ANEJO Nº09: BALSA DE ALMACENAMIENTO Y OBRA DE TOMA

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES)

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

Índice

1 Introducción y objetivo 6
2 Justificación del volumen regulado 7
2.1 Esquema general de red del sector 7
2.2 Cálculo de la evaporación 9
2.2.1 Evaporación de la balsa 11
2.2.2 Evaporación del depósito 1 11
2.2.3 Evaporación del depósito 2 12
2.2.4 Evaporación del depósito 3 13
2.3 Llenado de infraestructuras 14
2.3.1 Llenado de balsa 14
2.3.2 Llenado del depósito 1 18
2.3.3 Llenado del depósito 2 21
2.3.4 Llenado del depósito 3 24
2.4 Balance hídrico de infraestructuras 27
2.4.1 Balance hídrico de la balsa 27
2.4.2 Balance hídrico del depósito 1 27
2.4.3 Balance hídrico del depósito 2 28
2.4.4 Balance hídrico del depósito 3 28
2.5 Volumen mínimo de almacenamiento 29
2.6 Características Geométricas 29
3 Cálculos hidráulicos 32
3.1 Órgano de llenado y obra de toma 32
3.1.1 Tubería de Llenado desde Toma en arroyo Calvarrasa 33
3.1.2 Tubería de Llenado desde Toma en Garganta del cubo 36
3.1.3 Obra de Captación en Arroyo Calvarrasa y en Garganta del Cubo 40
3.1.4 Vertido sobre la lámina impermeable 43
3.2 Órgano de abastecimiento a la red de riego 44
3.3 Órgano de vaciado 44
3.4 Órgano de alivio 58
3.5 Resguardo 73
3.5.1 Resguardo normal 73
3.5.2 Resguardo mínimo 74
4 Diseño de accesos a la balsa 75
5 Cálculos mecánicos 76

5.1 Movimiento de tierras 76
5.1.1 Gestión de tierra vegetal 77
5.2 Camino de coronación 78
5.3 Estabilidad de taludes 79
5.4 Impermeabilización 80
5.5 Red de drenaje para control de fugas 82
5.6 Dispositivos de entrada y salida de agua. Cálculos hidráulicos 85
5.7 Arqueta de válvulas 85
6 Cálculo estructural de arquetas 88
7 Propuesta de clasificación 89
7.1 Peticionario 89
7.2 Introducción 89
7.2.1 Normativa 91
7.3 Características de la balsa 92
7.3.1 Identificación de la balsa y del titular 94
7.3.2 Situación de la balsa 94
7.3.3 Características de la balsa 95
7.3.4 Entrada de agua a la balsa 95
7.3.5 Toma 95
7.3.6 Desagüe 96
7.3.7 Hidrograma de avenida 96
7.4 Características de los cauces aguas abajo 96
7.4.1 Situación de los cauces 96
7.4.2 Topografía utilizada 97
7.4.3 Caracterización de los cauces y su entorno 97
7.5 Metodología y datos básicos para el análisis 102
7.5.1 Metodología general aplicada 102
7.5.2 Resultados analíticos de la simulación 110
7.5.3 Análisis de las afecciones 117
7.6 Propuesta de clasificación 127
8 Simulación IBER 130
8.1 Introducción 130
8.2 Orografía del terreno 130
8.3 Condiciones de contorno 130
8.4 Condiciones iniciales 131
8.5 Parámetros empleados 131

8.6 Rugosidad 132
8.7 Cálculo hidráulico 132
8.8 Resultados 132
ANEXO 1: PLANOS 133
ANEXO 2: RESULTADOS CÁLCULO ESTRUCTURAL 135

1 Introducción y objetivo

Dada las características del suministro de agua a la zona regable y su consumo, se plantea necesario el establecimiento de ciertos elementos de regulación de la misma, entre los que se encuentran los embalses de abastecimiento de agua. En este caso, se opta por el diseño de una balsa de materiales sueltos impermeabilizada, para cuya ubicación se han tenido en cuenta aspectos como:

- Accesibilidad
- Limitación topográfica
- Situación relativa respecto a las fuentes de suministro, red de transporte y distribución.
- Climatología
- Hidrogeología, geología y geotecnia
- Seguridad e impacto visual

El presente Anejo contiene la información correspondiente al diseño de la balsa proyectada, así como los correspondientes cálculos justificativos.

Para el diseño de la balsa se ha utilizado la siguiente normativa:

Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. CEDEX

Guía técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano. CEDEX

Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión. CEDEX.

Guía técnica para la clasificación de presas. Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico.

Normas técnicas de seguridad para presas y embalses.

Guía para el proyecto, construcción, explotación, mantenimiento, vigilancia y planes de emergencia de las balsas de riego con vistas a la seguridad. Comunidad Valenciana.

2 Justificación del volumen regulado

2.1 Esquema general de red del sector

Tal y como se ha indicado en el Anejo nº3, se necesita almacenar un mínimo de 65.326,20 m³. A partir del modelo digital del terreno se han buscado posibles ubicaciones para proyectar una balsa a una cota mayor que las parcelas de riego. Sin embargo, no se encuentra ninguna opción técnicamente posible que permita la construcción de una balsa a esa altitud.

La mejor alternativa es la construcción de una balsa en las coordenadas X= 270.429; Y = 4.460.267, con una cota inferior del vaso de 1.104,5 msnm, por lo que habrá una serie de parcelas que no podrán abastecerse de ella, tal y como se puede ver en la siguiente imagen:

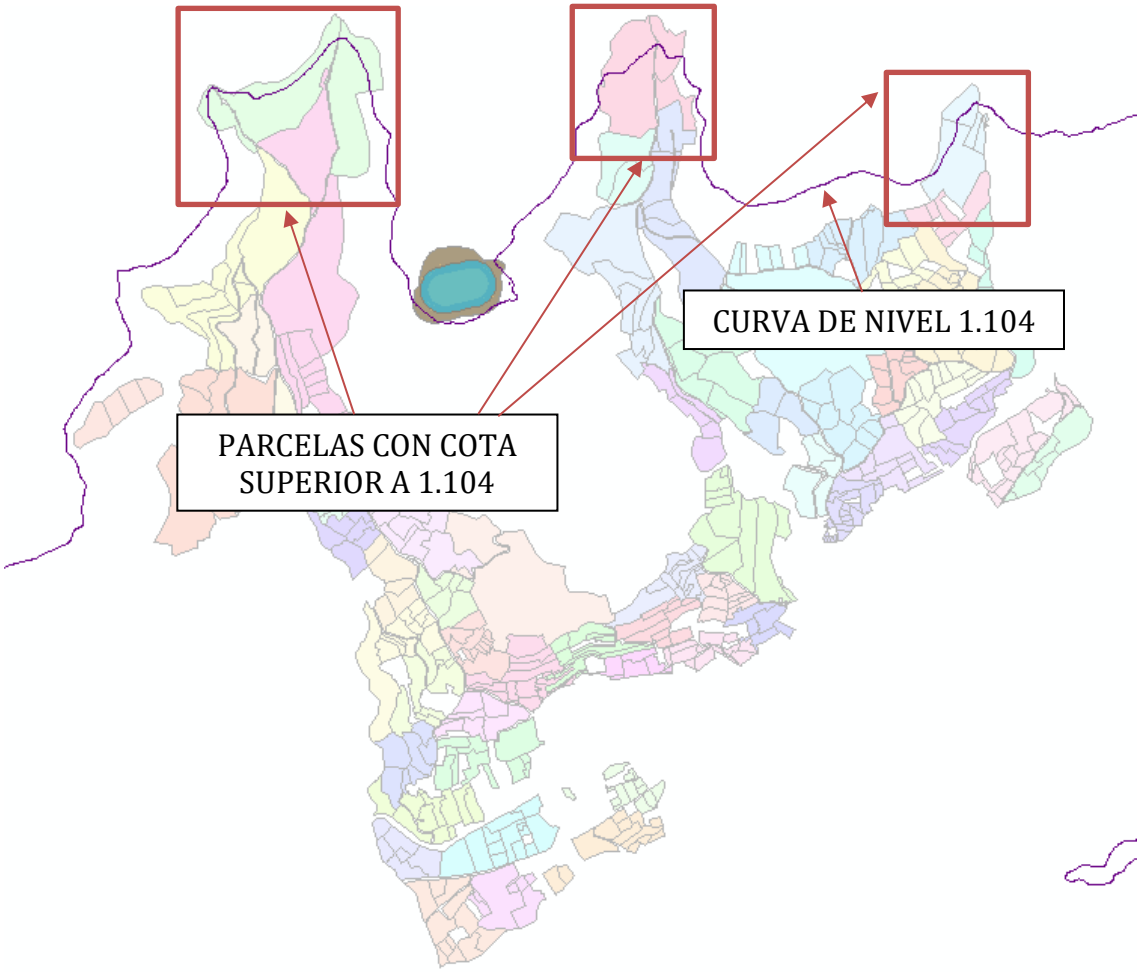


Figura 1: Parcelas con cota mayor que la balsa proyectada

Por este motivo se plantea la construcción de tres depósitos, uno para cada zona donde existen parcelas con mayor cota que la balsa proyectada. De modo que el esquema general de la red que se plantea es:

