Anejo 11. BALSAS

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ANEJO 1
2. LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS 1
2.1 BALSA BAJA 2
2.2 BALSA ALTA 2
3. CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS 3
4. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO 5
5. NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO 6
5.1 BALSA BAJA 7
5.2 BALSA ALTA 9
6. CAPACIDAD Y MOVIMIENTO DE TIERRAS 11
6.1 CAPACIDAD DE LA BALSA 11
6.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS 14
7. ACTIVIDADES 19
7.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS 19
7.2 CAMINO DE CORONACIÓN 19
7.3 IMPERMEABILIZACIÓN DEL VASO 20
7.4 RED DE DRENAJE 20
7.5 ÓRGANOS DE LLENADO, VACIADO Y ALIVIO 21
7.5.1 Órgano de llenado 21
7.5.2 Órganos de vaciado 22
7.5.3 Cuenca de aportación 26
7.5.4 Órgano de alivio 27
8. VALLADO 31
9. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES 31
9.1 ANCHO DE CORONACIÓN 34
9.1.1 Datos de partida 34
9.1.2 Datos de partida 34
9.2 RESGUARDO 35
10. NECESIDAD DE PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA 39
11. JUSTIFICACIÓN DEL AFORAMIENTO PARA RIEGOS FUERA DE CAMPAÑA 40
12. DISEÑO DE ACCESOS Y URBANIZACIÓN DEL ENTORNO DE LA BALSA 41
12.1 RESERVA DE ESPACIOS PARA LIMPIEZA 41
12.2 ACCESO A LAS ARQUETAS DE VÁLVULAS 42

APÉNDICE 1. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA BAJA
APÉNDICE 2. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA ALTA

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA BAJA 4

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA ALTA 5

TABLA 3. FLUJOS SEMANALES DE AGUA EN LA BALSA BAJA 8

TABLA 4. FLUJOS SEMANALES DE AGUA EN LA BALSA ALTA 10

TABLA 5. CUBICAJE DE LA BALSA BAJA 11

TABLA 6. CUBICAJE DE LA BALSA ALTA 12

TABLA 7 VOLUMEN DE DESMONTE Y TERRAPLÉN BALSA ALTA 18

TABLA 8 VOLUMEN DE DESMONTE Y TERRAPLÉN BALSA BAJA 19

TABLA 9 CÁLCULO DE TIEMPO DE VACIADO DE LA BALSA BAJA 24

TABLA 10 CÁLCULO DE TIEMPO DE VACIADO DE LA BALSA ALTA 25

TABLA 11 COEFICIENTES DE SEGURIDAD ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA BALSA BAJA 33

TABLA 12 COEFICIENTES DE SEGURIDAD ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA BALSA ALTA 34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. BALANCE SEMANAL DEL VOLUMEN ACUMULADO EN LA BALSA BAJA 8
GRÁFICO 2. BALANCE SEMANAL DEL VOLUMEN ACUMULADO EN LA BALSA ALTA 10
GRÁFICO 3. VOLUMEN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LLENADO EN LA BALSA BAJA 12
GRÁFICO 4. VOLUMEN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LLENADO EN LA BALSA ALTA 13
GRÁFICO 5. SUPERFICIE DE LA LÁMINA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE AGUA EN LA BALSA BAJA 13
GRÁFICO 6. SUPERFICIE DE LA LÁMINA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE AGUA EN LA BALSA ALTA 14

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto la caracterización de las balsas de regulación de la Comunidad de Regantes Viana I (Navarra), la exposición de los cálculos para su diseño y dimensionamiento, así como el aporte de los datos para justificar la necesidad de Propuesta de Clasificación en base a los criterios recogidos en el la *Guía Técnica para la Clasificación de presas en función del riesgo potencial*, elaborada por la Dirección General de Obras Hidráulicas y actualizada en noviembre de 2021.

2. LOCALIZACIÓN DE LAS BALSAS

La superficie de la zona regable objeto del proyecto asciende a 1.053 ha, divididas en dos redes, alta y baja, por motivos de optimización económica. Por los mismos motivos, derivados del tamaño medio de fincas regables y de unidades, ambas redes se dotan de sendas balsas de regulación.

Las balsas se abastecen de las respectivas estaciones de bombeo alta y baja, cuyo funcionamiento está regulado por la cota máxima y mínima de las balsas.

De las balsas parten las redes de distribución que abastecen a las zonas alta y baja de la presión natural por la diferencia de cota piezométrica.

Además, tienen por objeto la acumulación de agua en los momentos de funcionamiento de los bombeos sin demanda en la red de riego o con caudal de demandado inferior al bombeado, permitiendo el riego a coste mínimo en los momentos en que el coste energético es, igualmente, mínimo.

Los terraplenes son de forma trapezoidal con una anchura de coronación de 5 m y taludes de 3 m en horizontal por 1 m en vertical (3:1) para el talud interior, y de 2 m en horizontal por 1 m en vertical (2:1) para el talud exterior.

El interior de las balsas se impermeabilizará en su totalidad (fondo y taludes) con lámina de polietileno de alta densidad (PEAD) de 1,50 mm de espesor, colocada sobre un geotextil de polipropileno de 260 g/m2.

Se proyecta la construcción de una línea de anclaje de la lámina a lo largo del perímetro de coronación de cada balsa mediante la excavación de una zanja rellena, en su parte inferior, de material seleccionado sobre el que se coloca una pieza de hormigón o bordillo que sirve de pretil de coronación.

La balsa irá provista en su fondo de una red de drenaje constituida por un dren perimetral y otro central que desembocan en un punto de la zona sureste de la balsa.

Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada, de 160 mm de diámetro, alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 260 g/m2. La salida de estos drenes se realiza a dos arquetas para su observación.

2.1 Balsa baja

La balsa de regulación Baja se localiza en el término municipal de Viana en su parte noroeste, en el paraje de Valdecarro y se dispondrá semienterrada en una zona de poca pendiente.

Los límites de la balsa son:

- Oeste: Límite de municipio con Moreda de Álava
- Sur: Polígono 5, parcela 471 de Viana
- Norte: Polígono 5, parcelas 568, 569 y 571 de Viana
- Este: Polígono 5, parcelas 472, 566 y 889 de Viana

La ubicación concreta corresponde con la parcela con registro catastral 3100000000014157151S (Municipio de Viana, Polígono 5, Parcela 567).

La balsa se encuentra en la hoja 1:50.000 171. *Viana,* cuyas coordenadas en el sistema de referencia geodésico UTM ETRS-89 Huso 30 son:

- X = 549.653 m
- Y = 4.708.349 m

2.2 Balsa alta

La balsa de regulación Alta se localiza en el término municipal de Viana, en el paraje de Los Quemados y se dispondrá semienterrada en una zona de poca pendiente.

Los límites de la balsa son:

- Oeste: Límite de Término Municipal (Aras).
- Sur: Polígono 5, parcelas 372 y 377 de Viana
- Norte: Camino.
- Este: Camino

La ubicación concreta corresponde con la parcela con registro catastral 3100000000014157151S (Municipio de Viana, Polígono 7, Parcela 375).

La balsa se encuentra en la hoja 1:50.000 171. *Viana,* cuyas coordenadas en el sistema de referencia geodésico UTM ETRS-89 Huso 30 son:

- X = 553.713 m

- Y = 4.710.499 m

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS

La balsa BAJA está formada por diques en terraplén, con compensación parcial de excavaciones y terraplenes.

Las características de la nueva balsa son:

Superficie total ocupada por la balsa (m^2)	9978
Cota de coronación (m.s.n.m.)	510,35
Cota del alivio (m.s.n.m.)	509,35
Anchura de coronación (m)	5
Cota de fondo (m.s.n.m.)	504,65
Cota lámina de agua (N.M.O.) (m.s.n.m.)	509,35
Cota lámina de agua (N.M.E.) (m.s.n.m.)	509,51
Altura de agua (N.M.O.) (m)	4,7
Volumen agua (m^3)	16083
Volumen de agua útil (N.M.O.) (m^3)	15502
Volumen de agua no útil (m^3)	581
Resguardo sobre N.M.O. (m)	1
Superficie de fondo de balsa (m^2)	1581
Superficie taludes interiores (m^2)	4737
Perímetro fondo de balsa (m)	193
Superficie lámina de agua (N.M.O.) (m^2)	5201
Superficie Camino coronación(m^2)	1582
Perímetro arista de coronación (m)	301
Talud interior	3:1
Talud exterior desmonte	1,0:1
Talud exterior terraplén	2:1
Volumen desmonte total(m^3)	19514
Volumen desmonte descontada tierra vegetal(m^3)	16022
Volumen terraplén (m^3)	12627
Volumen tierra natural necesario para formación terraplén	15480
Volumen tierra sobrante (m3)	542
Volumen tierra vegetal (m^3)	3492
Espesor supuesto tierra vegetal (m)	0,35
Coeficiente esponjamiento supuesto tierras A-2	1,1
Pendiente longitudinal fondo balsa	0,00%

Superficie total a impermeabilizar: Fondo / Taludes (m^2)	7190
Longitud coronación con murete rompeolas (m) y altura (m)	301
Rampa de acceso a fondo de balsa	NO

Tabla 1. Características de la balsa Baja

Como se ha comentado anteriormente, la balsa baja se abastecerá del bombeo de baja, mediante la correspondiente tubería de abastecimiento con salida el centro del fondo de la balsa.

El caudal máximo de entrada de agua a la balsa que aporta el bombeo es de 273 l/s.

La balsa ALTA está formada por diques en terraplén, con compensación parcial de excavaciones y terraplenes.

Las características de la nueva balsa son:

Superficie total ocupada por la balsa (m^2)	6123
Cota de coronación (m.s.n.m.)	612,1
Cota del alivio (m.s.n.m.)	611,3
Anchura de coronación (m)	5
Cota de fondo (m.s.n.m.)	606,5
Cota lámina de agua (N.M.O.) (m.s.n.m.)	611,3
Cota lámina de agua (N.M.E.) (m.s.n.m.)	611,47
Altura de agua (N.M.O.) (m)	4,8
Volumen agua (m^3)	9700
Volumen de agua útil (N.M.O.) (m^3)	9422
Volumen de agua no útil (m^3)	278
Resguardo sobre N.M.O. (m)	0,8
Superficie de fondo de balsa (m^2)	867
Superficie taludes interiores (m^2)	3237
Perímetro fondo de balsa (m)	122
Superficie lámina de agua (N.M.O.) (m^2)	3391
Superficie Camino coronación(m^2)	1257
Perímetro arista de coronación (m)	236
Talud interior	3:1
Talud exterior desmonte	1:1
Talud exterior terraplén	2:1
Volumen desmonte total(m^3)	33458

Volumen desmonte descontada tierra vegetal(m^3)	32233
Volumen terraplén (m^3)	305
Volumen tierra natural necesario para formación terraplén	336
Volumen tierra sobrante (m3)	31898
Volumen tierra vegetal (m^3)	1225
Espesor supuesto tierra vegetal (m)	0,2
Coeficiente esponjamiento supuesto tierras A-2	1,1
Pendiente longitudinal fondo balsa	0,00%
Superficie total a impermeabilizar: Fondo / Taludes (m^2)	4576
Longitud coronación con murete rompeolas (m) y altura (m)	236
Rampa de acceso a fondo de balsa	NO

Tabla 2. Características de la balsa Alta

Como se ha comentado anteriormente, la balsa alta se abastecerá del bombeo de alta, mediante la correspondiente tubería de abastecimiento con salida el centro del fondo de la balsa.

El agua se toma de la tubería de impulsión del bombeo bajo mediante una tubería de conexión de 400 mm de diámetro interior.

El caudal máximo de entrada de agua a la balsa que aporta el bombeo es de 200 l/s.

4. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de la balsa baja se ha realizado bajo los siguientes criterios de partida:

- El caudal ficticio continuo se establece según el Estudio Agronómico en 0,1784 l/s·ha
- Se estima el aporte del bombeo a balsa 273 l/s
- Se realiza el dimensionamiento del aforo para un caudal de salida de 0,221 m^3/s (796,97 m^3/h)
- Se establece un incremento del almacenamiento de la balsa con un coeficiente de seguridad del 23%.
- La jornada de riego según la alternativa de diseño es de 18 h/día y 6 días/semana
- La jornada de riego se establece en 15,2 h de lunes a viernes y 18 h el sábado y domingo
- Se obtiene un total de horas de riego semanales de 112 h/semana
- La distribución diaria de la jornada de bombeo se realiza en base a la tarificación eléctrica cuyos periodos quedan definidos en la Circular 3/2020, de 15 de enero, de la C.N.M.C., con el fin de reducir los costes eléctricos

- Se fomenta la inclusión del máximo de horas de bombeo en períodos tarifarios P2 y P6
- Para el dimensionamiento de la balsa se han tenido en cuenta las necesidades de riego fuera de campañas anteriores al 1 de abril y posteriores al 30 de septiembre.
- La capacidad de la balsa se determina en base a la semana del mes de máximas necesidades

El dimensionamiento de la balsa de alta se ha realizado bajo los siguientes criterios de partida:

- El caudal ficticio continuo se establece según el Estudio Agronómico en 0,1784 l/s·ha
- Se estima el aporte del canal a balsa 200 l/s
- Se realiza el dimensionamiento del aforo para un caudal de salida de 0,077 m^3/s (275,57 m^3/h)
- Se establece un incremento del almacenamiento de la balsa con un coeficiente de seguridad del 33%
- La jornada de riego según la alternativa de diseño es de 18 h/día y 6 días/semana
- La jornada de riego se establece en 15,2 h de lunes a viernes y 18 h el sábado y domingo
- Se obtiene un total de horas de riego semanales de 112 h/semana
- La distribución diaria de la jornada de bombeo se realiza en base a las horas de aprovechamiento de la instalación fotovoltaica que proporcionará la energía necesaria para realizar la impulsión.
- Para el dimensionamiento de la balsa se han tenido en cuenta las necesidades de riego fuera de campañas anteriores al 1 de abril y posteriores al 30 de septiembre.

La capacidad de la balsa se determina en base a la semana del mes de máximas necesidades.

5. NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO

Calculamos el balance semanal, para ello, primeramente se procede a calcular el caudal de aportación de los bombeos alto y bajo y el caudal de salida de las balsas, teniendo en cuenta la superficie regable de cada una de ellas, el caudal ficticio continuo de la concesión y las horas de riego disponibles a la semana.

Un balance semanal de aportes de agua por bombeo y salidas debidas al riego en cada una de las subzonas consideradas, Baja y Alta, indica la necesidad de volúmenes orientativos de acumulación de 15.000m^3 y 6.000 m^3. Es preciso realizar el balance diario de entradas y salidas en cada una de las balsas para confirmar que disponiendo de este volumen mínimo acumulado no se produce un vaciado de la balsa en ningún momento de la semana.

En las siguientes tablas se presenta el régimen de aportaciones y salidas durante una semana para los volúmenes de las balsas:

5.1 Balsa baja

BALSA BAJA. BALANCE SEMANA TIPO (AGOSTO)

Cfc concedido	0,1711	l/s y ha
Superficie regable	1.060,0000	ha
Necesides semanales	109.670,6032	m3
Necesidades diarias	15.667,2290	m3
Caudal Bombeo	**980,6400**	m3/h
Horas bombeo semanales	112,0000	horas
Horas bombeo sábado y domingo	18,0000	horas
Horas de riego diarias	18,0000	horas
Caudal de riego diario	870,4016	m3/h
Volumen balsa	**15.623,0000**	**m3**
Volumen (%) inicial	100%	

		Entradas m3	Tiempo de bombeo horas	Tiempo de riego horas	Salidas m3	Volumen en balsa m3
						15.623,00
Lunes	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	15.623,00
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	6.292,29
Martes	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	14.861,50
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	5.530,79
Miércoles	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	14.100,00
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	4.769,29
Jueves	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	13.338,50
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	4.007,79
Viernes	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	12.577,00
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	3.246,29
Sábado	**bombeo**	17.651,52	**18**	18	15.667,23	5.230,58
	no bombeo		**6**	0	0,00	5.230,58
Domingo	**bombeo**	17.651,52	**18**	18	15.667,23	7.214,87
	no bombeo		**6**	0	0,00	7.214,87
Lunes	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	15.623,00
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	6.292,29
Martes	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	14.861,50
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	5.530,79
Miércoles	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	14.100,00
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	4.769,29

		Entradas m3	Tiempo de bombeo horas	Tiempo de riego horas	Salidas m3	Volumen en balsa m3
Jueves	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	13.338,50
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	4.007,79
Viernes	bombeo	14.905,73	15,2	7,28	6.336,52	12.577,00
	no bombeo		8,8	10,72	9.330,71	3.246,29
Sábado	**bombeo**	17.651,52	**18**	18	15.667,23	5.230,58
	no bombeo		**6**	0	0,00	5.230,58
Domingo	**bombeo**	17.651,52	**18**	18	15.667,23	7.214,87
	no bombeo		**6**	0	0,00	7.214,87

Tabla 3. Flujos semanales de agua en la balsa Baja

El volumen proyectado es suficiente siendo posible, de lunes a viernes, el riego en horario coincidente o no con el horario de bombeo. Únicamente sería necesario realizar el riego simultáneamente con el bombeo en los fines de semana. Se constata que un volumen de 15.000m^3 conduciría al vaciado de la balsa y un volumen inferior a 16.000 m^3 resultaría excesivamente reducido con escasa holgura de funcionamiento.

Por tanto, para un **coeficiente de seguridad del 23%** para prever situaciones en las que sea necesario incrementar el volumen embalsado, quedando el volumen teórico necesario para la **balsa baja** de **16.000 m^3.**

En la gráfica siguiente se puede ver el balance teórico del volumen almacenado en la balsa a lo largo de una semana de riego:



Gráfico 1. Balance semanal del volumen acumulado en la balsa Baja

5.2 Balsa alta

BALSA ALTA. BALANCE SEMANA TIPO (AGOSTO)

Cfc concedido	0,1711	l/s y ha
Superficie regable	352,0000	ha
Necesides semanales	36.418,9173	m3
Necesidades diarias	5.202,7025	m3
Caudal Bombeo	**720,0000**	m3/h
Horas bombeo semanales	70,0000	horas
Horas bombeo sábado y domingo	10,0000	horas
Horas de riego diarias	18,0000	horas
Caudal de riego diario	289,0390	m3/h
Volumen balsa	**9.700,0000**	**m3**
Volumen (%) inicial	100%	

		Entradas m3	Tiempo de bombeo horas	Tiempo de riego horas	Salidas m3	Volumen en balsa m3
						9.700,00
Lunes	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Martes	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Miércoles	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Jueves	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Viernes	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Sábado	**bombeo**	7.200,00	10	18	5.202,70	8.598,80
	no bombeo		0	0	0,00	8.598,80
Domingo	**bombeo**	7.200,00	10	18	5.202,70	9.700,00
	no bombeo		0	0	0,00	9.700,00
Lunes	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Martes	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Miércoles	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Jueves	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50
Viernes	bombeo	7.200,00	10	7,28	2.104,20	9.700,00
	no bombeo		0	10,72	3.098,50	6.601,50

		Entradas m3	Tiempo de bombeo horas	Tiempo de riego horas	Salidas m3	Volumen en balsa m3
Sábado	**bombeo**	7.200,00	10	18	5.202,70	8.598,80
	no bombeo		0	0	0,00	8.598,80
Domingo	**bombeo**	7.200,00	10	18	5.202,70	9.700,00
	no bombeo		0	0	0,00	9.700,00

Tabla 4. Flujos semanales de agua en la balsa Alta

El volumen proyectado es suficiente siendo posible, de lunes a viernes, el riego en horario coincidente o no con el horario de bombeo. Únicamente sería necesario realizar el riego simultáneamente con el bombeo en los fines de semana. Se constata que un volumen de 4.500m^3 conduciría al vaciado de la balsa y un volumen inferior a 6.000 m^3 resultaría excesivamente reducido con escasa holgura de funcionamiento.

Por tanto, para un **coeficiente de seguridad del 33%** para prever situaciones en las que sea necesario incrementar el volumen embalsado, quedando el volumen teórico necesario para la **balsa alta** de **7.980m^3.**

En la gráfica siguiente se puede ver el balance teórico del volumen almacenado en la balsa a lo largo de una semana de riego:



Gráfico 2. Balance semanal del volumen acumulado en la balsa Alta

6. CAPACIDAD Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

A partir de los volúmenes teóricos calculados de 16.000 m^3 y de 7.980 m^3 se llevan a cabo los consiguientes trabajos topográficos en la ubicación elegida para la balsa con el fin de obtener las dimensiones reales del volumen aforado.

Tanto para el cálculo del volumen real de la balsa como para dimensionar los movimientos de tierra necesarios, se han realizado mediante el programa AutocadCivil 3D.

6.1 Capacidad de la balsa

Tras llevar a cabo el proceso de dimensionamiento en función de las características del terreno, se determina finalmente la capacidad de la balsa del sector baja en 16.000 m^3 y del sector alta en 9.700 m^3.

De cara a evitar que no se arrastren sólidos del fondo hacia la tubería y evitar el levantamiento de la lámina por efecto del viento, nunca se llega a vaciar de un nivel de agua durante el bombeo, llamado Nivel Mínimo Aprovechable, lo que se debe restar el volumen por debajo de este nivel al volumen de la balsa para obtener el volumen disponible en bombeo.

El Nivel Mínimo Aprovechable calculado para la balsa baja es de la cota de 504,95 msnm, quedando un volumen de agua por debajo de este nivel de 581 m^3.

Para la balsa alta se calcula este nivel en la cota de 606,80 msnm, quedando un volumen de agua por debajo de este nivel de 278 m^3.

Así el volumen disponible durante bombeo en la balsa baja es de 15.502 m^3 y el de la balsa alta es de 9.422 m^3, ajustado a los cálculos teóricos realizados.

La tabla de volúmenes de las balsas y la ecuación de llenado son las siguientes:

Cota(m)	Incremento(m^3)	Volumen(m^3)	Área lámina agua (m^2)
504,65	0	0	1581
505	684	684	2057
505,5	1104	1788	2364
506	1262	3050	2684
506,5	1426	4476	3019
507	1597	6073	3368
507,5	1775	7848	3731
508	1960	9808	4109
508,5	2153	11961	4500
509,35	2353	16083	5198

Tabla 5. Cubicaje de la balsa Baja

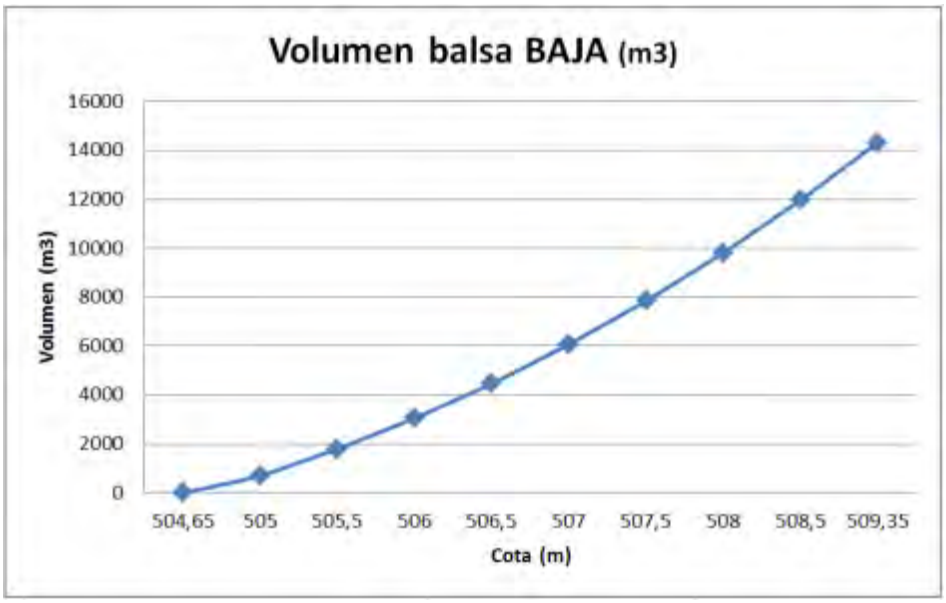


Gráfico 3. Volumen de agua en función de la altura de llenado en la balsa Baja

Cota(m)	***Incremento(m^3)***	***Volumen(m^3)***	***Área lámina agua (m^2)***
606,5	0	0	867
607	484	484	1069
607,5	588	1072	1285
608	700	1772	1515
608,5	818	2590	1758
609	945	3535	2016
609,5	1077	4612	2288
610	1218	5830	2574
610,5	1364	7194	2873
611,3	988	9700	3391

Tabla 6. Cubicaje de la balsa Alta

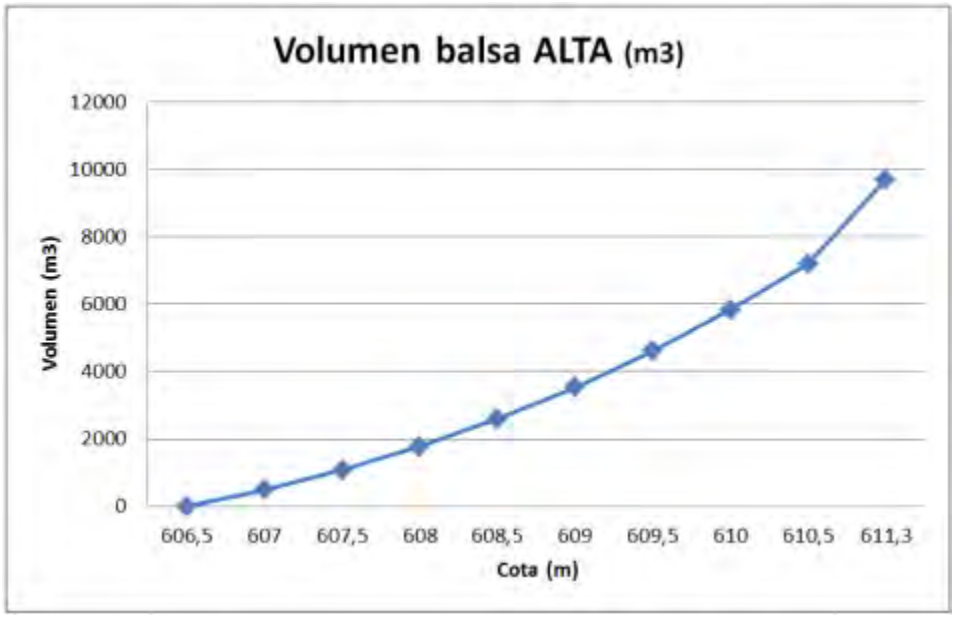


Gráfico 4. Volumen de agua en función de la altura de llenado en la balsa Alta

Además, se aporta la gráfica de la superficie de la lámina de agua con respecto a la cota:

