 | 8 | 15 | 19 | 4 | 6 | 6 | 10 |

**Tabla 21.** Resumen de puntos de especial importancia y áreas protegidas ambientalmente. Periodo de retorno de 500 años

| COD. ARPSI | EDAR | IPPC | P. CULTURAL | P. CIVIL | A. BAÑO[6] | DMA | LIC | ZEPA | HÁBITATS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0001 | | | | 1 | | SI | | | |
| ES122_ARPSI_0002 | | | | 6 | 4 | SI | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0003 | | | | 1 | 1 | SI | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0004 | | | | 1 | 1 | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0005 | | | | 2 | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0006 | | | | 1 | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0007 | | | 2 | | | SI | | | |
| ES122_ARPSI_0008 | | | 2 | | 1 | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0009 | | | 2 | | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0010 | | | 1 | 1 | | SI | | | SI |
| ES122_ARPSI_0011 | | | | | 1 | SI | SI | SI | |
| ES122_ARPSI_0012 | | | | | 1 | SI | SI | | |
| ES122_ARPSI_0013 | | | | 3 | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0014 | | | 1 | | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0015 | | | | 1 | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0016 | | | | 2 | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0017 | | | | | | SI | SI | | |
| ES122_ARPSI_0018 | | | | | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0019 | | | | | | SI | SI | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0020 | | | | 1 | 1 | SI | SI | | SI |
| ES122_ARPSI_0021 | | | | | 1 | SI | SI | SI | |

[6] Puntos de muestreo en aguas de baño.

| COD. ARPSI | EDAR | IPPC | P. CULTURAL | P. CIVIL | A. BAÑO[6] | DMA | LIC | ZEPA | HÁBITATS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0022 | | | | 1 | | SI | | SI | |
| ES122_ARPSI_0023 | | | | | 1 | SI | | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0024 | | | | | | SI | | SI | |
| ES122_ARPSI_0025 | | | 1 | | 2 | SI | | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0026 | | | | | | SI | | SI | SI |
| ES122_ARPSI_0027_m | | | | | | | | | SI |
| TOTAL | 0 | 0 | 9 | 21 | 19 | 4 | 6 | 6 | 10 |

La ARPSI "Corralejo" – ES122_ARPSI_0002 – es en la que se produce mayor concentración de elementos que pueden intervenir en las labores de Protección Civil. En el ARPSI "Faro Puerto del Rosario y Central Térmica" ES122_ARPSI_0005 – se localiza la Central Térmica Las Salinas.

**Figura 20.** Central Térmica Las Salinas (ES122_ARPSI_0005)

En el apartado de Patrimonio Cultural, las ARPSI ES122_ARPSI_0009 (Fustes-Puerto deportivo) y ES122_ARPSI_010 (Fuerteventura Golf Club), albergan Bienes de Interés Cultural (Tabla 22)

**Tabla 22.** BIC en zonas inundables

| COD. ARPSI | NOMBRE ARPSI | CATEGORIA BIC | NOMBRE BIC |
|---|---|---|---|
| ES122_ARPSI_0009 | Fustes-Puerto deportivo | Monumento | Castillo de Fuste |
| ES122_ARPSI_0010 | Fuerteventura Golf Club | Monumento | Conjunto de hornos de cal de La Guirra |

En las tablas siguientes se recoge el listado de LIC, ZEPA (Tabla 23) y Hábitats de Interés (Tabla 24) en las zonas inundables.

**Tabla 23.** LIC y ZEPA en zonas inundables

| LIC | | ZEPA | |
|---|---|---|---|
| CÓDIGO | NOMBRE DEL LUGAR | CÓDIGO | NOMBRE DEL LUGAR |
| ES0000096 | Pozo Negro | ES0000096 | Pozo Negro |
| ES7010022 | Sebadales de Corralejo | ES0000039 | Jandía |
| ES7010032 | Corralejo | ES0000042 | Dunas de Corralejo e Isla de Lobos |
| ES7010033 | Jandía | ES0000097 | Betancuria |
| ES7010035 | Playas de sotavento de Jandía | ES0000348 | Costa del norte de Fuerteventura |
| ES7010042 | La Playa del Matorral | ES7010042 | La Playa del Matorral |

**Tabla 24.** Hábitats de Interés en zonas inundables[7]

| HÁBITATS DE INTERÉS | |
|---|---|
| CÓDIGO UE | DESCRIPCIÓN DEL HÁBITAT |
| 1110 | Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina. poco profunda |
| 1210 | Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados |
| 1250 | Acantilados con vegetación endémica de las costas macaronésicas |
| 1420 | Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fructicosae*) |
| 2130 | Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises) |
| 2110 | Dunas móviles embrionarias |
| 8310 | Cuevas no explotadas por el turismo |
| 92D0 | Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos(*Nerio-Tamaricetea* y *Securinegion tinctoriae*) |