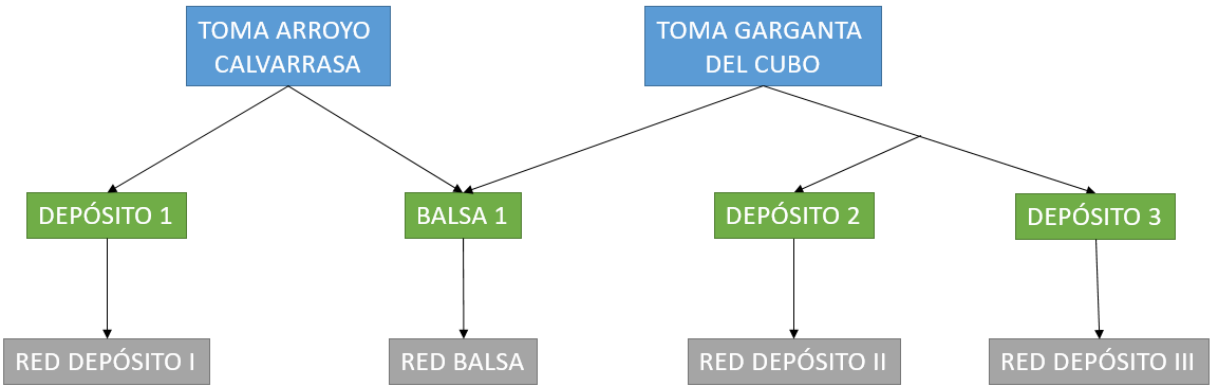


Figura 2: Esquema de red

Siendo la superficie de riego que abastece cada infraestructura, la siguiente:

INFRAESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO	SUP RIEGO (ha)
DEPÓSITO Nº1	5,7839
DEPÓSITO Nº2	3,6770
DEPÓSITO Nº3	2,2424
BALSA	119,1652
TOTAL	**130,8685**

Tabla 1: Superficie de riego de cada infraestructura de almacenamiento

2.2 Cálculo de la evaporación

La construcción de esta balsa y los tres depósitos viene justificada por la necesidad de almacenar una cierta cantidad de agua para dar cobertura de riego localizado durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, a una superficie de 130,8685 hectáreas. De acuerdo al Anejo nº3: Estudio Agronómico, el volumen mínimo a almacenar asciende a 65.326,20 m^3/año. Sin embargo, debido a la alta radiación, existirán pérdidas por evaporación.

La Estación Meteorológica de Valdastillas no recoge los datos de evaporación por lo que es necesario recurrir al Método del Balance de Energía, cuya expresión es:

$$E_r = \frac{R_N}{L_V \cdot \rho_w}$$

Siendo:

- RN radiación neta en W/m2
- L_v calor latente de vaporación en J/kg
- ρ_w densidad del agua, 997 kg/m^3

La radiación neta se obtiene directamente de la estación de Valdastillas y es:

	Radiación neta (MJ/m^2 y día)
Enero	3,27
Febrero	6,13
Marzo	8,83
Abril	12,10
Mayo	14,07
Junio	14,64
Julio	12,18
Agosto	9,46
Septiembre	5,82
Octubre	3,02
Noviembre	1,69
Diciembre	1,82

Tabla 2: Radiación neta

El calor latente de evaporación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_v = 2500 - 2{,}36 \cdot T$$

Siendo T la temperatura media mensual en ºC, por tanto, el calor latente de evaporación es:

	Temperatura (ºC)	Lv (kJ/kg)
Enero	7,90	2.481,37
Febrero	7,28	2.482,83
Marzo	8,96	2.478,84
Abril	11,47	2.472,93
Mayo	13,24	2.468,76
Junio	17,36	2.459,03
Julio	22,52	2.446,86
Agosto	25,67	2.439,42
Septiembre	25,53	2.439,76
Octubre	21,42	2.449,46
Noviembre	16,11	2.461,98
Diciembre	10,49	2.475,24

Tabla 3: Calor latente de evaporación mensual

Introduciendo estos valores en la fórmula del balance de energía, se obtiene la siguiente tasa de evaporación:

	Radiación neta (MJ/m² y día)	Temperatura (ºC)	Lv (kJ/kg)	E_r (mm/día)
Enero	3,27	7,90	2.481,37	1,32
Febrero	6,13	7,28	2.482,83	2,48
Marzo	8,83	8,96	2.478,84	3,57
Abril	12,10	11,47	2.472,93	4,91
Mayo	14,07	13,24	2.468,76	5,72
Junio	14,64	17,36	2.459,03	5,97
Julio	12,18	22,52	2.446,86	4,99
Agosto	9,46	25,67	2.439,42	3,89
Septiembre	5,82	25,53	2.439,76	2,39
Octubre	3,02	21,42	2.449,46	1,24
Noviembre	1,69	16,11	2.461,98	0,69
Diciembre	1,82	10,49	2.475,24	0,74

Tabla 4: Tasa de evaporación

2.2.1 Evaporación de la balsa

Teniendo en cuenta que la superficie de la balsa a Nivel Máximo Normal es de 14.000,33 m², la evaporación potencial es:

	Evaporación (m³/mes)
Octubre	537,39
Noviembre	289,59
Diciembre	320,40
Enero	573,19
Febrero	970,98
Marzo	1.550,66
Abril	2.060,47
Mayo	2.480,48
Junio	2.507,84
Julio	2.166,51
Agosto	1.687,29
Septiembre	1.005,52
ANUAL	**16.150,33**

Tabla 5: Evaporación potencial

Para determinar la evaporación real, habrá que tener en cuenta el agua existente en la balsa en cada momento, ya que la evaporación real no puede ser mayor que el agua almacenada.

2.2.2 Evaporación del depósito 1

Teniendo en cuenta que la superficie del depósito 1 es de 706,86 m², la evaporación potencial es:

	Evaporación (m³/mes)
Octubre	27,13
Noviembre	14,62
Diciembre	16,18
Enero	28,94
Febrero	49,02
Marzo	78,29
Abril	104,03
Mayo	125,24
Junio	126,62
Julio	109,38
Agosto	85,19
Septiembre	50,77
ANUAL	**815,41**

Tabla 6: Evaporación potencial

Para determinar la evaporación real, habrá que tener en cuenta el agua existente en el depósito en cada momento, ya que la evaporación real no puede ser mayor que el agua almacenada.

2.2.3 Evaporación del depósito 2

Teniendo en cuenta que la superficie del depósito 2 es de 490,87 m^2, la evaporación potencial es:

	Evaporación (m^3/mes)
Octubre	18,84
Noviembre	10,15
Diciembre	11,23
Enero	20,10
Febrero	34,04
Marzo	54,37
Abril	72,24
Mayo	86,97
Junio	87,93
Julio	75,96
Agosto	59,16
Septiembre	35,26
ANUAL	**566,26**

Tabla 7: Evaporación potencial

Para determinar la evaporación real, habrá que tener en cuenta el agua existente en el depósito en cada momento, ya que la evaporación real no puede ser mayor que el agua almacenada.

2.2.4 Evaporación del depósito 3

Teniendo en cuenta que la superficie del depósito 3 es de 380,13 m², la evaporación potencial es:

	Evaporación (m^3/mes)
Octubre	14,59
Noviembre	7,86
Diciembre	8,70
Enero	15,56
Febrero	26,36
Marzo	42,10
Abril	55,95
Mayo	67,35
Junio	68,09
Julio	58,82
Agosto	45,81
Septiembre	27,30
ANUAL	**438,51**

Tabla 8: Evaporación potencial

Para determinar la evaporación real, habrá que tener en cuenta el agua existente en el depósito en cada momento, ya que la evaporación real no puede ser mayor que el agua almacenada.

2.3 Llenado de infraestructuras

2.3.1 Llenado de balsa

La balsa se llenará por dos vías:

- Agua captada de la precipitación caída
- Agua captada desde dos tomas:
    - Arroyo Calvarrasa: la cual aportará el 60% del volumen de la balsa.
    - Garganta del Cubo: la cual aportará el 40% del volumen de la balsa.

