ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO DE ALMACENAMIENTO

“BESS ARPIDE” DE 1 MW.

GALDAKAO (BIZKAIA).

- ANEXO -

Titular: MARTITURRI, S.L.

Madrid, abril 2026

ICMA – Ingenieros Consultores Medio Ambiente, S.L.
c/ Dr. Ramón Castroviejo, 61 – 28035 Madrid
Tel.913731000 – info@icma.es

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO DE ALMACENAMIENTO
"BESS ARPIDE" DE 1 MW.
T.M. DE GALDAKAO (BIZKAIA).

Índice General del Documento:

Hoja de Identificación

Memoria

Anexo – Estudio hidrológico e hidráulico básico

Planos

Planos Proyecto de almacenamiento de energía

1.- Situación
2.- Emplazamiento
3.- Situación preactuación
4.- Situación tras actuación
5.- Afecciones sectoriales
6.- Línea de evacuación
7.- Línea de interconexión
8.- Implantación
9.- Coordenadas
10.- Zanjas
11.- Red de puestas a tierra
12.- Protección contra incendios
13.- Detalle hornacina y arquetas

Planos ambientales

01.- Situación general mapa topográfico
02.- Situación general ortofoto
03.- Situación detalle ortofoto
04.- Medidas protectoras y correctoras

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto:

PROYECTO DE ALMACENAMIENTO
"BESS ARPIDE" DE 1 MW.
TÉRMINO MUNICIPAL DE GALDAKAO (BIZKAIA).

Promotor:

MARTITURRI, S.L.

AVDA. ZUGAZARTE 32, OFICINA 2, 12, 48930 GETXO (BIZKAIA)

CIF: B-13833850

Tel: 946038084

E-mail: info@ibersun.es

Consultoría Ambiental:

ICMA-Ingenieros Consultores Medio Ambiente S. L.

Calle Doctor Ramón Castroviejo, 61 Local D, 28035 Madrid

Tel: 91 373 10 00

CIF: B-80272206

Equipo Redactor:

- Iñigo Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz. Ing. Sup. Agrónomo, Ing.Téc. Forestal.
- Berta Rodríguez Martín. Licenciada en Ciencias Ambientales
- Abel Castillo Bodoque. Grad. en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

En Madrid, abril 2026.

Los autores:

CASTILLO BODOQUE ABEL - 04625682Z

Firmado digitalmente por CASTILLO BODOQUE ABEL - 04625682Z
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-04625682Z, givenName=ABEL, sn=CASTILLO BODOQUE, cn=CASTILLO BODOQUE ABEL - 04625682Z
Fecha: 2026.04.23 14:19:41 +02'00'

Iñigo Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz
Ing. Agrónomo, col. nº. 2452
Ing. Téc. Forestal, col. nº. 4703
DNI: 50.712.129-G

Berta Rodríguez Martín
Lcda. CC. Ambientales, col. nº 231
DNI: 50.748.096-E

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO BÁSICO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS (BESS) “ARPIDE”, EN EL T.M. GALDAKAO (BIZKAIA).

Madrid, abril 2026

ICMA – Ingenieros Consultores Medio Ambiente, S.L.
c/ Dr. Ramón Castroviejo, 61 – 28035 Madrid
Tel.913731000 – info@icma.es

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y ALCANCE....2

2 ANÁLISIS DEL EMPLAZAMIENTO....6

3 ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO....9

3.1 CURVAS IDF. HIETOGRAMAS....11

4 ESTUDIO HIDROLÓGICO....15

4.1 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS....15

4.2 DETERMINACIÓN DE CAUDALES....20

5 ESTUDIO HIDRÁULICO....24

5.1 SIMULACION HIDRÁULICA....26

5.2 ANÁLISIS ZONA DE FLUJO PREFERENTE....31

6 DELIMITACIÓN DPH. CONTRASTE DE RESULTADOS....35

7 CONCLUSIONES....38

1 INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

El proyecto de construcción del almacenamiento de energía en baterías denominado BESS Arpide localizado en el término municipal de Galdakao (Bizkaia) se encuentra actualmente en fase de definición y tramitación.

Durante este proceso se ha recibido Resolución del director de Administración Ambiental por la que se formula el informe de impacto ambiental del proyecto de almacenamiento energético “BESS ARPIDE” promovido por MARTITURRI S.L., emitido con fecha 28 de octubre de 2025 con resultado negativo al considerar, principalmente, que por las posibles afecciones que podrían tener sobre la red hidrográfica, debería someterse a un trámite de evaluación de impacto ambiental ordinaria.

El objeto de este estudio es, por tanto, analizar y definir tanto los límites administrativos del denominado arroyo Arantzelai como la extensión de las zonas inundables para diferentes períodos de retorno.

La futura instalación se ubica justo al norte de la localidad de Galdakao tal y como se puede observar en la siguiente imagen.

Localización del proyecto de almacenamiento.

Con relación al riesgo hidrológico, el proyecto de estas instalaciones debe tener en cuenta, además de otras cuestiones, dos aspectos principales. El primero de ellos es el riesgo de inundación en relación con los cauces naturales existentes, o la interrelación con dichos cauces y cumplimiento de la normativa vigente. En este sentido, aun estando fuera de la zona inundable, se debe contar con la autorización expresa para construcción en Zona de Policía y cruces de los cauces u ocupación del Dominio Público Hidráulico (DPH) por parte de la autoridad competente.

El segundo aspecto es el análisis del drenaje de la superficie que ocuparán las posibles actuaciones, analizando el riesgo de inundaciones puntuales causada por la precipitación y la topografía, y el planteamiento de actuaciones de mejora y/o resolución de problemas del drenaje natural.

Este estudio se redacta con la finalidad de caracterizar el riesgo de inundación en los terrenos que ocupará la futura planta incluyendo la identificación y definición de posibles cauces. Para esta definición se tiene en cuenta toda la información disponible como son las distintas cartografías oficiales, información GIS del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (en adelante MITECO) y fotografías tanto actuales como históricas.

En el tratamiento de los posibles cauces se debería tener en cuenta aquellos que tengan carácter público y los que pudieran considerarse como privados analizando su integración en la implantación de la planta fotovoltaica ya que, esta infraestructura para la que no se prevén movimientos significativos de tierras que modifiquen la configuración del terreno, es permeable permitiendo el proceso de escorrentía superficial en las mismas condiciones que se realiza en la actualidad, evitando disponer elementos incompatibles con la inundación en los puntos bajos y proponiendo los elementos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento.

Uno de los aspectos que se precisa estudiar es la caracterización del régimen de lluvias del emplazamiento y evaluar el riesgo frente a inundaciones debidas a fenómenos de elevadas precipitaciones, facilitando de esta manera la definición bien de elementos de protección, bien de las medidas a adoptar necesarias para su prevención durante la construcción y explotación o mantenimiento.

El alcance de los trabajos necesarios deberá considerar lo recogido en la normativa vigente (principalmente el *Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica*

el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 abril y revisiones posteriores) y la práctica habitual establecida para este tipo de tramitaciones por parte de la administración competente.

El objeto del presente informe será, por tanto, dar respuesta a las cuestiones planteadas según el siguiente alcance:

- Caracterización del emplazamiento.
- Obtención de precipitaciones de cálculo.
- Determinación de caudales de diseño o comprobación.
- Simulación hidráulica.
- Análisis de resultados. Conclusiones y Recomendaciones.

Se analizarán con detalle los períodos de retorno de 5 años, que podría asociarse a la delimitación del DPH quedando del lado de la seguridad con relación a la definición de la máxima crecida ordinaria, y 10, 100 y 500 años para caracterizar el riesgo de inundación de este emplazamiento. Dado que no se identifica un cauce definido como tal en los terrenos destinado a la planta fotovoltaica se plantea un análisis del proceso de escorrentía en los propios terrenos.

Los valores de precipitación máxima en 24 h para los períodos de retorno considerados se obtienen de la publicación *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* editada por el Ministerio de Fomento y se contrastan con la información facilitada por estaciones pluviométricas cercanas.

La determinación de los caudales de diseño se realiza siguiendo la formulación propuesta en la actual *Norma 5.2.-I.C. Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras* de 5 de junio de 2018, con un campo de aplicación a cuencas de hasta 3.000 Km^2 y tiempos de concentración comprendidos entre 0,25 h y 24h. Los caudales se podrán contrastar u obtener en caso de ser posible a partir de datos oficiales del MITECO a partir de la capa de caudales máximos en distintas cuencas o el programa informático CAUMAX.

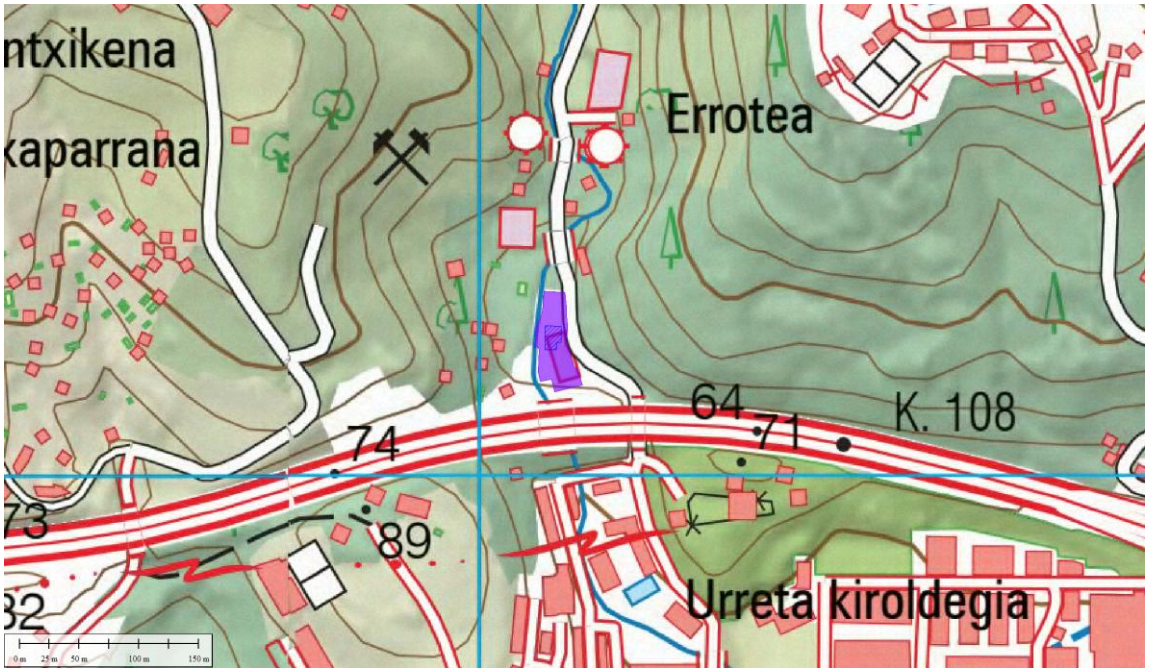
Además de las publicaciones ya indicadas, este estudio contempla los aspectos de aplicación de las siguientes guías publicadas por el que actualmente se denomina Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

- *Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.*
- *Guía técnica de apoyo a la aplicación del reglamento del dominio público hidráulico en las limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables de origen fluvial.*
- *Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los mapas de riesgo de inundación.*

2 ANÁLISIS DEL EMPLAZAMIENTO

Con el objetivo de caracterizar y delimitar correctamente las cuencas de aportación para el desarrollo del posterior estudio hidrológico, se procede al análisis de la información topográfica oficial disponible con la finalidad de facilitar la identificación de las posibles aportaciones de procedencia externa a los terrenos objeto de estudio.