[7] Atlas y Manual de los Hábitats Naturales y Seminaturales de España

| HÁBITATS DE INTERÉS | |
|---|---|
| CÓDIGO UE | DESCRIPCIÓN DEL HÁBITAT |
| 9370 | Palmerales de Phoenix |
| 1430 | Matorrales halonitrófilos |

FUERTEVENTURA

# ANEXO Nº1:

## ANÁLISIS Y CONCLUSIONES SOBRE EL RESULTADO DEL TRÁMITE DE CONSULTA PÚBLICA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA

PRIMERO **ANÁLISIS DE CONTENIDO DE LOS INFORMES Y ALEGACIONES PRESENTADOS**

1 .....
MINISTERIO DEL INTERIOR. DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS.....2

2 .....
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, HACIENDA Y SEGURIDAD. DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD Y EMERGENCIAS. GOBIERNO DE CANARIAS. .....4

3 .....
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA .....11

4 .....
AENA. AEROPUERTO DE FUERTEVENTURA .....12

5 .....
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y POLÍTICA TERRITORIAL. DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO.....14

6 .....
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y AGUAS. VICECONSEJERÍA DE PESCA Y AGUAS .....15

| 1 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| **Entidad informante** | **MINISTERIO DEL INTERIOR. DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS** |
| **Datos del informe** | Reg. entrada nº 536 de 05/08/2014 |
| | |
| ***SÍNTESIS*** | La Dirección General de Protección Civil y Emergencias dependiente del Ministerio del Interior del Gobierno de España, en su informe con fecha 25 de julio de 2014, considera que los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura se ajustan a los criterios establecidos en el Real Decreto 903/2010 de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación, si bien realizan una serie de observaciones en relación a la posible mejora de los siguientes aspectos:<br>• Proponen que aquellos elementos que son medios o recursos con utilidad para Protección Civil en una emergencia, como pueden ser los Hospitales, Centros Sociales, de culto, albergues, potabilizadoras etc...sean representados en los mapas con una simbología propia tal y como viene definida por la OCHA-Office for the coordination for Humanitarian Affairs.<br>• Proponen que el icono de protección civil se deje para señalar instalaciones como: parques de bomberos, Guardia Civil u otros centros considerados operativos. |
| ***ANÁLISIS*** | De lo expuesto en el apartado de síntesis, se desprende que la Dirección General de Protección Civil y Emergencias dependiente del Ministerio del Interior ha informado en sentido favorable los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundaciones de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura al manifestar que la metodología utilizada se ajusta a los criterios establecidos en el Real Decreto 903/2010.<br>No obstante, hace una serie de observaciones para la mejora de los mismos cuyo análisis y argumentación se estructurará a continuación, de la misma forma que se ha hecho en el apartado de síntesis:<br>• La representación de los elementos de Protección Civil se ha hecho siguiendo las recomendaciones citadas en el documento de "*Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación*" elaborado por la Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). La capa de elementos vulnerables desde el punto de vista de la Protección Civil ha sido facilitada por la Dirección General de Seguridad y emergencias del Gobierno de Canarias y en ella se integraban los elementos citados (Hospitales, Centros Sociales, de culto, albergues, potabilizadoras etc). La propuesta de representar estos elementos con una simbología propia se tendrá en cuenta de cara a futuras revisiones y actualizaciones de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo que tendrá que ser realizada siguiendo lo previsto en el articulado del RD 903/2010.<br>• Reiterando lo citado en el párrafo anterior, los elementos de protección civil designados corresponden a aquellos elementos vulnerables planteados por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias, y |

| 1 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| | siguiendo la metodología de la "*Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación*" elaborado por la Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), se han integrado en la capa de protección civil. |
| ***PROPUESTA*** | En relación al informe de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias dependiente del Ministerio del Interior, no se propone introducir ninguna modificación en el documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura. |