LLENADO POR PRECIPITACIÓN

La precipitación media mensual registrada en la estación meteorológica de Valdastillas es:

	Precipitación (mm)
Octubre	51,92
Noviembre	163,52
Diciembre	151,56
Enero	146,71
Febrero	133,99
Marzo	119,21
Abril	130,90
Mayo	111,24
Junio	62,61
Julio	20,66
Agosto	8,53
Septiembre	12,20
	1.113,04

Tabla 9: Precipitación media mensual

Teniendo en cuenta que la superficie de la balsa a Nivel Máximo Normal es de 14.000,33 m², el volumen mensual caído sobre la balsa es:

	m³/mes
Octubre	726,86
Noviembre	2.289,38
Diciembre	2.121,86
Enero	2.053,94
Febrero	1.875,90
Marzo	1.669,05
Abril	1.832,66
Mayo	1.557,33
Junio	876,57
Julio	289,18
Agosto	119,42
Septiembre	170,78
	15,582,94

Tabla 10: Volumen mensual de lluvia caído sobre la balsa

Sin embargo, esta lluvia no se almacena en su totalidad, sino que se estima que se puede almacenar en torno a un 70%. Por tanto, la precipitación almacenada estimada sería:

	Precipitación almacenada (m³/mes)
Octubre	508,80
Noviembre	1.602,57
Diciembre	1.485,30
Enero	1.473,76
Febrero	1.313,13
Marzo	1.168,33
Abril	1.282,86
Mayo	1.090,13
Junio	613,60
Julio	202,42
Agosto	83,60
Septiembre	119,55
TOTAL	**10.908,06**

Tabla 11: Precipitación almacenada (m³/mes)

LLENADO MEDIANTE TOMAS EN EL CAUCE

ARROYO CALVARRASA

La balsa también se llenará desde una toma situada en el Arroyo Calvarrasa, concretamente en las coordenadas:

X	Y	Cota
270.187	4.461.166	1.220

Tabla 12: Coordenadas de la toma

Y cuya sección transversal se encuentra reflejada en el Plano nº8.

El volumen captado del cauce será 65.326,20 m³ entre los meses de octubre y mayo (243 días), lo que corresponde con un caudal de 179,38 m³/día. El llenado desde la toma se hará de forma continua durante las 24 horas del día.

Volumen (m³)	Entradas desde el Arroyo
Octubre	5.560,94
Noviembre	5.381,55
Diciembre	5.560,94
Enero	5.560,94
Febrero	5.022,78
Marzo	5.560,94
Abril	5.381,55
Mayo	5.560,94
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
TOTAL	**43.590,58**

Tabla 13: Volumen de entrada desde el Arroyo

GARGANTA DEL CUBO

La balsa también se llenará desde una toma situada en la Garganta del Cubo, concretamente en las coordenadas:

X	Y	Cota
270.862	4.460.972	1.156

Tabla 14: Coordenadas de la toma

Y cuya sección transversal se encuentra reflejada en el Plano nº8.

El volumen captado del cauce será 29.060,39 m³ entre los meses de octubre y mayo (243 días), lo que corresponde con un caudal de 119,59 m³/día. El llenado desde la toma se hará de forma continua durante las 24 horas del día.

Volumen (m³)	Entradas desde la Garganta
Octubre	3.707,29
Noviembre	3.587,70
Diciembre	3.707,29
Enero	3.707,29
Febrero	3.348,52
Marzo	3.707,29
Abril	3.587,70
Mayo	3.707,29
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
TOTAL	**29.060,39**

Tabla 15: Volumen de entrada desde la Garganta

2.3.2 Llenado del depósito 1

El depósito 1 se llenará por dos vías:

- Agua captada de la precipitación caída
- Agua captada desde el Arroyo Calvarrasa

LLENADO POR PRECIPITACIÓN

Teniendo en cuenta la precipitación media mensual registrada en la estación meteorológica de Valdastillas y que la superficie del depósito es de 706,86 m², el volumen mensual caído sobre el depósito es:

	m³/mes
Octubre	36,70
Noviembre	115,59
Diciembre	107,13
Enero	103,70
Febrero	94,71
Marzo	84,27
Abril	92,53
Mayo	78,63
Junio	44,26
Julio	14,60
Agosto	6,03
Septiembre	8,62
	786,76

Tabla 16: Volumen mensual de lluvia caído sobre el depósito 1

Sin embargo, esta lluvia no se almacena en su totalidad, sino que se estima que se puede almacenar en torno a un 70%. Por tanto, la precipitación almacenada estimada sería:

	Precipitación almacenada (m^3/mes)
Octubre	25,69
Noviembre	80,91
Diciembre	74,99
Enero	72,59
Febrero	66,30
Marzo	58,99
Abril	64,77
Mayo	55,04
Junio	30,98
Julio	10,22
Agosto	4,22
Septiembre	6,04
TOTAL	**550,73**

Tabla 17: Precipitación almacenada (m^3/mes)

LLENADO MEDIANTE TOMA EN EL ARROYO CALVARRASA

El depósito se llenará desde una toma situada en el Arroyo Calvarrasa, concretamente en las coordenadas:

X	Y	Cota
270.187	4.461.166	1.220

Tabla 18: Coordenadas de la toma

Y cuya sección transversal se encuentra reflejada en el Plano nº8.

El volumen captado del cauce será 3.180,86 m^3 en el mes de abril (9 días) y en el mes de mayo (1 día), lo que corresponde con un caudal de 318,09 m^3/día. El llenado desde la toma se hará de forma continua durante las 24 horas del día.

Volumen (m³)	Entradas desde el Arroyo
Octubre	0,00
Noviembre	0,00
Diciembre	0,00
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	2.862,78
Mayo	318,09
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
TOTAL	**3.180,86**

Tabla 19: Volumen de entrada desde el Arroyo

2.3.3 Llenado del depósito 2

El depósito 2 se llenará por dos vías:

- Agua captada de la precipitación caída
- Agua captada desde la toma ubicada en la Garganta del Cubo

LLENADO POR PRECIPITACIÓN

Teniendo en cuenta la precipitación media mensual registrada en la estación meteorológica de Valdastillas y que la superficie del Depósito 2 es de 490,87 m^2, el volumen mensual caído sobre el depósito es:

	m^3/mes
Octubre	25,49
Noviembre	80,27
Diciembre	74,40
Enero	72,01
Febrero	65,77
Marzo	58,52
Abril	64,26
Mayo	54,60
Junio	30,73
Julio	10,14
Agosto	4,19
Septiembre	5,99
	546,36

Tabla 20: Volumen mensual de lluvia caído sobre el depósito 2

Sin embargo, esta lluvia no se almacena en su totalidad, sino que se estima que se puede almacenar en torno a un 70%. Por tanto, la precipitación almacenada estimada sería:

	Precipitación almacenada (m^3/mes)
Octubre	17,84
Noviembre	56,19
Diciembre	52,08
Enero	50,41
Febrero	46,04
Marzo	40,96
Abril	44,98
Mayo	38,22
Junio	21,51
Julio	7,10
Agosto	2,93
Septiembre	4,19
TOTAL	**382,45**

Tabla 21: Precipitación almacenada (m^3/mes)

LLENADO MEDIANTE TOMAS EN LA GARGANTA DEL CUBO

El depósito también se llenará desde una toma situada en la Garganta del Cubo, concretamente en las coordenadas:

X	Y	Cota
270.862	4.460.972	1.156

Tabla 22: Coordenadas de la toma

Y cuya sección transversal se encuentra reflejada en el Plano nº8.

El volumen captado del cauce será 2.208,93 m³ en el mes de abril (16 días) y en el mes de mayo (1 día), lo que corresponde con un caudal de 129,94 m³/día. El llenado desde la toma se hará de forma continua durante las 24 horas del día.