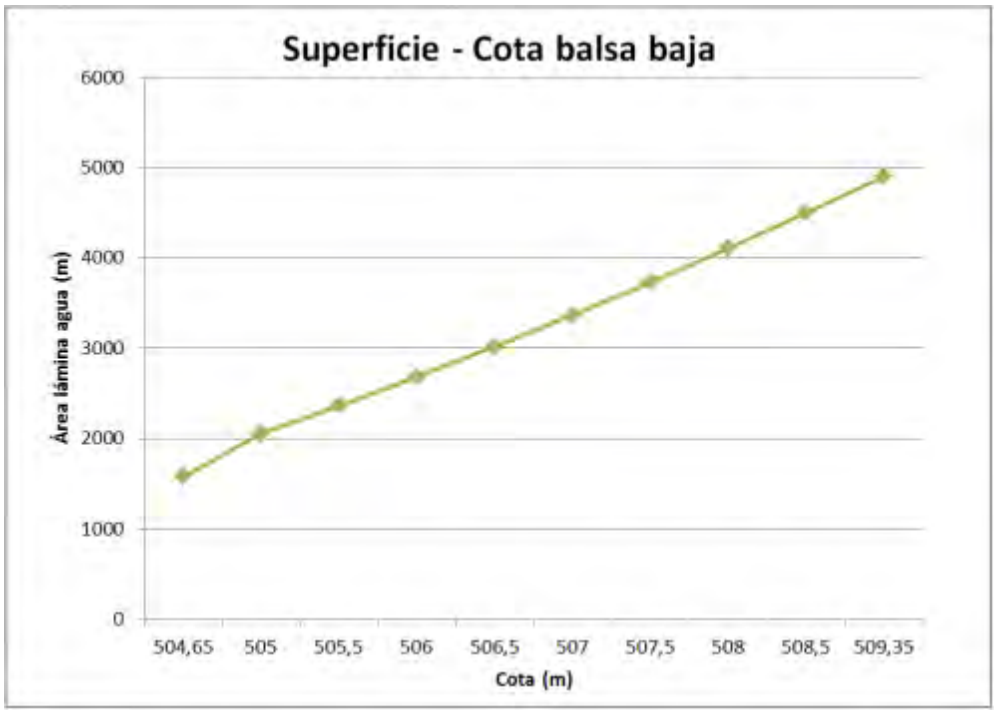


Gráfico 5. Superficie de la lámina en función de la altura de agua en la balsa Baja

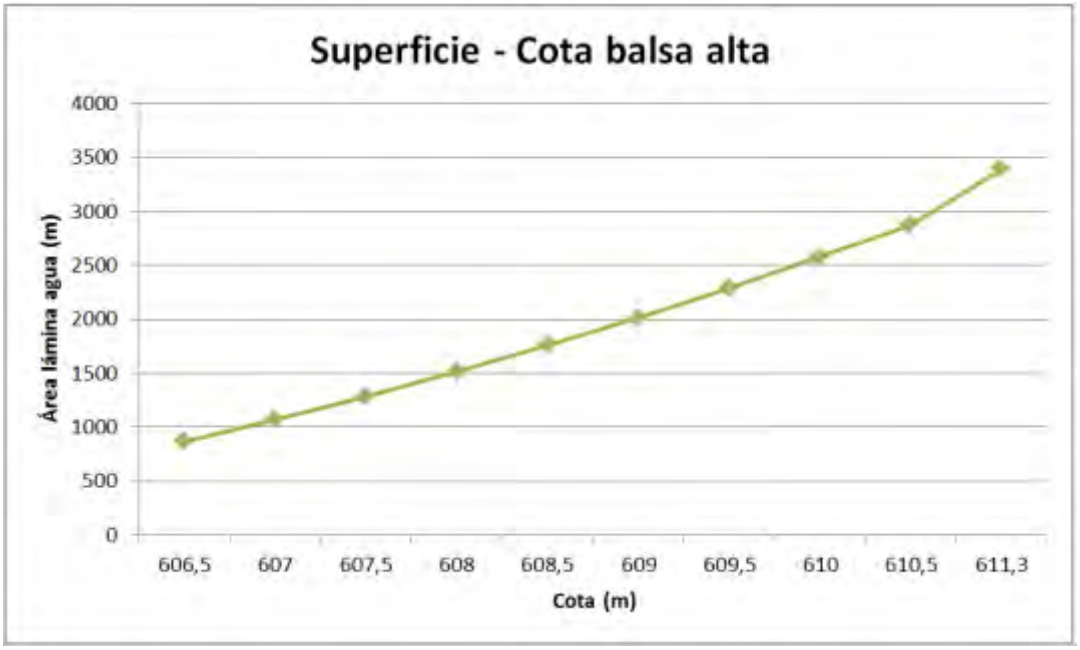


Gráfico 6. Superficie de la lámina en función de la altura de agua en la balsa Alta

6.2 Movimiento de tierras

Los volúmenes de desmonte y terraplén se obtienen mediante el cálculo de volúmenes por diferencia de las superficies del terreno actual y la superficie de la obra proyectada. Este cálculo se ha realizado mediante modelizado de dichas superficies con el programa AutocadCivil 3D.

Cuando la superficie de diseño está por debajo de la superficie original resultan volúmenes de desmonte. Los volúmenes de terraplén se producen cuando la superficie de diseño está por encima de la superficie original. Se trata del volumen matemático exacto entre dos superficies seleccionadas.

El coeficiente de esponjamiento medio a tener en cuenta tanto para el terraplén como para el transporte a vertedero es de entre 1,11 y 1,26 según el tipo de suelo.

Según el estudio geotécnico, se diferencian los siguientes niveles geológicos-geotécnicos en la ubicación de las dos balsas:

Balsa baja:

-NIVEL I. TIERRA VEGETAL Y RELLENOS. Arcilla arenosa de color marrón grisácea pálida, muy degradada, con una potencia reconocida de 0,20 m, sin que pueda descartarse la existencia de variaciones de potencia en algún otro punto.

-NIVEL II. SUELO COLUVIAL MIXTO. Arcilla algo arenosa de color marrón pálido, secas, de consistencia firme, con una potencia reconocida que varía entre 0,20 m y 1 m, sin que pueda descartarse la existencia de variaciones de potencia en algún otro punto.

-NIVEL III. SUELO RESIDUAL. Margas arenosas de color rojizo y de consistencia firme, con una potencia reconocida que varía entre 1 m y 1,4 m, sin que pueda descartarse la existencia de variaciones de potencia en algún otro punto.

-NIVEL IV. SUSTRATO TERCIARIO. Con una potencia entre 1,4 m y 7,8 m y cuya composición es variable en función de los metros de profundidad:

- Entre 1,4 y 3. Arenisca de color gris, con juntas a 70º-80º rugosas, entre abiertas y cerradas y sin relleno. Grado de meteorización I

- Entre 3 y 3,2. Margas rojizas y laminadas. Grado de meteorización I

- Entre 3,2 y 4,5. Alternancia de areniscas de color gris, laminadas y en niveles de entre 20 a 40 cm con margas limolíticas grises. Grado de meteorización I

- Entre 4,5 y 5,5. Margas limolíticas de color marrón-gris, laminadas, con cristales de yeso de 1 a 2 mm de espesor.

- Entre 5,5 y 7,3. Areniscas de color gris a marrón rojizo, laminadas, con cristales ocasionales de yeso y niveles de 2 a 5 cm más margosas. Grado de meteorización I.

- Entre 7,3 y 7,8. Margas de color rojizo, con venas de yeso de hasta 10 mm según la estratificación. Grado de meteorización I.

Balsa alta:

-NIVEL I. TIERRA VEGETAL Y RELLENOS. Arcilla arenosa de color marrón grisácea pálida, muy degradada, con una potencia reconocida de 0,20 m, sin que pueda descartarse la existencia de variaciones de potencia en algún otro punto.

-NIVEL II. SUSTRATO TERCIARIO. Con una potencia entre 0,2 m y 12,8 m y cuya composición es variable en función de lo metros de profundidad:

- Entre 0,2 y 2,5. Alternancia de areniscas de grano fino, de color gris, laminadas y muy fracturadas con margas rojizas. Presenta juntas verticales y según la estratificación, rugosas, abiertas y sin relleno. Grado de meteorización II-III.

- Entre 2,5 y 5. Areniscas de grano fino, de color gris, laminadas, fracturadas, en bancos de entre 60 a 150 cm, con pasadas de 5 cm de margas rojas.

- Entre 5 y 11,4. Areniscas de grano fino, de color gris, laminadas, fracturas, en bancos de entre 60 a 150 cm, con niveles de 20 cm de limolita y margas limolíticas laminadas. Se presenta muy fracturada con juntas verticales abiertas o cerradas sin relleno.

- Entre 11,4 y 12,2. Margas de color gris a rojizo, masivas, con abundantes cristales de yeso de entre 1 a 2 mm de tamaño.

- Entre 12,2 y 12,8. Areniscas de grano fino, de color gris, con cristales de yeso de entre 1 a 3 mm de tamaño.

A continuación se realiza un análisis detallado de los perfiles geotécnicos analizados en el estudio:

-A1. TIERRA VEGETAL Y RELLENOS Debido a que los ensayos de campo se han realizado en el entorno de campos de cultivo (ribazos y límites de finca), el primer nivel que se observa es un suelo vegetal compuesto por arcilla arenosa de color marrón grisácea pálida, muy degradada, con restos de materia orgánica, plásticas, de consistencia firme y en estado seco. Localmente presenta restos de fragmentos de arenisca procedentes del sustrato terciario. Su espesor medio de 0.20 metros. En numerosas zonas el sustrato terciario se encuentra desnudo en superficie del terreno, siendo más habitual hacia el norte del TM de Viana.

Estos materiales se clasifican como **excavables mediante medios mecánicos** de moderada potencia de trabajo.

En conjunto se considera un nivel de compacidad floja a media y se desestima, por su deficiente y heterogénea capacidad portante, tanto por asiento como por hundimiento, el apoyo de cualquier tipo de cimentación o relleno en el mismo.

-A2. SUELO COLUVIAL-MIXTO. Está compuesto por arcillas, arcillas algo arenosas y margas de color ocre, anaranjado a marrón pálido, de consistencia firme a dura y con precipitados de carbonato. Localmente puede presentar fragmentos de tamaño inferior a 2 mm de arenisca azulada y alterada con grado de meteorización V. Este material presenta una potencia de entre 0.30 a más de 2.40 m.

Granulométricamente se clasifican como “arcillas de baja plasticidad”, porcentaje de fracción fina < 0.08 mm, límite líquido de entre 31.5 a 42.0 y un índice de plasticidad de entre 16.0 a 16.9, lo cual clasifica a estos materiales con un potencial expansivo medio.

Se calcula un valor de tensión admisible de 1,50 kp/cm2, un valor de cohesión de 0.75 kp/cm2, un módulo de elasticidad de 165 kp/cm2 y módulo de balasto K30 de 8.6 kp/cm3.

Con los ensayos realizados a este material lo podemos clasificar como TOLERABLE según PG-3 (2002).

Estos materiales se clasifican como **excavables mediante medios mecánicos** de moderada potencia de trabajo.

-A3. SUELO RESIDUAL. Situado sobre el sustrato terciario, desarrollado por la descomposición meteórica del material areniscoso infrayacente. Litológicamente está compuesto por arcillas, margas localmente arenosas con areniscas y arenas mal cementadas, de color marrón-ocre a rojizo, plástica,

parcialmente laminada, con fragmentos de sustrato terciario, medianamente cementadas, secas y de consistencia dura a firme.

La potencia de este nivel varía entre los 0.20 m. hasta un máximo de 1.40, aunque lo habitual es que no supere los 0.70 m.

En los ensayos de penetración se ha obtenido un valor de N30 equivalente de 13 y 19 golpes, con los que se calcula un valor de cohesión de 1,00 kp/cm2, un ángulo de rozamiento interno de 30º, un módulo de elasticidad de 220 kp/cm2, un módulo de balasto vertical K30 de 11.5 kp/cm3 y una capacidad portante de 2.00 kp/cm2.

Por el conocimiento que se tiene de este material se clasifica como SUELOS TOLERABLES según PG-3 (2002).

Estos materiales se clasifican como **excavables mediante medios mecánicos** de moderada potencia de trabajo.

-A4. SUSTRATO TERCIARIO. Constituida por una alternancia de areniscas de grano fino, en niveles de entre 20 a 150 m, con niveles de entre 5 a 50 cm de margas limolítica laminadas ambas de color marrón grisáceo. Presentan laminación y fracturación en ángulo entre 60º a verticales, con juntas abiertas y/o cerradas, rugosas y sin relleno. Localmente se puede observar la presencia de yeso en cristales y venas de 1 a 10 mm de espesor según estratificación. Su grado de meteorización es de entre I a II y sus valores de R.Q.D. son generalmente del 100 %.

En los ensayos de penetración se han obtenido cinco valores de rechazo a la penetración y un valor de N30 equivalente de 35 golpes.

Los niveles más margosos se clasifican como “arcillas de baja plasticidad”, de acuerdo a la fracción fina entre 88.6 y 98.9 %, el Límite Líquido entre 26.0 y 34.2 % y el Índice de Plasticidad entre 7.8 y 17.2, caracterizan a estos materiales con expansividad baja.

Los resultados de los ensayos de compresión simple dan unos resultados sobre margas y limolitas entre 3.59 y 13.41 kp/cm2, en las areniscas dan mayores resistencias, con valores entre los 8.71 y 479.76 kp/cm2. Dada la proporción de areniscas y margas, tomaremos como valor representativo 280.5 kp/cm2.

El ensayo de corte directo da un valor de cohesión sin drenaje de 0.79 kp/cm2 y un valor de ángulo de rozamiento interno de 49.3º, con valores de remoldeo de entre 11.6 a 12.9 % de humedad y entre 2.15 a 2.18 g/cm3 de densidad aparente.

Así mismo, los ensayos triaxiales consolidados sin drenaje de niveles margosos dan una cohesión entre 0.68 a 0.97 kp/cm2 y un ángulo de rozamiento interno de entre 24.89º a 25.46º.

Por su parte, los parámetros resistentes en tensiones efectivas han dado valores de cohesión de entre 0.60 a 0.80 kp/cm2 y ángulos de rozamiento interno de entre 26.90º a 27.41º.

En los ensayos de resistencia y expansividad, dan valores de humedad natural entre 7.3 a 14.9 % y densidad aparente entre 2.17 a 2.41 g/cm3 en margas y limolitas y entre 2.8 a 5.4 % y 2.31 y 2.55 g/cm3 en areniscas.

Con los datos obtenidos y según el criterio de Bieniawski 1989 se clasifica el macizo rocoso como calidad buena (Clase II).

Se calcula un valor de cohesión sin drenaje de 0.97 kp/cm2, un ángulo de rozamiento interno de 40º, un módulo de elasticidad de 8788 kp/cm2, un módulo de balasto vertical K30 >30 kp/cm3 y una capacidad portante de 4.00 kp/cm2.

Con los ensayos de laboratorio realizados, los niveles margosos de este nivel se clasifican como SUELOS TOLERABLES según PG-3 (2002).

Se obtiene que el sustrato terciario no es excavable y ripable-volable a partir de 1,50 m de profundidad en la balsa baja y a partir de 2 metros en la alta.

Para la balsas baja el sustrato es excavable hasta una profundidad de 1,30 m y el 100 % del material a partir de esta cota se define como no excavable y ripable-volable.

En el caso de la balsa alta los materiales se clasifican como excavables hasta 2 metros y a partir de esta cota es excavable en un 20-30 % y no excavable en un 70-80 %.

La excavación y vaciado de tierras hasta 1,50 - 2 m, al afectar principalmente a materiales sueltos y no cementados, se pueden catalogar como de fácil ejecución y pueden realizarse mediante medios mecánicos convencionales. A partir de dichas cotas se realizará ripado o voladura.

En la balsa alta el desmonte está compensado con el terraplén y prácticamente no hay excedente de tierras.

En la balsa alta el desmonte es muy superior al terraplén por lo que existe un importante exceso de tierras para transporte a vertedero.

Volumen desmonte (descontada tierra vegetal)	32.233	m^3
Volumen desmonte	33.458	m^3
Volumen terraplén	305	m^3
Volumen formación terraplén	336	m^3
Volumen transporte	31.898	m^3

Tabla 7 Volumen de desmonte y terraplén balsa alta

Volumen desmonte (descontada tierra vegetal)	16.022	m^3
Volumen desmonte	19.514	m^3
Volumen terraplén	12.627	m^3
Volumen formación terraplén	15.480	m^3
Volumen transporte	542	m^3

Tabla 8 Volumen de desmonte y terraplén balsa baja

7. ACTIVIDADES

A continuación, se exponen las principales actividades, comunes a las dos balsas, relacionadas con la ejecución de las balsas.

7.1 Movimiento de tierras

Comprende las actividades:

- Eliminación de arbolado, desbroce del terreno y eliminación de la capa vegetal
- Excavación de las zanjas de desagüe
- Eliminación de la capa superficial de terreno con acopio de la tierra vegetal disponible
- Sobre la base sobre la que se asentará la balsa se hará una compactación hasta el 100% del Próctor Normal, previa inspección de la homogeneidad del terreno subyacente
- Excavación en desmonte con medios mecánicos del material ripable y transporte a terraplén
- Extendido por capas de hasta 30 cm de espesor con riego y compactado al 98 % del Próctor Modificado del lado seco para la formación del dique, seleccionando el material
- Rasanteo y refino del talud interior

7.2 Camino de coronación

A lo largo de todo el perímetro de la coronación de la balsa se diseña un camino de 5,0 m de ancho y una pendiente del 2% hacia la parte exterior de la balsa.

La construcción de la base se realizará con material granular procedente de machaqueo y compactado hasta una densidad del 98% del P.M, de una altura de 20 cm. La longitud de coronación es de 301 m en la balsa baja y de 236 m en la balsa alta.

7.3 Impermeabilización del vaso

Para la impermeabilización de la balsa se empleará una capa de geotextil mayor de 260 g/m^2 con filamentos continuos de polipropileno sobre la que se situará una lámina de polietileno de alta densidad de 1,50 mm de espesor y color negro.

El solapamiento entre los bordes de las láminas será del orden de 15 cm, por lo que se aplicará a las mediciones un incremento por este concepto.

El anclaje de las láminas tendrá que realizarse en la coronación del talud, empleando para ello una franja periférica. Dicha franja se cavará a 0,5 m de la cresta del talud, con unas dimensiones mínimas de 50 x 50 cm.

Para proteger la lámina frente a la succión eólica en la parte superior del talud y a lo largo de la base, se distribuirán unos lastres mediante mangueras de PEAD rellenas de grava a lo largo de la superficie.

- Superficie total a impermeabilizar balsa baja (fondo y taludes): 7.190 m^2
- Superficie en planta del vaso de la balsa baja: 6.076 m^2
- Superficie total a impermeabilizar balsa alta (fondo y taludes): 4.576 m^2
- Superficie en planta del vaso de la balsa alta: 3.938 m^2

Estas superficies de lámina incluyen 2,00 m a mayores del exterior de la cabeza de talud en los laterales para el anclaje.

7.4 Red de drenaje

La red de drenaje se organiza en sectores, según se aprecia en los planos correspondientes. El agua procedente de un posible fallo en la geomembrana exterior es recogida por la red de drenaje.

Gracias a la sectorización de la red de drenaje puede localizarse la ubicación en la que se ha originado el fallo.

Las balsas irán provistas en su fondo de una red de drenaje constituida por un dren perimetral y un dren en el centro del fondo que desembocan en un punto de la zona sureste de la balsa.

Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada, de 160 mm de diámetro, alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil mayor de 125 g/m^2. La salida de estos drenes se realiza a arquetas para su observación.

7.5 Órganos de llenado, vaciado y alivio

7.5.1 Órgano de llenado

Balsa baja

- Punto de conexión a la red de riego: UTM ETRS89 Huso-30: X = 549.727,154; Y = 4.708.350,41 (Arqueta de válvulas)
- Material de la tubería: Acero.
- Diámetro: 500mm
- Geometría: Como tubería de conexión a la red de riego se considera únicamente el tramo de 45,5 m comprendido entre la arqueta de válvulas y la toma en el fondo de la balsa, ya que la tubería que llega hasta la arqueta de válvulas es la propia impulsión de la subred de riego denominada como "Baja". En planta, la geometría de este tramo es rectilínea con dirección con azimut 291º. En alzado, tiene una pendiente continua del 5.58% ascendente hacia el fondo de la balsa. Al llegar al punto de toma en el fondo de la balsa, gira 90 º para tomar dirección vertical y, tras un avance de 30 cm, aflora en el fondo de la balsa.
- Zanja de entrada:
    - Sección trapezoidal, con 1,40 m en la base y taludes 1/3 H/V
    - Rellena con hormigón en masa hasta 30 cm por encima de la generatriz de la tubería de entrada / salida
    - Alberga 4 tuberías: la de entrada salida, la de vaciado, similar a la de entrada salida y 2 de PE100 DN 160 que evacúan el agua recogida por la red de drenaje.
- Elementos de maniobra hidráulica:
    - Válvula de mariposa para abrir y cerrar el flujo desde la impulsión.
    - Válvula de mariposa para controlar el flujo hacia el bypass con la tubería de desagüe.
- Elementos de protección:
    - Rejilla de filtrado en el fondo de la balsa.
    - Ventosa trifuncional DN100 antes de la válvula de corte con la impulsión.

Balsa alta

- Punto de conexión a la red de riego: UTM ETRS89 Huso-30: X = 553.793,717; Y = 4.710.466.050 (Injerto en la impulsión de la red alta)
- Material de la tubería: Acero y fundición, dependiendo del tramo.
- Diámetro:400mm

- Geometría: Se diferencian dos tramos:
    - Impulsión alta → arqueta de válvulas: 37 metros en tubería de fundición. En planta es rectilíneo con azimut 288 º. En alzado, los primeros 7 desde la derivación de la impulsión tienen una pendiente del 10 % ascendente hacia la balsa. Seguidamente, un codo vertical de 15 º aumenta la pendiente hasta el 38 %, con la que llega a la arqueta de válvulas.
    - Arqueta de válvulas → fondo de balsa: 40 metros en tubería de acero. En planta es rectilíneo, sin variación del azimut respeto del tramo anterior. En alzado, parte de la arqueta de válvulas con una pendiente del 2,3 % que mantiene constante hasta llegar al punto de toma donde, mediante un codo de 90 º asciende 30 y aflora en el fondo de la balsa.
- Zanja de entrada:
    - Sección trapezoidal con 2 m en la base y taludes 1/4 H/V. A partir de los 2 m de profundidad, se construye una berma de 5 m de ancho en uno de los laterales de la zanja para permitir el acceso con maquinaria para la colocación de tubos y el hormigonado de la parte inferior
    - Rellena con hormigón en masa hasta 30 cm por encima de la generatriz de la tubería de entrada / salida
    - Alberga 4 tuberías: la de entrada salida, la de vaciado, similar a la anterior, y 2 de PE100 DN 160 que evacúan el agua recogida por la red de drenaje.
- Elementos de maniobra hidráulica:
    - Válvula de mariposa para abrir y cerrar el flujo desde la impulsión.
    - Válvula de mariposa para controlar el flujo hacia el bypass con la tubería de desagüe.
- Elementos de protección:
    - Rejilla de filtrado en el fondo de la balsa.
    - Ventosa trifuncional DN100 antes de la válvula de corte con la impulsión.

7.5.2 Órganos de vaciado

TUBERÍA DE SALIDA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO

La tubería de llenado es bidireccional, es decir sirve también para el suministro de agua acumulada a la red de distribución, por lo tanto, las características de las tuberías de salida de ambas balsas son las descritas en el apartado anterior.

DESAGÜE DE FONDO

El esquema de desagüe de fondo de cada una de las balsas es el siguiente:

- Punto de desagüe en fondo de balsa, junto al punto de toma, también protegido por un filtro.
- Conducción tubería de acero helicosoldado y trazado a la de toma / distribución hasta la arqueta de válvulas, donde se unen mediante bypass controlado por una válvula de mariposa.
- Separación de los trazados: la tubería de desagüe, junto con las de drenaje, se desvía de la de toma / distribución para dirigirse a la arqueta del aliviadero. Esta conexión de las arquetas de válvulas y de aliviadero mediante la tubería de desagüe también está controlada por una válvula de mariposa.
- Vertido en la arqueta de aliviadero: el contenido de las tuberías de desagüe, drenaje y aliviadero se vierte en la arqueta y es evacuado por una tubería de PE100 corrugado SN8, DN 450 mm en el caso de la balsa alta y 500 en el caso de la baja, hasta el punto de vertido en un cauce próximo a cada balsa.

Balsa baja

El desagüe de fondo está compuesto por una tubería de acero helicoidal de diámetro 500 mm cuya embocadura se sitúa en el fondo de la balsa. Entre la embocadura de la tubería en el fondo de la balsa y hasta el punto de vertido en el arroyo Valdevarón se diferencian dos tramos: el primero de ellos, entre la balsa y el pozo de conexión de las tuberías de desagüe; el segundo, entre el pozo y el punto final de vertido. El pozo, además de punto de conexión de tuberías, funciona como arqueta de rotura de carga, como disipador de energía. El primer tramo, de 45,14 m de longitud, está compuesto por una tubería de acero helicoidal de diámetro 500 mm. El segundo tramo, de 732,68 m de longitud, está compuesto por una tubería de PE de diámetro 500 mm. La cota de salida del conducto del desagüe de fondo en el pozo es la 501,50 m.s.n.m. La cota de salida en el punto de vertido en el arroyo es la 447,75 m.s.n.m. El umbral de la tubería de desagüe de fondo se localiza a 1,15 m de la solera del pozo. En su primer tramo, el flujo discurrirá en carga. A su llegada al pozo, perderá energía y se entubará en el tramo de PE de 500 mm, situado en el umbral del pozo.

A continuación, se presenta la tabla de vaciado:

Cota (m.s.n.m.)	*Volumen acumulado (m3)*	*Incremento de volumen (m3)*	*h lámina de agua (m)*	*Caudal desaguado Q (m3/s)*	*Velocidad (m/s)*	*Tiempo vaciado parcial (h)*	*Tiempo vaciado acumulado (h)*
509,35	15.502,00	3.541,00	7,85	1,18	6,01	0,83	0,83
508,5	11.961,00	2.153,00	7,00	1,11	5,67	0,54	1,37
508,00	9.808,00	1.960,00	6,50	1,07	5,46	0,51	1,88
507,50	7.848,00	1.775,00	6,00	1,03	5,25	0,48	2,36
507,00	6.073,00	1.597,00	5,50	0,99	5,03	0,45	2,81
506,50	4.476,00	1.426,00	5,00	0,94	4,79	0,42	3,23
506,00	3.050,00	1.262,00	4,50	0,89	4,55	0,39	3,62
505,50	1.788,00	1.104,00	4,00	0,84	4,29	0,36	3,98
505,00	684,00	684,00	3,50	0,79	4,01	0,24	4,23
504,65	0,00	0,00	3,15	0,75	3,80	0,00	4,23

Tabla 9 Cálculo de tiempo de vaciado de la balsa baja

De acuerdo con los cálculos realizados, el tiempo máximo de evacuación total para la balsa llena será de 4 horas y 14 minutos. Este es el tiempo de evacuación de caudal hasta el pozo. En el pozo confluye el caudal procedente de dos órganos de desagüe, desagüe de fondo y aliviadero, junto con el drenaje de la balsa.