| 2 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| **Entidad informante** | **CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, HACIENDA Y SEGURIDAD. DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD Y EMERGENCIAS. GOBIERNO DE CANARIAS.** |
| **Datos del informe** | Reg. entrada nº 588 de 20/08/2014 |
| | |
| ***SÍNTESIS*** | La Dirección General de Seguridad y Emergencias (DGSE) del Gobierno de Canarias, en su informe con fecha 8 de agosto de 2014, considera que los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura han sido elaborados conforme a la normativa legal vigente, pero realizan una serie de observaciones en relación a la posible mejora de los mismos que se centra en 6 capítulos:<br><br>**CAPÍTULO 1: Introducción**<br><br>Se solicita "incluir en la valoración del riesgo de inundación aquel generado por las deficiencias del drenaje urbano*, ya que en numerosas ocasiones son éstas las causantes de las inundaciones ocurridas en ese entorno*".<br><br>**CAPÍTULO 3: Metodología de los Mapas de Peligrosidad de las ARPSIS de origen fluvial. (SE DETECTA UN ERROR CON RESPECTO A LA NUMERACIÓN Y TÍTULO DE ESTE APARTADO).**<br><br>- Se solicita "*incluir mapa de caudales y velocidades máximas en las zonas inundables, ya que, la mayor parte de los daños no se producen por el hecho de que se generen grandes superficies inundadas en las vegas de los cauces, sino a causa de la velocidad del agua y los acarreos que moviliza*".<br><br>- Se estima necesario que "*se incluya el análisis de los escenarios de alta probabilidad de inundación conforme establece el R.D. 903/2010*".<br><br>**CAPÍTULO 3: Metodología de los Mapas de Riesgo de las ARPSIS de origen fluvial.**<br><br>- Consideran que "*la información recogida en el apartado 4.2 relativa al mapa de usos del suelo del año 2002 está obsoleta de cara a determinar las actividades económicas afectadas*".<br><br>- Se solicita "utilizar los valores de vulnerabilidad económica de DGSE".<br><br>- Se propone siguiendo la nomenclatura definida en el PLATECA separar la vulnerabilidad en "*vulnerabilidad social, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad medio ambiental*". |

- Se explicita la conveniencia de denominar los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) como Zonas de Especial Conservación (ZEC).

- Se solicita “incorporar toda la información correspondiente a los elementos vulnerables proporcionada por la Dirección General de Seguridad y emergencias del Gobierno de Canarias”.

- Se advierte que no se ha representado ni definido la "Zona de Graves Daños".

- Se insiste en la importancia de incluir la información histórica de las zonas inundables (no incluida como referencia), así como la identificación de la velocidad de las aguas en caso de inundación.

- Se solicita "incluir en la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo, lo dispuesto tanto en la directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones (apartado 2.2) como en el Plan Estatal de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones".

**CAPÍTULO 5: Resumen de resultados.**

- Se debe definir mejor en la tabla 5 del apartado 5.3 la diferencia entre valor del riesgo y el valor del daño.

- Se advierte nuevamente la necesidad de eliminar la referencia a LIC's y sustituirlos por ZEC's.

**CAPÍTULO 5: Documentación y Bibliografía. (SE DETECTA UN ERROR CON RESPECTO A LA NUMERACIÓN DE ESTE APARTADO).**

- "*Se echa en falta que para la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo, de vital importancia para la Protección Civil, no se haya consultado el Plan Territorial por Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de canarias (PLATECA)*".

- Se solicita "*incluir en la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo, lo dispuesto tanto en la directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones (apartado 2.2) como en el Plan Estatal de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones*".

- Se estima la conveniencia de "*hacer el correspondiente estudio para un periodo de retorno de 50 años conforme estable la Directriz Básica*".

***ANÁLISIS***

De lo expuesto en el apartado de síntesis, se desprende que la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias ha informado en sentido favorable los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundaciones de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura al manifestar que los mismos han sido elaborados conforme a la normativa vigente (Directiva 2007/60/CE del

Parlamento Europeo y Real Decreto 903/2010 que la traspone). No obstante, hace una serie de observaciones para la mejora de los mismos cuyo análisis y argumentación se estructurará a continuación, de la misma forma que se ha hecho en el apartado de síntesis, a pesar de la existencia de errores en la denominación de algunos capítulos tal y como se explicito en rojo en el apartado anterior.

**CAPÍTULO 1: Introducción**

Según lo previsto en el artículo 3 del RD 903/2010, se entiende por inundación al "*anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición*".

Siguiendo este concepto, en el apartado 5.4.4 del documento de Memoria de la Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación (EPRI), se explicaba detalladamente la metodología seguida para la selección de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI). Por tanto, en la Evaluación Preliminar de Riesgos, que ha sido la antesala de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo, se han tenido en cuenta los problemas de Drenaje Urbano derivados del Drenaje Territorial ocasionados por desbordamientos de tramos de barrancos que pudieran derivar hacia las tramas urbanas. Otros problemas puntuales de insuficiencia del drenaje urbano que no estuvieran relacionados con el drenaje territorial no son objeto de este documento, ya que estos supuestos no los plantea ni la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y Real Decreto 903/2010 que la traspone.

**CAPÍTULO 3: Metodología de los Mapas de Peligrosidad de las ARPSIS de origen fluvial.**

- La representación de caudales o velocidades que cita el artículo 8 punto 3 del RD 903/2010 es opcional y por tanto no se exige en los Mapas que han salido a Consulta Pública.