Volumen (m³)	Entradas desde la Garganta
Octubre	0,00
Noviembre	0,00
Diciembre	0,00
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	2.079,00
Mayo	129,94
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
TOTAL	**2.208,93**

Tabla 23: Volumen de entrada desde la Garganta

2.3.4 Llenado del depósito 3

El depósito 3 se llenará por dos vías:

- Agua captada de la precipitación caída
- Agua captada desde la toma ubicada en la Garganta del Cubo

LLENADO POR PRECIPITACIÓN

Teniendo en cuenta la precipitación media mensual registrada en la estación meteorológica de Valdastillas y que la superficie del Depósito 3 es de 490,87 m^2, el volumen mensual caído sobre el depósito es:

	m^3/mes
Octubre	25,49
Noviembre	80,27
Diciembre	74,40
Enero	72,01
Febrero	65,77
Marzo	58,52
Abril	64,26
Mayo	54,60
Junio	30,73
Julio	10,14
Agosto	4,19
Septiembre	5,99
	546,36

Tabla 24: Volumen mensual de lluvia caído sobre el depósito 2

Sin embargo, esta lluvia no se almacena en su totalidad, sino que se estima que se puede almacenar en torno a un 70%. Por tanto, la precipitación almacenada estimada sería:

	Precipitación almacenada (m^3/mes)
Octubre	17,84
Noviembre	56,19
Diciembre	52,08
Enero	50,41
Febrero	46,04
Marzo	40,96
Abril	44,98
Mayo	38,22
Junio	21,51
Julio	7,10
Agosto	2,93
Septiembre	4,19
TOTAL	**382,45**

Tabla 25: Precipitación almacenada (m^3/mes)

LLENADO MEDIANTE TOMAS EN LA GARGANTA DEL CUBO

El depósito también se llenará desde una toma situada en la Garganta del Cubo, concretamente en las coordenadas:

X	Y	Cota
270.862	4.460.972	1.156

Tabla 26: Coordenadas de la toma

Y cuya sección transversal se encuentra reflejada en el Plano nº8.

El volumen captado del cauce será 1.520,53 m³ en el mes de abril (19 días) y en el mes de mayo (1 día), lo que corresponde con un caudal de 76,03 m³/día. El llenado desde la toma se hará de forma continua durante las 24 horas del día.

Volumen (m³)	Entradas desde la Garganta
Octubre	0,00
Noviembre	0,00
Diciembre	0,00
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	1.444,50
Mayo	76,03
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
TOTAL	**1.520,53**

Tabla 27: Volumen de entrada desde la Garganta

2.4 Balance hídrico de infraestructuras

2.4.1 Balance hídrico de la balsa

Volumen (m3)	Entradas			Salidas		Balance	Acumulado
	Precipitación	Garganta del Cubo	Arroyo Calvarrasa	Riego	Evaporación efectiva		
Octubre	508,80	3.333,51	5.000,26	0,00	537,39	8.305,18	8.305,18
Noviembre	1.602,57	3.225,98	4.838,96	0,00	289,59	9.377,92	17.683,10
Diciembre	1.485,30	3.333,51	5.000,26	0,00	320,40	9.498,67	27.181,77
Enero	1.437,76	3.333,51	5.000,26	0,00	573,19	9.198,34	36.380,11
Febrero	1.313,13	3.010,91	4.516,37	0,00	970,98	7.869,42	44.249,53
Marzo	1.168,33	3.333,51	5.000,26	0,00	1.550,66	7.951,44	52.200,98
Abril	1.282,86	3.225,98	4.838,96	1.191,65	2.060,47	6.095,68	58.296,66
Mayo	1.090,13	3.333,51	5.000,26	1.191,65	2.480,48	5.751,77	64.048,43
Junio	613,60	0,00	0,00	13.108,17	2.507,84	-15.002,42	49.046,01
Julio	202,42	0,00	0,00	16.683,13	2.166,51	-18.647,22	30.398,79
Agosto	83,60	0,00	0,00	14.299,82	1.687,29	-15.903,52	14.495,27
Septiembre	119,55	0,00	0,00	13.108,17	1.005,52	-13.994,14	501,13
TOTAL	**10.908,06**	**26.130,40**	**39.195,60**	**59.582,60**	**16.150,33**	**501,13**	

2.4.2 Balance hídrico del depósito 1

Volumen (m³)	Entradas		Salidas		Balance mensual	Acumulado
	Precipitación	Arroyo Calvarrasa	Riego	Evaporación efectiva		
Octubre	25,69	0,00	0,00	25,69	0,00	0,00
Noviembre	80,91	0,00	0,00	14,62	66,29	66,29
Diciembre	74,99	0,00	0,00	16,18	58,81	125,10
Enero	72,59	0,00	0,00	28,94	43,65	168,76
Febrero	66,30	0,00	0,00	49,02	17,27	186,03
Marzo	58,99	0,00	0,00	78,29	-19,30	166,73
Abril	64,77	2.862,78	57,84	104,03	2.765,68	2.932,40
Mayo	55,04	318,09	57,84	125,24	190,05	3.122,45
Junio	30,98	0,00	636,23	126,62	-731,87	2.390,59
Julio	10,22	0,00	809,75	109,38	-908,91	1.481,68
Agosto	4,22	0,00	694,07	85,19	-775,04	706,64
Septiembre	6,04	0,00	636,23	50,77	-680,96	25,68
TOTAL	**550,73**	**3.180,86**	**2.891,95**	**813,97**	**25,68**	

2.4.3 Balance hídrico del depósito 2

Volumen (m³)	Entradas		Salidas		Balance	Acumulado
	Precipitación	Garganta del Cubo	Riego	Evaporación efectiva		
Octubre	17,84	0,00	0,00	17,84	0,00	0,00
Noviembre	56,19	0,00	0,00	10,15	46,04	46,04
Diciembre	52,08	0,00	0,00	11,23	40,84	86,88
Enero	50,41	0,00	0,00	20,10	30,31	117,19
Febrero	46,04	0,00	0,00	34,04	12,00	129,19
Marzo	40,96	0,00	0,00	54,37	-13,40	115,78
Abril	44,98	2.079,00	36,77	72,24	2.014,96	2.130,74
Mayo	38,22	129,94	36,77	86,97	44,42	2.175,16
Junio	21,51	0,00	404,47	87,93	-470,89	1.704,28
Julio	7,10	0,00	514,78	75,96	-583,64	1.120,63
Agosto	2,93	0,00	441,24	59,16	-497,47	623,17
Septiembre	4,19	0,00	404,47	35,26	-435,53	187,63
TOTAL	**382,45**	**2.208,93**	**1.838,50**	**565,25**	**187,63**	

2.4.4 Balance hídrico del depósito 3

Volumen (m3)	Entradas		Salidas		Balance	Acumulado
	Precipitación	Garganta del Cubo	Riego	Evaporación efectiva		
Octubre	13,81	0,00	0,00	13,81	0,00	0,00
Noviembre	43,51	0,00	0,00	7,86	35,65	35,65
Diciembre	40,33	0,00	0,00	8,70	31,63	67,28
Enero	39,04	0,00	0,00	15,56	23,47	90,75
Febrero	35,65	0,00	0,00	26,36	9,29	100,04
Marzo	31,72	0,00	0,00	42,10	-10,38	89,66
Abril	34,83	1.444,50	22,42	55,95	1.400,97	1.490,63
Mayo	29,60	76,03	22,42	67,35	15,85	1.506,48
Junio	16,66	0,00	246,66	68,09	-298,10	1.208,39
Julio	5,50	0,00	313,94	58,82	-367,26	841,12
Agosto	2,27	0,00	269,09	45,81	-312,63	528,49
Septiembre	3,25	0,00	246,66	27,30	-270,72	257,77
TOTAL	**296,17**	**1.520,53**	**1.121,20**	**437,73**	**257,77**	

Como conclusión se resumen los datos esenciales que se han obtenido:

- Necesidades anuales por hectárea de cerezo: 500,0 m^3/ha
- Superficie regable total: 130,8685 ha
- Consumo total anual para riego: 65.434,25 m3
- Volumen real evaporado total: 17.967,28 m3
- Volumen de llenado por precipitación total: 12.137,42 m3
- Volumen total a detraer del Arroyo Calvarrasa: 42.376,46 m3
- Volumen a detraer de la Garganta del Cubo: 29.859,86 m3

2.5 Volumen mínimo de almacenamiento

Con los datos ya expuestos, y adoptando una superficie de embalse con la forma más regular posible, se determinan las dimensiones de la balsa para garantizar el volumen necesario, obtenido mediante la herramienta de diseño Auto CAD Civil3D. Comprobando posteriormente que la capacidad correspondiente al volumen de diseño es mayor que la mínima necesaria.

TABLA DE ALMACENAMIENTO DE FASES

NIVEL	ELEV (m)	ÁREA (m^2)	PROFUNDIDAD (m)	CÓNICO VOL. TOTAL (m^3)
Fondo Balsa	1.105,3	9.477	N/A	0.00
NMN	1.110,9	14.000	5,6	65.326,20
Nivel Máximo	1.112	14.981	6,7	81.235,40

En este punto es obligatorio aclarar que el volumen de regulación es suficiente para abastecer a la zona regable con garantía, independientemente de la estrategia de llenado de la balsa, ya que esta se ha realizado con la suficiente holgura. Igualmente, la obra de toma de entrada a la balsa se ha previsto con un margen de capacidad suficiente para adaptarse a los posibles cambios de explotación o posibles fluctuaciones de caudal debido a cortes bruscos por falsas maniobras.