A continuación se muestra la ubicación sobre el plano topográfico a escala 1:25.000 y sobre ortofotos actuales.



Emplazamiento BESS Arpide. Topografía 1:25.000.

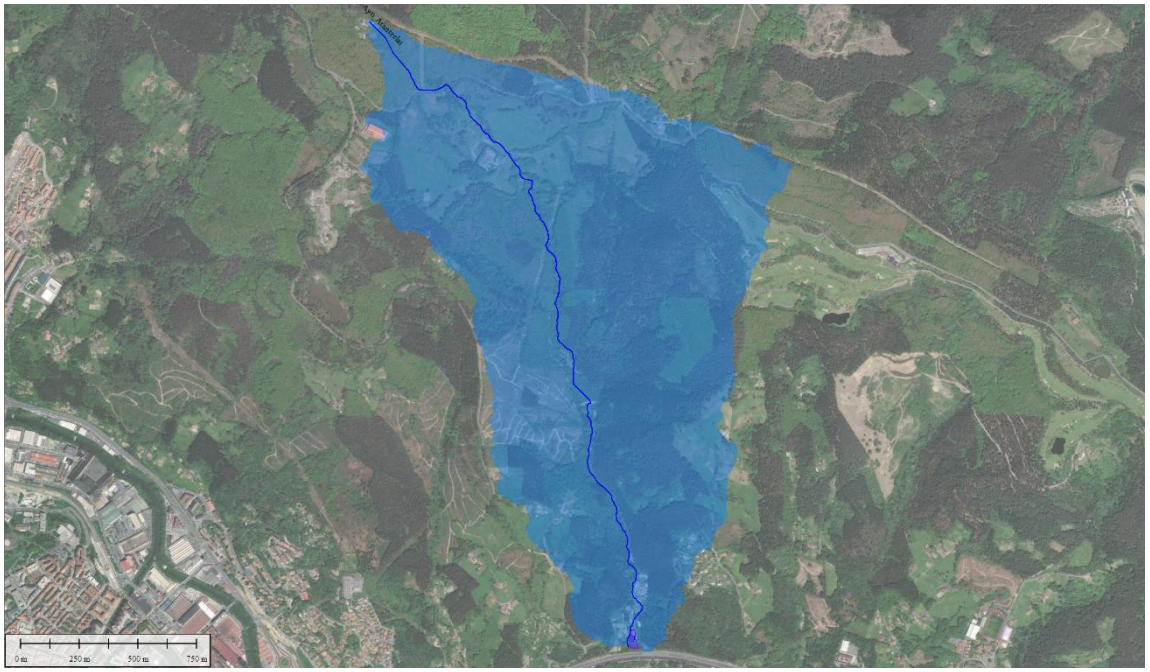
Emplazamiento BESS Arpide. Definición de cauces según MDT del IGN sobre ortofoto.

En las imágenes se observa la principal vía de drenaje de esta zona constituida por el arroyo Arantzelai que recorre el emplazamiento de norte a sur, complementado con pequeñas vaguadas, si bien el cauce discurre entre construcciones ya consolidadas.

Dada la extensión de la cuenca de aportación se ha procedido al análisis de la información topográfica existente, principalmente en los planos a escala 1:50.000, 1:25.000 y datos del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea). La definición se ha realizado a partir de herramientas específicas que facilitan los programas GIS partiendo de los modelos digitales del terreno (MDT) con malla 2,0 m x 2,0 m y de 5,0 m x 5,0 m.

Hay que destacar que la escala o precisión de la información empleada se considera suficiente para la caracterización de las cuencas vertientes, si bien puede mostrar algún error o incoherencia si se requiere una escala menor o un mayor detalle para el trabajo en cuestión.

La siguiente imagen muestra la delimitación resultante de la cuenca identificada.



Delimitación de cuenca vertiente.

Las principales características físicas de esta cuenca se resumen en la siguiente tabla:

Cuenca	Superficie (Km^2)	Longitud cauce (Km)	Cota máxima (m)	Cota mínima (m)	Pendiente media (m/m)
Ayo_Arantzelai	2.69	3.32	474.0	55.0	0.126

3 ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO

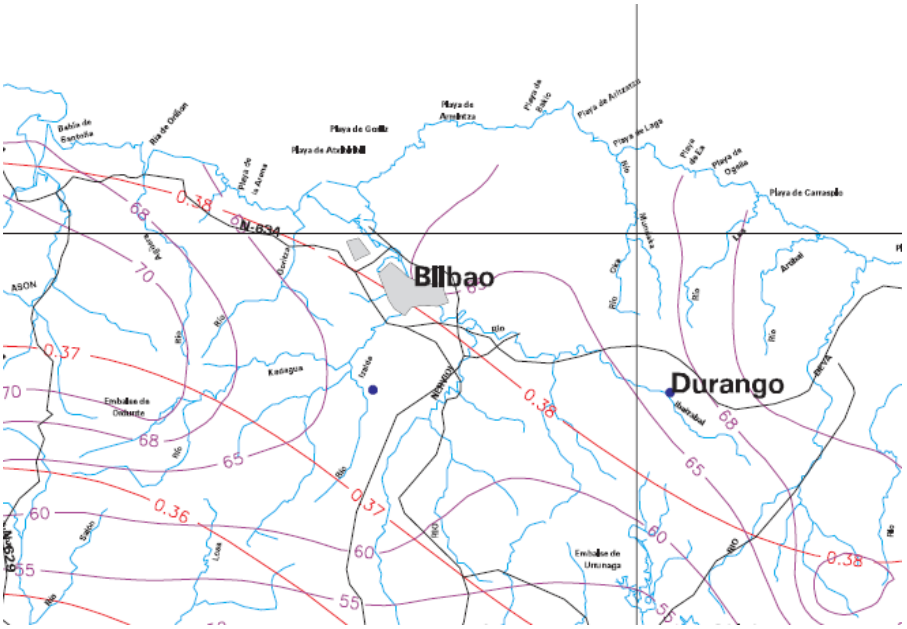
Los valores de precipitación máxima en 24 h para los períodos de retorno considerados son, obtenidos de la publicación *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* editada por el Ministerio de Fomento.

En dicha publicación se resume el proceso de análisis de datos pluviométricos de distintas estaciones distribuidas por el territorio peninsular seguido para la obtención de un mapa de curvas, a partir del cual es posible determinar la máxima precipitación diaria en cualquier punto de la península. Este mapa facilita dos valores, el valor medio de la precipitación P y un segundo valor regional del coeficiente de variación Cv complementado con los correspondientes cuantiles K_T.

De este modo el proceso se resume en ubicar en el mapa el punto objeto de estudio obteniendo los valores de P y Cv. Con el valor de Cv se determinan los valores correspondientes a los distintos cuantiles KT facilitados en dicha publicación según el período de retorno considerado, obteniendo finalmente la precipitación buscada según:

$$P_T=P*K_T$$

A continuación se muestra el mapa correspondiente a la zona objeto de estudio, y la tabla con los cuantiles necesarios para la obtención de las precipitaciones de cálculo.



Mapa de la publicación Máximas Precipitaciones diarias en la España Peninsular para la zona analizada.

	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
C_v	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

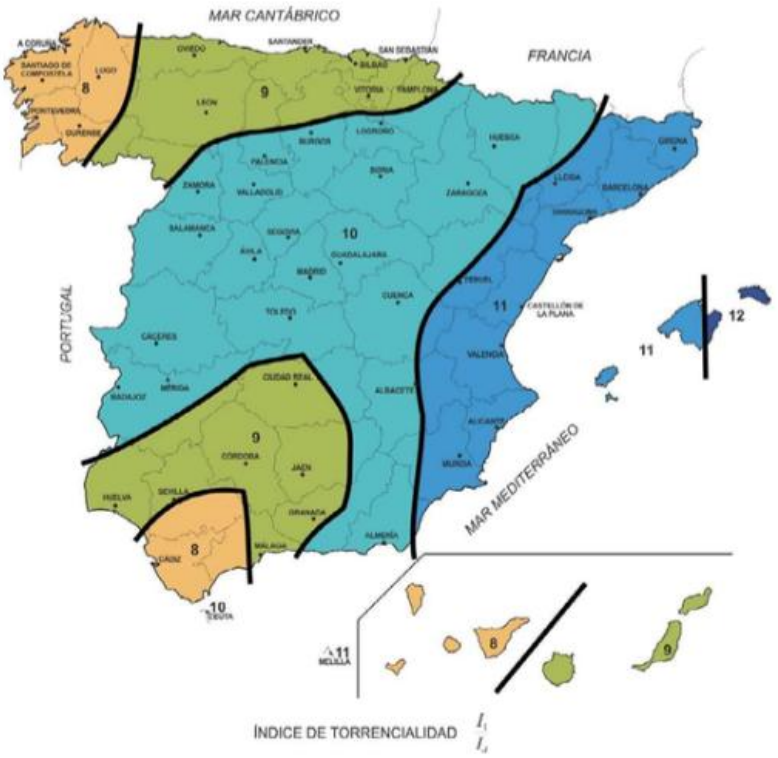
Tabla 7.1 - Cuantiles Y_t ,de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Las precipitaciones máximas en 24 h obtenidas para la zona de estudio son:

P	C_V			
65	0.38			
	5 años	10 años	100 años	500 años
K_T	1.240	1.469	2.327	3.014
Precipitación	80.6	95.49	151.26	195.91

3.1 CURVAS IDF. HIETOGRAMAS

A partir de la fórmula indicada a continuación se determina la intensidad en mm/h para las duraciones de tormenta estimadas, adoptando el valor I_1/I_d =9 indicado en la citada norma.