No obstante, la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura si dispone del análisis de estas variables en cada una de las ARPSIs consideradas, que serán tenidas en cuenta de cara a la siguiente fase de proceso planificador consistente en la redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación.

- Los escenarios de alta probabilidad de inundación (correspondientes a un periodo de retorno de 10 años), no se han representado en los Mapas de Peligrosidad y Riesgo que han salido a consulta pública, debido a que estos no son obligatorios según las directrices dadas por la Comisión Europea. No obstante, la Demarcación Hidrográfica de FUERTEVENTURA si dispone del análisis de estos escenarios de alta probabilidad de ocurrencia, que serán tenidos en cuenta de cara a la siguiente fase de proceso planificador consistente en la redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación.

**CAPÍTULO 3: Metodología para la elaboración de los Mapas de Riesgo de las ARPSIS Fluviales.**

**-** En relación a la obsolescencia de la información recogida en el apartado 4.2 relativa al mapa de usos del suelo del año 2002, hay que decir que en ese mismo apartado se aclara que para actualizarlo se ha llevado a cabo un riguroso trabajo de campo y la visualización de las Ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), que han permitido la comprobación de la idoneidad de la categoría de uso del suelo asignada.

Igualmente esto se ha verificado con la información del SIOSE 2011 en formato wms, a través del visor de GRAFCAN.

- Los valores del daño (€/$m^2$) de la tabla 2, se han obtenido del documento de "Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación" elaborado por la Dirección General del Agua del Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- La separación de la vulnerabilidad en "*vulnerabilidad social, vulnerabilidad económica y vulnerabilidad medio ambiental",* queda perfectamente recogida en los diferentes Mapas de Riesgo que se han estructurado como:

5. Afección a la población (vulnerabilidad social)

6. Actividades Afectadas (vulnerabilidad económica)

7. Zonas de vulnerabilidad ambiental (vulnerabilidad medio ambiental)

- En relación a la mención a los LIC's que se hace tanto en la Memoria como en los Mapas de Riesgo, hay que reseñar que efectivamente su actual denominación es la de ZEC (Zona de Especial Conservación). Por tanto, se ha procedido a su cambio en el documento de Aprobación definitiva.

- La información correspondiente a los elementos vulnerables proporcionada por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias ha sido incorporada a este documento.

- La Zona de Graves Daños se ha utilizado para determinar la Zona de Flujo Preferente, pero ni en la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y Real Decreto 903/2010 que la traspone se pide su representación, si en cambio se pide la representación de la Zona de Flujo Preferente que es la envolvente de la Zona de Graves daños para T=100 años y la Vía de Intenso desagüe. Si lo que entiende la DGSE con Zona de Graves Daños, es a establecer una valoración de la gravedad en cada ARPSI, en función de una serie de parámetros considerados relevantes (superficie inundada, calados y velocidades, el tiempo de concentración de la cuenca, población afectada, puntos de especial importancia etc...), esta caracterización será objeto de la siguiente fase del proceso planificador consistente en la redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación.

- La información histórica de las zonas inundables, tal y como se justificó en el apartado 3.6 de la Evaluación Preliminar del Riesgo de inundación, no ha podido utilizarse, al carecer el Consejo Insular de Aguas de la recopilación en Base de Datos o similar de los

registros históricos por inundaciones que se han producido en el pasado.

Es decir, lo que trataba de explicitarse en el EPRI, es que no se disponía de un inventario de eventos históricos de inundaciones, que estuviera contrastado y cuyos datos fueran precisos en cuanto a fechas, parámetros hidrológicos del evento, daños ocasionados, bienes y servicios afectados etc..., como para plasmarlo en un documento para sacar a Consulta Pública.

Un primer planteamiento pasó por elaborar un Inventario exhaustivo y riguroso de los eventos históricos acontecidos, recopilando información en prensa y en los archivos del Consejo Insular, pero por praxis se optó por abordar la Evaluación Preliminar a partir de análisis de Estudios Hidráulicos existentes, que se consideró que era lo suficientemente rigurosa para poder establecer las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) en esta primera fase de planificación. A su vez, el conocimiento de registros históricos (aunque no inventariados) por parte de los técnicos del Consejo Insular de Aguas de Fuerteventura, ha servido para fortalecer el argumento a la hora de decidir cuáles eran las ARPSI´s a designar en la Demarcación Hidrográfica en relación a los riesgos de inundación por drenaje territorial.

No obstante, se tendrá en cuenta esta sugerencia de cara a futuras actualizaciones de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación que según prevé el Real Decreto 903/2010, se llevará a cabo antes del 22 diciembre de 2018.

En cuanto a la representación de la velocidad de las aguas, ya se ha argumentado anteriormente en este Análisis el porqué de su no inclusión.