2.6 Características Geométricas

Para el dimensionamiento y características de la balsa proyectada, se han tenido en cuenta:

- Cartografía obtenida del Instituto Geográfico Nacional.
- Modelos digitales del terreno.
- Planos Catastrales: Parcelario del Término Municipal de Tornavacas en formato dxf.

Situación de la balsa	
Rio y cuenca de vertido	Río Jerte
Término municipal	Tornavacas, Cáceres.
Coordenadas UTM ETRS 89 30 NORTE	X: 270.429 / Y: 4.460.267
Características de la balsa.	
Cuerpo de la balsa.	
Tipología	De materiales sueltos, impermeabilizada con geomembrana PEAD 1,5 mm.
Planta	Ovalada irregular, adaptada al terreno.
Perímetro de coronación interior	452,86 m
Perímetro de coronación exterior	478,00 m
Perímetro de fondo	368,68 m
Altura máxima del vaso	6,7 m
Talud exterior	2H:1V
Talud interior	2H:1V
Protección de taludes.	Interior geomembrana PEAD
Ancho de coronación	4 m
Cota mínima inferior del vaso	1.105,3 m
Cota de coronación	1.112 m
Cota N.M.N.	1.110,9 m
Resguardo.	1,10 m
Cota pie exterior Talud de cierre	1.098,10
Altura de la balsa	13,90 m

Aliviadero.	
Tipología.	Tubería Ø 600 mm acero y PEAD 630/250
Caudal de diseño	42,38 l/s
Órganos de desagüe.	
Diámetro	DN 600 acero y PEAD DN250
Cierre aguas arriba	Válvula de compuerta
Accionamiento.	Manual
Caudal de desagüe a NMN	358,27 l/s
Tiempo de vaciado	51 horas
Cota del eje en la embocadura	1.104,45 m
Tomas	
Llenado de balsa Toma 1 (Calvarrasa)	63 mm
Llenado de balsa Toma 2 (G. del Cubo)	75 mm
Toma salida Red de Riego	600 mm (bajo el dique) 400 mm (resto ramal salida)
Auscultación	
Drenajes diámetro	250 mm
Superficies	
Área ocupada por la balsa	24.173,60 m²
Características del embalse	
Superficie a NMN	14.000,33 m²
Volumen a NMN	65.326,20 m³
Superficie a NME	14.981,44 m²
Volumen a NME	81.235,40 m³
Movimiento de tierras	
Desbroce y limpieza del terreno	24.173,60 m²
Desmonte	139.426,72 (no inc. Tierra vegetal) m³
Terraplén	22.432,39 m³
Neto (Desmonte)	116.994,33 m³

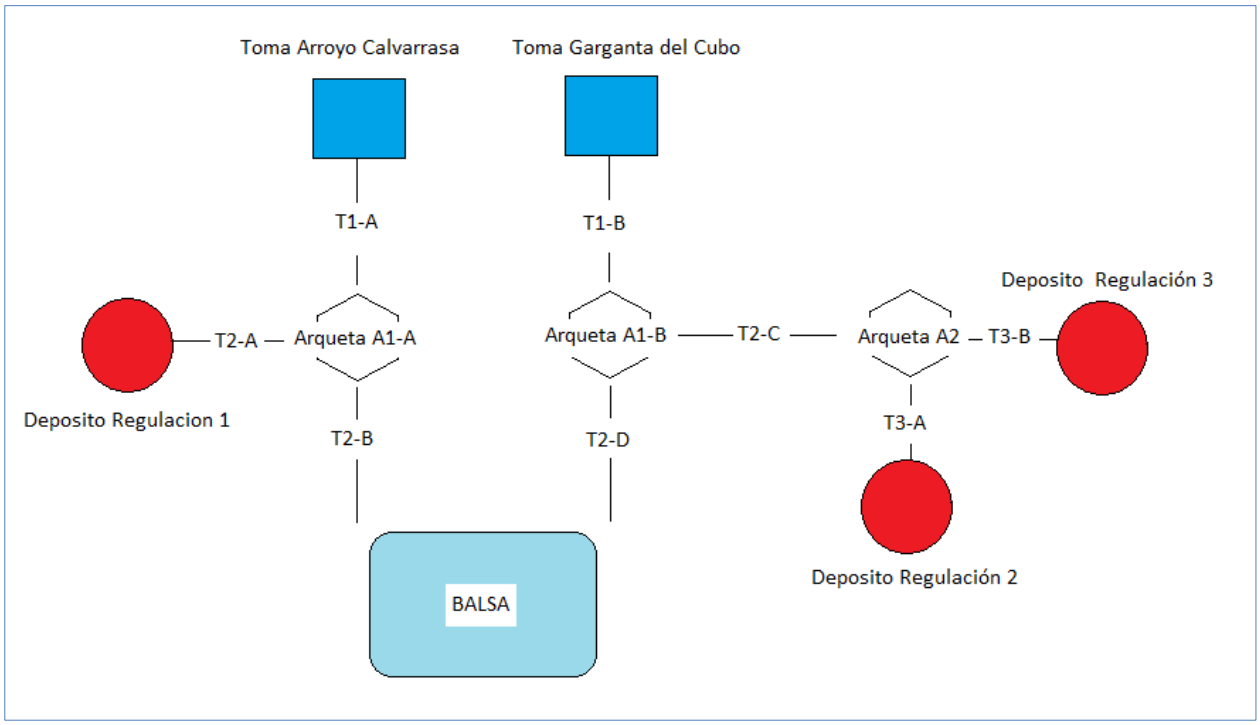
3 Cálculos hidráulicos

3.1 Órgano de llenado y obra de toma

La balsa se llenará por gravedad de las tomas previstas en el Arroyo Calvarrasa y en la Garganta del Cubo con un caudal instantáneo total de aportación total de 3,11 l/s (estudio hidrológico realizado con anterioridad al proyecto), hasta la cota 1.112 a partir de la cual el caudal y la velocidad serán menores debidos la poca diferencia de carga de la tubería de alimentación y la balsa.

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPATACIÓN EN ARROYO CALVARRASA	
Procedencia del agua	Arroyo Calvarrasa
Tipo de captación	Toma directa mediante zanja dren
Volumen máximo anual m³	39.195,60
Tiempo de llenado	243 días
Caudal máximo instantáneo l/s	1,87
Potencia instalada C.V.	Sin mecanismos de extracción. Gravedad.
Término Municipal	Tornavacas (Cáceres)
Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X,Y)	270.187 / 4.461.166 / HUSO: 30
Cota m	1.216,86

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPTACIÓN EN GARGANTA DEL CUBO	
Procedencia del agua	Garganta del Cubo
Tipo de captación	Toma Subálvea
Volumen máximo anual m³	26.130,40
Tiempo de llenado	243días
Caudal máximo instantáneo l/s	1,24
Potencia instalada C.V.	Sin mecanismos de extracción. Gravedad.
Término Municipal	Tornavacas (Cáceres)
Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X,Y)	270.862 / 4.460.972 / HUSO: 30
Cota m	1.156,23



3.1.1 Tubería de Llenado desde Toma en arroyo Calvarrasa

En la tubería de llenado que va desde la captación, en el Arroyo Calvarrasa, hasta la balsa se diferencian dos tramos, un primer tramo (T1-A) comprendido entre el Arroyo Calvarrasa y la arqueta de derivación (A1-A) con un caudal instantáneo máximo de 3,71 l/s desde la que se bifurcan dos tuberías, una que abastece al depósito de regulación 1 (tramo T2-A), Anejo Nº 11 Depósitos de Regulación, y el segundo tramo de tubería (T2-B) que abastece a la balsa desde la arqueta de derivación (A1-A) con un caudal instantáneo de 1,867 l/s.

TRAMO T-1A	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X, Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arroyo Calvarrasa	270.187	4.461.166	1.216,86	3,71	351,66
Arqueta Derivación 1	270.214	4.460.876	1.140,73		

TRAMO T-2B	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X, Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arqueta Derivación 1	270.214	4.460.876	1.140,73	1,867	655,629
Balsa	270.429	4.460.267	1.111,43		

Se incluyen los resultados obtenidos del cálculo con el programa EPANET. Esta red se ha calculado con el ramal T-2ª desde la arqueta de derivación 1 hasta el depósito D1. Los datos de este ramal son los siguientes:

TRAMO T-2A	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X,Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arqueta Derivación A1-A	270.214	4.460.876	1.140,73	1,841	9,189
Depósito Regulación 1	270202	4.460.897	1.140,88		

Los resultados del cálculo son los siguientes:

Tabla de Red - Nudos

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m
Conexión n1	1140.73	0.00	1208.59	67.86
Conexión n2	1140.88	1.84	1208.44	67.56
Conexión n3	1216.86	0.00	1216.97	0.11
Conexión n4	1111.43	1.87	1197.64	86.21
Embalse 1	1217,00	-3.71	1217.00	0.00

Tabla de Red – Líneas y diámetros de cada una.