Para comprobar el funcionamiento de la tubería de salida del pozo de conexión de las tuberías, se establecen dos hipótesis: entrada del caudal asociado al desagüe de fondo y entrada del caudal sumatorio del desagüe de fondo y aliviadero. Como cota de inicio se establece la de la solera del pozo, la cota 500,35 m.s.n.m. Como cota de salida, la del punto de vertido, 447,75 m.s.n.m. La pendiente resultante es de 0,072 m/m.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Hipótesis 1 – Caudal de entrada asociado al desagüe de fondo
  - Q = 1.18 m^3/s
  - Flujo supercrítico
  - Calado (y) = 0,34 m
  - Porcentaje de sección llena = 69%
- Hipótesis 2. Caudal de entrada asociado al desagüe de fondo y el aliviadero
  - Q = 1.54 m^3/s
  - Flujo supercrítico
  - Calado (y) = 0,44 m
  - Porcentaje de sección llena = 89%

Balsa alta

El desagüe de fondo está compuesto por una tubería de acero helicoidal de diámetro 400 mm cuya embocadura se sitúa en el fondo de la balsa. Entre la embocadura de la tubería en el fondo de la balsa y hasta el punto de vertido en el arroyo Valmayor, se diferencian dos tramos: el primero de ellos, entre la balsa y el pozo de conexión de las tuberías de desagüe; el segundo, entre el pozo y el punto final de vertido. El pozo, además de punto de conexión de tuberías, funciona como arqueta de rotura de carga, como disipador de energía. El primer tramo, de 42,00 m de longitud, está compuesto por una tubería de acero helicoidal de diámetro 400 mm. El segundo tramo, de 36,65 m de longitud, está compuesto por una tubería PEAD de diámetro 450 mm. La cota de salida del conducto del desagüe de fondo en el pozo es la 604,80 m.s.n.m. La cota de salida en el punto de vertido en el arroyo es la 592,56 m.s.n.m. El umbral de la tubería de desagüe de fondo se localiza a 1,30 m de la solera del pozo. En su primer tramo, el flujo discurrirá en carga. A su llegada al pozo, perderá energía y se entubará en el tramo PEAD de diámetro 450 mm, situado en el umbral del pozo.

A continuación, se presenta la tabla de vaciado.

Cota (m.s.n.m.)	*Volumen acumulado (m3)*	*Incremento de volumen (m3)*	*h lámina de agua (m)*	*Caudal desaguado Q (m3/s)*	*Velocidad (m/s)*	*Tiempo vaciado parcial (h)*	*Tiempo vaciado acumulado (h)*
611,30	9.422,00	2.228,00	6,50	0,64	5,08	0,97	0,97
610,50	7.194,00	1.364,00	5,70	0,60	4,75	0,63	1,60
610,00	5.830,00	1.218,00	5,20	0,57	4,54	0,59	2,20
609,50	4.612,00	1.077,00	4,70	0,54	4,32	0,55	2,75
609,00	3.535,00	945,00	4,20	0,51	4,08	0,51	3,26
608,50	2.590,00	818,00	3,70	0,48	3,83	0,47	3,73
608,00	1.772,00	700,00	3,20	0,45	3,56	0,43	4,17
607,50	1.072,00	588,00	2,70	0,41	3,27	0,40	4,56
607,00	484,00	484,00	2,20	0,37	2,95	0,36	4,93
606,50	0,00	0,00	1,70	0,33	2,60	0,00	4,93

Tabla 10 Cálculo de tiempo de vaciado de la balsa alta

De acuerdo con los cálculos realizados, el tiempo máximo de evacuación total para la balsa llena será de 4 horas y 56 minutos. Este es el tiempo de evacuación de caudal hasta el pozo. En el pozo confluye el caudal procedente de dos órganos de desagüe, desagüe de fondo y aliviadero, junto con el drenaje de la balsa.

Para comprobar el funcionamiento de la tubería de salida del pozo de conexión de las tuberías, se establecen dos hipótesis: entrada del caudal asociado al desagüe de fondo y entrada del caudal sumatorio del desagüe de fondo y aliviadero. Como cota de inicio se establece la de la solera del pozo, la cota 603.50 m.s.n.m. Como cota de salida, la del punto de vertido, 592.56 m.s.n.m. La pendiente resultante es de 0,30 m/m.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Hipótesis 1 – Caudal de entrada asociado al desagüe de fondo
  - Q = 0,64 m^3/s
  - Flujo supercrítico
  - Calado (y) = 0,17 m
  - Porcentaje de sección llena = 37 %
- Hipótesis 2. Caudal de entrada asociado al desagüe de fondo y el aliviadero
  - Q = 0,90 m^3/s
  - Flujo supercrítico
  - Calado (y) = 0,20 m
  - Porcentaje de sección llena = 44 %

7.5.3 Cuenca de aportación

La balsa carece de cuenca de aportación, ya que se dispone elevada respecto al terreno colindante, lo que impide la entrada de caudales exteriores procedentes de la escorrentía superficial.

La única fuente de aportación la constituye la tubería de abastecimiento de los bombeos, cuyo caudal máximo de entrada a la balsa alcanzaría los 0,273 m^3/s en la balsa baja y de 0,200 m^3/s en la alta, según el caudal continuo máximo necesario para el riego de cada balsa y las hectáreas de cada balsa.

En cuanto a la aportación por precipitación directa sobre la propia balsa, se calcula, para las dos balsas el mismo, el caudal punta que se podría producir para la precipitación máxima previsible correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

En este sentido, para la determinación de la precipitación máxima en 24 horas P24 (T) se ha recurrido a la publicación *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, obteniéndose un valor de 121,46 mm para 500 años de periodo de retorno.

Para determinar el aguacero máximo se utiliza el método propuesto en la norma 5.2-IC *drenaje superficial* de la Instrucción de Carreteras aprobada por Orden FOM/298/2016 del Ministerio de Fomento.

Para el periodo de retorno seleccionado de 500 años, y una duración del aguacero previsto de 1 hora, la intensidad obtenida es la siguiente:

$P_{d\ (500)}$	121,46	mm/día
K_A	1,00	
$I_{d\ (500)}$	5,06	mm
t aguacero	1	hora
I_1/I_d	10	
$F_{intensidad}$	10	
I (500, 2)	50,60	mm/h

Que cayendo sobre una superficie del vaso de la balsa baja de 6.076 m^2 y de 3.938 m^2 en la alta, equivale a un caudal de:

Balsa baja:

$$Q_{pSII} = \frac{50{,}60\ \text{mm}/h\ \cdot\ 6.076\ m^2}{1.000\ \text{m}\ \cdot\ 3.600\ \text{s}} = 0{,}085 m^3/\text{s}$$

Balsa alta:

$$Q_{pSII} = \frac{50{,}60\ \text{mm}/h\ \cdot\ 3.938\ m^2}{1.000\ \text{m}\ \cdot\ 3.600\ \text{s}} = 0{,}056 m^3/\text{s}$$

Así, en situación de avenida extrema, el caudal máximo a desaguar sería el caudal entrante del bombeo más el caudal proveniente de la lluvia sobre la balsa, siendo de:

BAJA Qmáx. = 0,273 m3/s + 0,085 m3/s = 0,358 m^3/s.

ALTA Qmáx. = 0,200 m3/s + 0,056 m3/s = 0,256 m^3/s.

7.5.4 Órgano de alivio

Esquema de los órganos de alivio

Aliviadero de labio fijo con una anchura diferente para cada balsa y una longitud uniforme de 1.38 m, por lo que la obra de fábrica no atraviesa el dique en toda su anchura, sino que recoge el vertido en una tubería de PE100 corrugado de diámetro DN450 mm en el caso de la balsa alta y de DN500 mm en el caso de la baja, que vierte en la arqueta de alivio (pozo de conexión de desagües en planos), junto con la tubería de desagüe y las tuberías de drenaje.

En esta arqueta, el agua es recogida por la tubería descrita en el punto 7.5.2.2. que vierte en cauces próximos. Debido a la escasa altura de las balsas, no hay previstos más órganos de rotura de carga que la arqueta de alivio, también denominada pozo.

Balsa baja

El aliviadero proyectado para la balsa baja se proyecta de labio fijo en pared gruesa de hormigón armado, situándose embutido en el talud de la balsa y excavado en el talud este. La disposición del aliviadero es frontal y la sección de entrada en el mismo es rectangular con una base de 3,0 m de longitud y una anchura de 1,38 m. La profundidad del labio vertiente es de 0,40 m y el agua recogida en ella es conducida bajo el camino de coronación del dique por medio de una tubería de saneamiento de 500 mm. La tubería de salida de la arqueta del aliviadero confluye en el pozo de conexión de tuberías, que a su vez vierte en dirección al barranco de Valdevarón el caudal derivado de poco probables fallos de comunicación entre la balsa y bombeo, no hallando en su recorrido hasta dicho barranco viviendas, vías de comunicación u otros elementos susceptibles de sufrir daños de consideración que requieran medidas adicionales. La sección y pendiente del barranco, así como las dimensiones de la obra de fábrica de cruce de la carretera NA-1110 permiten la evacuación de caudales provenientes de la balsa en cualquier circunstancia.

Cálculo de la demanda de alivio

Debido a la pequeña superficie de la balsa, se considera que la situación crítica de alivio corresponde a la evacuación del caudal del bombeo correspondiente en el momento en que el nivel de la balsa alcanza la cota del aliviadero sumado a la condición de máxima avenida. Por tanto, el caudal a evacuar es de 358 l/s.

Cálculo de la capacidad de alivio

El aliviadero, de tipología de cajón, tendrá una longitud de labio vertiente de 3 m. La altura de vertido se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = C_o \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Siendo:

- Co: coeficiente de desagüe (ad)
- L: longitud del labio vertiente (m)
- H: altura de vertido (m)

El coeficiente de desagüe (Co), por tratarse de un vertedero de pared gruesa, se puede considerar con el valor de 1,80. Los parámetros fijos considerados son, por un lado, la longitud del labio vertiente, de 3 m, y por otro, el caudal de desagüe, 0,358 m3/s.

De la expresión anterior se obtiene que la altura de vertido es de 0,16 m.

Comprobación de la tubería del aliviadero en el tramo balsa – pozo de conexión, DN500 mm

A continuación, se comprueba la validez de funcionamiento del conjunto cajón del aliviadero – tubería de alivio DN500 mm. La tubería deberá ser capaz de desaguar el caudal de entrada al cajón del aliviadero, a la vez que las dimensiones de éste deben garantizar que no se anegue. Como datos de partida, se considerará como caudal de entrada el valor de 0,358 m^3/s. Como cota de inicio se toma la 508,95 m.s.n.m. y como cota de salida, la 502,00 m.s.n.m.

Se calcula el calado normal en la sección de entrada de la tubería DN500 mm, resultando lo siguiente:

- Calado (y) = 0,15 m
- Porcentaje de sección llena = 31 %

El calado crítico, y_c es de 0,40 m. La altura de carga necesaria en la arqueta del aliviadero es de 0,23 m, siendo inferior a la profundidad de la misma, 0,40 m, por lo que se comprueba que la arqueta no se anegará.

Balsa alta

El aliviadero proyectado para la balsa alta se proyecta de labio fijo en pared gruesa de hormigón armado, situándose embutido en el talud de la balsa y excavado en el talud este. La disposición del aliviadero es frontal y la sección de entrada en el mismo es rectangular con una base de 2,0 m de longitud y una anchura de 1,38 m. La profundidad del labio vertiente es de 0,40 m y el agua recogida en ella es conducida bajo el camino de coronación del dique por medio de una tubería de saneamiento de 450 mm. La tubería de salida de la arqueta del aliviadero confluye en el pozo de conexión de tuberías, que a su vez vierte en dirección al barranco de Valmayor el caudal derivado de improbables fallos de comunicación entre la balsa y bombeo, no hallando en su recorrido hasta dicho barranco viviendas, vías de comunicación u otros elementos susceptibles de sufrir daños de consideración que requieran medidas adicionales. La sección y pendiente del barranco, así como las

dimensiones de las obras de fábrica de cruce de la carretera NA-7220 en primer lugar y N-111 en segundo lugar, permiten la evacuación de caudales provenientes de la balsa en cualquier circunstancia.

Cálculo de la demanda de alivio

Debido a la pequeña superficie de la balsa, se considera que la situación crítica de alivio corresponde a la evacuación del caudal del bombeo correspondiente en el momento en que el nivel de la balsa alcanza la cota del aliviadero sumado a la condición de máxima avenida. Por tanto, el caudal a evacuar es de 256 l/s.

Cálculo de la capacidad de alivio

Debido a la pequeña superficie de la balsa, se considera que la situación crítica de alivio corresponde a la evacuación del caudal del bombeo correspondiente en el momento en que el nivel de la balsa alcanza la cota del aliviadero sumado a la condición de máxima avenida. Por tanto, el caudal a evacuar es de 256 l/s.

El aliviadero, de tipología de cajón, tendrá una longitud de labio vertiente de 3 m. La altura de vertido se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = C_o \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Siendo:

- Co: coeficiente de desagüe (ad)
- L: longitud del labio vertiente (m)
- H: altura de vertido (m)

El coeficiente de desagüe (Co), por tratarse de un vertedero de pared gruesa, se puede considerar con el valor de 1,80. Los parámetros fijos considerados son, por un lado, la longitud del labio vertiente, de 2 m, y por otro, el caudal de desagüe, 0,256 m3/s.

De la expresión anterior se obtiene que la altura de vertido es de 0,17 m.

Comprobación de la tubería del aliviadero en el tramo balsa – pozo de conexión, DN450 mm

A continuación, se comprueba la validez de funcionamiento del conjunto cajón del aliviadero – tubería de alivio DN450 mm. La tubería deberá ser capaz de desaguar el caudal de entrada al cajón

del aliviadero, a la vez que las dimensiones de éste deben garantizar que no se anegue. Como datos de partida, se considerará como caudal de entrada el valor de 0,256 m^3/s. Como cota de inicio se toma la 610,90 m.s.n.m. y como cota de salida, la 605,25 m.s.n.m.

Se calcula el calado normal en la sección de entrada de la tubería DN450 mm, resultando lo siguiente:

- Calado (y) = 0,15 m
- Porcentaje de sección llena = 34 %

Posteriormente se calcula el calado crítico en el cambio de pendiente de la tubería, comprobando que la altura de carga necesaria en la arqueta del aliviadero es inferior a la profundidad de la misma. En efecto, se cumple esta premisa, siendo el resto de resultados de cálculo los siguientes:

- Calado crítico (yc) = 0,35 m
- Porcentaje de sección llena = 78 %
- Altura de carga necesaria en la arqueta del aliviadero (H) = 0,19 m
- Altura de la arqueta del aliviadero = 0,40 m

Las dimensiones y características de la obra de toma para los citados aliviaderos se recogen en los planos correspondientes de este proyecto.

8. VALLADO

Con el fin de evitar el acceso no autorizado a las balsas y la entrada de animales se ejecutará para cada una de las balsas un cerramiento perimetral en el camino de coronación por su arista exterior, mediante una valla metálica galvanizada de 2,0 m de altura y para el acceso al camino de coronación se ha previsto colocar una puerta de paso de 4 m de ancho; se dispondrá asimismo un cerramiento de valla de 1 m de altura en la parte interior del camino de coronación, asentada en este caso sobre un zócalo de hormigón de 0,40 m de alto.

9. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES

Los parámetros expuestos en este apartado en referencia a la estabilidad de los taludes se han extraído de la información recogida en el anejo del *Estudio Geotécnico* del presente proyecto.

La balsa baja tiene una superficie de 6.076 m^2 con una altura de agua de 4,7 m de distancia entre el fondo de la balsa y la altura máxima de la lámina de agua y un diseño de talud de 3H/1V interior y 2H/1V exterior.

La balsa Alta tiene superficie de 3.938 m^2 con una altura de agua de 4,8 m de distancia entre el fondo de la balsa y la altura máxima de la lámina de agua y un diseño de talud de 3H/1V interior y 2H/1V exterior.

Las dos balsas presentan un ancho de coronación de 5 m.

Como referencia, tenemos los factores de seguridad mínimos indicados en la Guía de Cimentaciones en obras de carreteras para la estabilidad global:

Estabilidad estricta: F.S = 1.0

Combinación accidental: F.S = 1.1

Combinación característica: F.S = 1.3

Combinación casi permanente: F.S = 1.5

Para el cálculo de estabilidad de los taludes de terraplén se ha empleado el método de Bishop. A modo de resumen se muestran los factores de seguridad obtenido para cada supuesto.

Material	Supuesto talud	Factor seguridad (Bishop)	Valoración FS
Talud terraplén H: 6,0 m 1:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	3,349	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	1,991	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	2,572	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	4,174	Estable
Talud terraplén H: 8,0 m 1:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	2,206	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	1,465	Inestable largo plazo
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	2,077	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	3,367	Estable
Talud terraplén H: 6,0 m 2,5:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	5,125	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	3,148	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	4,134	Estable
	Balsa llena / Sin	4,226	Estable

Material	Supuesto talud	Factor seguridad (Bishop)	Valoración FS
	nivel freático en terraplén		
Talud terraplén H: 8,0 m 2:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	2,206	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	2,133	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	3,185	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	3,367	Estable
Talud desmonte H: 6,0 m 1:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	5,565	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	3,302	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	4,170	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	6,270	Estable
Talud desmonte H: 6,0 m 2:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	3,214	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	1,676	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	2,482	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	6,270	Estable

Tabla 11 Coeficientes de seguridad estabilidad de taludes de la balsa Baja

Material	Supuesto talud	Factor seguridad (Bishop)	Valoración FS
Talud terraplén H: 2,65 m 1:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	7,784	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	3,817	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	4,781	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	6,176	Estable
Talud desmonte H: 11,0 m 1:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	3,534	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	2,712	Estable
	Balsa vacía / Sin nivel freático en terraplén	2,176	Estable
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	4,845	Estable
Talud desmonte H: 11,0 m 2:1	Balsa llena / nivel freático en terraplén	2,272	Estable
	Balsa vacía / nivel freático en terraplén	1,401	Inestable largo plazo
	Balsa vacía / Sin	2,176	Estable

Material	Supuesto talud	Factor seguridad (Bishop)	Valoración FS
	nivel freático en terraplén		
	Balsa llena / Sin nivel freático en terraplén	4,845	Estable

Tabla 12 Coeficientes de seguridad estabilidad de taludes de la balsa Alta

Los factores de seguridad (Fs) obtenidos para las secciones analizadas de las balsas de riego en las cuatro situaciones de cálculo recomendadas en el Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010 son claramente superiores a los factores mínimos exigidos en el citado Manual.

9.1 Ancho de coronación

9.1.1 Datos de partida

Los parámetros principales de la balsa baja son:

- Volumen de balsa: 16.083 m^3
- Cota N.M.N: 509,35 m
- Cota fondo de balsa: 504,65 m
- Cota de coronación (bordillo perimetral incluido): 510,35 m
- Superficie a N.M.N. 5.201 m^2
- Longitud máxima en balsa a N.M.N. (Fetch): 0,097 Km

Los parámetros principales de la balsa alta son:

- Volumen de balsa: 9.700 m^3
- Cota N.M.N: 611,3 m
- Cota fondo de balsa: 606,5 m
- Cota de coronación (bordillo perimetral incluido): 612,1 m
- Superficie a N.M.N. 3.391 m^2
- Longitud máxima en balsa a N.M.N. (Fetch): 0,058 Km

Estos parámetros servirán para fijar la altura del dique y el Fetch, necesarios para el dimensionamiento de estos primeros elementos de la balsa.

9.1.2 Datos de partida

Para definir el ancho mínimo de la coronación de la balsa se toma en consideración lo expuesto en la *Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas*, obtenida de la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

De acuerdo con el artículo 55.2 de la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas (IPCEGP), se establece que la anchura mínima de coronación correspondiente a las zonas de sismicidad baja viene dada por la expresión:

$C= 3+1,5\ (A-15)^{1/3}$

Siendo :

C = Anchura de coronación (m)

A = Altura máxima de la presa (m)

(Se adoptará una anchura mínima de coronación de 3 si la altura A de la balsa es inferior a 15m).

En nuestro caso, para la balsa baja, A= (cota N.M.N.- cota fondo balsa) = 509,35- 504,65 = 4,7 m.

Para la balsa alta tenemos que A= 611,3-606,5 = 4,8 m.

En dicho artículo se dice, además, que en caso de que la altura de la presa sea inferior a 15 m, como es nuestro caso en las dos balsas, el ancho de la coronación será como mínimo de 3m.

Para poder permitir el tránsito de vehículos de mantenimiento de la balsa, se establece el ancho de la coronación en **5 m**.

9.2 Resguardo

Acudiendo al *Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas* en su punto 6.2.3.4. se define el resguardo como diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa

Se establece que el resguardo normal deberá de ser la diferencia entre el nivel máximo extraordinario (NME) y el nivel máximo normal (NMN) más 1,5 veces la altura de la máxima ola posible originada por acción del viento más

De acuerdo art. 55.6 de IPCEGP, el resguardo se define para dos situaciones de la balsa:

a) Resguardo normal (RN): es el relativo al nivel máximo normal (N.M.N.) o máximo nivel que puede alcanzar el agua en la balsa en un régimen normal de explotación. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al caudal de cálculo del

aliviadero o altura de vertido (r_1) más la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

Debe verificarse que RN (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NMN ≥ $r_1 + 1{,}5\, r_2$, siendo

- r_1=NME-NMN (altura de vertido)
- r_2 = altura de la ola (m) = 0,6 $\sqrt[4]{F}$ (F= Fetch)

b) Resguardo mínimo (R_{min}): es el relativo al Nivel Máximo Extraordinario (N.M.E.) o nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

Debe verificarse que R(m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NME ≥ 1,5 r_2

En nuestro caso, se tiene:

Balsa baja

Los datos de partida son:

- NME: Es el NMN más la altura de vertido sobre el aliviadero, es decir, 509,35 + 0,16 = 509,51 m
- r_2 altura de la ola (m) = 0,6 $\sqrt[4]{F}$ = 0,33 m
-

De donde se deduce:

RN (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NMN = 510,35 - 509,35 = 1,0 m.

$r_1 + 1{,}5 \bullet r_2 = 0{,}137 + 1{,}5 \bullet 0{,}33 = 0{,}632$ m

R_{min}(m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NME = 510,35 – 509,51 = 0,84 m

$1{,}5 \bullet r_2 = 0{,}495$ m

Verificándose la condición RN (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NMN ≥ $r_1 + 1{,}5\, r_2$

y también la condición R_{min} (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NME ≥ 1,5 r_2

Balsa alta

En la coronación de la balsa alta se colocará un zócalo de hormigón de 0,20 m de altura en todo el perímetro de la balsa. Este elemento es resistente frente a la ola que produciría el viento en la balsa, por lo que se considerará como estructura resistente, y se tendrá en cuenta en la comprobación de los resguardos.

Los datos de partida son:

- NME: Es el NMN más la altura de vertido sobre el aliviadero, es decir, 611,3 + 0,17 = 611,47 m
- r_2 = altura de la ola (m) = 0,6 $\sqrt[4]{F}$ = 0,294 m

De donde se deduce:

RN (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NMN = 612,3 – 611,3 = 1,0 m.

$r_1 + 1{,}5\, r_2 = 0{,}10 + 1{,}5 \bullet 0{,}294 = 0{,}541$ m

R_{min}(m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NME = 612,3 – 611,47 = 0,83

$1{,}5 \bullet r_2 = 0{,}441$ m

Verificándose la condición RN (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NMN ≥ $r_1 + 1{,}5\, r_2$

y también la condición R_{min} (m) = $Z_{\text{más alta del dique}}$-NME ≥ $1{,}5\, r_2$

Según el Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses, en su punto 7.4 indica: *"Durante el paso de la Avenida extrema se admitirá un agotamiento parcial o total del resguardo, de acuerdo con las siguientes condiciones:*

a) En las presas de materiales sueltos, se tendrá en cuenta la máxima sobreelevación del oleaje originada por la acción del viento, y no se admitirán vertidos sobre la coronación, salvo que estén específicamente proyectadas para ello."

Según ese Real Decreto la avenida extrema se considera como la mayor avenida que la balsa debe soportar sin llegar a producirse su desbordamiento, salvo los casos que se indican en el apartado 7.4. de esta Norma. Supone un escenario límite al cual puede estar sometida la balsa, en el que se pueden admitir márgenes de seguridad más reducidos.

En nuestro caso la mayor avenida posible, es el máximo nivel de agua hasta la altura del aliviadero, teniendo en cuenta que los bombeos son el único aporte de agua de la balsa. En el caso de la balsa baja coincide con la altura de 509,35 msnm y en la alta con 611,30 msnm según los levantamientos topográficos.

Teniendo calculada anteriormente la sobrelevación del oleaje en 0,33 y 0,294, respectivamente en cada balsa, se produce una altura en Avenida máxima de 509,68 msnm en la baja y de 611,60 msnm en la alta.

El resguardo normal de las balsas consistirá en 1,0 m con respecto al N.M.N. en la balsa baja y 1,0 m en la alta. El resguardo mínimo de las balsas consistirá en 0,84 m con respecto al N.M.E. en la balsa baja y 0,83 m en la alta.

10. NECESIDAD DE PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA

Según el *Real Decreto 264/2021, de 13 de abril,* por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses y en su Anexo I *Norma técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses*, la necesidad de propuesta de clasificación depende de:

- Altura superior a **5 m** de terraplén
- Volumen aforado superior a **100.000 m³**

En la balsa baja se ha comprobado que los taludes a considerar en el estudio son de **7,85 m** pues según la norma, se ha de tener en cuenta la altura de balsa como la diferencia de cota entre el punto más bajo de la cimentación del talud exterior del dique de cierre y el punto más alto de la estructura resistente, siendo las cotas 510,35 msnm y 502,50 msnm respectivamente.

La balsa ha sido diseñada para el aforamiento de 16.083 m^3, volumen muy inferior a los 100.000 m^3 que determina la norma para la exigencia de clasificación.

La balsa alta se ha comprobado que los taludes a considerar en el estudio son de **4,0 m,** pues según la norma, se ha de tener en cuenta la altura de balsa como la diferencia de cota entre el punto más bajo de la cimentación del talud exterior del dique de cierre y el punto más alto de la estructura resistente, siendo las cotas 612,10 msnm y 608,10 msnm respectivamente.

La balsa ha sido diseñada para el aforamiento de 9.700 m^3, volumen muy inferior a los 100.000 m^3 que determina la norma para la exigencia de clasificación.

Por lo expuesto, se considera que para la balsa baja de la C.R. Viana, definida en este anejo, **es necesaria la realización de la Propuesta de Clasificación del Riesgo** al superarse las dimensiones de altura máxima de terraplén exterior:

- **Altura del terraplén exterior: 7,85 m > 5 m**
- Volumen aforado: 16.083 m^3 <100.000 m^3

En el caso de la balsa alta, se considera que **NO es necesaria la realización de la Propuesta de Clasificación del Riesgo** al no superarse las dimensiones de altura máxima de terraplén exterior ni de volumen aforado:

- Altura del terraplén exterior: 4,0 m < 5 m
- Volumen aforado: 9.700 m^3 <100.000 m^3

11. JUSTIFICACIÓN DEL AFORAMIENTO PARA RIEGOS FUERA DE CAMPAÑA

La campaña oficial de riego que abarca el periodo desde el 1 de marzo hasta el 30 de septiembre, quedando fuera de este periodo los posibles riegos que fuera necesario realizar en cultivos de hortícolas y olivo, posteriores al cierre de la campaña de riego, es decir, después del 30 de septiembre.