- El Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, publicado en el BOE el 2 de agosto de 2011, propone en su punto 2 de Identificación del riesgo de inundaciones en España, que las mismas se efectuarán de conformidad con lo establecido en el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación que traspone la Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE). Por tanto, <u>será dicho Plan Estatal el que se adapte a lo establecido en la normativa seguida para la elaboración de los Mapas objeto de análisis</u>.

Igualmente, en los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, que han salido a Consulta Pública, se ha tenido en cuenta, en parte, lo dispuesto en el apartado 2.2 de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones, <u>exceptuando lo relativo a la localización de áreas potencialmente afectadas por fenómenos geológicos asociados a precipitaciones o avenidas, ya que estos quedan fuera del objeto del RD 903/2010</u>.

**CAPÍTULO 5: Resumen de resultados.**

- Dado que no ha quedado claro las definiciones de valor del riesgo y valor del daño, a continuación se tratará de explicarlo nuevamente con el objetivo de mejorar la comprensión de dichos conceptos.

El valor del riesgo inicial en €/m$^2$, representa el valor del riesgo económico de una superficie que se viese afectada por la inundación en función del uso del suelo. A esta valoración inicial será necesario aplicar unos coeficientes de corrección obtenidos en función del calado alcanzado para la zona de inundación, de tal forma que, al aplicarlo, se reducirán en ese porcentaje los calados asociados al mismo. De esta forma, cuanto menor sea la altura del agua más se reducirá el valor del riesgo considerado. Los coeficientes minorizantes, de acuerdo a la altura de agua alcanzada, son los previstos en la fig 25 del documento memoria.

Estos coeficientes son los establecidos en el documento de "Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación" elaborado por la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, que derivan de las conclusiones establecidas en el proyecto PREEMT, donde se ha detectado que para cualquier tipo de uso, calados mayores a 2 m suponían una afección total al elemento considerado. Por otro lado, calados inferiores a 0,3 m provocan poca afección al contenido de edificios. Asimismo, la cota 0,7 m supone un punto de inflexión importante, a partir del cual se ven afectados los elementos principales de las edificaciones (elementos en mesas tipo PCs, impresoras, electrodomésticos sobre encimeras), por lo que calados por encima de 0,7 m se ha considerado que provocan una afección casi total

Así, los mapas de calado se convierten en capas vectoriales agrupadas según estas cuatro categorías, asignándoles el coeficiente correspondiente. Esta capa se cruza con la capa de polígonos clasificada por su uso del suelo. De esta forma, se obtendrá una nueva capa con múltiples polígonos (cada polígono de usos del suelo inicial se habrá dividido en tantos polígonos como combinaciones haya con la altura del agua).

En resumen, el valor del Daño Económico Estimado, según el tipo de actividad económica afectada, dependerá del calado que alcance la inundación en cada punto y del valor del daño (€/m2) según el uso del suelo.

Para estimar el valor del Riesgo cuantitativamente, sólo es necesario tomar el valor del campo anterior (valor del Daño Económico Estimado) y dividirlo por el periodo de retorno correspondiente que se esté analizando (Peligrosidad o Probabilidad de ocurrencia del evento).

- En relación a la mención a los LIC's que se hace tanto en la Memoria como en los Mapas de Riesgo, hay que reseñar que efectivamente su actual denominación es la de ZEC (Zona de Especial Conservación). Por tanto, se ha procedido a su cambio en el documento de Aprobación definitiva.

**CAPÍTULO 5: Documentación y Bibliografía.**

- Por parte del equipo redactor, de cara a la elaboración de las fase 1 (EPRI) y fase 2 (Mapas de Peligrosidad y Riesgo), si se ha tenido en cuenta y se ha consultado el Plan Territorial por Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA). El hecho de no haberlo introducido en el capítulo 5 de Documentación y Bibliografía no supone la desconsideración del

| | |
|---|---|
| | mismo. No obstante, en el Documento de Aprobación definitiva se introducirá, en el capítulo 6 citado, este documento.<br><br>- La necesidad de hacer referencia tanto a la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones (apartado 2.2) como al Plan Estatal de Protección Civil ante riesgo de Inundaciones, ha sido argumentado en el capítulo 4 de este análisis.<br><br>- El estudio para un periodo de retorno de 50 años conforme establece la Directriz Básica no se exige ni en la Directiva Europea de Inundaciones 2007/60/CE, ni en el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación que la traspone. Tan solo se consideran obligatorios el análisis de los periodos de retorno de 100 y 500 años y opcionalmente el de 10 años. |
| ***PROPUESTA*** | Del conjunto de observaciones planteadas por la DGSE, tras el análisis realizado en el punto anterior, se concluye, que la gran mayoría de propuestas no requieren modificación del documento que ha salido a Consulta Pública, si bien se ha estimado oportuno introducir algunas correcciones o cambios en relación a:<br><br>• Se corregirá tanto en la Memoria como en los Mapas de Riesgo en relación a la mención a los LIC's en lugar de ZEC's, en concreto se cambiarán:<br>  • En las tablas 14, 15 y 17 de la memoria donde dice LIC debe decir ZEC.<br>  • En los Mapas de Riesgo donde dice LIC debe decir ZEC, según la denominación establecida por la Orden ARM/2417/2011 y en el Decreto 174/2009.<br><br>• Se introducirá en el capítulo 6 de Documentación y Bibliografía del documento Memoria, la referencia al Plan Territorial por Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA). |