	Longitud	Diámetro Int./Ext.	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	∅ **mm**	LPS	m/s	m/km
Tubería p1	9.194	51.4 (63)	1.84	0.89	16.28
Tubería p2	334.6	61.4 (75)	3.71	1.25	25.05
Tubería p3	655.7	51.4 (63)	1.87	0.90	16.71
Tubería 1	1	61.4 (75)	3.71	1.25	25.08

Identificación de nodos y tramos:

Embalse 1 y nodo n3: captación 1

n3 a n1: conducción p2, desde captación a arqueta de derivación A1-A.

n1 a n2: conducción p1, de arqueta de derivación A1-A, hasta el depósito 1.

n1 a n4: conducción p3, de arqueta de derivación A1-A a balsa.

3.1.2 Tubería de Llenado desde Toma en Garganta del cubo

En la tubería de llenado que va desde la captación, en la Garganta del Cubo, hasta la balsa se diferencian dos tramos, un primer tramo (T1-B) comprendido entre la Garganta del Cubo y la arqueta de derivación (A1-B) con un caudal instantáneo máximo de 3,63 l/s desde esta se bifurcan dos tuberías, una que abastece a los depósitos de regulación 2 y 3 desde el tramo T2-C hasta arqueta de derivación A2 y desde esta por los tramos T3-A hasta el depósito de regulación 2 y el T3-B hasta el depósito de regulación 3 y otra T2-D desde la arqueta A1-B que alimenta directamente a la balsa con un caudal instantáneo de 1,245 l/s.

TRAMO T-1B	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X, Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Garganta del Cubo	270.862	4.460.972	1.156,23	1,245	19,258
Arqueta Derivación A1-B	270.847	4.460.960	1.156,00		

TRAMO T-2D	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X, Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arqueta de derivación A1-B	270.847	4.460.960	1.156,00	1,245	776,39
Balsa	270.429	4.460.267	1.111,43		

Se incluyen a continuación los resultados obtenidos del cálculo con el programa EPANET. Esta red se ha calculado de forma conjunta con el resto de ramales que serían los siguientes:

TRAMO 2C	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X, Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arqueta Derivación A1-B	270.847	4.460.960	1.156,00	2,384	31,42
Arqueta Derivación A2	270.874	4.460.942	1.149,84		

TRAMO 3A	Coordenadas U.T.M. ETRS89;(X, Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arqueta Derivación A2	270.874	4.460.942	1.149,84	1,504	52,78
Depósito de regulación D2	270.905	4.460.885	1.145,88		

TRAMO 3B	Coordenadas U.T.M. ETRS89; (X,Y) Huso 30		Cota Geométrica (m)	q Max. Instantáneo (l/s)	Longitud (m)
	X	Y	Z		
Arqueta Derivación A2	270.874	4.460.942	1.149,84	0,880	695,34
Depósito de regulación D3	271.448	4.460.567	1.133		

Tabla de Red - Nudos

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m
Conexión n1	1156	0.00	1156.65	0.65
Conexión n2	1111.19	1.24	1154.09	42.89
Conexión n3	1156.23	0.00	1156.98	0.74
Conexión n4	1149.84	0.00	1156.30	6.46
Conexión n5	1137.80	0.88	1153.12	15.31
Conexión n6	1145.88	1.50	1155.71	9.82
Embalse 1	1157	-3.62	1157.00	0.00

Tabla de Red - Líneas

	Longitud	Diámetro Int. /Ext	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	∅ mm	LPS	m/s	m/km
Tubería p1	776.8	61.4 (75)	1.24	0.42	3.29
Tubería p2	13.67	61.4 (75)	3.62	1.22	24.01
Tubería p3	31.42	61.4 (75)	2.38	0.81	11.06
Tubería p4	767.4	51.4 (63)	0.88	0.42	4.15
Tubería p5	52.78	51.4 (63)	1.50	0.72	11.20
Tubería 1	1	61.4 (63)	3.62	1.22	23.96

Identificación de nodos y tramos:

Embalse 1 y n3: captación Garganta del Cubo.

n1: arqueta A1-B

n3 a n1: conducción p2 (de captación a arqueta A1-B).

n1 a n4: conducción p3 (de arqueta A1-B a arqueta A2).

n1 a n2: conducción p1 (de arqueta A1-B a balsa).

n4: arqueta A2

n4 a n6: conducción p3 (de arqueta A2 a depósito 2).

n4 a n5: conducción p4 (de arqueta A2 a depósito 3).

n2: entrada a balsa

n5: depósito 3

n6: depósito 2

Tubería 1: captación a n3

Tubería p2: de captación a arqueta A1-B

Tubería p3: de arqueta A1-B a arqueta A2

Tubería p5: de arqueta A2 a depósito 2

Tubería p4: de arqueta A2 a depósito 3

Tubería p1: de arqueta A1-B a balsa.

3.1.3 Obra de Captación en Arroyo Calvarrasa y en Garganta del Cubo

Se proyecta la construcción de dos tomas, en las coordenadas descritas anteriormente, para el Arroyo Calvarrasa y la Garganta del Cubo, para el llenado de la balsa del sector Llanas.

Se proyectan las captaciones en las márgenes izquierda y derecha de los arroyos Calvarrasa y el Cubo respectivamente; ejecutadas en hormigón armado, consistentes básicamente en una arqueta a la que entrará el agua y desde la cual partirá la tubería de llenado de la balsa. El agua se conducirá directamente a la arqueta mediante un pequeño canal que recogerá directamente parte del caudal del cauce, cuando el calado en éste se encuentre por encima de la cota de solera de dicho canal. Concretamente, se pretende asegurar que esta cota esté 20 cm por debajo del calado mínimo estimado para la época de los meses húmedos, aquellos en los que se permitirá la captación.

No se ejecutará ninguna barrera que eleve o retenga el agua en el cauce.

La estructura tendrá unas dimensiones exteriores en planta de 1,60 m de longitud (perpendicular al cauce) por 0,95 m de anchura (paralela al cauce). Un canal de longitud 0,90 m (que habrá que ajustar a la forma concreta del cauce en el punto exacto de la obra) llevará el agua a la arqueta de entrada en la tubería de llenado de la balsa. Dicha arqueta tendrá unas dimensiones interiores en planta de 0,75 x 0,40 metros, y una altura que se estima inicialmente en torno a 0,60 metros, aunque ésta también deberá ajustarse una vez definidas con precisión las características del cauce.

Tanto la solera del canal y de la arqueta como los muros, contarán con un espesor de 0,10 m, y se armarán con ME 15 x 15 ϕ10.

Finalmente, para adaptar el área circundante a la obra y proteger la superficie del cauce y del terreno, se colocará una capa de protección mediante piedras colocadas sobre una lámina de geotextil.

Los detalles de esta estructura pueden observarse en el plano 5: Obra de captación.

El dimensionamiento hidráulico de las captaciones se incluye en el apartado anterior.

Las obras de captación se harán dentro de los cauces estacionales del río, aguas abajo y a una profundidad determinada adaptándose siempre al terreno natural, de tal manera que podamos asegurar el llenado de la balsa sin influir en los caudales de estiaje.

De los cálculos obtenidos anteriormente para cada una de las captaciones se proyecta, tanto para la ubicada en el Arroyo Calvarrasa como para la ubicada en la Garganta del Cubo, una tubería de PEAD PN-16 y Ø 75 mm que dejará fluir el agua por gravedad hasta las infraestructuras de almacenaje de destino.

Se ha realizado una toma de datos en campo de las secciones transversales de los cauces en la zona de las captaciones, obteniéndose así las cotas de captación de las mismas, que se adaptarán a las secciones del cauce sin que estas afecten al caudal ecológico. Se representan dichas secciones, así como las dimensiones y características de cada una de las tomas de captación en el correspondiente plano Nº 5 Obra de Captación.

Se contempla el acceso a las dos captaciones desde la carretera N-110 (Tornavacas) por dos itinerarios, en los que hay a su vez, dos tramos, uno transitable con vehículo y otro que habrá que aperturar como camino o acceso provisional de obra al no haber camino en la actualidad, siendo transitable a pie actualmente este segundo tramo.