La distribución de este tipo de cultivos entre las zonas de riego que abastecen las dos balsas es variable en cada campaña, pero para el cálculo, tenemos en cuenta la superficie de cada una de ellas, es decir, 688 ha para la balsa baja y 379 ha para la alta.

Es por ello por lo que a continuación se exponen los datos de referencia para calcular las necesidades de almacenamiento de la balsa en previsión de la necesidad de aplicar riegos fuera de campaña y que se corresponden con las necesidades obtenidas en el *Anejo 3 – Estudio Agronómico:*

Superficie balsa baja:	688 ha
Superficie c. olivo (6%):	41 ha
Superficie c. hortícolas (1%):	7 ha
Superficie total (7%):	48 ha

Dotación en octubre (Estudio Agronómico):	31,82 mm
Consumo en octubre (Estudio Agronómico):	15.273 m^3
Necesidades de almacenamiento balsa baja:	154.273 m^3

En base a lo calculado, se concluye que las necesidades de almacenamiento para los posibles riegos fuera de campaña, en lo que corresponde a la zona de riego de la balsa baja de 15.273 m^3, son inferiores al volumen aforado por la misma de 16.083 m^3, quedando por tanto cubiertas.

Superficie balsa alta:	379 ha
Superficie c. olivo (6%):	22,74 ha
Superficie c. hortícolas (1%):	3,79 ha
Superficie total (7%):	26,53 ha

Dotación en octubre (Estudio Agronómico):	31,82 mm

Consumo en octubre (Estudio Agronómico): 8.442 m^3

Necesidades de almacenamiento balsa alta: 8.442 m^3

En base a lo calculado, se concluye que las necesidades de almacenamiento para los posibles riegos fuera de campaña, en lo que corresponde a la zona de riego de la balsa alta de 8.442 m^3, son inferiores al volumen aforado por la misma de 9.700 m^3, quedando por tanto cubiertas.

12. DISEÑO DE ACCESOS Y URBANIZACIÓN DEL ENTORNO DE LA BALSA

En ambas balsas se han proyectado caminos de acceso de 4 metros de anchura con una capa de rodadura de ZA-20 de 20 cm de espesor compactada al 98% del Próctor modificado sobre una subbase de material extraído de la excavación de la balsa.

Esta subbase tendrá un espesor de 30cm y tendrá como cometido rellenar vacío que resulta de desbrozar la traza del camino, de modo que la cimentación de la capa de rodadura no quede por debajo de la tierra vegetal con la que linda.

12.1 Reserva de espacios para limpieza

No se han reservado expresamente espacios para labores de limpieza de las balsas. Tienen un tamaño tal que la limpieza manual es perfectamente abordable por cuatro personas en una semana. Por lo general, estas labores de limpieza consistirán en la retirada de sedimentos y objetos extraños en el entorno de la toma y el desagüe.

En caso de necesitar una limpieza exhaustiva para detectar roturas de la lámina, el procedimiento será retirar el filtro de la toma y sustituirlo por una brida ciega con una toma de 50 mm que servirá para conexionar una manguera con la que diluir los sedimentos y arrastrarlos hacia el desagüe, del que también se habrá retirado el filtro previamente. Una vez la capa de sedimentos haya sido eliminada se podrán utilizar el Vatem o el dipolo para detectar perforaciones.

Las operaciones descritas pueden acometerse sin necesidad de acceder con maquinaria al interior de las balsas. Es por ello que no se han previsto rampas de acceso, que son muy problemáticas tanto durante la construcción como durante la explotación por las tensiones que generan en las geomembranas y la tendencia que tienen a reptar hacia el fondo. Si fuera necesario acceder al interior de la balsa con maquinaria lo adecuado sería retirar un paño del talud y descender por el hueco abierto, la pendiente es suficientemente suave para permitir esta operación.

12.2 Acceso a las arquetas de válvulas

Se han proyectado al pie del terraplén. En el caso de la balsa alta el camino de acceso da también acceso a la arqueta de válvulas; en el caso de la balsa baja es necesario construir un acceso ex profeso porque la conexión con la red de caminos no coincide con la traza que sigue la tubería de llenado.

APNDICE 1. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA BAJA

ESTUDIO DE LA ROTURA POTENCIAL DE LA **BALSA BAJA** DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I (NAVARRA)

ÍNDICE

A. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN 4

B. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA 5

1 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y EMBALSE 5

1.1. Identificación de la balsa y del titular 5

1.2. Situación de la balsa 5

1.3. Características de la balsa 5

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO 8

2.1. Características del terreno aguas abajo. Elementos y zonas sensibles 8

3 METODOLOGÍA APLICADA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS 8

3.1. Ámbito de aplicación 8

3.1. Cartografía utilizada 8

3.2. Modelo Digital del Terreno (MDT) 8

3.3. Metodología general de análisis aplicada 9

3.4. Características básicas del análisis 9

3.5. Modelización hidráulica 11

4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS 14

4.1. Introducción 14

4.2. Evaluación de riesgos y daños 14

4.3. Resultados 16

4.3.1. TABLA PARA EL ÁNALISIS DE AFECCIONES A NÚCLEOS DE POBLACIÓN, VIVIENDAS Y VIDAS HUMANAS EN GENERAL 18

Identificación y localización de la afección potencial 18

Resultados del modelo hidráulico 19

Clasificación del daño 20

4.3.2. TABLA PARA EL ÁNALISIS DE AFECCIONES A SERVICIOS ESENCIALES 21

Identificación y localización de la afección potencial 21

Resultados del modelo hidráulico 22

Clasificación del daño 23

4.3.3. TABLA PARA EL ÁNALISIS DE DAÑOS MATERIALES OCASIONADOS POR LA ONDA DE ROTURA 24

Identificación y localización de la afección potencial 24

Resultados del modelo hidráulico 26

Clasificación del daño 28

5 CONCLUSIÓN: CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN PROPUESTA 30

6 PLANOS 30

A. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN	C

Según las justificaciones que se exponen a continuación y atendiendo a la descripción de la *Guía Técnica*, **estimamos que ante los daños producidos por la potencial rotura de la BALSA BAJA diseñada en el "*PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I (NAVARRA)*" en el Término Municipal de VIANA, la clasificación que se propone es de categoría "C".**

Según la Guía Técnica de Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial[1] se asignará la Categoría C a: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas.

Viana, febrero de 2023

AUTOR

D. JUAN CARLOS ESQUÍROZ NOBLE

Ingeniero Agrónomo

1 *"Guía Técnica para la clasificación de presas en función del riesgo potencial"* publicada por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas del Ministerio de Medio Ambiente (nov. 2021)

B. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Se redacta la siguiente propuesta como consecuencia del "Artículo 367. Obligaciones del titular" del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que dice que: "Los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. La resolución de la clasificación deberá dictarse en el plazo máximo de un año."

1 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y EMBALSE

1.1. Identificación de la balsa y del titular

- Denominación: BALSA BAJA
- Titular: COMUNIDAD DE REGANTES DE VIANA I
- Finalidad: BALSA DE REGULACIÓN PARA RIEGO

1.2. Situación de la balsa

La balsa proyectada se sitúa en el término municipal de Viana, en el paraje denominado *"Valdecarro"* y su emplazamiento se ha hecho coincidir con la PARCELA 567 del polígono 5.

Las coordenadas ETRS89 HU-30 son:

X = 549.653 m

Y = 4.708.349 m

1.3. Características de la balsa

La balsa se construirá semiexcavada en el terreno. Los terraplenes serán de forma trapezoidal con una anchura de coronación de 5 m. y taludes de 3,0 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud interior y 2,0 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud exterior. El talud de aguas abajo se cubre con una capa de tierra vegetal.

La altura máxima del terraplén respecto al fondo de la balsa será 5,7 m, con una altura de lámina de agua a N.M.N. de 4,70 m, quedando, por tanto, un resguardo de 1,0 m bajo la coronación. En dicha coronación se proyecta la construcción de un camino de 316,5 m de longitud.

El sistema de impermeabilización de la balsa en su totalidad (fondo y taludes) será mediante lámina impermeabilizante de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de espesor apoyada sobre lámina de geotextil de densidad superior a 260 gr/m^2. En las zonas en las que el apoyo sea sobre terreno excavado se colocará bajo el geotextil un relleno de 15 cm de espesor con material seleccionado.

La balsa irá provista de un sistema de drenaje dividido en dos sectores. El primero corresponde con el perímetro del fondo y está previsto para que drene posibles fugas en los taludes. El segundo se colocará en el centro de la balsa de forma longitudinal para analizar fugas en el fondo de ésta. Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada de 160 mm de diámetro alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 260 gr/m^2.

Los caudales procedentes de cada sector, en el caso de la rotura de la lámina que impermeabiliza la balsa, se recogen al final en sendos tubos de PVC de 160 mm de diámetro embutido en hormigón que saldrá a un control situado en la arqueta de válvulas, donde se puede visualizar la cantidad de agua evacuada.

Las tuberías de las tomas de fondo y la de desagüe irán dentro de tubería de hormigón de 600 mm de diámetro interior dentro de una zanja recubierta de mortero de cemento HM-20 con un recubrimiento de 0,3 m sobre la tubería de hormigón

La tubería de salida de la balsa se proyecta en fundición de diámetro 500 mm y longitud 46 metros, hasta la arqueta del filtro; el desagüe de fondo consiste en otra tubería de similares características y longitud, y ambas se podrán conectar en la arqueta de válvulas.

La arqueta de válvulas conectará las tuberías de llenado y desagüe mediante dos Tes y tubería de conexión de acero helicosoldado, en la cual se ubicará una válvula de compuerta de accionamiento manual.

La entrada de agua a las tuberías de fondo se realiza protegida por un filtro re rejilla tipo chimenea de 1,0 m de alto y 0,8 m de diámetro para evitar atascamientos en la tubería de toma.

Los dispositivos de regulación previstos para la toma de agua y desagüe de fondo son:

- Una válvula de mariposa de DN 500 mm a la salida de la balsa destinada para regulación de la toma para riego.
- Una válvula mariposa de DN 500 mm destinada al control del vaciado de la balsa.
- Una válvula de mariposa para el by pass de las tuberías de llenado y desagüe.

Las características principales y especificaciones que deberán cumplir estos elementos se especifican con detalle en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

El aliviadero de la balsa se proyecta de labio fijo en pared gruesa de hormigón armado, situándose embutido en el talud de la balsa y excavado en el talud este. La disposición del aliviadero es frontal, y la sección de entrada en el mismo rectangular cuya base de 3,0 m de longitud, coincide con el labio vertiente (cota 509,35m). La altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero es de 0,16 m cuando se vierte un caudal de 0,358m^3/s correspondiente al caudal de proyecto, equivalente al caudal máximo que se podría producir en el caso de coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, balsa llena y un fallo de cierre en la tubería de llenado de la balsa.

En cuanto a los órganos de desagüe:

La arqueta de aliviadero tiene una anchura libre de 3,0 m y una longitud de 1,38 m. Su profundidad desde el labio vertiente es de 0,40 m y el agua recogida en ella es conducida bajo el camino de coronación del dique por medio de una tubería corrugada de saneamiento de 500

mm de diámetro hasta el pozo de conexión de desagües. La longitud de esta tubería es de 64 m y parte de una cota de fondo de tubo de 508,95 m, llegando al pozo en 501,75m.

En cuanto a las características hidrológicas, la balsa no se encuentra en ningún cauce siendo la entrada de agua por una tubería de impulsión desde el bombeo Alto, con un caudal de entrada a la balsa de 273 l/s.

Las características más significativas de la balsa, a modo de resumen, son las siguientes:

- Cota Camino de coronación: 510.35 msnm
- Cota Lámina de agua (NMN): 509.35 msnm
- Cota Lámina de agua (NME): 509,51 msnm
- Cota media de fondo: 504.65 msnm
- Altura Dique Contención: 5.7 m
- Superficie de ocupación de la balsa: 10522 m^2
- Volumen máximo acumulado hasta NMN: 16083 m^3
- Volumen máximo acumulado hasta coronación: 21717 m^3

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Características del terreno aguas abajo. Elementos y zonas sensibles

En su recorrido, la onda de avenida se encauza en un primer momento por el conocido como río de Valdevarón, durante los primeros 1,5 km de recorrido. Posteriormente, este río, pasa a denominarse río de Valdeibañez, y en su tramo final, río de Perezuelas, que desemboca en el Ebro unos 4,5 km aguas abajo del municipio de Viana.

El terreno aguas abajo de la balsa tiene una pendiente aproximada del 1 %, y está ocupado en su mayoría por terrenos de cultivo (fundamentalmente viñedos), arbolado y vegetación dispersa. No hay presencia de núcleos de población ni de servicios considerados como esenciales en su recorrido. Coincidiendo con las márgenes del río, se observa la presencia de construcciones dispersas, que en algunos casos son naves o edificaciones dedicadas a la agricultura y al trabajo de la vid, y en otros casos, se concentran en la misma parcela viviendas y edificaciones destinadas a labores agrícolas.

3 METODOLOGÍA APLICADA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS

3.1. Ámbito de aplicación

Se ha desarrollado un estudio de rotura para, mediante el análisis de daños, hacer una Propuesta de Clasificación, que incluirá la presa en una de las siguientes categorías definidas en la Guía Técnica;

- **Categoría A:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- **Categoría B:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.
- **Categoría C:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecen todas las presas no incluidas en las categorías A y B.

Los criterios para el establecimiento de estas categorías se basan en la cuantificación de daños que la rotura de la balsa produciría.

3.1. Cartografía utilizada

Cartografía ráster WMS (Web Map Server) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional (URL: https://www.ign.es/wmts/mapa-raster).

3.2. Modelo Digital del Terreno (MDT)

Se ha empleado el Modelo Digital del Terreno (MDT) con paso de malla de 5 m del Instituto Geográfico Nacional, descargado del Centro de Descargas del IGN, en la página web:

https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#, en base al cual se han realizado las mallas sobre las que se realizan los cálculos hidráulicos.

3.3. Metodología general de análisis aplicada

La metodología aplicada es la que se propone en la Guía Técnica para la Clasificación de presas en función del riesgo potencial de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.

El proceso de valoración se realizará, para todos aquellos elementos que se sitúen dentro de los límites de la zona inundable tras la rotura, en dos etapas:

- En la primera etapa se analizará si se produce su afección o no. Al objeto de la clasificación, se considerará que los elementos están afectados si se produce "afección grave" de los mismos; los umbrales de afección grave se establecen en base a los valores de las variables hidráulicas de la onda de rotura (calado y velocidad) en el punto en estudio.

Si se superan los citados umbrales la afección se calificará como "grave" y se analizará con detalle en una segunda etapa, mientras que si no se rebasan la afección se calificará como "afección no grave".

- En la segunda etapa se estudiarán, uno a uno, todos los elementos en los que en la etapa anterior se haya determinado que se produce "afección grave", al objeto de establecer, en función del número, extensión o catalogación de los mismos, en qué categoría procede clasificar la presa.

El proceso se repetirá para los cuatro grupos considerados: i) núcleos de población o viviendas aisladas, ii) servicios esenciales, iii) daños materiales y iv) aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para llevar a cabo las modelizaciones hidráulicas, se ha empleado el software HEC-RAS, un software libre de análisis bidimensional desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers, ampliamente utilizado para este tipo de estudios.

3.4. Características básicas del análisis

De acuerdo con la "Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial", los escenarios de rotura planteados son los siguientes (rotura individual y escenarios extremos):

- Escenario de rotura sin avenida: No coincidencia con avenida y embalse en su máximo nivel normal de explotación.
- Escenario límite: embalse en su NMN y desagüe de un hidrograma que pueda llenarlo hasta la coronación de la presa, manteniendo ésta todos sus elementos de desagüe abiertos, produciéndose a continuación su rotura.

- Rotura encadenada de presas: En el caso en el que exista una sucesión de presas en el mismo río se debe analizar la posibilidad de que se produzca la rotura encadenada de las mismas (efecto dominó). Esta hipótesis puede dar lugar a dos situaciones:

i. Que la sobreelevación que se produce en el embalse de aguas abajo no alcance la cota de coronación de la presa. En cuyo caso se considerará que no se produce rotura encadenada.
ii. Que el embalse de aguas abajo no pueda absorber la onda de rotura que le llega de la presa de aguas arriba, vertiendo sobre su coronación. En este caso debe considerarse que se produce la rotura encadenada de la presa de aguas abajo y modelizarse al efecto.

En general, si la rotura de una presa puede provocar la rotura de otras ubicadas aguas abajo, la categoría de la presa de aguas arriba será como mínimo la misma que la mayor de las categorías de las presas de aguas abajo que se rompan como consecuencia de la rotura de la primera.

La Guía Técnica indica que el proceso de análisis que concluirá en la clasificación de la presa en una determinada categoría, debe ser el siguiente:

- De haber iniciado el trabajo a partir del escenario sin avenida, en el caso de derivarse la clasificación en la categoría A, esta será directamente adoptada.
- Del mismo modo, en caso de haber iniciado el trabajo a partir del escenario de la categoría límite, si la categoría que le corresponde, sin la deducción de los daños atribuibles a la avenida en régimen natural, es la C, está será directamente adoptada. En el caso concreto de estudio, se comenzará por este supuesto.

Se han considerado los valores del coeficiente de rugosidad de Manning obtenidos de la cobertura del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España). En concreto, se ha considerado que la ocupación del suelo es matorral, asignando un coeficiente de Manning de 0,06. Se podría haber considerado que la ocupación del suelo fuese la de cultivos herbáceos diferentes del arroz, con coeficiente de Manning de 0,04. El valor de 0,06 frente al 0,04 hace que la onda de avenida circule con menor velocidad, pero el calado sería mayor. En este caso, la consideración de uno u otro valor no es relevante, ya que los valores alcanzados de calado y velocidad darían consecuencias similares.

El modelo hidráulico utilizado para la realización de los planos y obtención de los valores ha sido construido a partir de una malla de 5 x 5 m, construida en base a los datos altimétricos del MDT02 del IGN. Hay que tener en cuenta que HEC-RAS calcula tablas hidráulicas en cada una de las caras de la malla, lo que hace que un solo elemento de la malla pudiera tener una parte mojada y otra seca, lo que quiere decir, que la resolución del cálculo es mayor que el valor de 5 x 5, debido al cálculo inicial de las tablas hidráulicas, que tiene en cuenta los valores interiores de altimetría de cada elemento de la malla, mejorando de esta manera los tiempos totales de cálculo sin perder resolución.

La convergencia de la solución de las ecuaciones hidrodinámicas mediante el cálculo por métodos numéricos, se ha comprobado realizando varias simulaciones en las que se ha tenido en cuenta diferentes tamaños de malla. Así, se han considerado mallas de 10x10 por un lado y mallas de 5 x 5 por otro. En cuanto al intervalo de cálculo se configura variable, se van adaptando en el transcurso del cálculo, incrementado o disminuyendo, con la condición de que se cumpla que el número de Courant sea inferior a 2. Se da por buena la convergencia cuando los valores

de las variables hidráulicas consideradas (calado, velocidad y volumen total) en varias secciones tomadas a lo largo del recorrido de la onda de avenida, alcancen valores similares.

3.5. Modelización hidráulica

Forma y dimensiones de la brecha de rotura

- *Tiempo de rotura*: T(horas)

  T= $\frac{4{,}8*\sqrt{\mathrm{V}(\mathrm{Hm}^3)}}{\mathrm{H\ (m)}}$, siendo V el volumen de embalse y H la altura de presa sobre el cauce

  En este caso: T= $\frac{4{,}8*\sqrt{0{,}016083}(\mathrm{Hm}^3)}{5{,}7\ (\mathrm{m})} = 0{,}10\ horas$

- *Forma de la brecha*: trapecial, con taludes laterales 1H/1V

- *Profundidad de la brecha*: hasta el contacto con el cauce: 5,7 metros

- *Ancho medio de la brecha*:

  b = $20 * (V(Hm^3) * H(m))^{0{,}25}$, siendo V el volumen de embalse y H la altura de presa sobre el cauce

  En este caso: $b = 20 * \left(0{,}016083\ (Hm^3) * 5{,}7(m)\right)^{0{,}25} = 11{,}00\ m$

Descripción del modelo de rotura

La evolución de la anchura de la brecha se considera lineal en el tiempo hasta llegar a la anchura b al final del tiempo de rotura. El hidrograma se ha calculado mediante una hoja de cálculo con una discretización de tiempo de t = 10 s, progresando linealmente la brecha en altura hasta la formación de la brecha completa en el tiempo de rotura T = 0, 10 horas. En cada intervalo de tiempo se calcula el caudal vertido, se reajusta el volumen de agua embalsada, se incrementa la altura de la brecha y se incrementa el tiempo de cálculo para realizar un nuevo cálculo. El caudal se calcula considerando que es un vertedero de labio fijo.

Límite del estudio

La Guía Técnica establece que el límite aguas abajo del tramo de cauce a analizar debe ser justificado en la propia propuesta de clasificación, estableciendo las razones que conducen a considerar que los elementos susceptibles de ser dañados no inducen una elevación de la categoría. No obstante, hay una serie de situaciones que permiten acotar el límite del estudio, siendo una de ellas "alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones ni en las márgenes ni aguas abajo". El caudal que agota la capacidad del cauce aguas abajo puede asimilarse al asociado a la máxima crecida ordinaria (Q_{MCO}) cuyo valor, a falta de estudios específicos, puede obtenerse de la aplicación CAUMAX del Mapa de Caudales Máximos, desarrollada por el CEDEX.

En este caso, se fija el límite de estudio en el río Perezuelas, 3 km aguas abajo de Viana, debido a que todo el caudal de avenida (0,4 m^3/s) se encauza por el río, siendo el caudal máximo ordinario en este punto Q_{MCO} = 24 m^3/s, valor muy superior al caudal de avenida en este río.

Se adjunta a continuación el informe generado por CAUMAX para el río Perezuelas. Cabe destacar que el periodo de retorno para el caudal máximo ordinario (Q_{MCO})es de 2,5 años. Sin embargo, para el caso de estudio, en la aplicación CAUMAX sólo se pueden obtener caudales para periodos de retorno de 2 y 5 años, por lo que para la comparación con el flujo de avenida se tomará como referencia el de 2 años de período de retorno.

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO | MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE | CEDEX CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS | SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE | DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

Demarcación hidrográfica del Ebro



INFORME CONSULTA CAUDALES

COORDENADAS UTM. HUSO 30

X utm : 550796.1 Y utm : 4703252.5

RESULTADO

Periodo de retorno (años) : 2	Caudal (m3/s) : 24

LEYENDA

- punto
- Demarcación
- Ríos
- Red 10 km
- cartografia.ecw

1 0 1 2 3
Kilómetros

Fecha : 26.01.2023

4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

4.1. Introducción

La normativa establece que la clasificación de las presas se basará en una evolución progresiva de los daños potenciales, desde la categoría C a la A. Se entiende por análisis de la evaluación progresiva, el proceso según el cual se evalúa la posibilidad de incluirse en la Categoría C, según su definición estricta. Caso de no responder a los criterios que definen la categoría C, se establece que la presa deberá incluirse en las Categorías A y B, repitiendo el proceso de análisis.

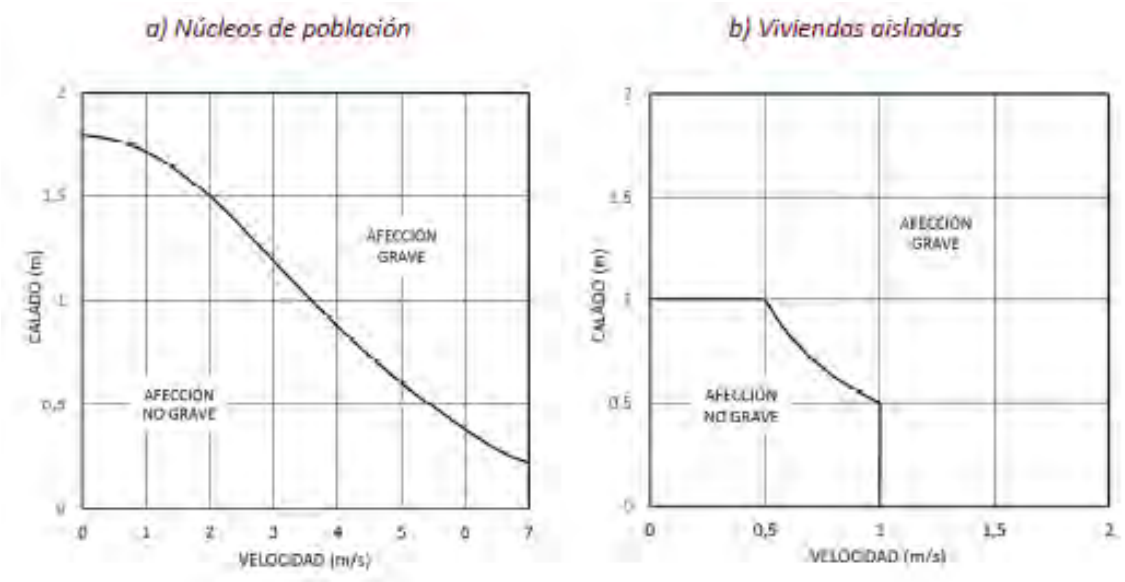
4.2. Evaluación de riesgos y daños

La Guía Técnica de Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial indica que los aspectos a analizar para determinar la categoría de la presa son los siguientes:

- *Afección a núcleos de población o viviendas aisladas.*

Se asignará la categoría A cuando se produzca "afección grave" a más de cinco viviendas y la categoría B cuando se produzca "afección grave" a un número comprendido entre una y cinco viviendas.

De acuerdo a la definición del Instituto Nacional de Estadística (INE), se considerará núcleo de población a un conjunto de al menos 10 edificaciones que estén formando calles, plazas y otras vías urbanas. Por excepción, el número de edificaciones podrá ser inferior a 10 siempre que la población que habita las mismas supere los 50 habitantes. Las viviendas que no formen parte de un núcleo de población se evaluarán como viviendas aisladas



Evaluación de la gravedad de las afecciones en núcleos de población y en viviendas aisladas

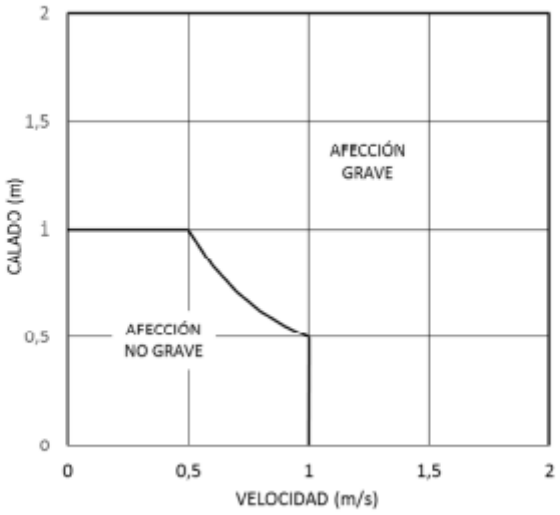
- *Afecciones a servicios esenciales*

Se entenderán como tales aquéllos que son indispensables para el desarrollo de las actividades humanas y económicas de conjuntos de población mayores de 10.000 habitantes, y siempre que

el servicio que brinden no pueda restablecerse de manera inmediata ni prestarse de forma alternativa. Entre los posibles servicios esenciales se incluyen, al menos, los siguientes:

- Abastecimiento y saneamiento
- Suministro de energía
- Sistema sanitario
- Sistemas de comunicaciones
- Infraestructuras de transporte

La "afección grave" a un servicio esencial dará lugar a la clasificación en la categoría A.