| 3 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LAS ARPSIS FLUVIALES EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| **Entidad informante** | **MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA** |
| **Datos del informe** | Reg. entrada nº 607 de 26/08/2014 |
| | |
| ***SÍNTESIS*** | El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, en su informe con fecha 8 de agosto de 2014, considera que los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura cumplen con los objetivos que se plantea, si bien realizan una serie de observaciones en relación a la posible mejora de los siguientes aspectos:<br>• Proponen el apoyo de los modelos hidráulicos aplicados mediante la interpretación geomorfológica.<br>• Señalan la conveniencia de incorporar en todos los planos tanto coordenadas como topónimos para facilitar la lectura, así como indicar el sistema de referencia de coordenadas. |
| ***ANÁLISIS*** | De lo expuesto en el apartado de síntesis, se desprende que el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha informado en sentido favorable los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundaciones de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura al manifestar que la metodología se ha aplicado de manera rigurosa y adecuada, que los mismos cumplen con los objetivos que se plantea y que su presentación se ha llevado a cabo de manera clara y concisa en su redacción y organización, presentando los resultados de manera apropiada.<br>No obstante, hace una serie de observaciones para la mejora de los mismos cuyo análisis y argumentación se estructurará a continuación, de la misma forma que se ha hecho en el apartado de síntesis:<br>• Prácticamente la totalidad de las 7 ARPSIs fluviales analizadas en la isla de Fuerteventura discurren por zonas urbanas altamente antropizadas, en las que los valores geomorfológicos del entorno apenas aportan información que pudiera ser de utilidad para el desarrollo de la información contenida en los Mapas propuestos. Por esta razón se ha descartado la consideración de la interpretación geomorfológica, la cual tendría mayor encaje en entornos menos antropizados.<br>• El sistema de coordenadas utilizado ha sido el ETRS 1989 UTM ZONE 30N, tal y como se explicita en la página 22 del documento Memoria elaborado. La introducción de topónimos se tendrá en cuenta de cara a futuras revisiones de los Mapas de cara a mejorar su interpretación, si bien el hecho de estar las ARPSIs en zonas urbanas concentradas unido a la utilización de planos directores en la representación, permite la fácil comprensión de los mismos. |
| ***PROPUESTA*** | En relación al informe del IGME, no se propone introducir ninguna modificación en el documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de las ARPSIs Fluviales en la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura. |

| 4 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| **Entidad informante** | **AENA. AEROPUERTO DE FUERTEVENTURA** |
| **Datos del informe** | Reg. entrada nº 627 de 03/09/2014 |
| | |
| ***SÍNTESIS*** | AENA Aeropuerto de Fuerteventura, en su informe con fecha 28 de agosto de 2014, en relación a la Consulta Pública de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, determina que:<br>- Se advierte que no se incluye al Aeropuerto de Fuerteventura como punto de especial importancia.<br>- Se considera que "*en el momento en el que se decida acometer el proyecto para canalizar las aguas del barranco Varichelos, se coordine con el Aeropuerto, pues en caso de que la obra original de paso bajo la FV-2 vuelva a recibir aportación de la cuenca original, sin llevarse a cabo las correspondientes actuaciones en el interior del recinto aeroportuario, existe peligro de que la inundación reflejada en el ARPSI_0033 se derive al interior del aeropuerto, especialmente al Sur de la cabecera 01, con posibilidad de afectar al área de maniobras*". |
| ***ANÁLISIS*** | De lo expuesto en el apartado de síntesis, se desprende que tras la solicitud de informes a AENA Aeropuerto de Fuerteventura, se hacen una serie de consideraciones en relación a los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación del ARPSI 33 Varichelos, que se analizarán a continuación:<br>- Dada la escala de representación del ARPSI 33 Varichelos, no aparece como Punto de Especial Importancia el Aeropuerto de Fuerteventura. No obstante, no se ha considerado, ya que las aguas procedentes de este barranco derivan en la actualidad hacia el barranco de Jenejey, bien a través de un canal de desvío ejecutado aguas arriba de la trama urbana de El Matorral, y en el caso de que este desbordara, lo hará a través de las propias calles teniendo como salida natural el barranco de Jenejey, y por tanto llegarían a introducirse en el interior de la infraestructura aeroportuaria.<br>- Las aguas del Bco de Varichelos que actualmente podrían circular por la trama urbana ante episodios de lluvias intensas ($Q_{100}$ o $Q_{500}$), en principio se derivarán hacia el barranco de Jenejey, bien a través de la propia trama urbana (debido a las pendientes de las calles como lo hace actualmente) o bien a través de una medida estructural (desvío aguas arriba, mejorando el existente) a plantear en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura (siguiente fase del ciclo planificador), y por tanto, en principio no debe existir afecciones sobre la infraestructura aeroportuaria.<br>Por tanto, la posibilidad que plantea AENA de que ese Barranco de Varichelos acabe derivando hacia el Aeropuerto a través de la obra transversal bajo la FV-2 no es planteable en el futuro y por tanto no procede. |