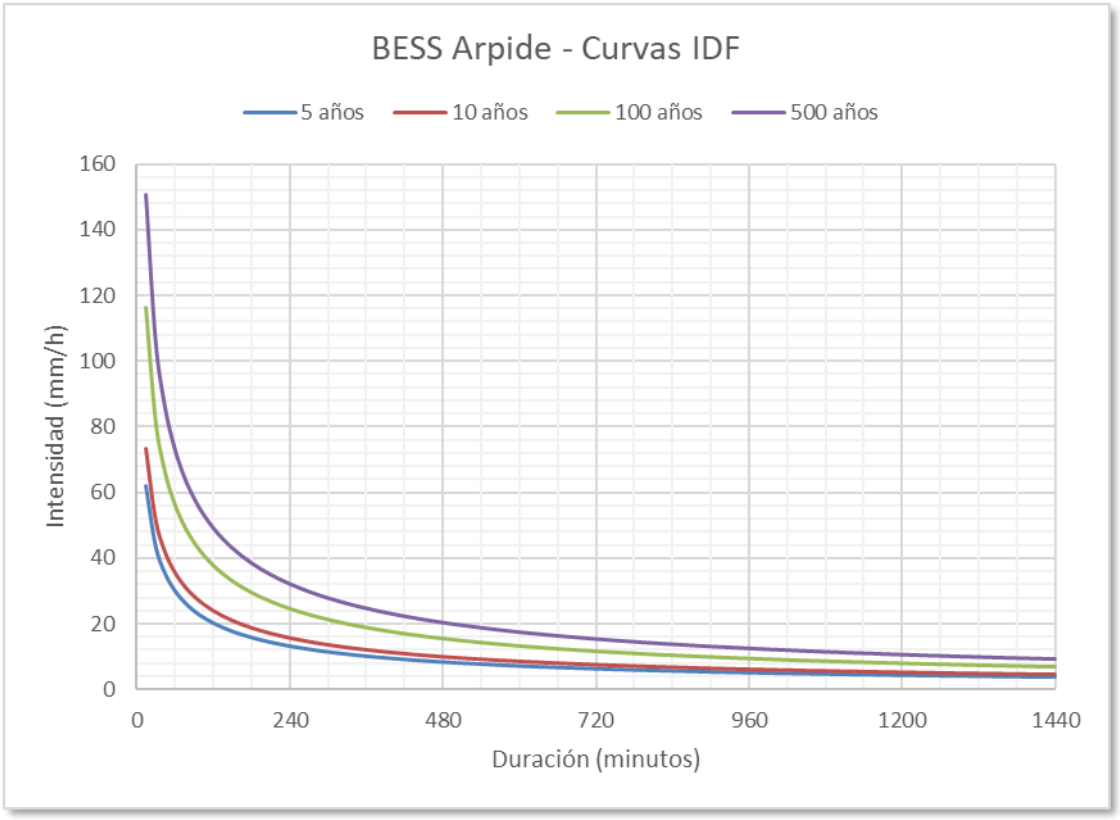


$$I(T,t) = I_d \cdot F_{\text{int}}$$

Donde Id es la intensidad media diaria para el período de retorno considerado y Fint un factor de intensidad determinado a partir de información de pluviógrafos existentes con registro continuo y una extensión suficiente de años, o bien a partir de la formulación indicada en la Norma que se muestra a continuación.

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3{,}5287 - 2{,}5287\, t^{0{,}1}}$$

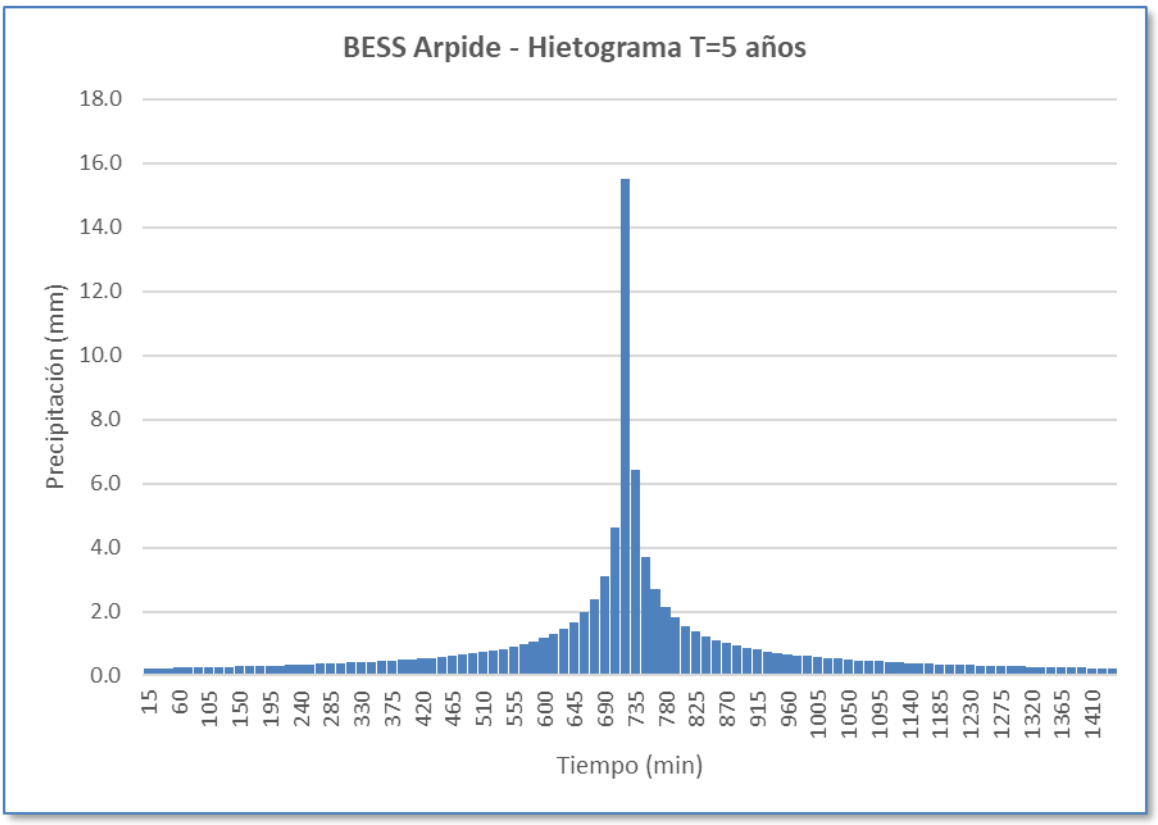
Esta formulación facilita la elaboración de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) que caracterizan los eventos de precipitación para los distintos períodos de retorno en las cuencas objeto de estudio.