Evaluación de la gravedad de las afecciones del tipo servicios esenciales, daños materiales, aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales u otros

- *Daños materiales*

Se entenderán como daños materiales aquéllos cuantificables directamente en términos económicos, sean directos (destrucción de elementos) o indirectos (reducción de la producción u otros).
Los daños materiales se evaluarán en función de los siguientes grupos:

- Daños a industrias y polígonos industriales
- Daños a propiedades rústicas
- Daños a cultivos
- Daños a infraestructuras

Tendrán la consideración de daños muy importantes -clasificación en la categoría A- la afección grave a más de 50 instalaciones/propiedades, a más de 5.000 ha de regadío, a más de 10.000 ha de secano, a carreteras de la Red de Carreteras del Estado, a carreteras autonómicas de primer nivel, o a ferrocarriles de vía ancha o de alta velocidad.

Tendrán la consideración de daños importantes -clasificación en la categoría B- la afección grave a más de 10 instalaciones/propiedades, a más de 1.000 ha de regadío, a más de 3.000 ha de secano, a carreteras autonómicas de segundo o tercer nivel, o a ferrocarriles de vía estrecha.

Los daños materiales que no rebasen estos últimos umbrales tendrán la consideración de moderados -clasificación en la categoría

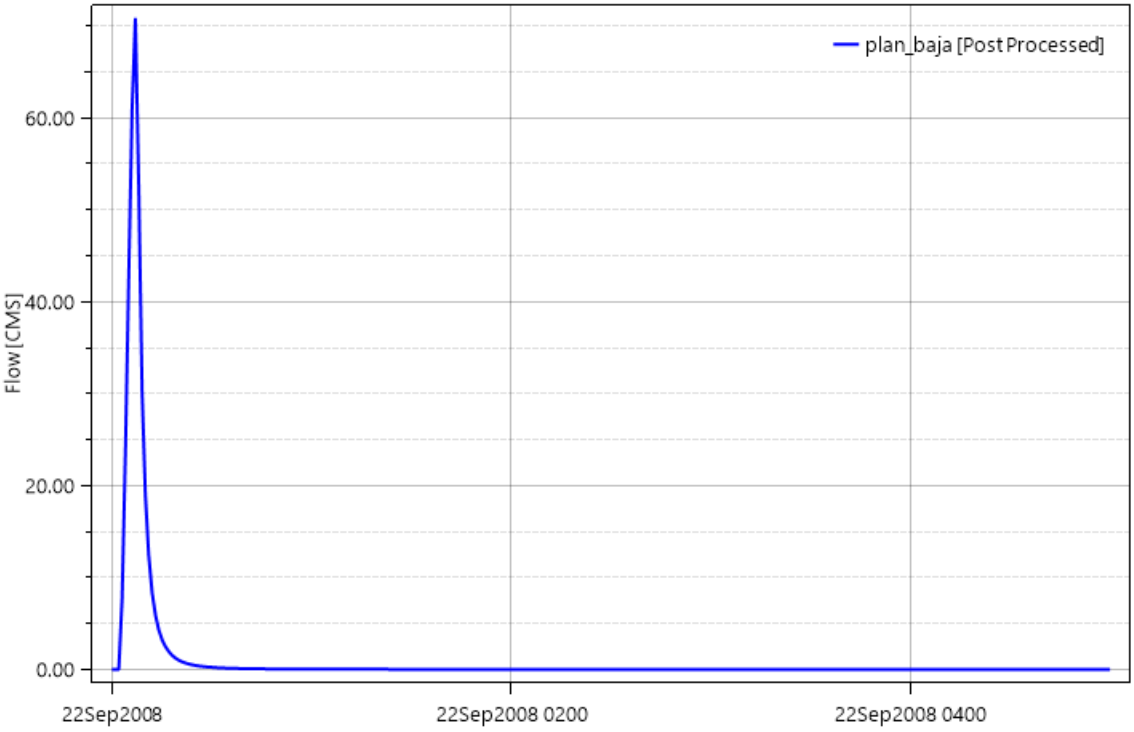
- Aspectos medioambientales, histórico-artísticos y culturales
- Otras afecciones

4.3. Resultados

Se presentan al final del documento los planos de inundación, calado y velocidad obtenidos tras la modelización realizada con HEC-RAS.

Tras realizar un análisis de la envolvente de calados máximos y velocidades máximas, puede observarse que en el recorrido de la onda de rotura se verán afectadas una serie de viviendas aisladas y grupos de viviendas que se encuentran aguas abajo del emplazamiento de la balsa.

El hidrograma de salida a pie de presa es el siguiente (en ordenadas el caudal en m^3/s y en abscisas en tiempo en segundos), con un caudal punta de 70 m^3/s:



La Guía Técnica plantea agrupar las afecciones a analizar en las siguientes categorías:

- Afecciones a núcleos de población, viviendas y vidas humanas en general
- Afecciones a servicios esenciales
- Daños materiales ocasionados por la onda de rotura
- Afecciones a efectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Se presentan a continuación una serie de tablas de que recogen los datos resultantes del análisis del modelo hidráulico de rotura, clasificados en las siguientes categorías:

- Identificación y localización de la afección potencial
- Resultados del modelo hidráulico
- Clasificación del daño

Una vez analizadas las afecciones que se producen en cada uno de los supuestos, se puede concluir que sí que se producirán daños incrementales si se considera el escenario de rotura con avenida, frente a los daños ocasionados únicamente en el supuesto de rotura.

4.3.1. TABLA PARA EL ÁNALISIS DE AFECCIONES A NÚCLEOS DE POBLACIÓN, VIVIENDAS Y VIDAS HUMANAS EN GENERAL

Identificación y localización de la afección potencial

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a la balsa (km)**	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota (msnm)**
						X	**Y**	
4	Vivienda aislada	Vivienda aislada	0,88	Río de Valdevarón	Derecha	550366,475	4707787,703	442,80
8	Conjunto de edificaciones	Vivienda aislada	0,985	Río de Valdevarón	Derecha	550422,109	4707689,843	439,82
10	Vivienda aislada	Vivienda aislada	1,457	Río de Valdeibañez	Izquierda	550635,986	4707237,974	427,30
16	Vivienda aislada	Vivienda aislada	1,955	Río de Valdeibañez	Derecha	550674,082	4706653,346	417,96
17	Vivienda aislada	Viviendas aisladas	2,023	Río de Valdeibañez	Derecha	550585,141	4706526,433	415,92
20	Vivienda aislada	Vivienda aislada	2,066	Río de Valdeibañez	Izquierda	550617,952	4706495,475	415,96
21	Vivienda aislada	Vivienda aislada	2,081	Río de Valdeibañez	Derecha	550420,798	4706390,569	412,58

Resultados del modelo hidráulico

RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO							
Nº	**Denominación**	**Caudal máximo (m3/s)**	**Cota máxima de agua (msnm)**	**Tiempo de llegada de la onda (h:mm)**	**Tiempo valores máximos (h:mm)**	**Calado máximo (m)**	**Velocidad máxima (m/s)**
4	Vivienda aislada	28	442,90	0:11	0:11	0,10	0,95
8	Conjunto de edificaciones	35	440,15	0:12	0:12	0,33	0,75
10	Vivienda aislada	23	427,70	0:22	0:22	0,40	0,28
16	Vivienda aislada	2	418,18	0:36	0:36	0,23	0,55
17	Vivienda aislada	8	416,03	0:40	0:40	0,11	0,35
20	Vivienda aislada	8	416,02	0:41	0:41	0,06	0,21
21	Vivienda aislada	0,52	412,64	0:57	0:57	0,06	0,22

Clasificación del daño

CLASIFICACIÓN DEL DAÑO			
Nº	**Denominación**	**Grado de afección**	**Nº viviendas afectadas**
4	Vivienda aislada	No grave	1
8	Conjunto de edificaciones	No grave	3
10	Vivienda aislada	No grave	1
16	Vivienda aislada	No grave	1
17	Vivienda aislada	No grave	1
20	Vivienda aislada	No grave	1
21	Vivienda aislada	No grave	1

4.3.2. TABLA PARA EL ÁNALISIS DE AFECCIONES A SERVICIOS ESENCIALES

Identificación y localización de la afección potencial

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a la balsa (km)**	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota (msnm)**
						X	**Y**	
13	Carretera NA-7220	Sistema de comunicaciones	1,91	Río de Valdeibañez		550768,181	4706765,039	420,69
22	Carretera N-111	Sistema de comunicaciones	2,41	Río de Valdeibañez		550304,262	4706003,332	407,05

Resultados del modelo hidráulico

RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO							
Nº	**Denominación**	**Caudal máximo (m3/s)**	**Cota máxima de agua (msnm)**	**Tiempo de llegada de la onda (h:mm)**	**Tiempo valores máximos (h:mm)**	**Calado máximo (m)**	**Velocidad máxima (m/s)**
13	Carretera NA-7220	10	421,02	0:26	0:26	0,33	0,90
22	Carretera N-111	3	407,12	1:16	1:16	0,07	0,24

Clasificación del daño

CLASIFICACIÓN DEL DAÑO		
Nº	**Denominación**	**Grado de afección**
13	Carretera NA-7220	No grave
22	Carretera N-111	No grave

4.3.3. TABLA PARA EL ÁNALISIS DE DAÑOS MATERIALES OCASIONADOS POR LA ONDA DE ROTURA

Identificación y localización de la afección potencial

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA AFECCIÓN POTENCIAL								
Nº	**Denominación**	**Tipo de elemento afectado**	**Distancia a la balsa (km)**	**Cauce**	**Margen**	**Coordenadas UTM**		**Cota (msnm)**
						X	**Y**	
1	Zonas de cultivo	Áreas de cultivo(secano)	0,44	Río de Valdevarón	Derecha	550046,684	4708099,487	461,57
2	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	0,71	Río de Valdevarón	Derecha	550305,627	4707997,809	447,63
3	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	0,85	Río de Valdevarón	Derecha	550357,024	4707826,252	443,33
5	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	0,90	Río de Valdevarón	Derecha	550390,917	4707782,024	441,87
6	Caminos rurales	Instalación de uso agropecuario	0,95	Río de Valdevarón	Izquierda	550420,526	4707741,241	441,26
7	Zonas de cultivo (viñedos)	Áreas de cultivo(secano)	1,00	Río de Valdevarón	Izquierda	550470,341	4707712,004	439,69
9	Zonas de cultivo	Áreas de cultivo(secano)	1,29	Río de Valdevarón	Izquierda	550600,883	4707441,329	432,88
10	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	1,46	Río de Valdeibañez	Izquierda	550635,986	4707237,974	427,30
14	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	1,50	Río de Valdeibañez	Derecha	550639,061	4707182,775	427,36
15	Camino rural	Instalación de uso agropecuario	1,63	Río de Valdeibañez	Derecha	550689,519	4707063,617	425,37

11	Camino polígono Ar-01	Instalación de uso agropecuario	1,68	Río de Valdeibañez		550707,243	4707001,943	424,60
12	Zonas de cultivo (viñedos)	Áreas de cultivo(secano)	1,80	Río de Valdeibañez	Derecha	550752,035	4706889,425	421,98
18	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	2,05	Río de Valdeibañez	Derecha	550581,834	4706498,154	415,59
19	Edificación agrícola	Instalación de uso agropecuario	2,04	Río de Valdeibañez	Derecha	550542,922	4706497,185	415,22
23	Camino rural	Instalación de uso agropecuario	2,67	Río de Valdeibañez		550346,224	4705747,226	401,05
24	Zonas de cultivo	Áreas de cultivo(secano)	2,80	Río de Valdeibañez	Izquierda	550302,894	4705609,937	398,45

Resultados del modelo hidráulico

RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO							
Nº	**Denominación**	**Caudal máximo (m3/s)**	**Cota máxima de agua (msnm)**	**Tiempo de llegada de la onda (h:mm)**	**Tiempo valores máximos (h:mm)**	**Calado máximo (m)**	**Velocidad máxima (m/s)**
1	Zonas de cultivo	69	462,51	00:08:17	00:08:17	0,95	2,90
2	Edificación agrícola	36	448,05	00:08:55	00:08:55	0,42	1,53
3	Edificación agrícola	42	443,80	00:11:12	00:11:12	0,47	1,30
5	Edificación agrícola	35	442,52	00:11:44	00:11:44	0,65	1,26
6	Caminos rurales	25	441,54	00:11:48	00:11:48	0,28	1,65
7	Zonas de cultivo (viñedos)	35	440,33	00:13:08	00:13:08	0,64	1,24
9	Zonas de cultivo	19	433,36	00:18:14	00:18:14	0,48	0,98
10	Edificación agrícola	23	427,70	00:22:25	00:22:25	0,40	0,28
14	Edificación agrícola	16	427,58	00:22:34	00:22:34	0,21	0,17
15	Camino rural	14	425,62	00:25:15	00:25:15	0,25	0,32

11	Camino polígono Ar-01	17	424,82	00:22:25	00:22:25	0,23	0,87
12	Zonas de cultivo (viñedos)	9	422,21	00:22:34	00:22:34	0,24	0,95
18	Edificación agrícola	8	415,66	00:41:24	00:41:24	0,07	0,23
19	Edificación agrícola	8	415,28	01:41:24	01:41:24	0,07	0,42
23	Camino rural	5	401,27	02:41:24	02:41:24	0,22	0,40
24	Zonas de cultivo	2	398,59	03:41:24	03:41:24	0,15	0,29

Clasificación del daño

CLASIFICACIÓN DEL DAÑO					
Nº	**Denominación**	**Grado de afección**	**Nº instalaciones afectadas**	**Superficie de cultivo afectada (Ha)**	**Daños potenciales**
1	Zonas de cultivo	Grave	-	25,5	Moderados
2	Edificación agrícola	Grave	1		
3	Edificación agrícola	Grave	1		
5	Edificación agrícola	Grave	3		
6	Caminos rurales	Grave	-		
7	Zonas de cultivo (viñedos)	Grave	-		
9	Zonas de cultivo	No grave	-		
10	Edificación agrícola	No grave	2		
14	Edificación agrícola	No grave	1		
15	Camino rural	No grave	-		

11	Camino polígono Ar-01	No grave	-	25,5	Moderados
12	Zonas de cultivo (viñedos)	No grave	-		
18	Edificación agrícola	No grave	1		
19	Edificación agrícola	No grave	2		
23	Camino rural	No grave	-		
24	Zonas de cultivo	No grave	-		

5 CONCLUSIÓN: CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN PROPUESTA

Según el Artículo 9.2 del RDPH, *"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: a) que el calado sea superior a 1 m, b) que la velocidad sea superior a 1 m/s, o c) que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m^2/s".*

Según la Guía Técnica de Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial, las presas podrán clasificarse según las categorías siguientes:

- Categoría A: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.

- Categoría B: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.

- Categoría C: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A o B.

Tras el análisis de afecciones, se concluye clasificar la presa en la Categoría C.

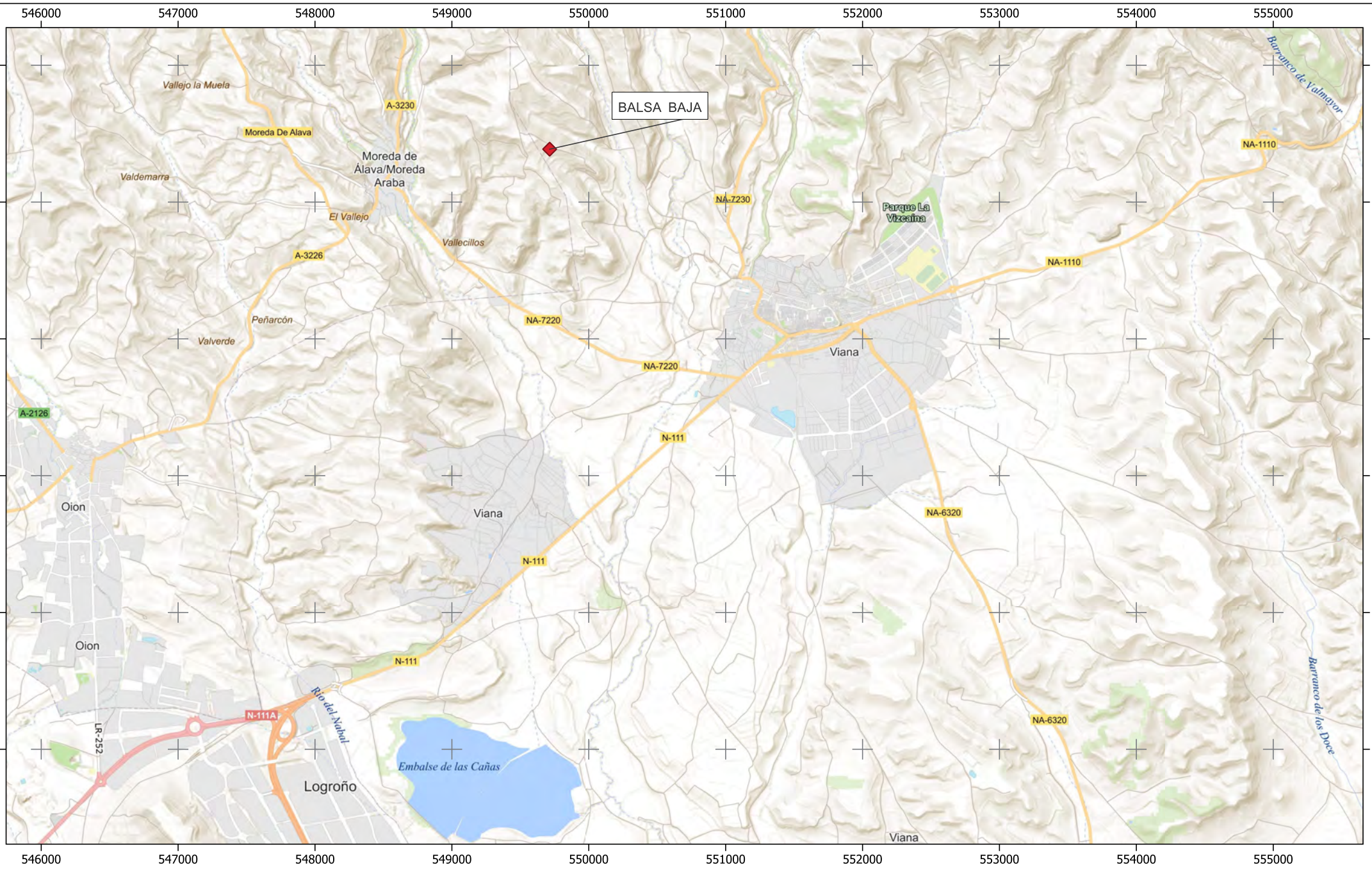
6 PLANOS

Plano nº1 Situación

Plano nº2 Envolvente de peligrosidad

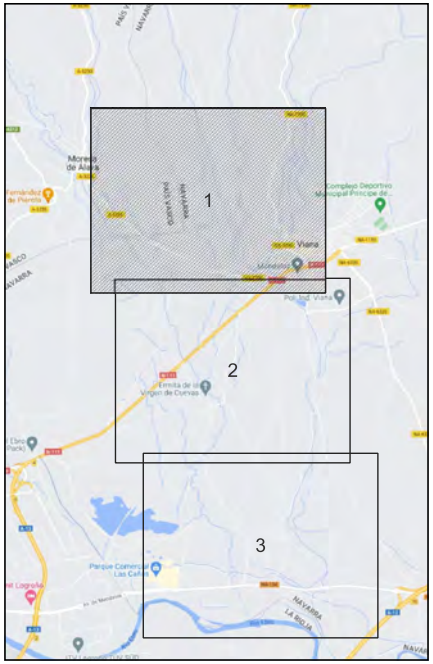
Plano nº3 Envolvente de calado

Plano nº4 Envolvente de velocidad



	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Plano de situación	Plano nº1 Hoja 1/1





Envolvente de Peligrosidad

AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº2
					Hoja 1/3





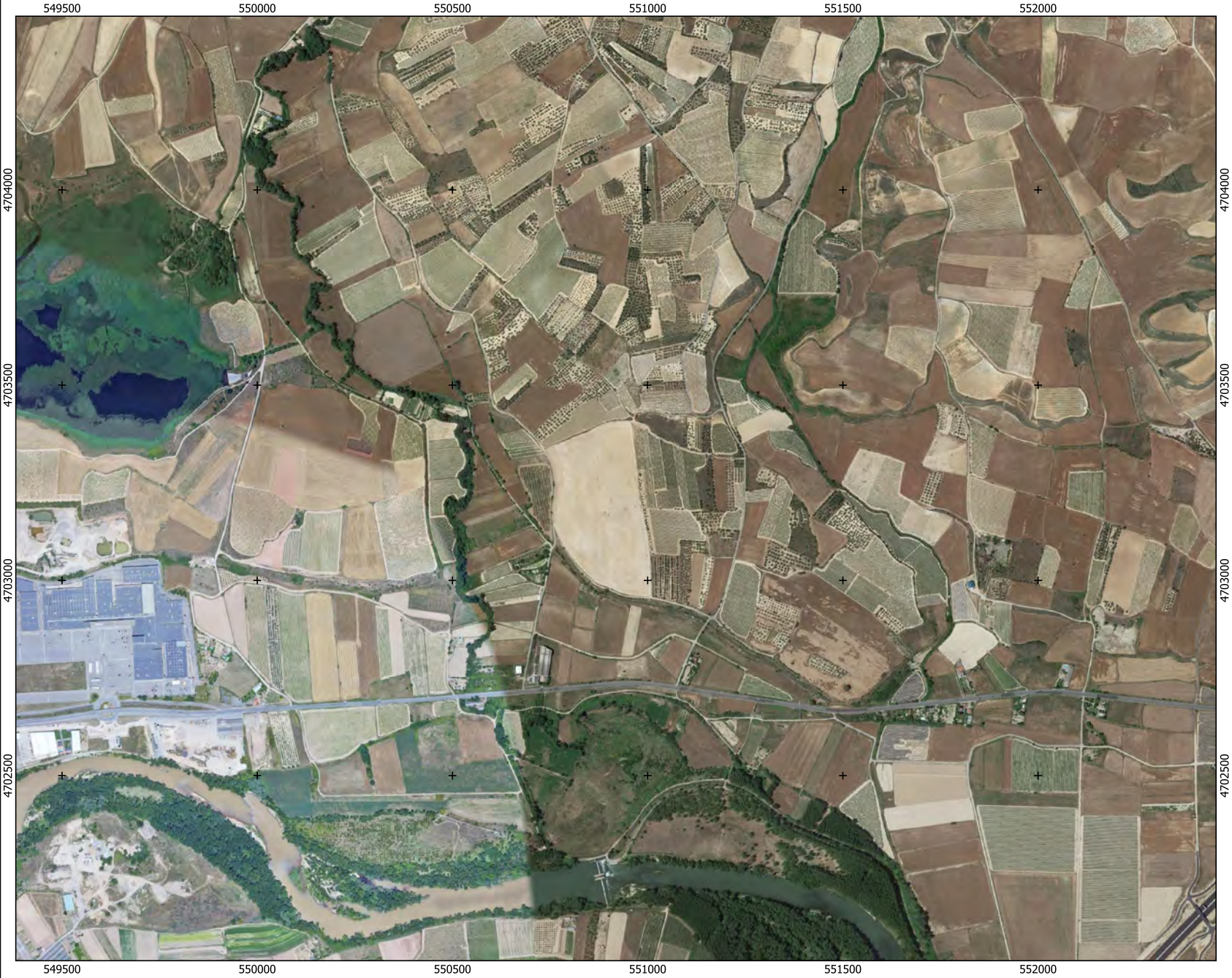
Envolvente de Peligrosidad

- AFECCIÓN NO GRAVE:
  Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
  Calado*Velocidad < 0,5
- AFECCIÓN GRAVE:
  Calado >= 1 m ó
  Velocidad >= 1 m/s ó
  Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº2
					Hoja 2/3





Envolvente de Peligrosidad

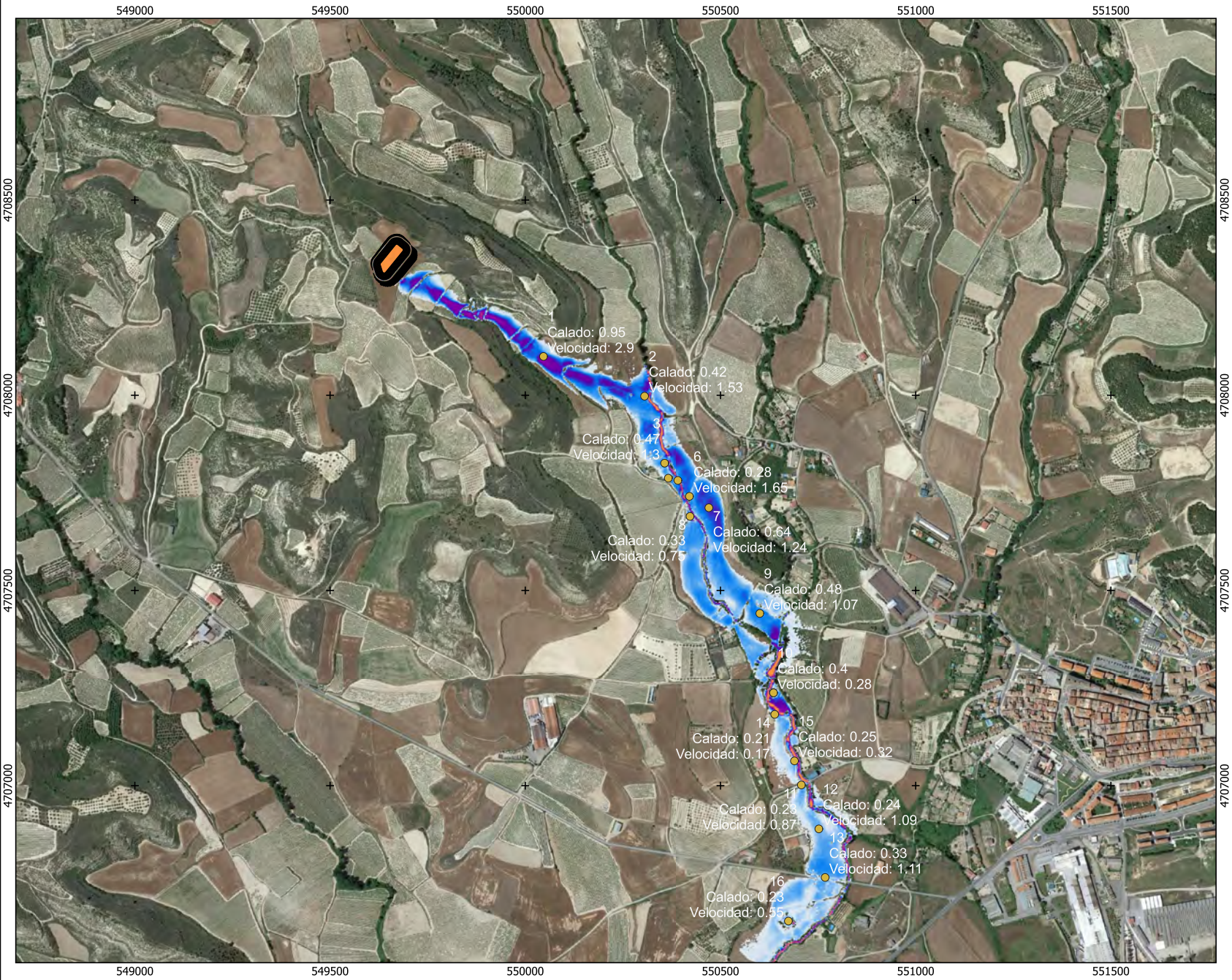
AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

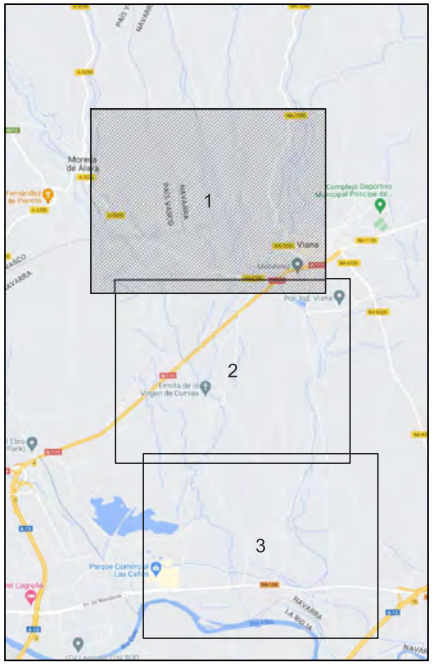
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº2
					Hoja 3/3





Envolvente Calado Máximo

- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº3
					Hoja 1/3





Envolvente Calado Máximo

- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº3
					Hoja 2/3





Envolvente Calado Máximo

- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº3
					Hoja 3/3





Envolvente Velocidad Máxima

- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº4
					Hoja 1/3





Envolvente Velocidad Máxima

- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº4
					Hoja 2/3





Envolvente Velocidad Máxima

- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Baja	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº4
					Hoja 3/3

APÉNDICE 2. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA ALTA

ESTUDIO DE LA ROTURA POTENCIAL DE LA **BALSA ALTA** DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I (NAVARRA)

ÍNDICE

A. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN 3

B. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA 4

1 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y EMBALSE 4

1.1. Identificación de la balsa y del titular 4

1.2. Situación de la balsa 4

1.3. Características de la balsa 4

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO 7

2.1. Características del terreno aguas abajo. Elementos y zonas sensibles 7

3 METODOLOGÍA APLICADA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS 7

3.1. Ámbito de aplicación 7

3.1. Cartografía utilizada 7

3.2. Modelo Digital del Terreno (MDT) 8

3.3. Metodología general de análisis aplicada 8

3.4. Características básicas del análisis 8

3.5. Modelización hidráulica 10

4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS 14

4.1. Introducción 14

4.2. Evaluación de riesgos y daños 14

4.3. Resultados 16

5 CONCLUSIÓN: CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN PROPUESTA 18

6 PLANOS 18

A. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN	C

Según las justificaciones que se exponen a continuación y atendiendo a la descripción de la *Guía Técnica* **estimamos que ante los daños producidos por la potencial rotura de la BALSA ALTA diseñada en el "*PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I (NAVARRA)*" en el Término Municipal de VIANA, la clasificación que se propone es de categoría ""C".**

Según la Guía Técnica de Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial[1] se asignará la Categoría C a: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas.