| | |
|---|---|
| ***PROPUESTA*** | En relación al informe de AENA Aeropuerto de Fuerteventura, no se propone introducir ninguna modificación en el documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura. |

| 5 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| **Entidad informante** | **CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y POLÍTICA TERRITORIAL. DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO** |
| **Datos del informe** | Reg. entrada nº 668 de 18/09/2014 |
| | |
| ***SÍNTESIS*** | Tras el análisis, por parte de la Dirección General de Ordenación del Territorio, de la Consejería de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial, con fecha 16 de julio de 2014, del Documento Técnico de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, se hace la siguiente consideración:<br>- Al tratarse de una fase previa a la redacción de un instrumento de planificación, desde este Servicio de Planeamiento Territorial Oriental no se realizan consideraciones al mismo, con la salvedad de que en la fase de redacción del Plan de Gestión de Riesgos de Inundación deberá darse cumplimiento a los objetivos y determinaciones específicas de las DOG. 50. |
| ***ANÁLISIS*** | De lo expuesto en el apartado de síntesis, se desprende que la Dirección General de Ordenación del Territorio ha consultado el documento objeto de análisis, no realizando consideraciones al mismo, excepto la apreciación para tener en cuenta en la siguiente fase del ciclo planificador (Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura) de los objetivos y determinaciones específicas de las DOG. 50. |
| ***PROPUESTA*** | En relación al informe de la Dirección General de Ordenación del Territorio, de la Consejería de Obras Públicas, Transportes y Política Territorial del Gobierno de Canarias, no se propone introducir ninguna modificación en el documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura. |

| 6 | **FICHA DE ANÁLISIS: CONSULTA INSTITUCIONAL**<br>MAPAS DE PELIGROSIDAD Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE FUERTEVENTURA |
|---|---|
| **Entidad informante** | **CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y AGUAS. VICECONSEJERÍA DE PESCA Y AGUAS** |
| **Datos del informe** | Reg. entrada nº 856 de 2/12/2014 |
| | |
| ***SÍNTESIS*** | La Viceconsejería de Pesca y Aguas dependiente de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas, en su informe con fecha 28 de noviembre de 2014, considera que los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura, han sido elaborados conforme a la normativa legal vigente, si bien realizan una serie de observaciones en relación a la posible mejora de los siguientes aspectos:<br><br>1.- En lo referente a Pesca:<br><br>• En los mapas de origen fluvial, en cuanto a la actividad pesquera, proponen considerar en la Memoria y en los Mapas de Riesgo correspondientes, la actividad pesquera de la cofradía de pescadores ubicada en dichas ARPSI (C.P. Gran Tarajal en el ARPSI ES_122_ARPSI_0027 (Bco. de Gran Tarajal) y de la ARPSI ES_122_ARPSI_0031 (Barranco de Las Playitas).<br><br>• En cuanto a la actividad acuícola, proponen señalar en la Memoria y en los Mapas de riesgo de las Áreas cuyos barrancos desembocan próximos a las Zonas de Interés Acuícola (ZIA) previstas para la isla de Fuerteventura en el Documento de Aprobación Provisional del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura Canaria (fase actual de tramitación), al objeto de considerar en estas Áreas la actividad acuícola como una actividad afectable en el futuro.<br><br>• En cuanto a la actividad acuícola, proponen considerar en el mapa de riesgo correspondiente a la ES_122_ARPSI_0027 (Bco. de Gran Tarajal), la actividad acuícola como afectada.<br><br>• En los mapas de origen costero en cuanto a la actividad pesquera proponen considerar en la Memoria y en los mapas de riesgo correspondientes, aquellas Cofradías de Pescadores cuya actividad pesquera se pueda ver afectada, directa o indirectamente, por lo que debe tenerse en cuenta la C.P. Corralejo ubicada en la ARPSI ES122_ARPSI_0002 (Corralejo) al igual que las identificadas desde la ES122_ARPSI_0001 (La Oliva) a la ES122_ARPSI_0011 (Casas de Pozo Negro) y desde la ES122_ARPSI_0023 (Ajuy-Puerta de la Peña) a la ES122_ARPSI_0027-m (El Javito), la C.P. Gran Tarajal en la ARPSI ES122_ARPSI_0013 (Gran Tarajal) y desde la ES122_ARPSI_0011 (Casas del Pozo Negro) a la ES122_ARPSI_0014 (Ginijinamar), la C.P. Morro Jable en la ARPSI ES122_ARPSI_0021 (Morro Jable), si bien su ámbito de actuación abarca desde Ajuy a La Pared por lo que esta actividad se verá afectada a las ARPSIs desde ARPSI ES122_0016 a la ES122_ARPSI_0023.<br><br>• Con respecto a la actividad acuícola prevista en el futuro, proponen señalar en la Memoria de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación costera correspondientes, las Zonas de Interés Acuícolas (ZIA) previstas para la isla de Fuerteventura en el Documento de Aprobación Provisional del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura Canaria (fase actual de |