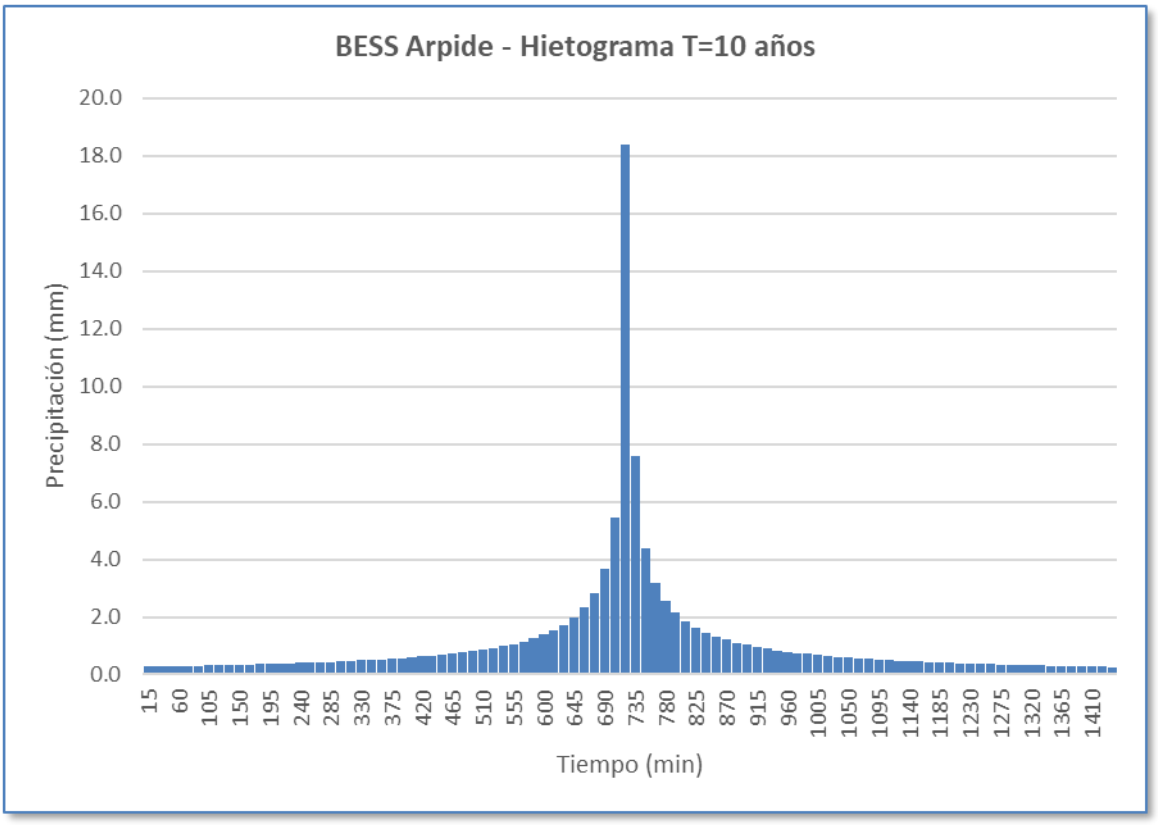


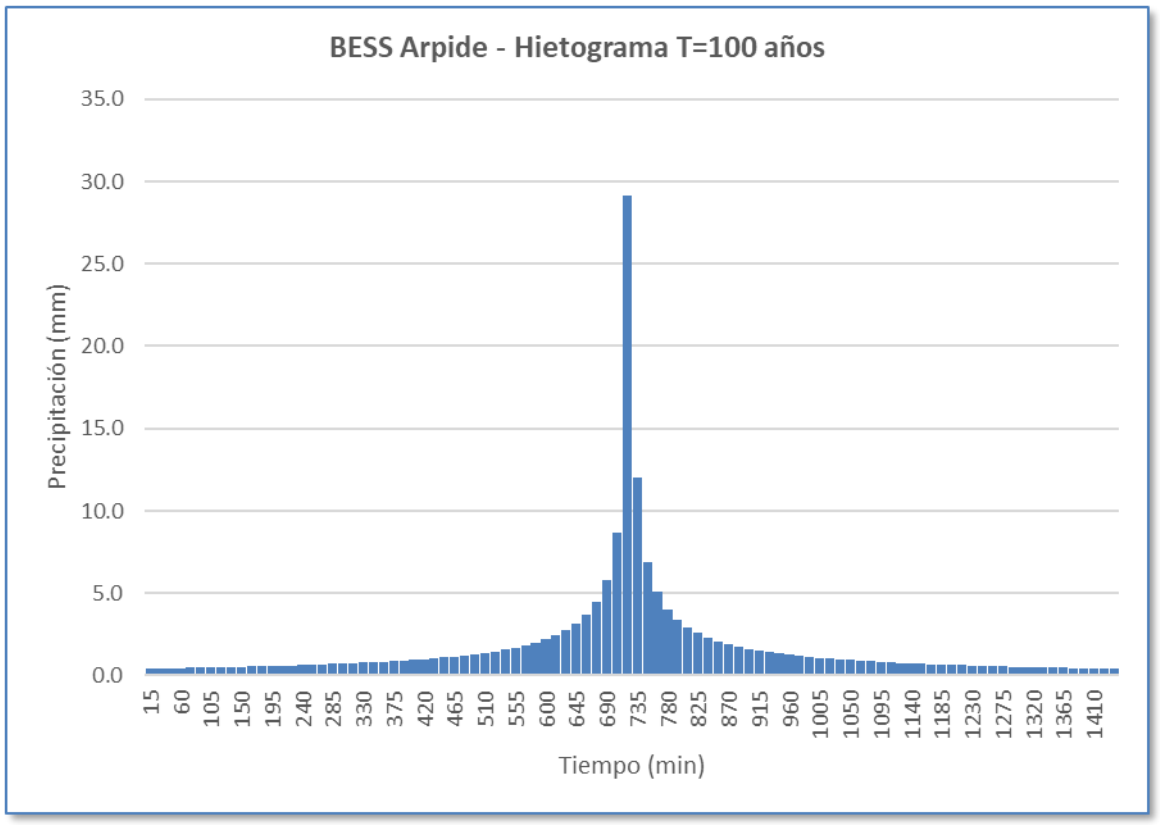
Curvas IDF

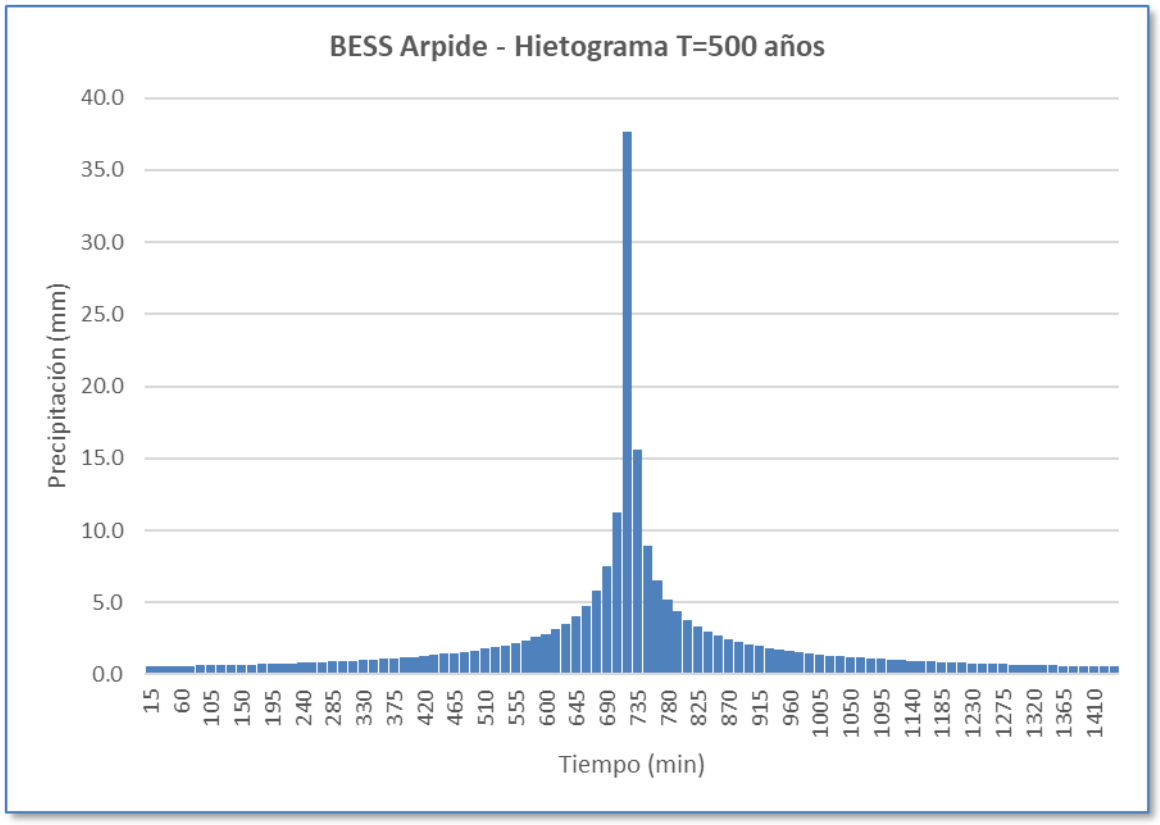
A partir de las curvas IDF se pueden desarrollar los hietogramas de diseño y/o comprobación para los distintos períodos de retorno.

Siguiendo la metodología de bloques alternos, con intervalos de tiempo de 15 minutos, y considerando el evento de precipitación de 24 horas de duración, se obtiene el hietograma correspondiente a 5, 10, 100 y 500 años de período de retorno para cada una de las cuencas estudiadas. A continuación se representan los hietogramas correspondientes a la zona objeto de estudio.


BESS Arpide - Hietograma T=5 años
Precipitación (mm)
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
15 60 105 150 195 240 285 330 375 420 465 510 555 600 645 690 735 780 825 870 915 960 1005 1050 1095 1140 1185 1230 1275 1320 1365 1410
Tiempo (min)


BESS Arpide - Hietograma T=10 años
Precipitación (mm)
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
15 60 105 150 195 240 285 330 375 420 465 510 555 600 645 690 735 780 825 870 915 960 1005 1050 1095 1140 1185 1230 1275 1320 1365 1410
Tiempo (min)


BESS Arpide - Hietograma T=100 años
Precipitación (mm)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
15 60 105 150 195 240 285 330 375 420 465 510 555 600 645 690 735 780 825 870 915 960 1005 1050 1095 1140 1185 1230 1275 1320 1365 1410
Tiempo (min)


BESS Arpide - Hietograma T=500 años
Precipitación (mm)
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
15 60 105 150 195 240 285 330 375 420 465 510 555 600 645 690 735 780 825 870 915 960 1005 1050 1095 1140 1185 1230 1275 1320 1365 1410
Tiempo (min)

4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene por finalidad el establecimiento de los caudales máximos de avenida, correspondientes a los períodos de retorno de 5, 10, 100 y 500 años, en los tramos de los arroyos identificados en este estudio, prestando especial atención a los escenarios correspondientes a 5 años de período de retorno para la estimación del DPH, y 10, 100 y 500 años para el análisis del riesgo de inundación.

Para el cálculo se emplearán métodos hidrométricos, que son actualmente los más utilizados para la determinación de avenidas y que simulan el proceso precipitación-escorrentía mediante modelos determinísticos que requieren fundamentalmente dos grupos de datos de entrada: los datos pluviométricos y las características físicas e hidrológicas de la cuenca considerada.

La determinación de los caudales de diseño se realiza siguiendo la formulación propuesta en la actual *Norma 5.2.-I.C. Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras* de 5 de junio de 2018, con un campo de aplicación a cuencas de hasta 3.000 Km^2 y tiempos de concentración comprendidos entre 0,25 h y 24h.

Esta nueva versión de la conocida Norma actualiza el proceso de cálculo y estimación de parámetros, e introduce en esta ocasión una corrección sobre los caudales calculados en la zona del levante español.