Viana, febrero de 2023

AUTOR

D. JUAN CARLOS ESQUÍROZ NOBLE

Ingeniero Agrónomo

1 *"Guía Técnica para la clasificación de presas en función del riesgo potencial"* publicada por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas del Ministerio de Medio Ambiente (nov. 2021)

B. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Se redacta la siguiente propuesta como consecuencia del "Artículo 367. Obligaciones del titular" del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que dice que: "Los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. La resolución de la clasificación deberá dictarse en el plazo máximo de un año."

1 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y EMBALSE

1.1. Identificación de la balsa y del titular

- Denominación: BALSA ALTA
- Titular: COMUNIDAD DE REGANTES DE VIANA I
- Finalidad: BALSA DE REGULACIÓN PARA RIEGO

1.2. Situación de la balsa

La balsa proyectada se sitúa en el término municipal de VIANA, en el paraje denominado *"Los Quemados"* y su emplazamiento se ha hecho coincidir con la parcela número 375 del polígono 7.

Las coordenadas ETRS89 HU-30 son:

X = 553.713 m

Y = 4.710.499 m

1.3. Características de la balsa

La balsa se construirá semiexcavada en el terreno. Los terraplenes serán de forma trapezoidal con una anchura de coronación de 5 m. y taludes de 3,0 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud interior y 2,0 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud exterior. El talud de aguas abajo se cubre con una capa de tierra vegetal.

La altura máxima del terraplén respecto al fondo de la balsa será 5,6 m, con una altura de lámina de agua a N.M.N. de 4,80 m. La coronación dispone de un bordillo perimetral en la arista interior del camino, que funciona como botaolas y que tiene la consideración de elemento resistente en los cálculos del resguardo. El resguardo normal obtenido es de 1,0 m bajo la coronación. En dicha coronación se proyecta la construcción de un camino de 251,35 m de longitud.

El sistema de impermeabilización de la balsa en su totalidad (fondo y taludes) será mediante lámina impermeabilizante de polietileno de alta densidad de 1,50 mm de espesor apoyada sobre lámina de geotextil de densidad superior a 260 gr/m^2. En las zonas en las que el

apoyo sea sobre terreno excavado se colocará bajo el geotextil un relleno de 15 cm de espesor con material seleccionado.

La balsa irá provista de un sistema de drenaje dividido en dos sectores. El primero corresponde con el perímetro del fondo y está previsto para que drene posibles fugas en los taludes. El segundo se colocará en el centro de la balsa de forma longitudinal para analizar fugas en el fondo de ésta. Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada de 160 mm de diámetro alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 260 gr/m^2.

Los caudales procedentes de cada sector, en el caso de la rotura de la lámina que impermeabiliza la balsa, se recogen al final en sendos tubos de PVC de 160 mm de diámetro embutido en hormigón que saldrá a un control situad0 en la arqueta de válvulas, donde se puede visualizar la cantidad de agua evacuada.

Las tuberías de las tomas de fondo y la de desagüe irán dentro de tubería de hormigón de 600 mm de diámetro interior dentro de una zanja recubierta de mortero de cemento HM-20 con un recubrimiento de 0,3 m sobre la tubería de hormigón

La tubería de salida de la balsa se proyecta en fundición de diámetro 400 mm y longitud 42 metros, hasta la arqueta del filtro; el desagüe de fondo consiste en otra tubería de similares características y longitud, y ambas se podrán conectar en la arqueta de válvulas.

La arqueta de válvulas conectará las tuberías de llenado y desagüe mediante dos Tes y tubería de conexión de acero helicosoldado, en la cual se ubicará una válvula de compuerta de accionamiento manual.

La entrada de agua a las tuberías de fondo se realiza protegida por un filtro re rejilla tipo chimenea de 1,0 m de alto y 0,8 m de diámetro para evitar atascamientos en la tubería de toma.

Los dispositivos de regulación previstos para la toma de agua y desagüe de fondo son:

- Una válvula de mariposa de DN 400 mm a la salida de la balsa destinada para regulación de la toma para riego.
- Una válvula mariposa de DN 400 mm destinada al control del vaciado de la balsa.
- Una válvula de mariposa para el by pass de las tuberías de llenado y desagüe.

Las características principales y especificaciones que deberán cumplir estos elementos se especifican con detalle en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

El aliviadero de la balsa se proyecta de labio fijo en pared gruesa de hormigón armado, situándose embutido en el talud de la balsa y excavado en el talud este. La disposición del aliviadero es frontal, y la sección de entrada en el mismo rectangular cuya base de 2,0 m de longitud, coincide con el labio vertiente (cota 611,3). La altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero es de 0,17 m cuando se vierte un caudal de 0,256 m^3/s correspondiente al caudal de proyecto, equivalente al caudal máximo que se podría producir en el caso de coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, balsa llena y un fallo de cierre en la tubería de llenado de la balsa.

En cuanto a los órganos de desagüe:

La arqueta de aliviadero tiene una anchura libre de 2,0 m y una longitud de 1,38 m. Su profundidad desde el labio vertiente es de 0,40 m y el agua recogida en ella es conducida bajo el camino de coronación del dique por medio de una tubería corrugada de saneamiento de 450 mm de diámetro hasta el pozo de conexión de desagües. La longitud de esta tubería es de 24 m y parte de una cota de fondo de tubo de 610,9 m, llegando al pozo en 605,05m.

En cuanto a las características hidrológicas, la balsa no se encuentra en ningún cauce siendo la entrada de agua por una tubería de impulsión desde el bombeo Alto, con un caudal de entrada a la balsa de 200 l/s.

Las características más significativas de la balsa, a modo de resumen, son las siguientes:

- Cota Camino de coronación:612,1 msnm
- Altura del botaolas: 0,40 m
- Cota Lámina de agua (NMN): 611,3 msnm
- Cota media de fondo: 606,5 msnm
- Altura Dique Contención: 5,6 m
- Superficie de ocupación de la balsa: 6123 m^2
- Volumen máximo acumulado hasta NMN: 9700 m^3
- Volumen máximo acumulado hasta coronación: 12630 m^3

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Características del terreno aguas abajo. Elementos y zonas sensibles

Se han considerado y analizado dos brechas de rotura. Una de ellas en el talud situado al noreste, y la otra en el situado al suroeste. Se describe a continuación el recorrido del flujo derivado cada una de las roturas.

- Rotura este: La onda de avenida se encauza por el Barranco de Valmayor durante 2,7 km, hasta el cruce con la carretera NA-1110, a partir de la cual toma el nombre de Barranco de Fuenteamarga, que desemboca en el Ebro unos 11 km aguas abajo de la balsa. No hay presencia de núcleos de población ni de servicios considerados como esenciales en su recorrido, estando la zona inundable ocupada por terrenos de cultivo y caminos de acceso a los mismos, y alguna edificación dispersa dedicada a las labores agrícolas.

- Rotura oeste: La onda de avenida se encauza por el Arroyo de Valdearas, que desemboca en el Ebro 10 km aguas abajo de la balsa. No hay presencia de núcleos de población ni de servicios considerados como esenciales en el recorrido del flujo de rotura, estando la zona inundable ocupada por terrenos de cultivo y caminos de acceso a los mismos, y alguna edificación dispersa dedicada a las labores agrícolas. Se trata en cualquier caso de instalaciones en las que la presencia de personas será de carácter incidental.

3 METODOLOGÍA APLICADA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS

3.1. Ámbito de aplicación

Se ha desarrollado un estudio de rotura para, mediante el análisis de daños, hacer una Propuesta de Clasificación, que incluirá la presa en una de las siguientes categorías definidas en la Guía Técnica;

- **Categoría A:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- **Categoría B:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.
- **Categoría C:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecen todas las presas no incluidas en las categorías A y B.

Los criterios para el establecimiento de estas categorías se basan en la cuantificación de daños que la rotura de la balsa produciría.

3.1. Cartografía utilizada

Cartografía ráster WMS (Web Map Server) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional (URL: https://www.ign.es/wmts/mapa-raster).

3.2. Modelo Digital del Terreno (MDT)

Se ha empleado el Modelo Digital del Terreno (MDT) con paso de malla de 5 m del Instituto Geográfico Nacional, descargado del Centro de Descargas del IGN, en la página web: https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#, en base al cual se han realizado las mallas sobre las que se realizan los cálculos hidráulicos.

3.3. Metodología general de análisis aplicada

La metodología aplicada es la que se propone en la Guía Técnica para la Clasificación de presas en función del riesgo potencial de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.

El proceso de valoración se realizará, para todos aquellos elementos que se sitúen dentro de los límites de la zona inundable tras la rotura, en dos etapas:

- En la primera etapa se analizará si se produce su afección o no. Al objeto de la clasificación, se considerará que los elementos están afectados si se produce "afección grave" de los mismos; los umbrales de afección grave se establecen en base a los valores de las variables hidráulicas de la onda de rotura (calado y velocidad) en el punto en estudio.

Si se superan los citados umbrales la afección se calificará como "grave" y se analizará con detalle en una segunda etapa, mientras que si no se rebasan la afección se calificará como "afección no grave".

- En la segunda etapa se estudiarán, uno a uno, todos los elementos en los que en la etapa anterior se haya determinado que se produce "afección grave", al objeto de establecer, en función del número, extensión o catalogación de los mismos, en qué categoría procede clasificar la presa.

El proceso se repetirá para los cuatro grupos considerados: i) núcleos de población o viviendas aisladas, ii) servicios esenciales, iii) daños materiales y iv) aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Para llevar a cabo las modelizaciones hidráulicas, se ha empleado el software HEC-RAS, un software libre de análisis bidimensional desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers, ampliamente utilizado para este tipo de estudios.

3.4. Características básicas del análisis

De acuerdo con la "Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial", los escenarios de rotura planteados son los siguientes (rotura individual y escenarios extremos):

- Escenario de rotura sin avenida: No coincidencia con avenida y embalse en su máximo nivel normal de explotación.
- Escenario límite: rotura en situación de avenida: Aliviadero desaguando la avenida de proyecto (en su caso, la avenida extrema) y nivel del embalse en la coronación.

- Rotura encadenada de presas: En el caso en el que exista una sucesión de presas en el mismo río se debe analizar la posibilidad de que se produzca la rotura encadenada de las mismas (efecto dominó). Esta hipótesis puede dar lugar a dos situaciones:

    i. Que la sobreelevación que se produce en el embalse de aguas abajo no alcance la cota de coronación de la presa. En cuyo caso se considerará que no se produce rotura encadenada.
    ii. Que el embalse de aguas abajo no pueda absorber la onda de rotura que le llega de la presa de aguas arriba, vertiendo sobre su coronación. En este caso debe considerarse que se produce la rotura encadenada de la presa de aguas abajo y modelizarse al efecto.

En general, si la rotura de una presa puede provocar la rotura de otras ubicadas aguas abajo, la categoría de la presa de aguas arriba será como mínimo la misma que la mayor de las categorías de las presas de aguas abajo que se rompan como consecuencia de la rotura de la primera.

Según se indica en la Guía Técnica, el proceso de análisis debe iniciarse con el escenario de rotura sin avenida. Si en este escenario la categoría en la que queda clasificada la balsa es A, ésta será la categoría asignada. Si, por el contrario, resulta clasificación inferior, es necesario realizar el análisis en el escenario de rotura en situación de avenida y comparar la clasificación que se deriva con la correspondiente al escenario de rotura sin avenida.

La Guía Técnica indica que el proceso de análisis que concluirá en la clasificación de la presa en una determinada categoría, debe ser el siguiente:

- De haber iniciado el trabajo a partir del escenario sin avenida, en el caso de derivarse la clasificación en la categoría A, esta será directamente adoptada.
- Del mismo modo, en caso de haber iniciado el trabajo a partir del escenario de la categoría límite, si la categoría que le corresponde, sin la deducción de los daños atribuibles a la avenida en régimen natural, es la C, está será directamente adoptada. En el caso concreto de estudio, se comenzará por este supuesto.

Se han considerado los valores del coeficiente de rugosidad de Manning obtenidos de la cobertura del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España). En concreto, se ha considerado que la ocupación del suelo es matorral, asignando un coeficiente de Manning de 0,06. Se podría haber considerado que la ocupación del suelo fuese la de cultivos herbáceos diferentes del arroz, con coeficiente de Manning de 0,04. El valor de 0,06 frente al 0,04 hace que la onda de avenida circule con menor velocidad, pero el calado sería mayor. En este caso, la consideración de uno u otro valor no es relevante, ya que los valores alcanzados de calado y velocidad darían consecuencias similares.

El modelo hidráulico utilizado para la realización de los planos y obtención de los valores ha sido construido a partir de una malla de 5 x 5 m, construida en base a los datos altimétricos del MDT02 del IGN. Hay que tener en cuenta que HEC-RAS calcula tablas hidráulicas en cada una de las caras de la malla, lo que hace que un solo elemento de la malla pudiera tener una parte mojada y otra seca, lo que quiere decir, que la resolución del cálculo es mayor que el valor de 5 x 5, debido al cálculo inicial de las tablas hidráulicas, que tiene en cuenta los valores interiores

de altimetría de cada elemento de la malla, mejorando de esta manera los tiempos totales de cálculo sin perder resolución.

La convergencia de la solución de las ecuaciones hidrodinámicas mediante el cálculo por métodos numéricos, se ha comprobado realizando varias simulaciones en las que se ha tenido en cuenta diferentes tamaños de malla. Así, se han considerado mallas de 10x10 por un lado y mallas de 5 x 5 por otro. En cuanto al intervalo de cálculo se configura variable, se van adaptando en el transcurso del cálculo, incrementado o disminuyendo, con la condición de que se cumpla que el número de Courant sea inferior a 2. Se da por buena la convergencia cuando los valores de las variables hidráulicas consideradas (calado, velocidad y volumen total) en varias secciones tomadas a lo largo del recorrido de la onda de avenida, alcancen valores similares.

3.5. Modelización hidráulica

Forma y dimensiones de la brecha de rotura

- *Tiempo de rotura*: T(horas)

  T= $\frac{4{,}8*\sqrt{\mathrm{V}}(\mathrm{Hm}^3)}{\mathrm{H\ (m)}}$, siendo V el volumen de embalse y H la altura de presa sobre el cauce

  En este caso: T= $\frac{4{,}8*\sqrt{0{,}021717}(\mathrm{Hm}^3)}{5{,}7\ (\mathrm{m})} = 0{,}12\ horas$

- *Forma de la brecha*: trapecial, con taludes laterales 1H/1V

- *Profundidad de la brecha*: hasta el contacto con el cauce: 5,6 metros

- *Ancho medio de la brecha*:

  b = $20 * (V(Hm^3) * H(m))^{0{,}25}$, siendo V el volumen de embalse y H la altura de presa sobre el cauce

  En este caso: $b = 20 * \left(0{,}021717\ (Hm^3) * 5{,}7(m)\right)^{0{,}25} = 11{,}86\ m$

Descripción del modelo de rotura

La evolución de la anchura de la brecha se considera lineal en el tiempo hasta llegar a la anchura b al final del tiempo de rotura. El hidrograma se ha calculado mediante una hoja de cálculo con una discretización de tiempo de t = 10 s, progresando linealmente la brecha en altura hasta la formación de la brecha completa en el tiempo de rotura T = 0, 12 horas. En cada intervalo de tiempo se calcula el caudal vertido, se reajusta el volumen de agua embalsada, se incrementa la altura de la brecha y se incrementa el tiempo de cálculo para realizar un nuevo cálculo. El caudal se calcula considerando que es un vertedero de labio fijo.

Límite del estudio

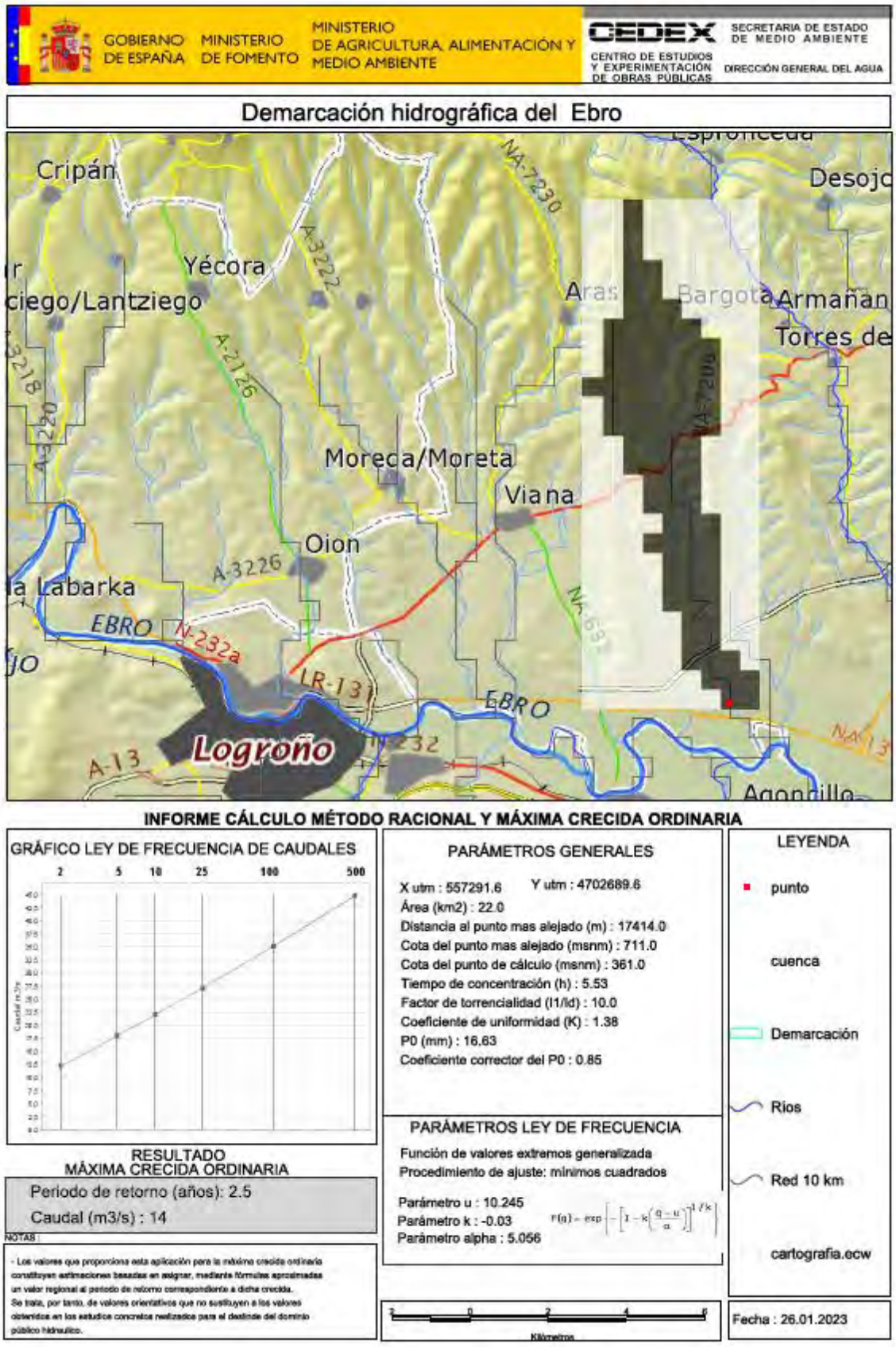
La Guía Técnica establece que el límite aguas abajo del tramo de cauce a analizar debe ser justificado en la propia propuesta de clasificación, estableciendo las razones que conducen a considerar que los elementos susceptibles de ser dañados no inducen una elevación de la categoría. No obstante, hay una serie de situaciones que permiten acotar el límite del estudio, como es "alcanzar un caudal máximo inferior a la capacidad del cauce, sin producir inundaciones ni en las márgenes ni aguas abajo". El caudal que agota la capacidad del cauce aguas abajo puede asimilarse al asociado a la máxima crecida ordinaria (Q_{MCO}) cuyo valor, a falta de estudios específicos, puede obtenerse de la aplicación CAUMAX del Mapa de Caudales Máximos, desarrollada por el CEDEX.

- Para la rotura este, se fija el límite de estudio en el Barranco de Fuenteamarga, debido a que todo el caudal de avenida (0,14 m3/s), se encauza por el barranco, siendo el caudal máximo ordinario en este punto Q_{MCO} = 14 m3/s, valor muy superior al caudal de avenida.

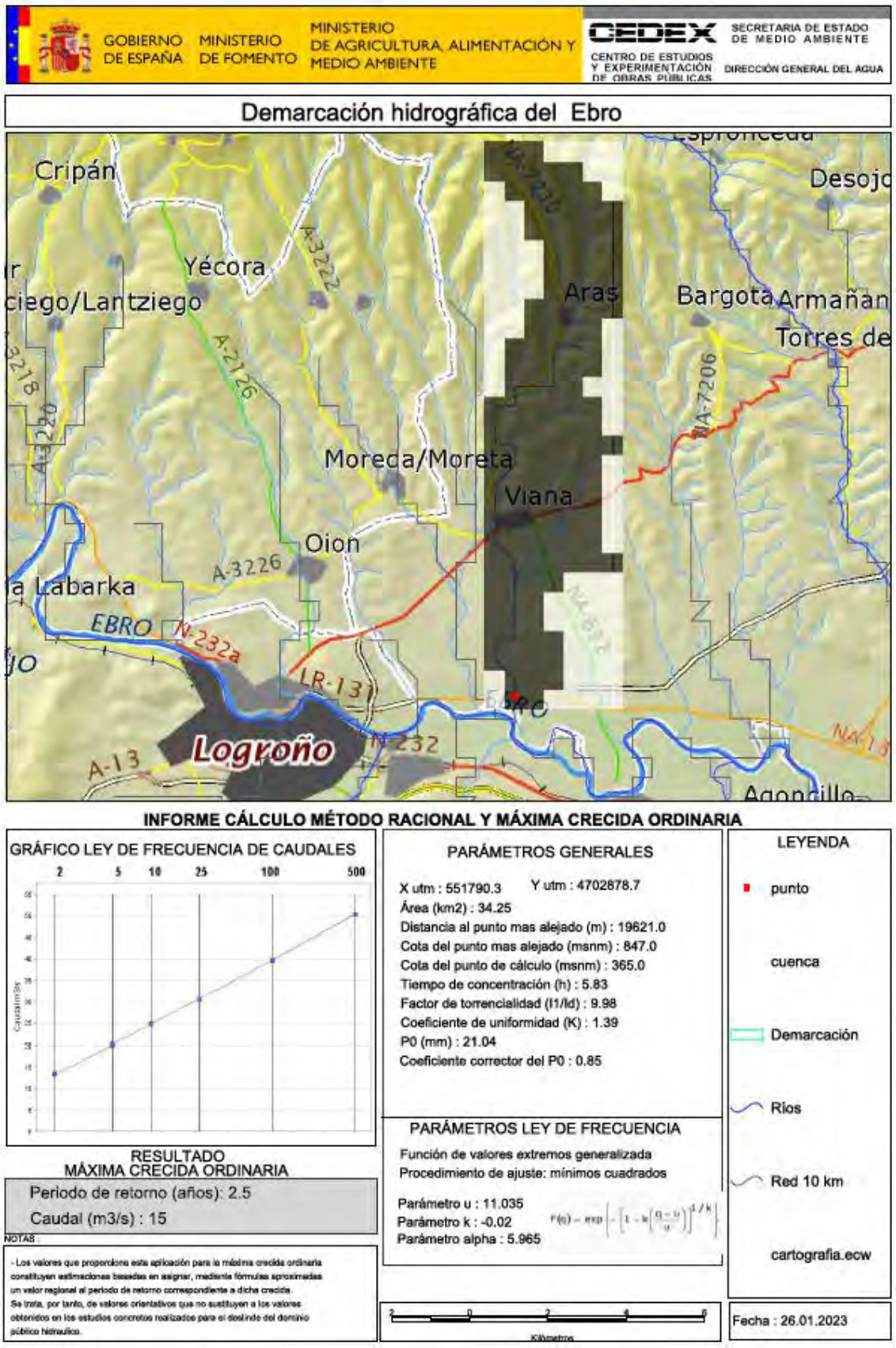
Se adjunta a continuación el informe generado por CAUMAX para el Barranco de Fuenteamarga. Cabe destacar que el periodo de retorno para el cual se calcula el caudal máximo ordinario (Q_{MCO}) es de 2,5 años.