| | |
|---|---|
| | tramitación), al objeto de considerar en estas ARPSIs la actividad acuícola como una actividad afectable en el futuro entre las que conviene destacar:<br>- Frente a las ES_122_ARPSI_0004 (Puerto Lajas), ES_122_ARPSI_0005 (Faro Puerto del Rosario), ES_122_ARPSI_0006 (El Charco-Puerto de La Cruz) se prevé la ZIA-FV-1, que se extiende desde Punta del Lago hasta Muelle Comercial de Puerto del Rosario.<br>- Frente a la ES_122_ARPSI_0011 (Casas del Pozo Negro) se encuentra el extremo de la ZIA-FV-2, cuyos límites territoriales son Punta de Medina – Punta Entallada.<br>- Frente a las ARPSIs ES_122_ARPSI_0013 (Gran Tarajal), ES_122_ARPSI_0014 (Giniginamar), ES_122_ARPSI_0015 (Tarajalejo), ES_122_ARPSI_0016 (La Lajita y Barranco del Tarajal de Sancho) se extiende la ZIA-FV-3, desde Laja de la Bajada hasta Punta de Gerepe.<br>- Frente a la ES_122_ARPSI_0022 (Puertito de la Cruz) se extiende la ZIA-FV-4, desde Este de la Punta de Los Mosquitos hasta Punta de Jandia.<br>2.- En lo referente a Aguas: "*no se propone ninguna observación o sugerencia sobre la documentación sometida a consulta".* |
| ***ANÁLISIS*** | De lo expuesto en el apartado de síntesis, se desprende que la Viceconsejería de Pesca y Aguas ha consultado el documento objeto de análisis, realizando una serie de observaciones relacionadas fundamentalmente con la actividad pesquera y acuícola, las cuales se analizarán a continuación siguiendo el orden establecido en el apartado de síntesis anterior:<br>1.- En lo que respecta a Pesca:<br>- Dada la escala de trabajo, la actividad pesquera de la C.P. Gran Tarajal queda fuera de la envolvente de inundación máxima generada por el drenaje territorial de los Barrancos de Gran Tarajal y de Las Playitas. Por lo tanto, no se ha tenido en cuenta su representación ya que a priori no existe exposición de dicho elemento vulnerable en relación al ARPSI analizada, en cuanto al efecto de la inundación propiamente dicho, que es lo que en este documento se está abordando.<br>No obstante, de cara a la redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (siguiente fase del ciclo planificador), se tendrá en cuenta esta consideración del Área de Pesca, ante posibles medidas a adoptar si fueran necesarias, en relación a la posible alteración de las masas de agua en la desembocadura del barranco analizado que pudiera afectar al desarrollo de la actividad de ambas cofradías.<br>- El análisis de la posible incidencia sobre Zona de interés acuícola a desarrollar en el futuro, por el mismo motivo que el apartado anterior (escala de trabajo y ubicación fuera de la envolvente de inundación), no se representa en los mapas de drenaje territorial elaborados. No obstante, de cara a la redacción del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (siguiente fase del ciclo planificador), se tendrá en cuenta esta consideración del Área de Pesca, ante posibles medidas a adoptar si fueran necesarias, en relación a la posible afección a dicha actividad en el futuro.<br>- Lo determinado para las ARPSI's de origen fluvial es extrapolable a las ARPSI's de origen costero. |

| | |
|---|---|
| | 2.- En lo que respecta a Aguas no se propone ninguna observación o sugerencia. |
| ***PROPUESTA*** | En relación al informe de la Viceconsejería de Pesca y Aguas, no se propone introducir ninguna modificación en el documento de Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura. |