Así pues, este estudio considera los siguientes aspectos, algunos ya desarrollados total o parcialmente en apartados anteriores:

- Caracterización de la cuenca.
- Estudio pluviométrico.
- Cálculo de caudales de avenida mediante modelos transformación precipitación-escorrentía.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS

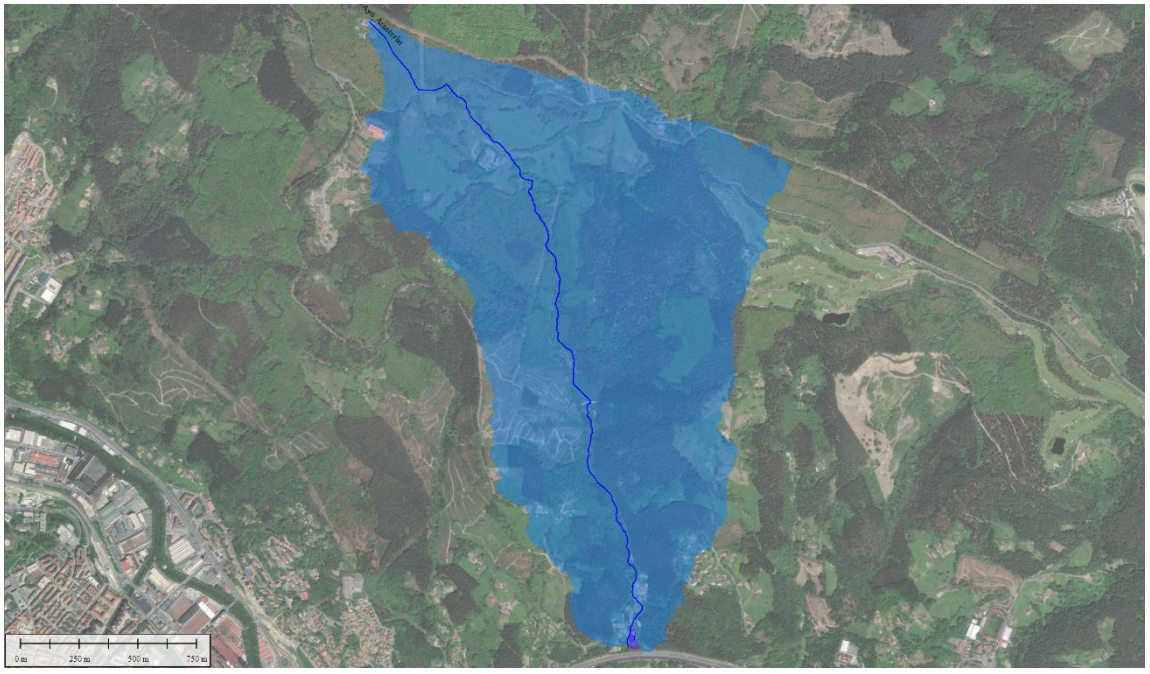
La caracterización de las distintas cuencas contempla tanto la definición geométrica (superficie, pendiente, etc.) como de los usos del suelo con la finalidad de obtener los principales parámetros que intervienen en la determinación de los caudales y volúmenes de avenida.

Como documentación de partida se analiza toda la información topográfica disponible tanto la elaborada para el proyecto como la procedente de otras fuentes, como por ejemplo, el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) obtenida mediante tecnología Lidar.

Para la zona objeto de estudio existe información bastante detallada que permite elaborar modelos digitales del terreno con precisión suficiente para la determinación de cuencas vertientes.

Además de la información topográfica se determina los usos actuales del suelo, procediendo a comprobar su clasificación en el marco del proyecto europeo Corine Land Cover. Esta información es importante ya que la determinación del umbral de escorrentía para el cálculo de caudales según la nueva Norma de Drenaje está coordinada con los usos del suelo de este proyecto.

La siguiente imagen muestra la delimitación resultante de la cuenca identificada.



Delimitación de cuenca vertiente.

Las principales características físicas de esta cuenca se resumen en la siguiente tabla:

Cuenca	Superficie (Km^2)	Longitud cauce (Km)	Cota máxima (m)	Cota mínima (m)	Pendiente media (m/m)
Ayo_Arantzelai	2.69	3.32	474.0	55.0	0.126

La delimitación se realiza considerando el objetivo de obtención de caudales y modelización hidráulica.

El parámetro con especial importancia en la determinación de caudales y/o hidrogramas es el tiempo de concentración de las cuencas. Se propone la formulación recomendada en el manual de drenaje para este tipo de cuencas:

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

Donde $\mathbf{t_e}$ es el tiempo de concentración en horas, **L** la longitud del cauce en kilómetros y $\mathbf{J_e}$ la pendiente media del cauce principal (m/m).

Como derivada de este tiempo, el método del SCS para la transformación de precipitación en escorrentía y determinación de hidrogramas, precisa el denominado tiempo de retardo o $\mathbf{t_{lag}}$, cuyo valor se estima en 0,6$\mathbf{t_c}$. La siguiente tabla muestra los valores de estos tiempos.

Cuenca	Tc (h)	Tc (min)	Tlag (min)
Ayo_Arantzelai	1.11	66.43	39.86

En último lugar se analiza el uso del suelo en situación actual con el objeto de determinar el umbral de escorrentía. Para su definición la norma propone una clasificación regional considerando la zona en grupo hidrológico C caracterizado por un drenaje imperfecto.

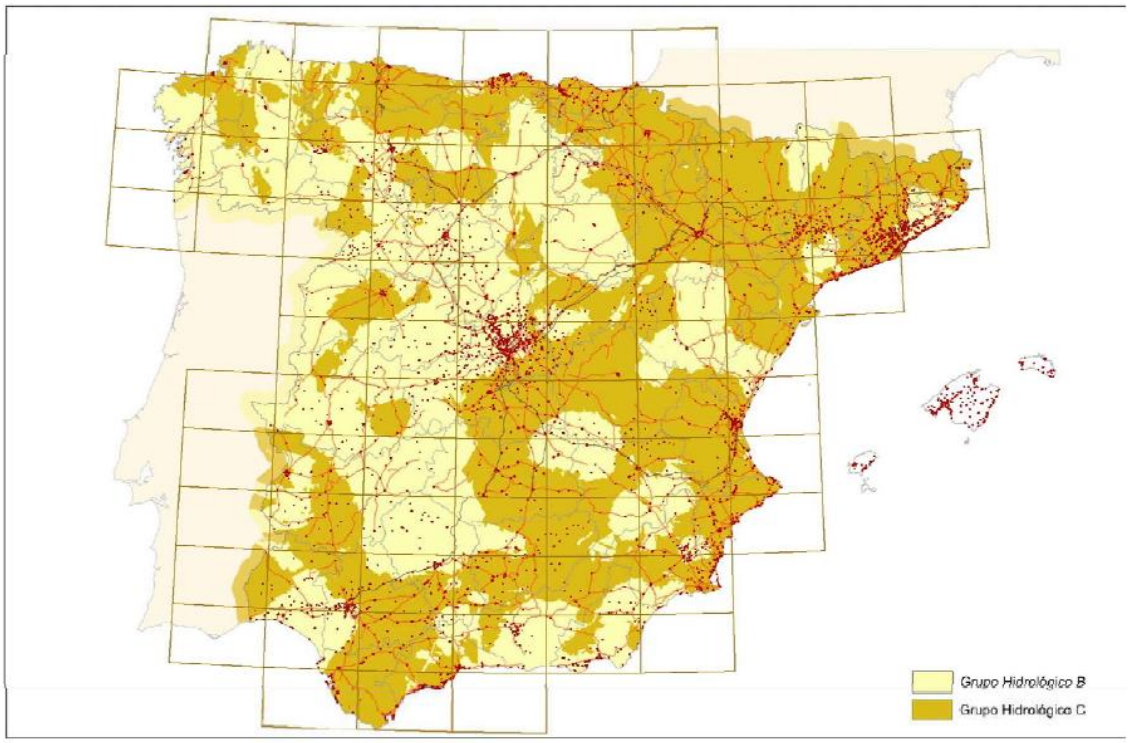
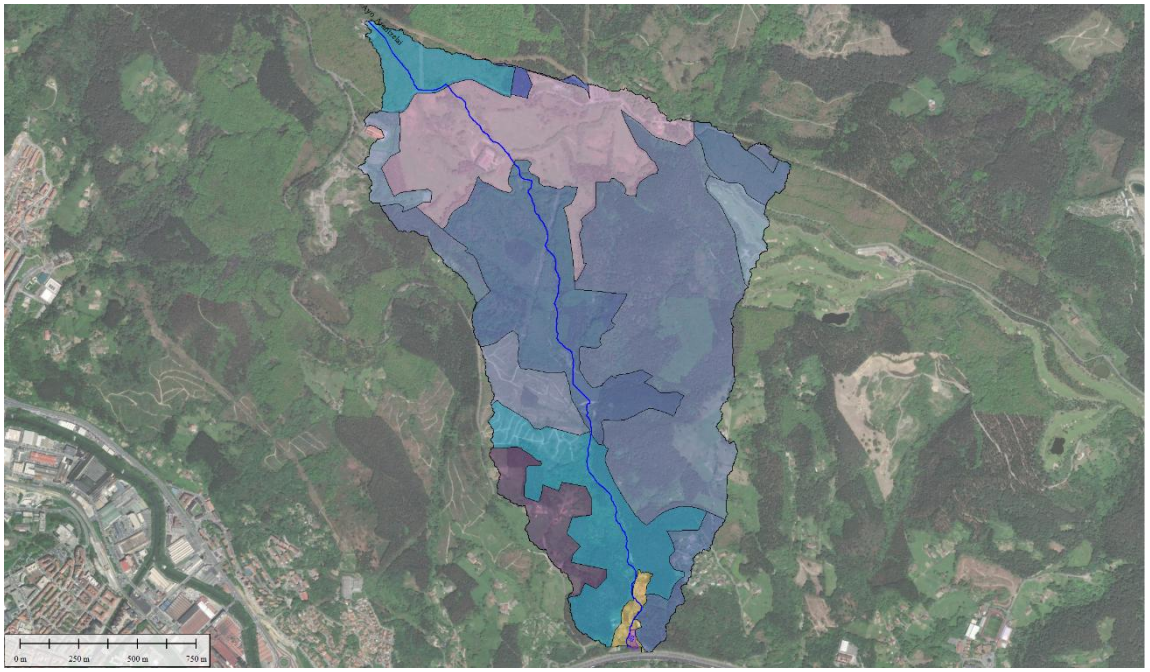


FIGURA 2.7.- MAPA DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO

Con relación a los usos del suelo actuales, el proyecto Corine Land Cover clasifica el uso del suelo según la imagen y la tabla que se muestran a continuación.



Delimitación de cuenca vertiente. Usos del suelo.

Uso suelo		Ayo_Arantzelai	
Cod.	Descripción	Superficie (km^2)	Po (mm)
1.1.2.	*Tejido urbano discontinuo*	0.024	8.00
1.4.2.	*Instalaciones deportivas/recreativas/golf*	0.104	18.00
2.3.1.	*Prados y Praderas*	0.505	18.00
2.4.3.	*Mosaico cultivos espacios naturales*	0.111	18.00
3.1.1.	*Frondosas*	0.573	31.00
3.1.2.	*Coníferas*	0.950	31.00
3.1.3.	*Bosque mixto*	0.013	31.00
3.2.4.	*Matorral boscoso*	0.415	22.00
		Po global	**25.94**

Norma 5.2.IC valores del umbral de escorrentía P_0.