- Para la rotura oeste, se fija el límite de estudio en el Arroyo Valdearas, debido a que todo el caudal de avenida (0,25 m3/s), se encauza por el arroyo, siendo el caudal máximo ordinario en este punto Q_{MCO} = 15 m3/s, valor muy superior al caudal de avenida.

Se adjunta a continuación el informe generado por CAUMAX para el Arroyo Valdearas. Cabe destacar que el periodo de retorno para el cual se calcula el caudal máximo ordinario (Q_{MCO}) es de 2,5 años.



Caudal Máximo Ordinario en el Barranco de Fuenteamarga. Datos proporcionados por la aplicación CAUMAX del CEDEX.



Caudal Máximo Ordinario en el Arroyo de Valdearas. Datos proporcionados por la aplicación CAUMAX del CEDEX.

4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

4.1. Introducción

La normativa establece que la clasificación de las presas se basará en una evolución progresiva de los daños potenciales, desde la categoría C a la A. Se entiende por análisis de la evaluación progresiva, el proceso según el cual se evalúa la posibilidad de incluirse en la Categoría C, según su definición estricta. Caso de no responder a los criterios que definen la categoría C, se establece que la presa deberá incluirse en las Categorías A y B, repitiendo el proceso de análisis.

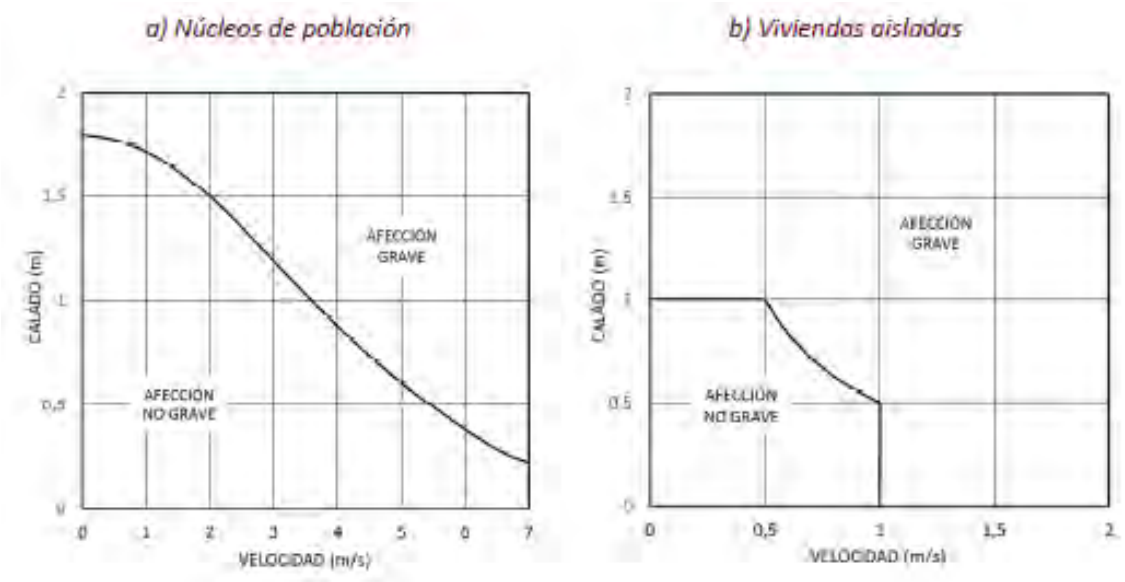
4.2. Evaluación de riesgos y daños

La Guía Técnica de Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial indica que los aspectos a analizar para determinar la categoría de la presa son los siguientes:

- *Afección a núcleos de población o viviendas aisladas.*

Se asignará la categoría A cuando se produzca "afección grave" a más de cinco viviendas y la categoría B cuando se produzca "afección grave" a un número comprendido entre una y cinco viviendas.

De acuerdo a la definición del Instituto Nacional de Estadística (INE), se considerará núcleo de población a un conjunto de al menos 10 edificaciones que estén formando calles, plazas y otras vías urbanas. Por excepción, el número de edificaciones podrá ser inferior a 10 siempre que la población que habita las mismas supere los 50 habitantes. Las viviendas que no formen parte de un núcleo de población se evaluarán como viviendas aisladas



Evaluación de la gravedad de las afecciones en núcleos de población y en viviendas aisladas

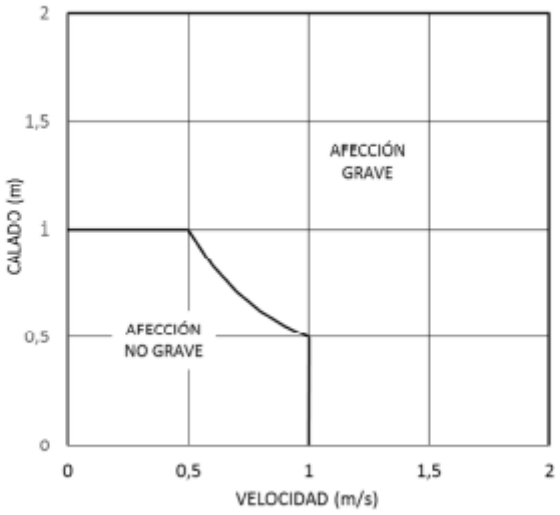
- *Afecciones a servicios esenciales*

Se entenderán como tales aquéllos que son indispensables para el desarrollo de las actividades humanas y económicas de conjuntos de población mayores de 10.000 habitantes, y siempre que

el servicio que brinden no pueda restablecerse de manera inmediata ni prestarse de forma alternativa. Entre los posibles servicios esenciales se incluyen, al menos, los siguientes:

- Abastecimiento y saneamiento
- Suministro de energía
- Sistema sanitario
- Sistemas de comunicaciones
- Infraestructuras de transporte

La "afección grave" a un servicio esencial dará lugar a la clasificación en la categoría A.



Evaluación de la gravedad de las afecciones del tipo servicios esenciales, daños materiales, aspectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales u otros

- *Daños materiales*

Se entenderán como daños materiales aquéllos cuantificables directamente en términos económicos, sean directos (destrucción de elementos) o indirectos (reducción de la producción u otros).
Los daños materiales se evaluarán en función de los siguientes grupos:

- Daños a industrias y polígonos industriales
- Daños a propiedades rústicas
- Daños a cultivos
- Daños a infraestructuras

Tendrán la consideración de daños muy importantes -clasificación en la categoría A- la afección grave a más de 50 instalaciones/propiedades, a más de 5.000 ha de regadío, a más de 10.000 ha de secano, a carreteras de la Red de Carreteras del Estado, a carreteras autonómicas de primer nivel, o a ferrocarriles de vía ancha o de alta velocidad.

Tendrán la consideración de daños importantes -clasificación en la categoría B- la afección grave a más de 10 instalaciones/propiedades, a más de 1.000 ha de regadío, a más de 3.000 ha de secano, a carreteras autonómicas de segundo o tercer nivel, o a ferrocarriles de vía estrecha.

Los daños materiales que no rebasen estos últimos umbrales tendrán la consideración de moderados -clasificación en la categoría

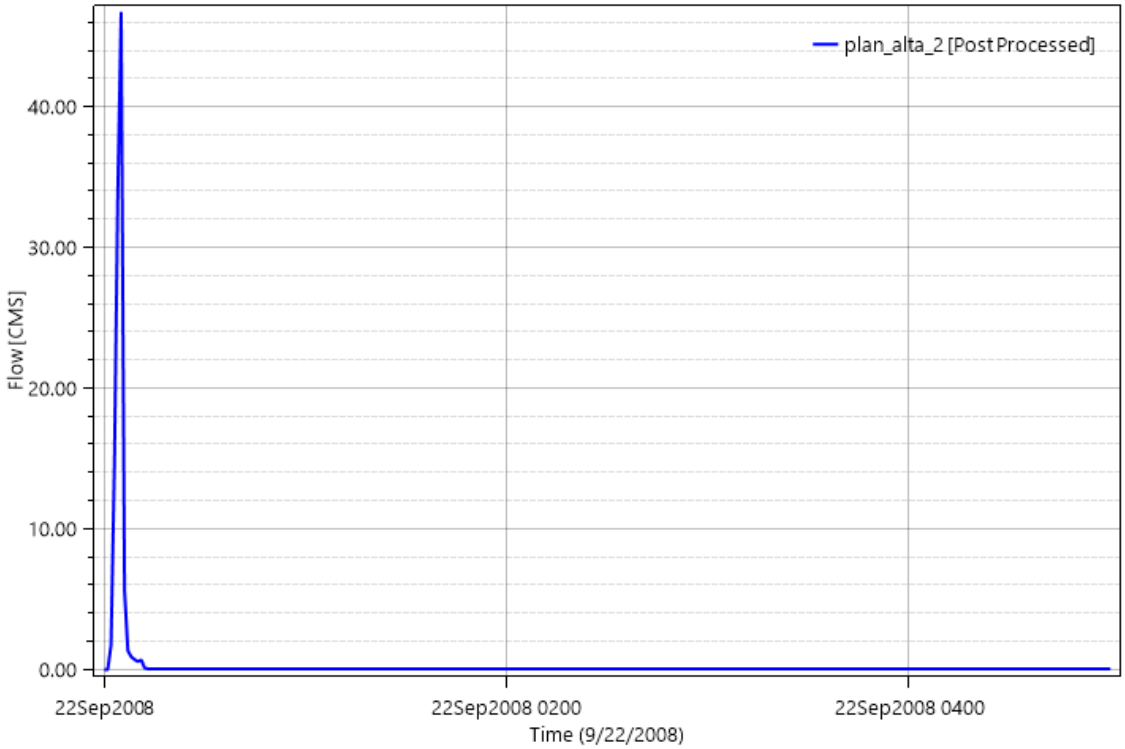
- Aspectos medioambientales, histórico-artísticos y culturales
- Otras afecciones

4.3. Resultados

Se presentan al final del documento los planos de inundación, calado y velocidad obtenidos tras la modelización realizada con HEC-RAS.

Tras realizar un análisis de la envolvente de calados máximos y velocidades máximas, puede observarse que en el recorrido de la onda de rotura se verán afectadas una serie de viviendas aisladas y grupos de viviendas que se encuentran aguas abajo del emplazamiento de la balsa.

El hidrograma de salida a pie de presa es el siguiente, con un caudal punta de 46 m^3/s (en ordenadas el caudal en m^3/s y en abscisas en tiempo en segundos):



La Guía Técnica plantea agrupar las afecciones a analizar en las siguientes categorías:

- Afecciones a núcleos de población, viviendas y vidas humanas en general
- Afecciones a servicios esenciales
- Daños materiales ocasionados por la onda de rotura
- Afecciones a efectos medioambientales, histórico-artísticos o culturales

Una vez analizadas las afecciones que se producen en cada uno de los supuestos, se puede concluir que sí que se producirán daños incrementales si se considera el escenario de rotura con avenida, frente a los daños **ocasionados únicamente en el supuesto de rotura.**

En el caso de la rotura este, tras el análisis del modelo de rotura, se observa que no hay presencia de núcleos de población, edificaciones ni servicios esenciales que se vean afectados, produciéndose únicamente la inundación de terrenos de cultivo y de los caminos vecinales de acceso estos, donde la presencia de personas en el momento de la rotura puede ser considerada como incidental.

En el caso de la rotura oeste, tras el análisis del modelo de rotura, se observa asimismo que no hay presencia de núcleos de población, edificaciones ni servicios esenciales que se vean afectados, produciéndose únicamente la inundación de terrenos de cultivo y de los caminos vecinales de acceso estos, donde la presencia de personas en el momento de la rotura puede ser considerada como incidental.

5 CONCLUSIÓN: CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN PROPUESTA

Según el Artículo 9.2 del RDPH, *"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: a) que el calado sea superior a 1 m, b) que la velocidad sea superior a 1 m/s, o c) que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m^2/s".*

Según la Guía Técnica de Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial, las presas podrán clasificarse según las categorías siguientes:

- Categoría A: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.

- Categoría B: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.

- Categoría C: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A o B.

Tras el análisis de afecciones tanto para la rotura esto como para la oeste, se concluye clasificar la presa en la Categoría C.

6 PLANOS

Plano nº1 Situación

Plano nº2 Envolvente de peligrosidad, rotura este

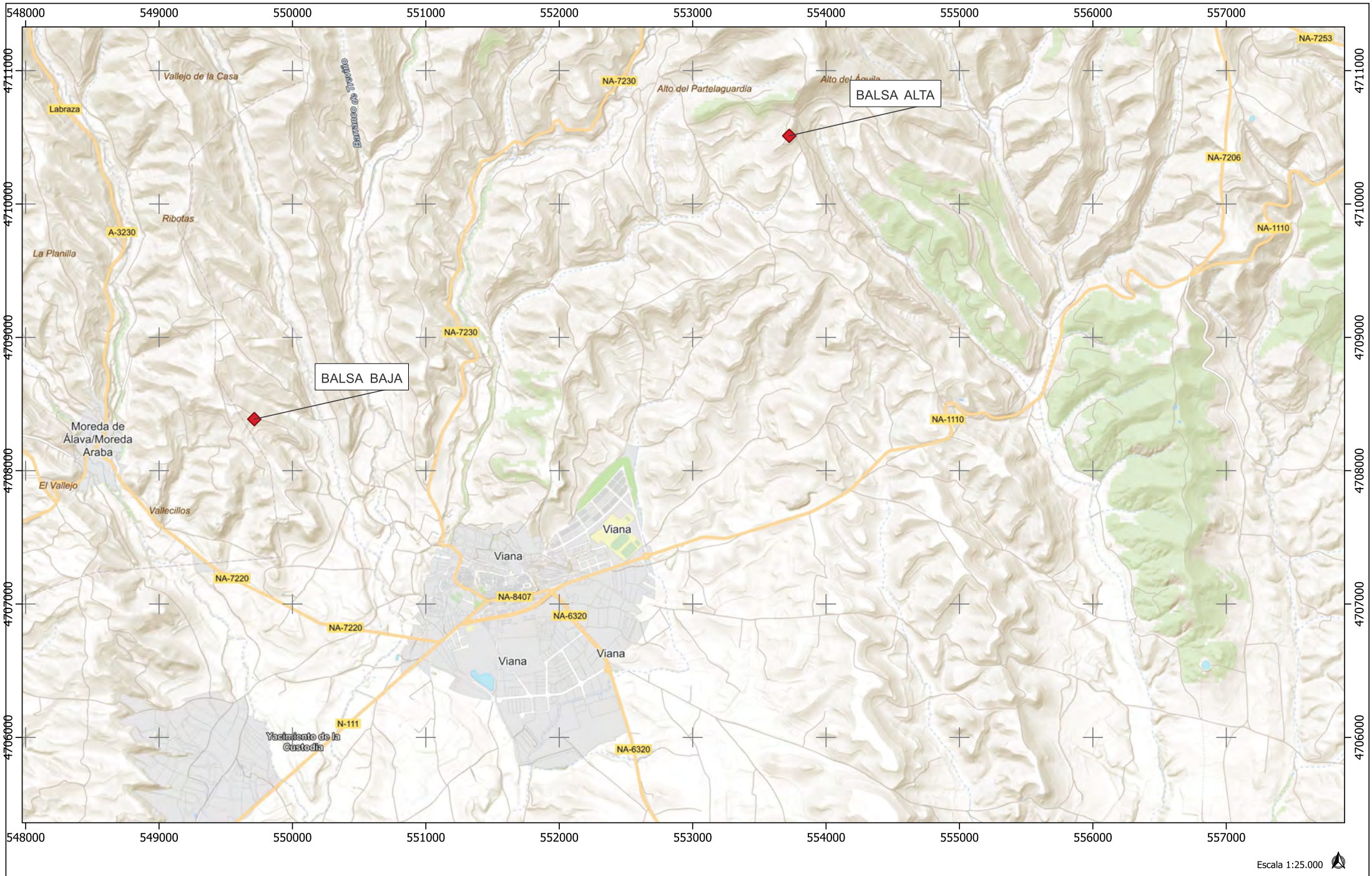
Plano nº3 Envolvente de calado, rotura este

Plano nº4 Envolvente de velocidad, rotura este

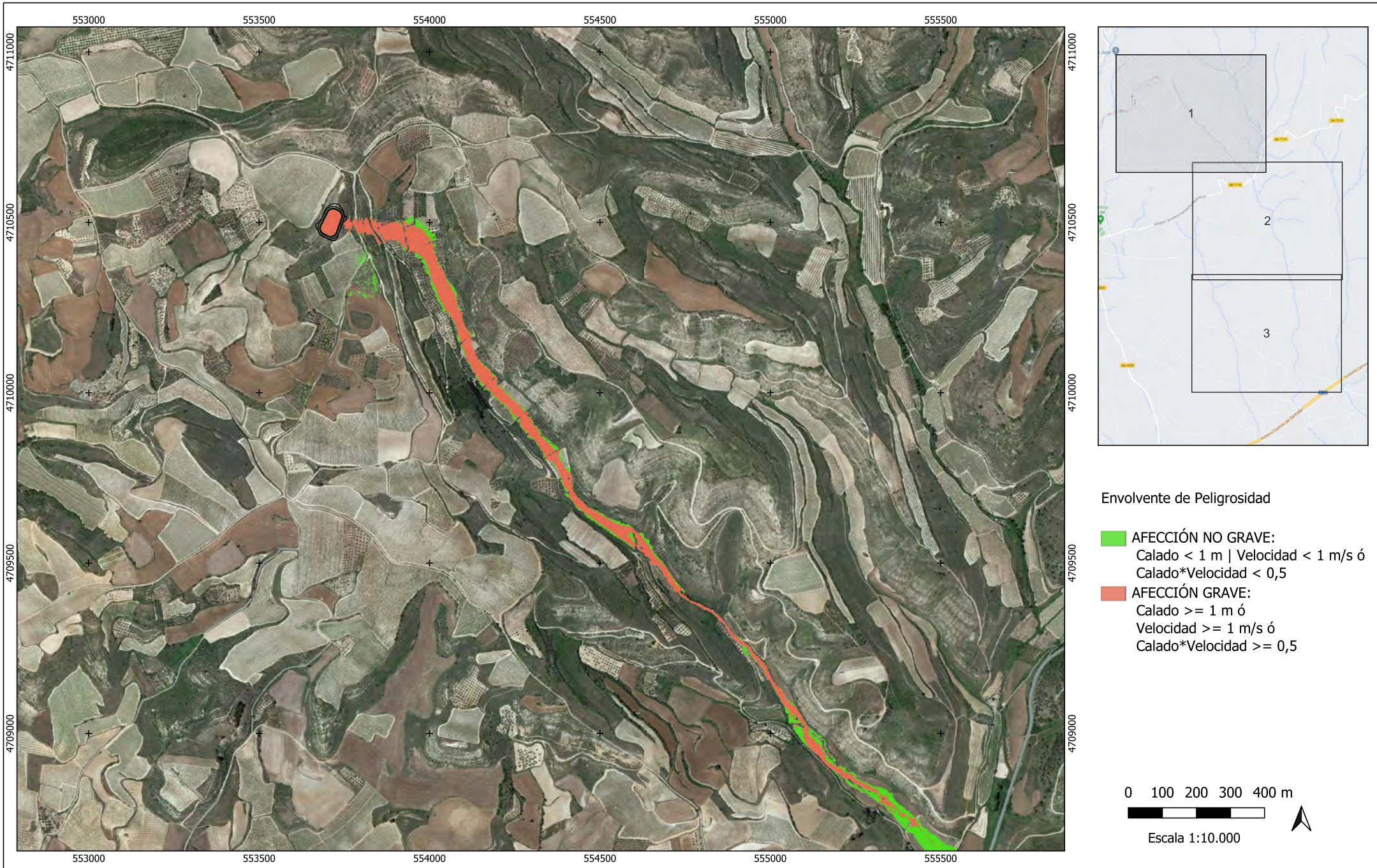
Plano nº5 Envolvente de peligrosidad, rotura oeste

Plano nº6 Envolvente de calado, rotura oeste

Plano nº7 Envolvente de velocidad, rotura oeste



	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta	Enero 2023	Plano de situación	Plano nº1 Hoja 1/1



Envolvente de Peligrosidad

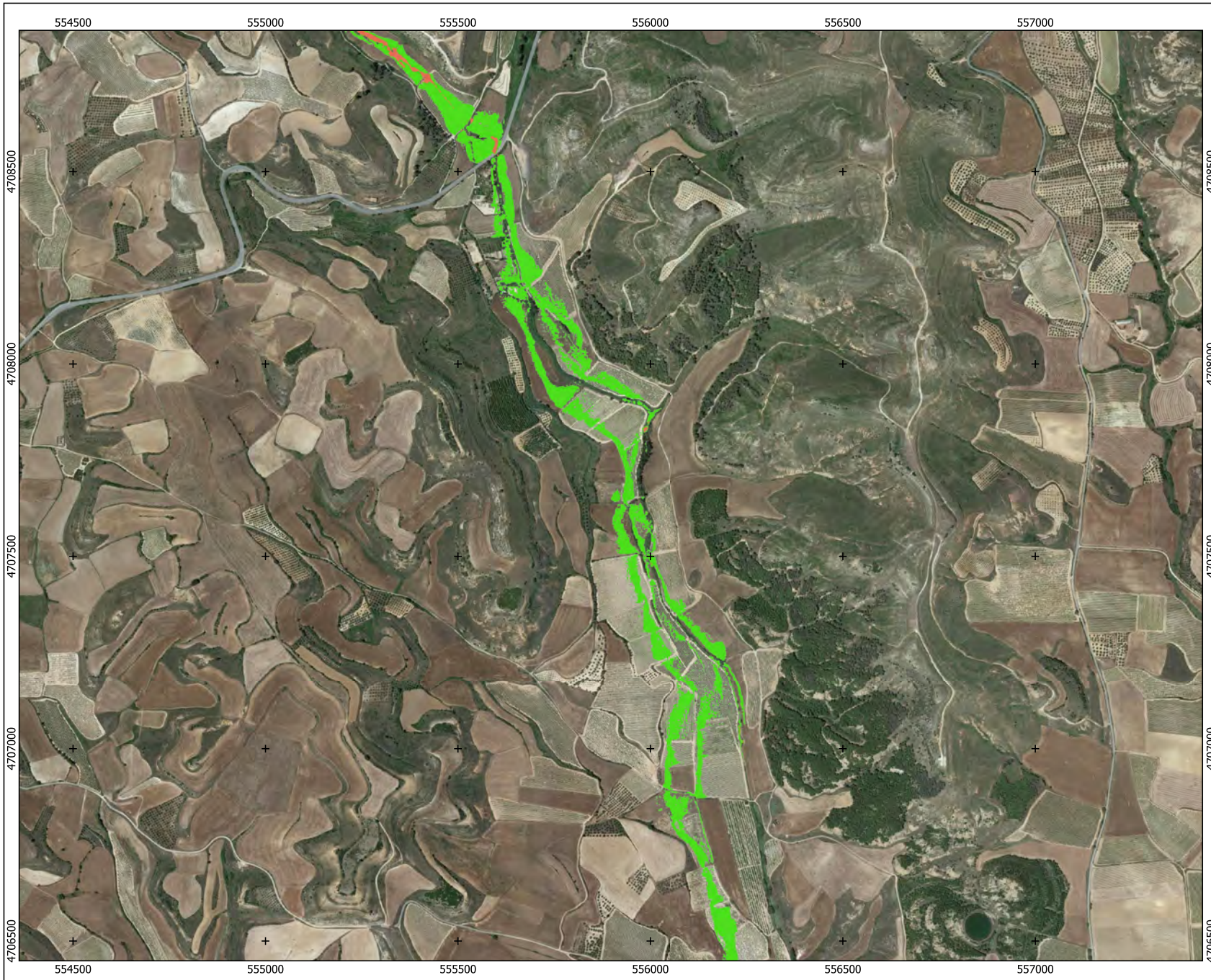
AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

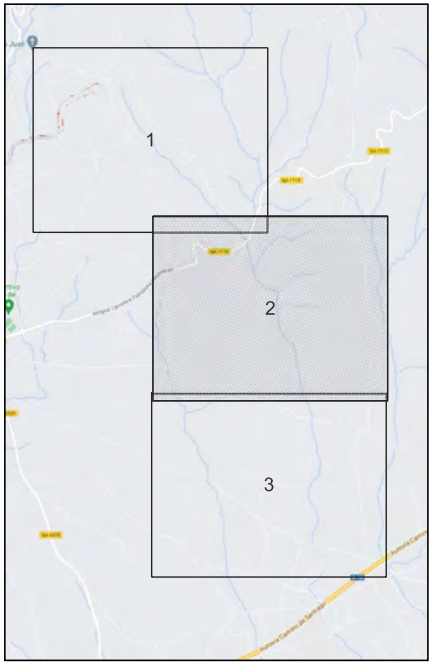
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº2
					Hoja 1/3





Envolvente de Peligrosidad

AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

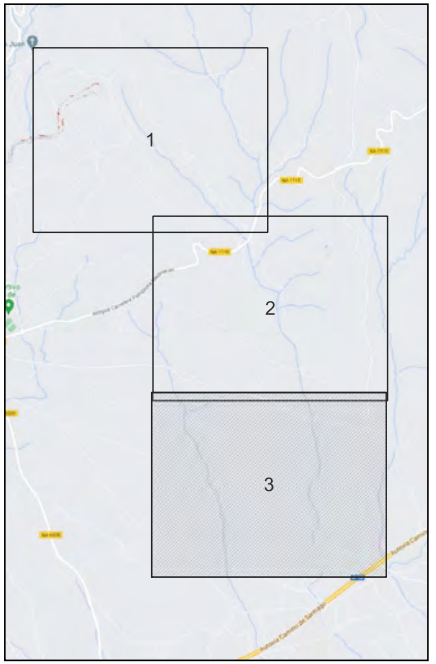
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº2
					Hoja 2/3