Se adjunta plano de itinerarios a captaciones:

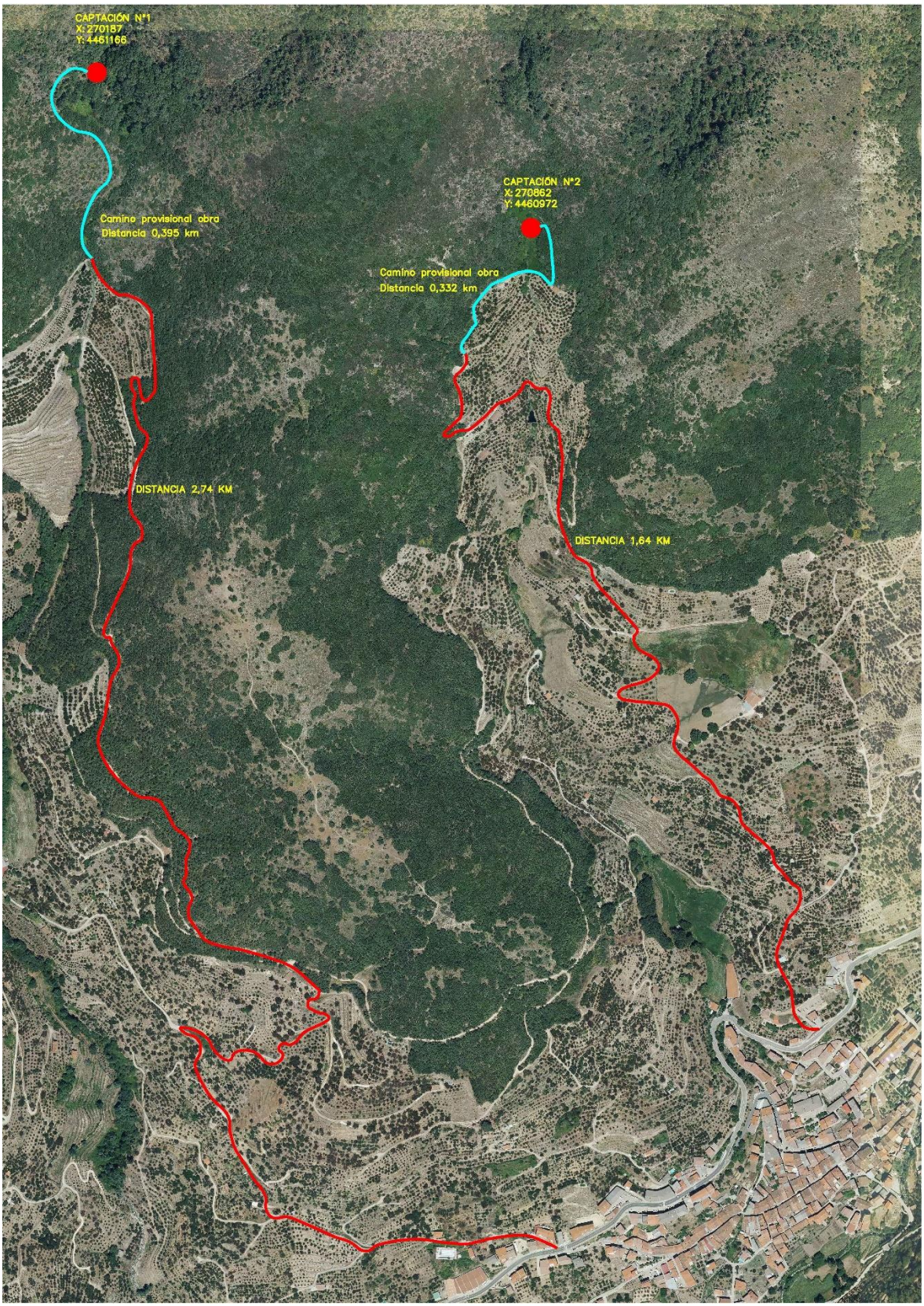


Figura 3: Itinerarios de acceso a captaciones

3.1.4 Vertido sobre la lámina impermeable

De acuerdo con el "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas", la obra de entrada de agua a la balsa se diseña de tal modo que el agua no produzca desperfectos en la balsa para ningún valor del caudal previsto. En base a esta premisa, los dos aspectos fundamentales a tener en cuenta para la adopción del dispositivo de entrada de agua son el tipo de impermeabilización de la balsa y el valor del caudal de entrada.

Al tratarse de una balsa impermeabilizada con geomembrana y un caudal de aportación pequeño, la entrada se proyecta por coronación mediante vertido directo sobre la geomembrana mediante tubería en pico de flauta, lo que permite obviar la ejecución de obras como canales de hormigón y cuenco amortiguador.

Este sistema consiste en la entrada de agua por vertido directo sobre la propia geomembrana, para lo cual se hace previamente un pequeño cajeado del talud interior de la balsa y se protege éste en la zona de vertido (en una anchura superior a medio metro, por cada lado, a la ocupada por la lámina de agua en su descenso) mediante una doble lámina, es decir, colocando un babero, que es una segunda geomembrana cuya misión es exclusivamente protectora y no impermeabilizante.

La entrada de agua se realiza por debajo de la rasante de la coronación a una distancia que en el caso de que la balsa se encuentre llena, el agua rebose por la coronación y salga hacia el exterior a través del sistema de entrada, y, en cualquier caso, siempre por encima de la cota del umbral del aliviadero. Se ha adoptado la cota 1.111,43, 57 cm bajo la coronación y 53 cm sobre el NMN.

Se diseña de tal forma que el agua no impacte bruscamente sobre la lámina ni despegue de la misma. Una disposición muy utilizada en este caso es finalizar la tubería con forma de pico de flauta para adaptarla a la inclinación del talud.

3.2 Órgano de abastecimiento a la red de riego

La toma de conexión de la balsa con la red de riego, se dimensiona para abastecer la máxima demanda de caudal prevista, Anejo Nº 08 Diseño y cálculo de la red de riego. Basándonos en lo anterior se proyecta un colector de salida de 45,99 metros de longitud en acero helicoidal de diámetro de diámetro interior DN327,4.

Este tramo va hasta la arqueta de válvulas en prisma hormigonado de dimensiones 0,85x0,85 m.

El codo de salida de la tubería del fondo de la balsa irá anclado a un macizo de hormigón de 1,50x1,50x1,05m.

3.3 Órgano de vaciado

El dimensionamiento del desagüe de fondo está condicionado por sus funciones:

- Conseguir el vaciado de la balsa en situación normal en un tiempo prudencial que permita, en caso necesario, poder proceder sin mucha demora a su inspección, mantenimiento y trabajos de reparación.
- Permitir un vaciado rápido de la balsa en situación de emergencia.

En nuestro caso particular, la tubería de fondo servirá como tubería de salida de agua del aliviadero y a su vez de desagüe de fondo. Proyectándose esta bajo el dique de balsa, en acero helicoidal DN-600 (609,6 exterior), hasta una arqueta ubicada aguas abajo de la balsa (Arqueta de desagüe y drenaje), donde se instalarán las correspondientes válvulas de corte y de regulación o limitadora de caudal. Este tramo tiene una longitud de 32,70 m.

Bajo el terraplén de la balsa la tubería irá hormigonada en prisma de hormigón de dimensiones 1,0x1,0 m, posteriormente hasta la arqueta de desagüe y drenaje irá enterrada en zanja.

Desde ese punto se proyecta una tubería de PEAD Ø250 mm (205 interior) PN-16 atm. hasta su **vertido libre en la Garganta del Cubo**, concretamente en el punto con coordenadas **X: 270.857//Y:4.460.181**.

Se realiza un modelo en el que se instala una válvula reguladora o limitadora de caudal en la arqueta de salida del desagüe de fondo de manera que en condiciones normales de explotación de la balsa y de mantenimiento se pueda realizar el desaguado de la misma a velocidades entre los 0,53 m/s y 4,5 m/s, de esta manera conseguimos no alcanzar las velocidades elevadas que se producen a la vista de las fuertes pendientes que hay en la zona.

Con una limitación en dicha válvula de caudal a 150 l/s se realizaría el vaciado completo de la balsa en un tiempo total de 5 días.

En condiciones de avería o necesidades urgentes de vaciado, con la apertura completa de dicha válvula se realizaría el vaciado completo de la balsa en alga más de dos días (50 h). En este supuesto se alcanzarían velocidades cercanas a los 10 m/s.