Considerando el reparto de superficies asociadas a cada uso del suelo y despreciando en este caso el incremento que supone incorporar el olivar el umbral de escorrentía inicial adoptado para la cuenca es:

Umbral de escorrentía inicial	
Cuenca	**P_0 (mm)**
Ayo_Arantzelai	25.94

Conviene destacar además que este umbral de escorrentía representaría además el comportamiento una vez construida la infraestructura proyectada por su poca o nula afección a la superficie de la cuenca. (terrenos con poca vegetación y/o praderas naturales).

La Norma 5.2.IC clasifica la Península en distintas regiones para las que se adoptan diferentes factores correctores del umbral de escorrentía según el período de retorno considerado. La parcela objeto de estudio se encuentra en la región 13, para la que el factor de corrección del umbral de escorrentía presenta un valor medio de 0,60, valor al que habría que aplicar el coeficiente para cada período de retorno, que en el caso de 10 años es 1. Los caudales mayores se obtienen según la formulación indicada en dicha Norma.

FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55

4.2 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Para la determinación de los caudales de avenida o de diseño de la red de drenaje se propone emplear el método racional ampliamente empleado y sancionado por la experiencia para este tipo de infraestructuras. En este caso el modelo utilizado está basado en la formulación propuesta en la actual *Norma 5.2.-I.C. Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras* de 5 de junio de 2018.

Este método considera el efecto de no uniformidad de las lluvias además de una adecuada estimación del coeficiente de escorrentía.

El caudal máximo Q, expresado en m^3/s se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{3.6} K$$

obteniéndose los resultados que se reflejan en los siguientes cuadros.

A partir del uso del suelo se determina el valor del coeficiente de escorrentía mediante la formulación incluida en la normativa española:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right)\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

Donde C es el coeficiente de escorrentía, P_d la precipitación diaria para el período de retorno considerado, P_0 el umbral de escorrentía corregido para los distintos períodos de retorno y K_A un coeficiente reductor por superficie obtenido según:

Si A < 1 km²	$K_A = 1$
Si $A \geq 1$ km²	$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$

La determinación de la intensidad de cálculo se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287 - 2,5287\, t^{0,1}}$$

El tiempo de concentración se obtiene según:

$$t_c = 0{,}3 \cdot L_c^{\,0,76} \cdot J_c^{\,-0,19}$$

Donde t_c es el tiempo de concentración en horas, L_c la longitud del cauce principal en Km y J_c la pendiente media del cauce.

El coeficiente de uniformidad K, cuyo valor depende exclusivamente del tiempo de concentración Tc, responde a la siguiente expresión:

$$K = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$$

En los siguientes cuadros se muestran los datos necesarios, así como el proceso seguido para la obtención de los caudales máximos:

Cuenca	Superficie (Km^2)	Longitud cauce (Km)	Cota máxima (m)	Cota mínima (m)	Pendiente media (m/m)	Tiempo de concentración (h)	Coeficiente uniformidad	Coeficiente reductor
Ayo_Arantzelai	2.69	3.32	474.0	55.0	0.126	1.11	1.075	0.971

La precipitación máxima en 24 horas estimada para distintos períodos de retorno es:

Precipitación máxima 24 horas

	Período de Retorno			
Cuenca	5 años	10 años	100 años	500 años
Cuenca completa	80.60	95.49	151.26	195.91

Una vez aplicado el coeficiente reductor por área las precipitaciones de cálculo son:

Precipitación areal por subcuencas

	Período de Retorno			
Cuenca	5 años	10 años	100 años	500 años
Ayo_Arantzelai	78.29	92.75	146.92	190.29

El umbral de escorrentía inicial y corregido para la cuenca es:

Umbral de escorrentía inicial

Cuenca	P_0 (mm)
Ayo_Arantzelai	25.94

Umbral de escorrentía

Coef. Corrector Bm	0.60

	5 años	10 años	100 años	500 años
Coef. Corrector Ft	0.90	1.00	1.34	1.55

Cuenca	5 años	10 años	100 años	500 años
Ayo_Arantzelai	14.01	15.56	20.85	24.12

El coeficiente de escorrentía y los valores de la intensidad media obtenidos según la formulación indicada son:

Coeficiente de escorrentía C

	Período de Retorno			
Cuenca	5 años	10 años	100 años	500 años
Ayo_Arantzelai	0.48	0.50	0.56	0.60

Intensidad media

	Período de Retorno			
Cuenca	5 años	10 años	100 años	500 años
Ayo_Arantzelai	27.73	32.86	52.05	67.41

Los caudales obtenidos para los distintos períodos de retorno son:

Caudal máximo Racional (m^3/s) - Situación actual

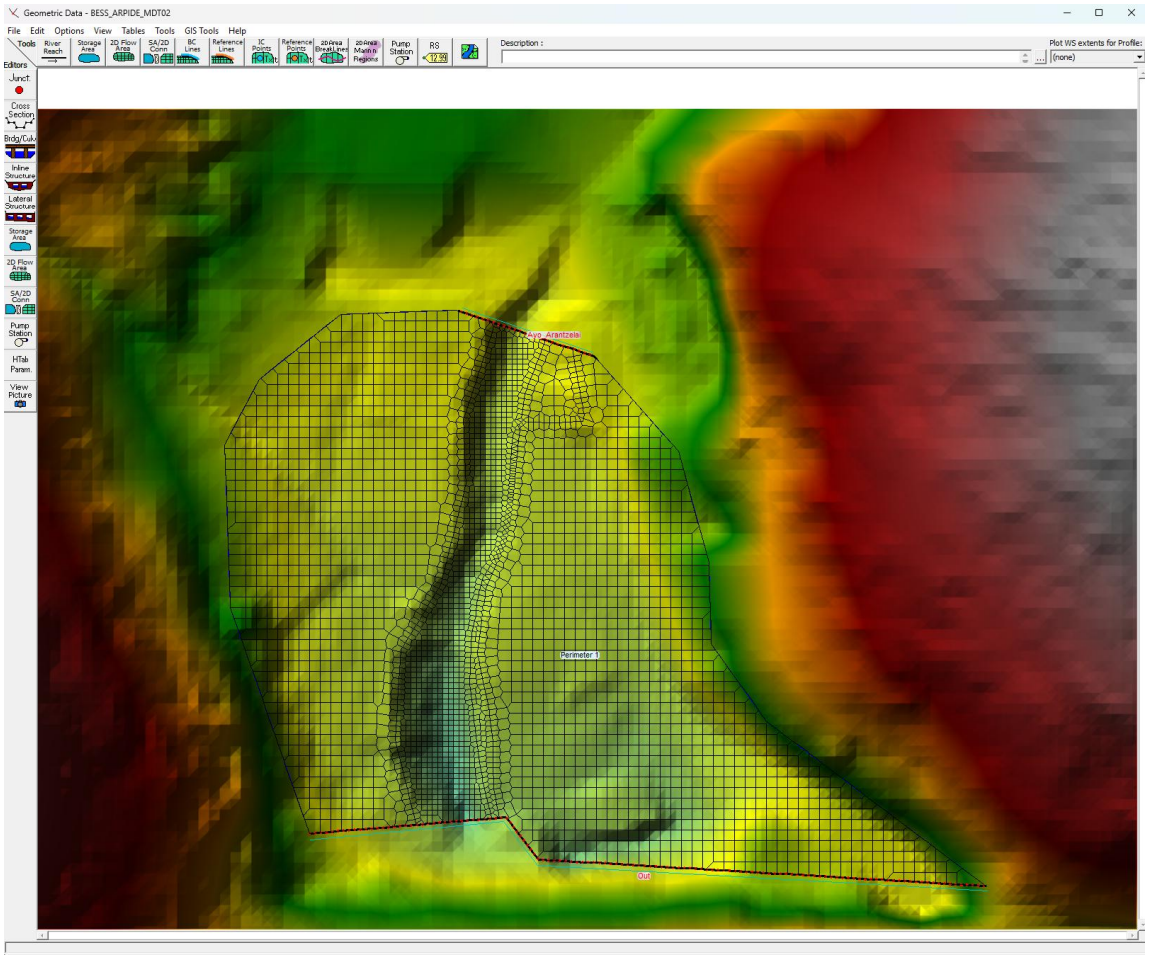
	Período de Retorno			
Cuenca	5 años	10 años	100 años	500 años
Ayo_Arantzelai	10.64	13.20	23.36	32.35

5 ESTUDIO HIDRÁULICO

El estudio hidráulico analiza el riesgo de inundación en situación actual partiendo de la topografía original y los caudales de cálculo resultantes del estudio hidrológico en los puntos de interés por su proximidad a los cauces identificados.

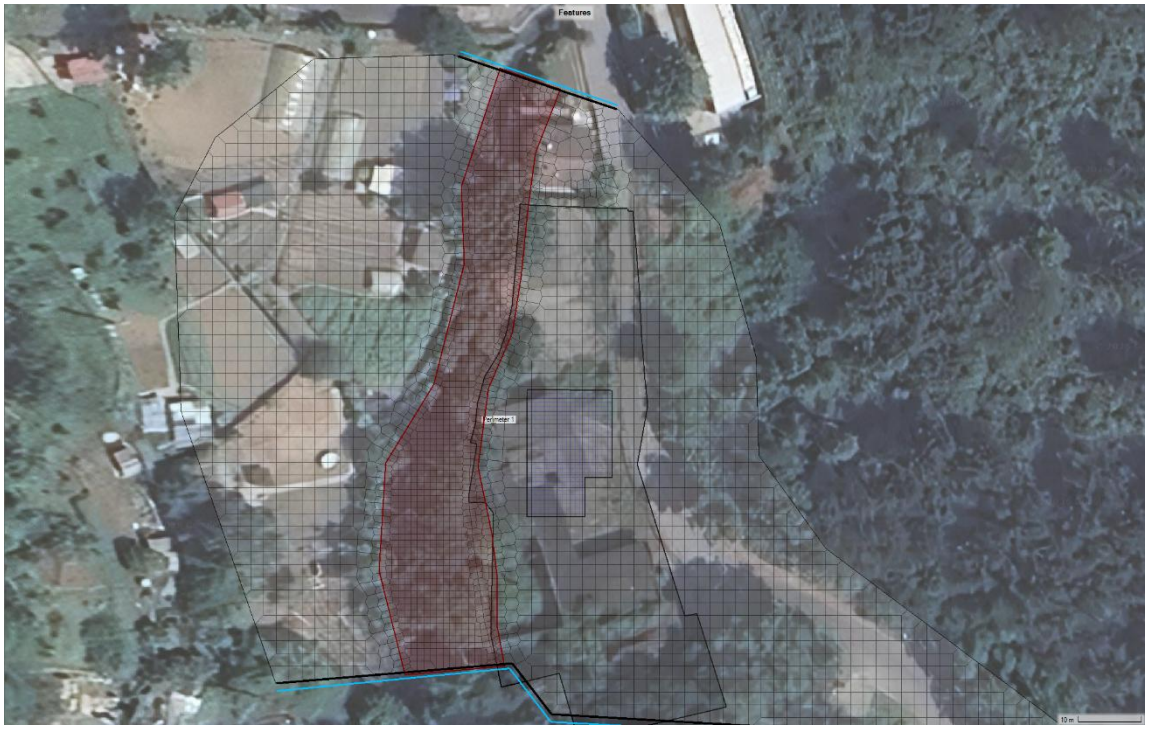
La simulación hidráulica se realiza con el software HEC-RAS v6.5 utilizando el módulo de análisis bidimensional, considerando esta elección acertada dadas las características del emplazamiento.