Envolvente de Peligrosidad

AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

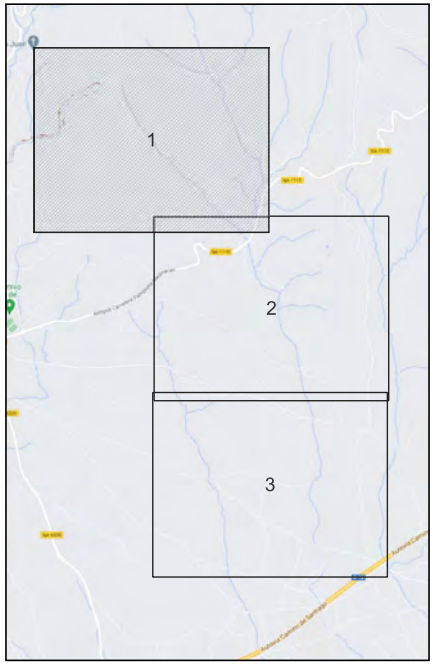
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº2
					Hoja 3/3





Envolvente Calado Máximo

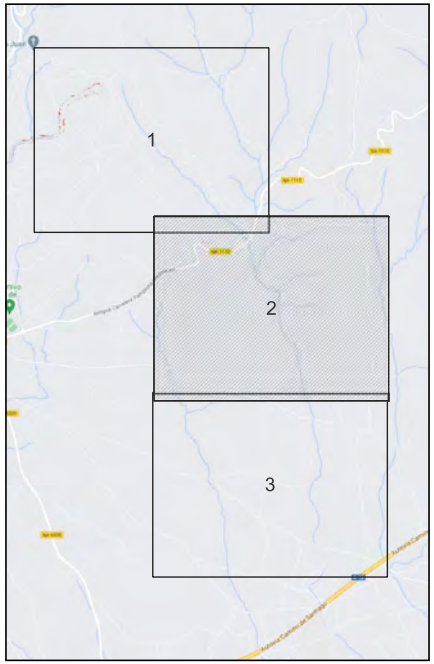
- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº3
					Hoja 1/3





Envolvente Calado Máximo

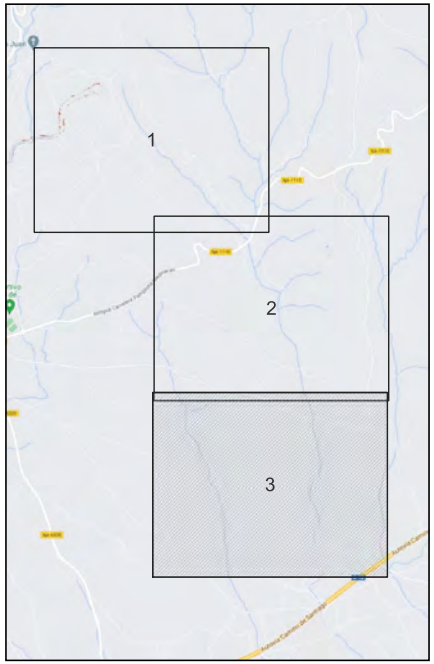
- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº3
					Hoja 2/3





Envolvente Calado Máximo

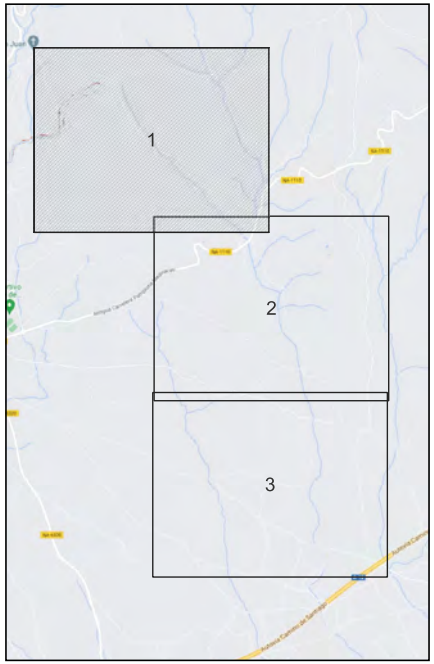
- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº3
					Hoja 3/3





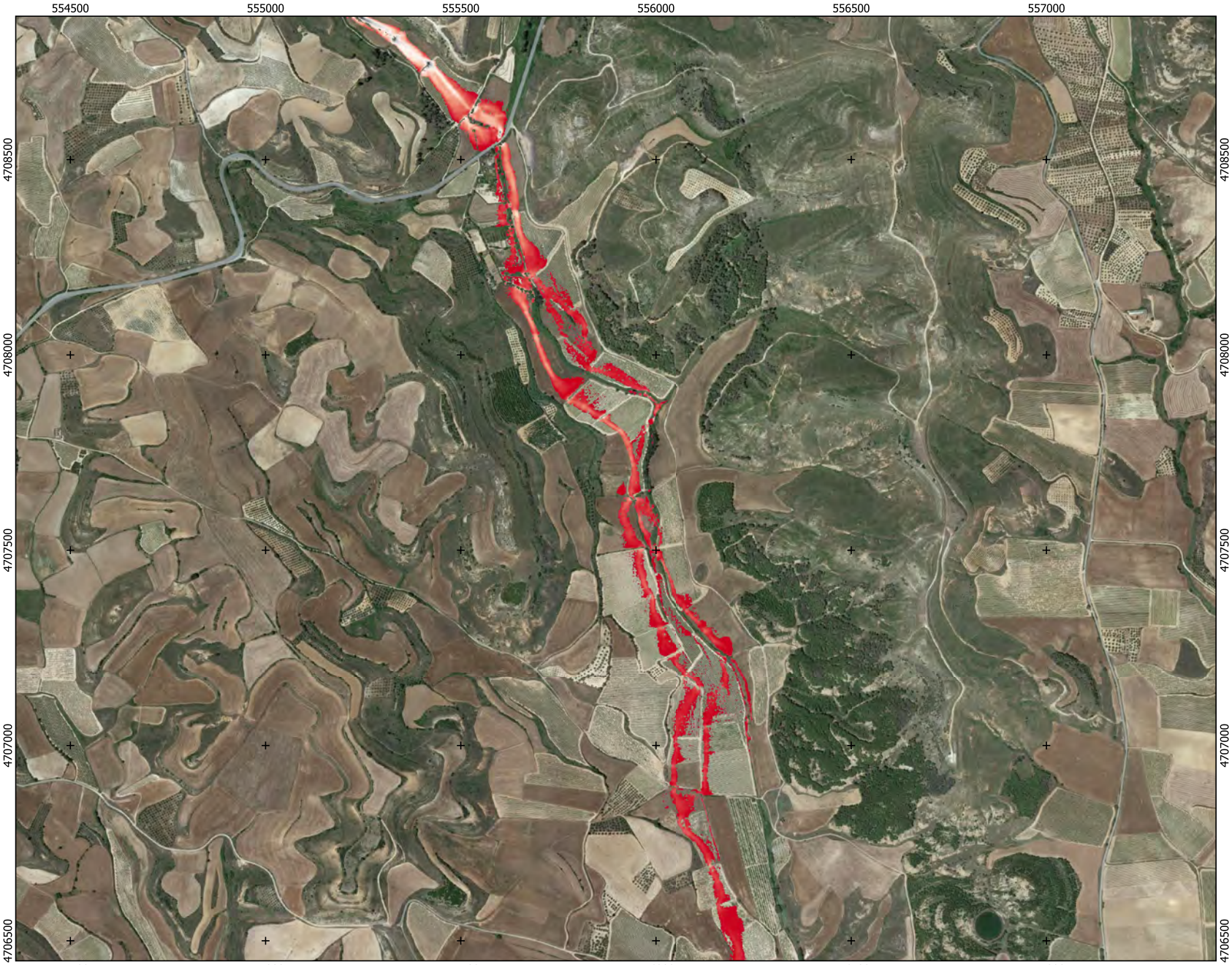
Envolvente Velocidad Máxima

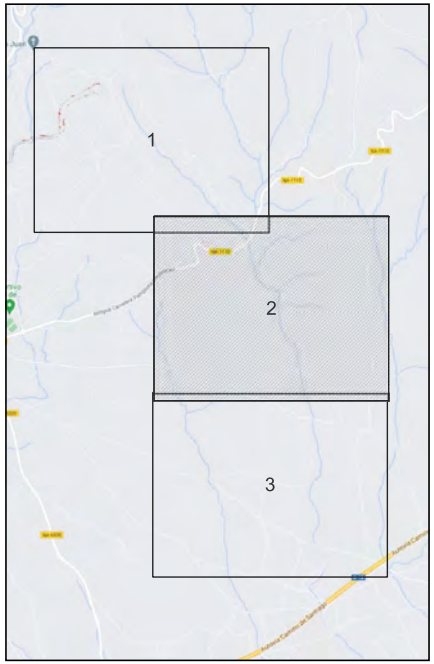
- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº4
					Hoja 1/3





Envolvente Velocidad Máxima

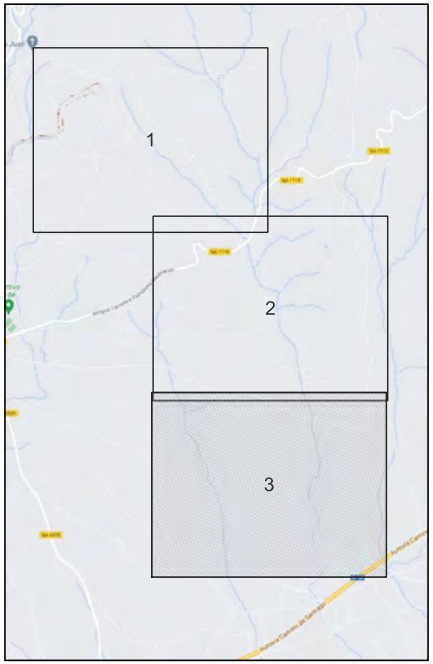
- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº4
					Hoja 2/3





Envolvente Velocidad Máxima

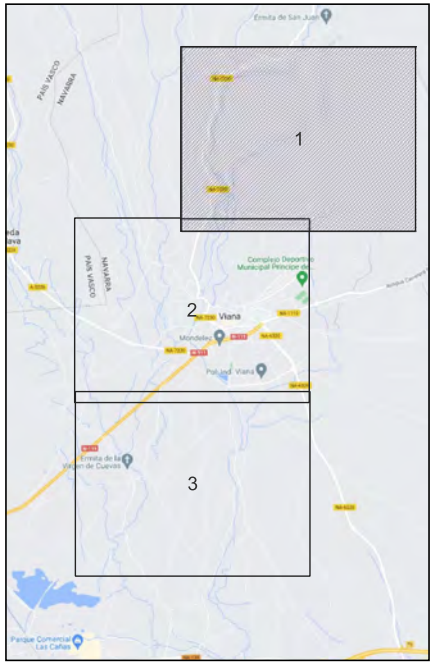
- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Este	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº4 Hoja 3/3





Envolvente de Peligrosidad

AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

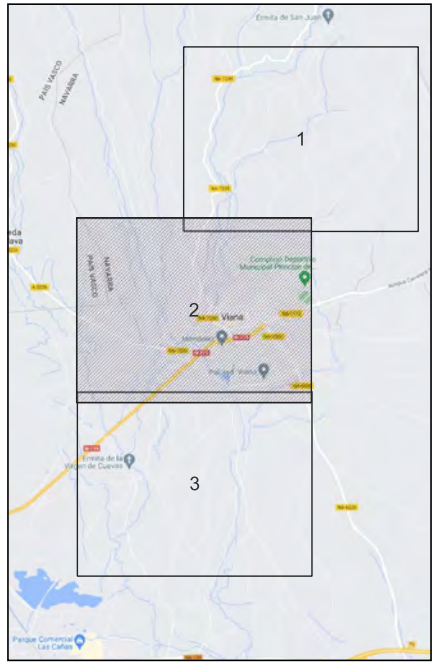
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº5
					Hoja 1/3





Envolvente de Peligrosidad

AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

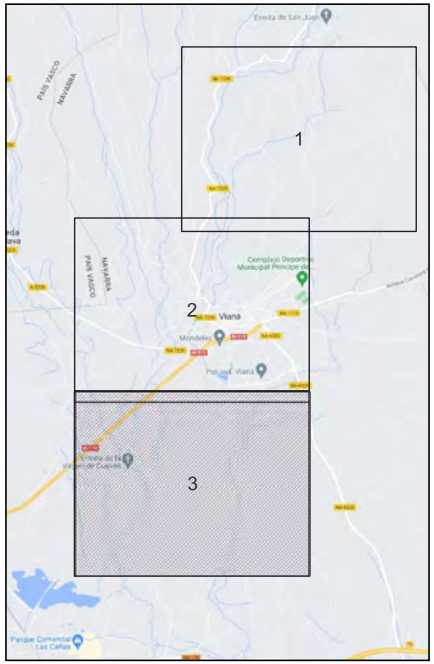
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº5
					Hoja 2/3





Envolvente de Peligrosidad

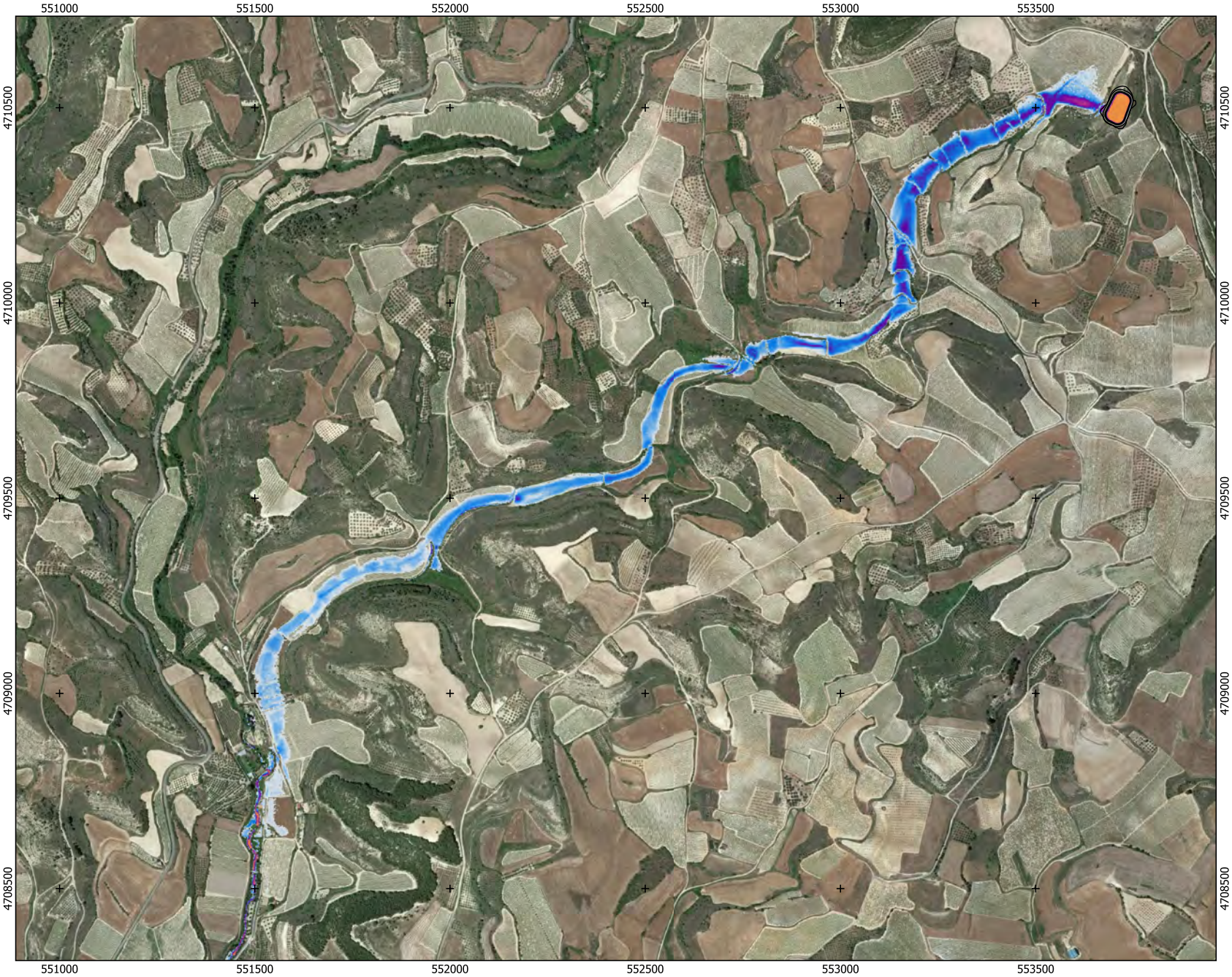
AFECCIÓN NO GRAVE:
Calado < 1 m | Velocidad < 1 m/s ó
Calado*Velocidad < 0,5

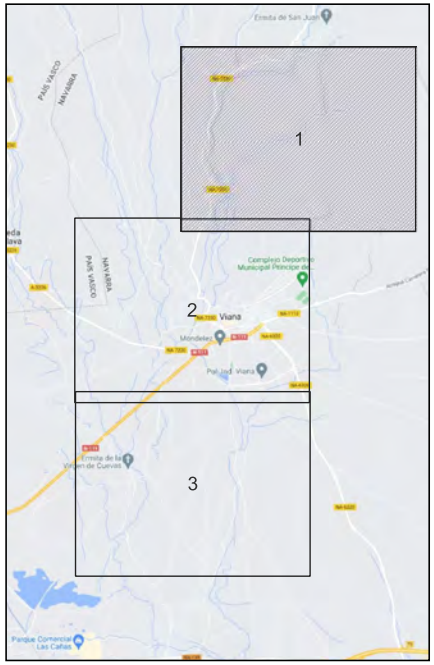
AFECCIÓN GRAVE:
Calado >= 1 m ó
Velocidad >= 1 m/s ó
Calado*Velocidad >= 0,5

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente de Peligrosidad	Plano nº5
					Hoja 3/3





Envolvente Calado Máximo

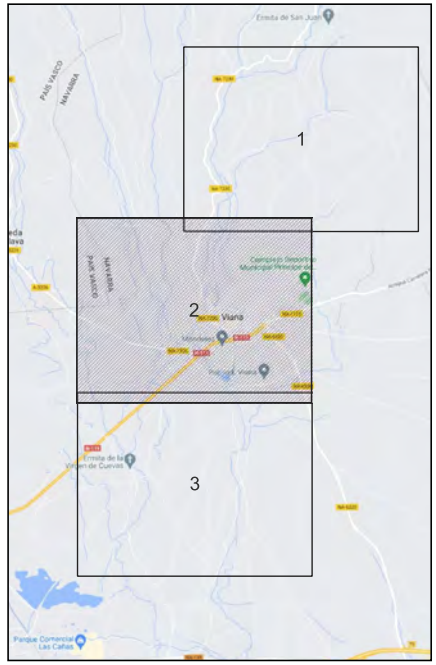
- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº6
					Hoja 1/3





Envolvente Calado Máximo

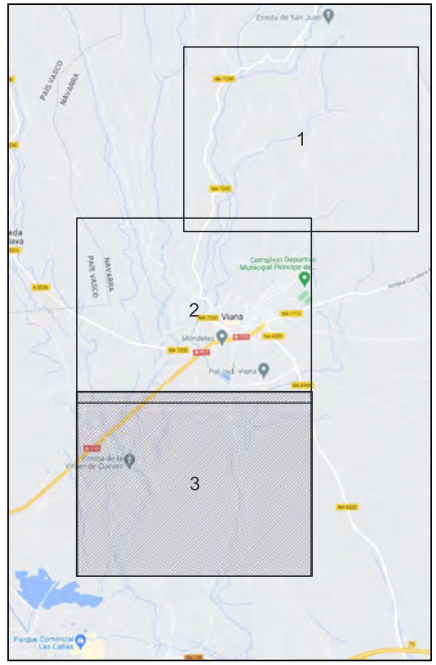
- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº6
					Hoja 2/3





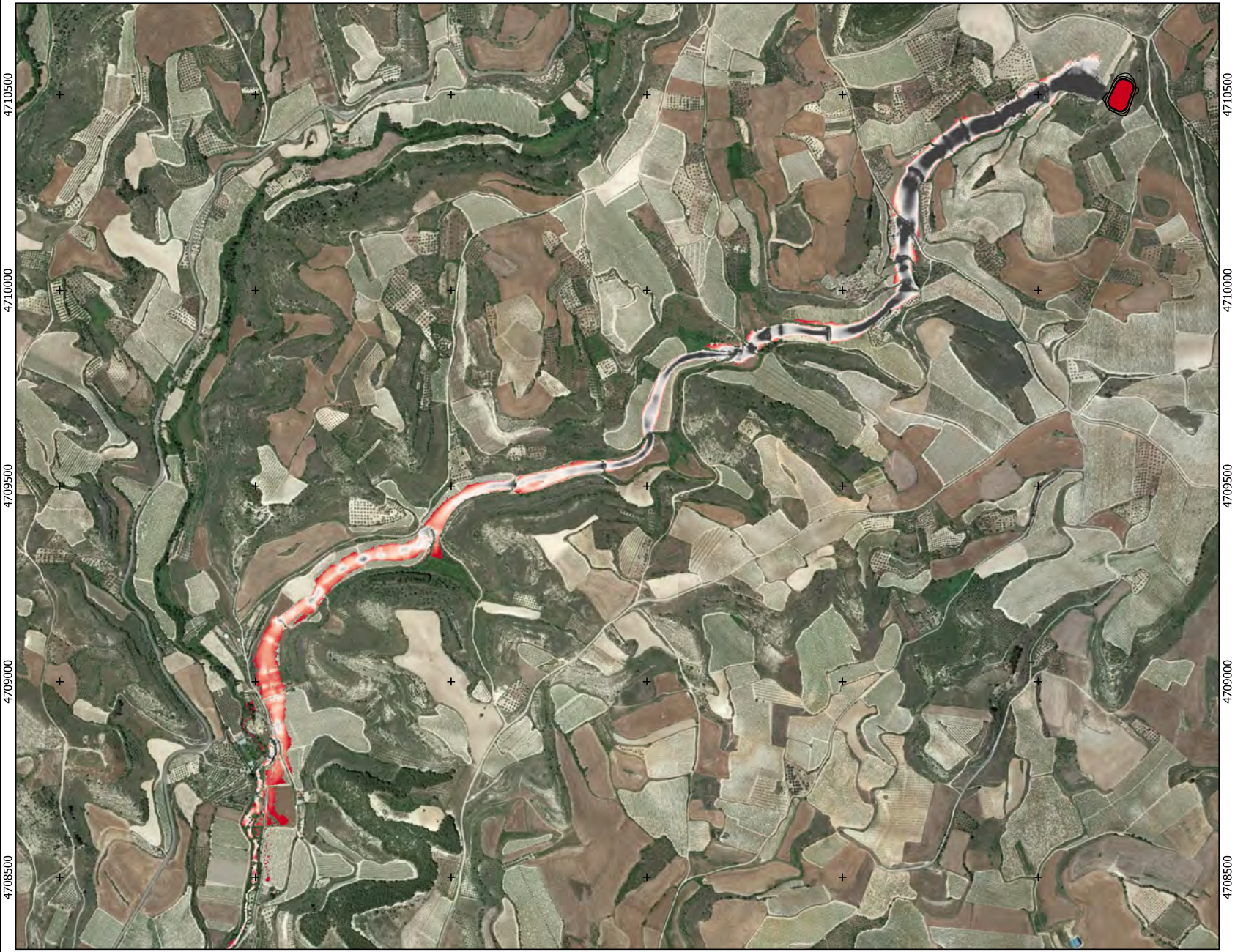
Envolvente Calado Máximo

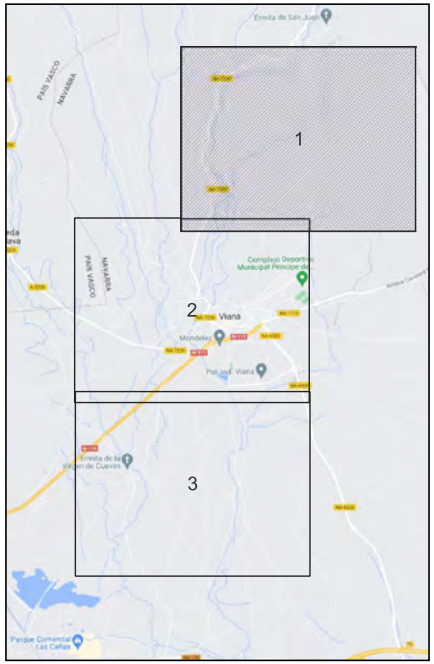
- 0.1 m
- 0.25 m
- 0.5 m
- 0.75 m
- 1 m
- 1.5 m
- > 2 m

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente Calado Máximo	Plano nº6
					Hoja 3/3





Envolvente Velocidad Máxima

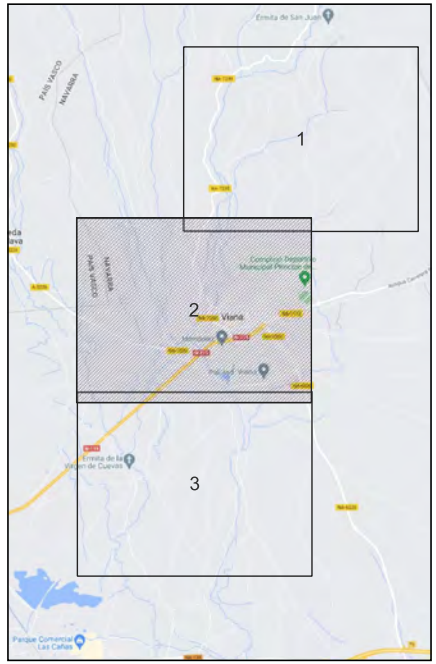
- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº7
					Hoja 1/3





Envolvente Velocidad Máxima

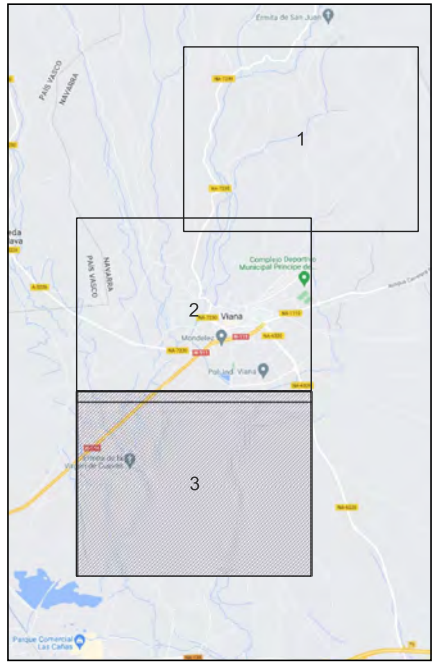
- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº7
					Hoja 2/3





Envolvente Velocidad Máxima

- 0.1 m/s
- 0.25 m/s
- 0.5 m/s
- 0.75 m/s
- 1 m/s
- 1.5 m/s
- > 2 m/s

0 100 200 300 400 m

Escala 1:10.000

	PROYECTO DE MODERNIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE REGADÍOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES VIANA I	Estudio de la rotura potencial de la Balsa Alta. Rotura Oeste	Enero 2023	Envolvente Velocidad Máxima	Plano nº7
					Hoja 3/3