Los caudales de cálculo constituyen el principal dato de entrada junto con la geometría o topografía actual. En el desarrollo del modelo se localizan las entradas con aporte de caudal propio. El modelo digital del terreno considera la información facilitada por el IGN (MDT, Lidar, etc.) y los datos tomados en campo para la elaboración del proyecto.



Esquema del Modelo Hidráulico.

El modelo hidráulico contempla el mallado con igual tamaño en toda el área de inundación, y con más detalle la zona correspondiente al cauce.



Mallado general y zonas de mayor detalle.

Se adopta un coeficiente de rugosidad o n de Manning general de 0,06 correspondiente a zonas con matorral o arbolado y considera como condición de contorno de entrada los caudales máximos obtenidos en el estudio hidrológico, y la pendiente del régimen uniforme en la salida coincidente con la pendiente natural del terreno.

Además de realizar un análisis de sensibilidad durante la modelización hidráulica, las condiciones de contorno se distancian de la zona objeto de estudio con la finalidad de garantizar que no afectan a los resultados obtenidos.

A continuación se muestran los resultados correspondientes a la línea de máxima inundación y las máximas velocidades alcanzadas en situación actual para los períodos de retorno de interés (5, 10, 100 y 500 años).

Dado que se identifican varios cauces menores en el área de implantación de la planta fotovoltaica se propone desarrollar un modelo de simulación del proceso de escorrentía

partiendo de los hietogramas obtenidos en el estudio pluviométrico y los coeficientes de escorrentía definidos en el proceso de estimación de caudales.

De esta forma, introduciendo como condición de contorno la precipitación para cada uno de los períodos de retorno se podrá analizar el comportamiento en el entorno de las principales vías de drenaje. El análisis del comportamiento de los terrenos ante la precipitación correspondiente a los distintos períodos de retorno se realiza a partir de un modelo bidimensional que contempla toda la superficie de las cuencas de aportación a los terrenos objeto de estudio.

Los niveles de riesgo según las publicaciones y guías indicadas serían:

- Riesgo alto: T<10 años
- Riego medio: 10 años <T<100 años
- Riesgo bajo: 100 años <T<500 años

Esta clasificación se realiza considerando los aspectos de aplicación de las guías publicadas por el que actualmente se denomina Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

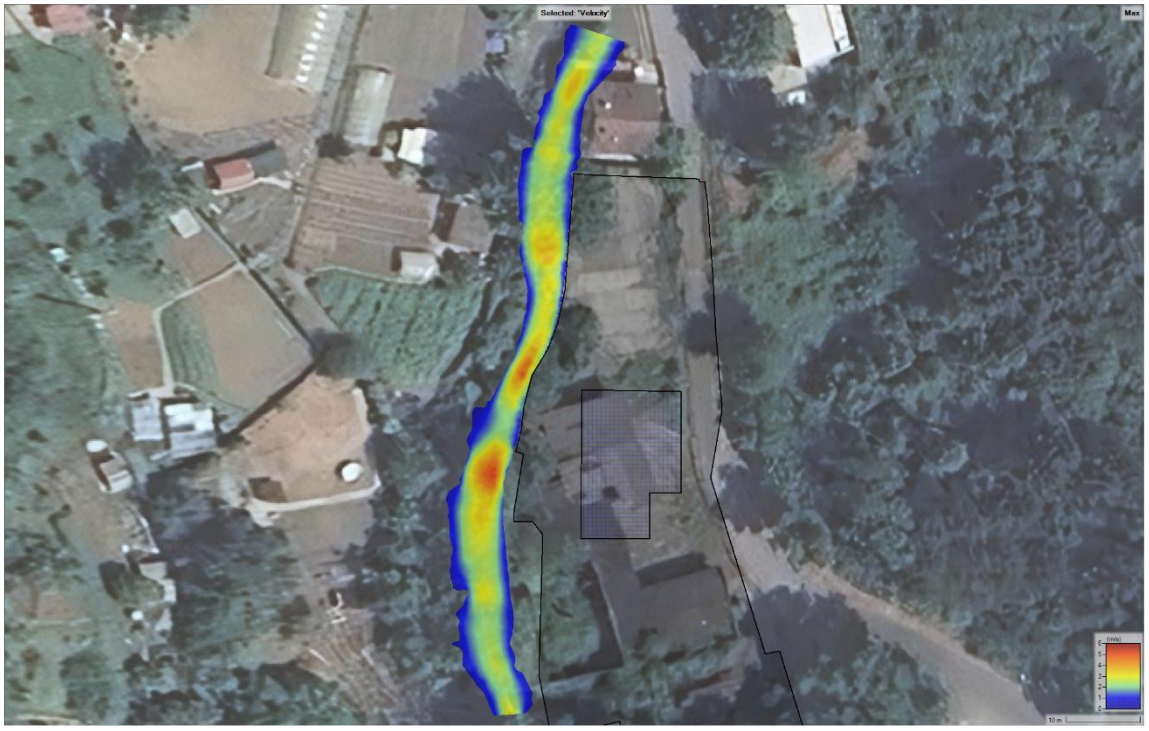
- *Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.*
- *Guía técnica de apoyo a la aplicación del reglamento del dominio público hidráulico en las limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables de origen fluvial.*
- *Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los mapas de riesgo de inundación.*

5.1 SIMULACION HIDRÁULICA.

El análisis del riesgo de inundación se realiza considerando la configuración actual de los cauces.

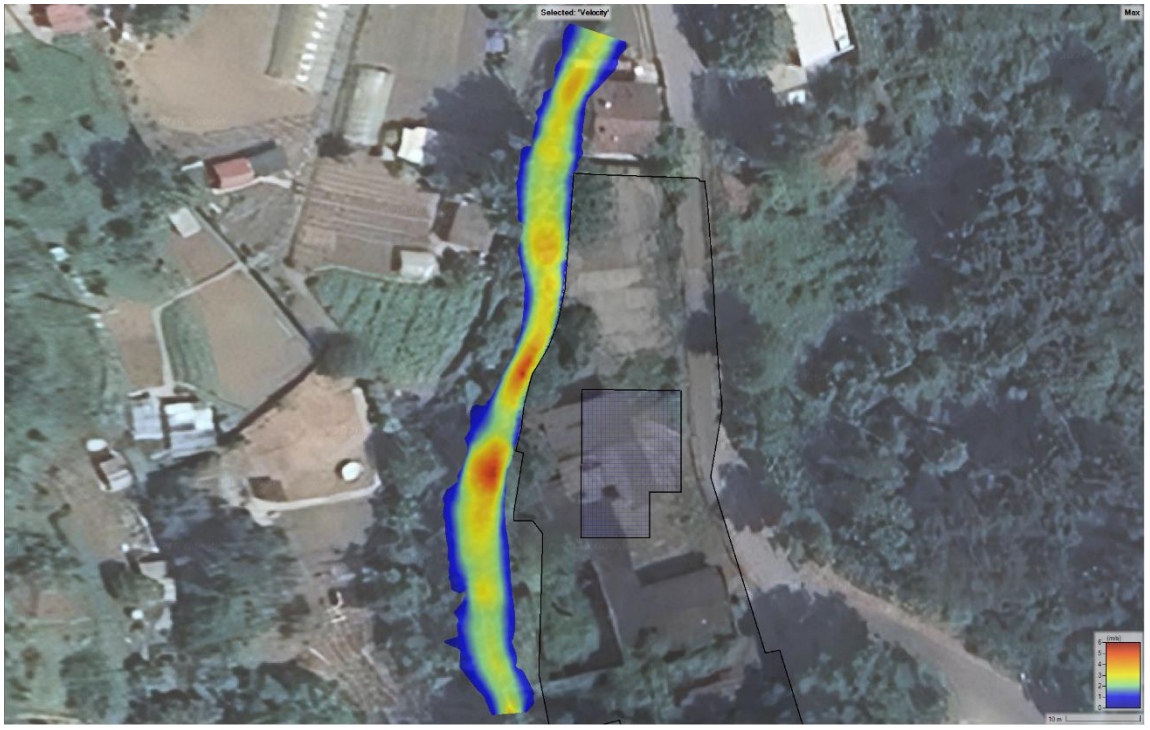
Las siguientes figuras resumen los resultados de la modelización hidráulica para los tramos de los cauces objeto de estudio correspondiente a 5, 10, 100 y 500 años de período de retorno.

Línea de máxima inundación en análisis de riesgo de inundación (T=5 años)



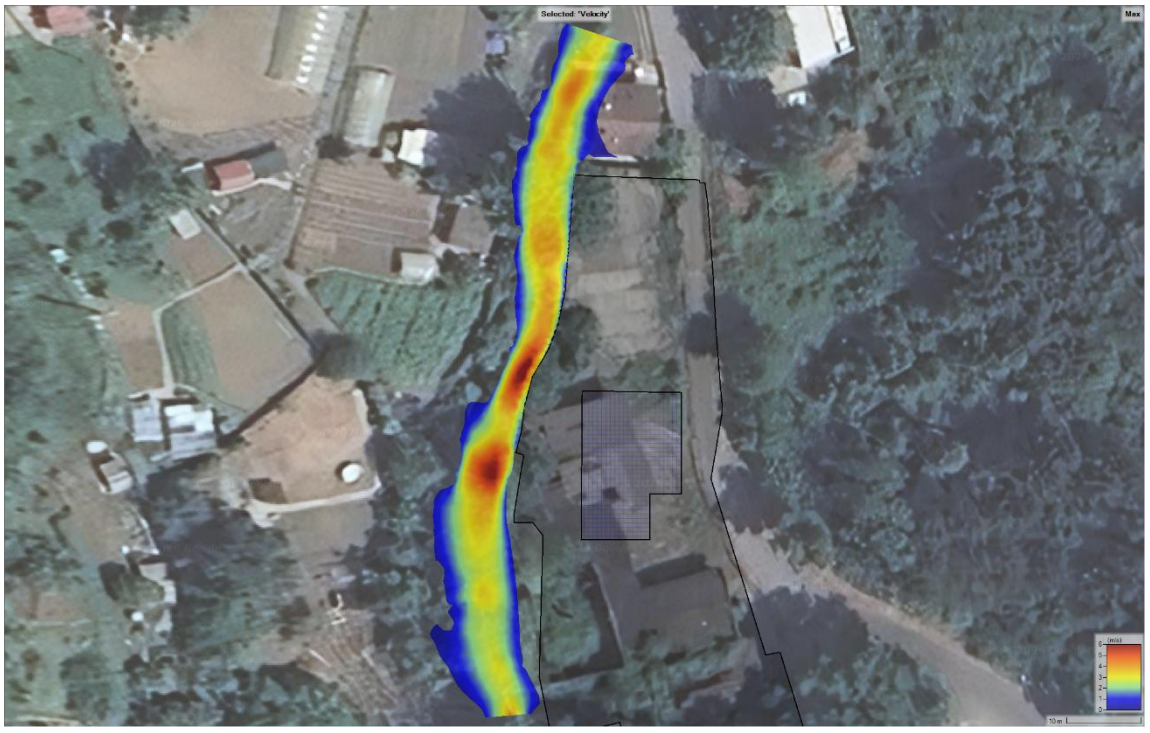
Velocidades máximas alcanzadas en análisis de riesgo de inundación (T=5 años)

Línea de máxima inundación en análisis de riesgo de inundación (T=10 años)



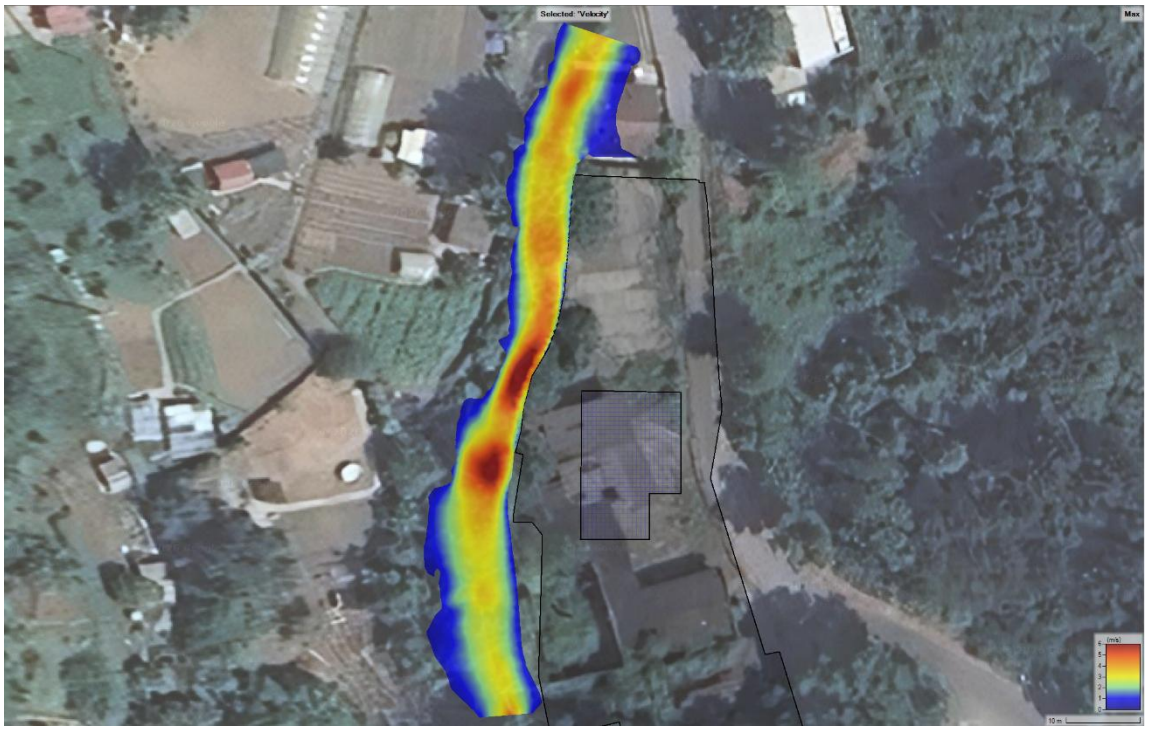
Velocidades máximas alcanzadas en análisis de riesgo de inundación (T=10 años)

Línea de máxima inundación en análisis de riesgo de inundación (T=100 años)



Velocidades máximas alcanzadas en análisis de riesgo de inundación (T=100 años)

Línea de máxima inundación en análisis de riesgo de inundación (T=500 años)



Velocidades máximas alcanzadas en análisis de riesgo de inundación (T=500 años)

El caudal correspondiente a 10 años de período de retorno circula con calados que pueden superar puntualmente 1,5 m de altura y velocidades que podrían llegar a superar los 5,0 m/s.

Considerando el caudal correspondiente a 500 años de período de retorno el calado podría llegar a valores de 2,0 m de altura y velocidades máximas del orden de 6,0 m/s.

5.2 ANÁLISIS ZONA DE FLUJO PREFERENTE

De acuerdo con el artículo 9.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, en las zonas de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía. La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- Que el calado sea superior a 1 m.
- Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s.

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del cauce.

Las siguientes figuras representan el valor del producto calado por velocidad, velocidades y calados para los cauces analizados destacando los límites indicados anteriormente.

Resultados del producto calado por velocidad (V*D) para T=100 años.

Resultados de velocidad para T=100 años.

Resultados de calado para T=100 años.

Zona de Flujo Preferente.

En las imágenes anteriores se puede comprobar que debido a la configuración del terreno y la escasa entidad de la principal vía de desagüe de estos terrenos (Cañada de

Arjona) las zonas con riesgo de graves daños ($V*D>0.5m^2/s$) o con valores de calado o velocidad que superen los valores indicados anteriormente se encuentran restringidas al propio cauce.

6 DELIMITACIÓN DPH. CONTRASTE DE RESULTADOS

La definición del Dominio Público Hidráulico o de cauces privados en su caso debe tener en cuenta, además de los resultados de la simulación hidráulica, otros aspectos como son la topografía, geomorfología, datos históricos, etc. Este contraste se realiza además para la definición del riesgo de inundabilidad.

La siguiente imagen muestra la ubicación de los terrenos sobre la ortofoto más actual.

Ubicación BESS Arpide sobre ortofoto.

Tal y como se puede observar la vía de drenaje analizada se encuentran generalmente definidas a su paso por los terrenos que ocupa este emplazamiento, donde topográfica y geomorfológicamente es posible delimitarlos, salvo en aquellas zonas donde la modificación sufrida hace que no haya un curso de agua preferencial y se produce la circulación difusa obtenida en la modelización. Este aspecto se puede comprobar tanto en la foto más actual como en todas las anteriores disponibles.

Las fotos aéreas más antiguas consultadas se corresponden con el denominado vuelo americano de los años 1956/57, mostrando a continuación la correspondiente a la zona objeto de estudio.

Ubicación BESS Arpide sobre vuelo Americano.

Tal y como se puede comprobar la red de drenaje principal no ha sufrido alteraciones significativas en los últimos 60 años salvo las modificaciones motivadas por el aprovechamiento agrícola de los terrenos y la construcción de nuevas vías de comunicación.

Con relación a la delimitación del DPH, los estudios del CEDEX recogidos en las guías del MITECO estiman una equivalencia de la máxima crecida ordinaria en esta zona con la avenida correspondiente a 2,5 años de período de retorno por lo que la adopción de estudiar el caudal de 5 años quedaría del lado de la seguridad.

En la siguiente imagen se muestra la delimitación del DPH propuesta en base a toda la información indicada.

DPH (sombreado azul), Servidumbre (sombreado marrón) y Policía (sombreado verde).

Independientemente de estos trámites, los terrenos presentan el riesgo de inundación definido en los apartados anteriores, riesgo que deberá tenerse en cuenta en la fase de desarrollo de las actuaciones que pudieran verse afectadas.

7 CONCLUSIONES

Este informe desarrolla el estudio hidrológico e hidráulico para caracterización del riesgo de inundación de los terrenos donde se plantea la construcción de las instalaciones para generación de energía eléctrica denominada BESS Arpide en el término municipal de Galdakao (Bizkaia). El análisis se desarrolla según las metodologías y criterios habituales para este tipo de estudios.

Esta infraestructura para la que no se prevén movimientos significativos de tierras que modifiquen la configuración del terreno, es permeable permitiendo el proceso de escorrentía superficial en las mismas condiciones que se realiza en la actualidad, evitando disponer elementos incompatibles con la inundación en los puntos bajos.

Debido a la configuración del emplazamiento seleccionado, la topografía y la capacidad hidráulica del cauce analizado, la circulación de los posibles caudales en situación de avenida tiene lugar por las zonas definidas. El riesgo de inundabilidad por tanto es bajo, sin representar daños graves tanto a personas como a bienes materiales, salvo los incompatibles con la propia inundación. Los resultados obtenidos se consideran quedan del lado de la seguridad por cuanto existe una presa que regularía los caudales que circulan por el arroyo cuyo efecto no se ha considerado en este estudio.

De los resultados obtenidos se puede concluir con la no interferencia de los terrenos analizados y el proyecto planteado con los límites establecidos para el DPH o zonas de flujo preferente, si bien estas instalaciones se encontrarían en la zona de Policía del arroyo Arantzelai.

El presente documento ha sido redactado por D. David Yuste Martín, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (colegiado nº 18.527).

En Madrid, abril de 2026

David Yuste Martín