Se modeliza dicha tubería con el programa EPANET para los dos escenarios y se calculan los parámetros hidráulicos y el tiempo de vaciado, obteniendo los siguientes resultados:

Esquema de red en EPANET, disposición de elementos:

Salida de balsa:

Nudo 1: balsa

Conducción 1: Tramo salida de balsa en acero DN600 (entre nudo 1 y nudo 2)

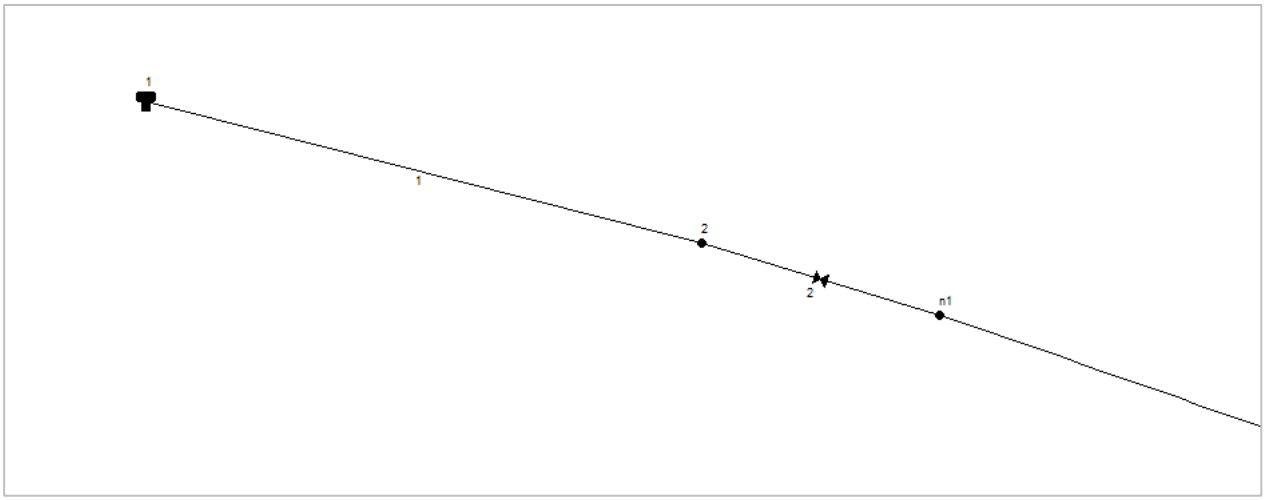
Válvula de corte DN600

Nudo 2: conexión válvula reguladora DN600

Nudo n1: salida válvula reguladora, reducción de diámetro a DN250 (inicio del tramo de tubería PEAD DN250).

Ubicación de válvula de corte

Conducción p1: desde salida válvula hasta nudo n2 (final tramo en pendiente).



Nudo n2 y tramo 3: conducto de salida a entrega en cauce.

Nudo 3: salida a cauce.

Vaciado completo de balsa con limitación de caudal a 150 l/s.

Valores en nudos:

Tabla de Red - Nudos en 0:00 Hrs

	Cota	Altura	Presión
ID Nudo	m	m	m
Conexión n1	1105.29	1008.17	-97.13
Conexión n2	982.61	982.67	0.06
Conexión 2	1105.3	1110.88	5.58
Embalse 3	982.6	982.60	0.00
Depósito 1	1105.3	1110.90	5.60

prueba

Tabla de Red - Nudos en 120:00 Hrs

	Cota	Altura	Presión
ID Nudo	m	m	m
Conexión n1	1105.29	1008.17	-97.13
Conexión n2	982.61	982.67	0.06
Conexión 2	1105.3	1105.33	0.03
Embalse 3	982.6	982.60	0.00
Depósito 1	1105.3	1105.34	0.04

Tabla evolución nudo 1 (balsa):

Tabla de Evolución - Nudo 1

Tiempo	Demanda	Altura	Presión
Horas	LPS	m	m
0:00	-150.00	1110.90	5.60
1:00	-150.00	1110.85	5.55
2:00	-150.00	1110.81	5.51
3:00	-150.00	1110.76	5.46
4:00	-150.00	1110.71	5.41
5:00	-150.00	1110.67	5.37
6:00	-150.00	1110.62	5.32
7:00	-150.00	1110.58	5.28
8:00	-150.00	1110.53	5.23
9:00	-150.00	1110.48	5.18
10:00	-150.00	1110.44	5.14
11:00	-150.00	1110.39	5.09
12:00	-150.00	1110.34	5.04
13:00	-150.00	1110.30	5.00
14:00	-150.00	1110.25	4.95
15:00	-150.00	1110.21	4.91
16:00	-150.00	1110.16	4.86
17:00	-150.00	1110.11	4.81
18:00	-150.00	1110.07	4.77
19:00	-150.00	1110.02	4.72
20:00	-150.00	1109.97	4.67

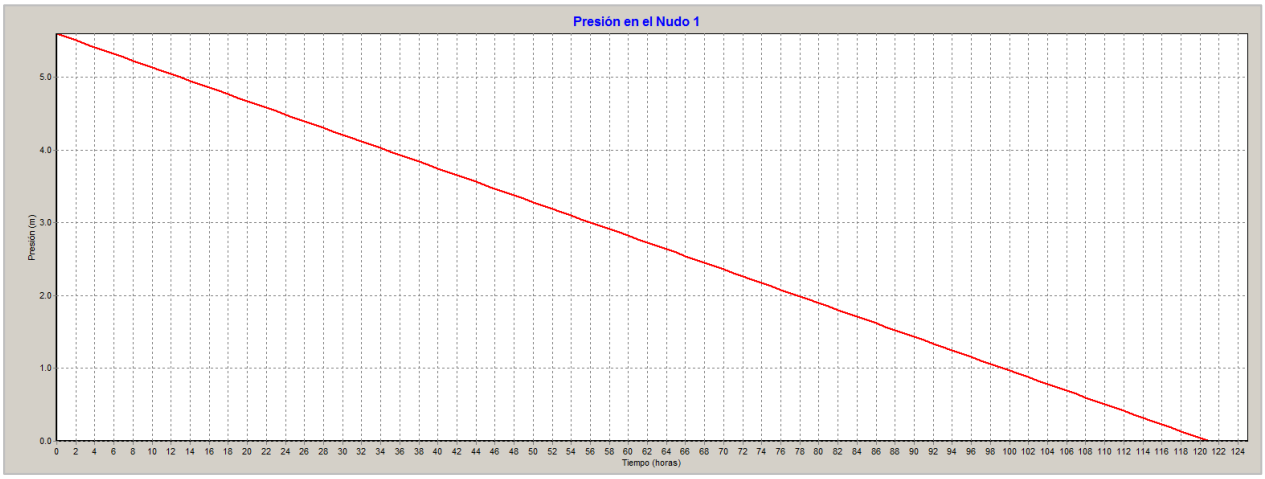
21:00	-150.00	1109.93	4.63
22:00	-150.00	1109.88	4.58
23:00	-150.00	1109.84	4.54
24:00	-150.00	1109.79	4.49
25:00	-150.00	1109.74	4.44
26:00	-150.00	1109.70	4.40
27:00	-150.00	1109.65	4.35
28:00	-150.00	1109.60	4.30
29:00	-150.00	1109.56	4.26
30:00	-150.00	1109.51	4.21
31:00	-150.00	1109.46	4.16
32:00	-150.00	1109.42	4.12
33:00	-150.00	1109.37	4.07
34:00	-150.00	1109.33	4.03
35:00	-150.00	1109.28	3.98
36:00	-150.00	1109.23	3.93
37:00	-150.00	1109.19	3.89
38:00	-150.00	1109.14	3.84
39:00	-150.00	1109.09	3.79
40:00	-150.00	1109.05	3.75
41:00	-150.00	1109.00	3.70
42:00	-150.00	1108.96	3.66
43:00	-150.00	1108.91	3.61
44:00	-150.00	1108.86	3.56
45:00	-150.00	1108.82	3.52

46:00	-150.00	1108.77	3.47
47:00	-150.00	1108.72	3.42
48:00	-150.00	1108.68	3.38
49:00	-150.00	1108.63	3.33
50:00	-150.00	1108.59	3.29
51:00	-150.00	1108.54	3.24
52:00	-150.00	1108.49	3.19
53:00	-150.00	1108.45	3.15
54:00	-150.00	1108.40	3.10
55:00	-150.00	1108.35	3.05
56:00	-150.00	1108.31	3.01
57:00	-150.00	1108.26	2.96
58:00	-150.00	1108.22	2.92
59:00	-150.00	1108.17	2.87
60:00	-150.00	1108.12	2.82
61:00	-150.00	1108.08	2.78
62:00	-150.00	1108.03	2.73
63:00	-150.00	1107.98	2.68
64:00	-150.00	1107.94	2.64
65:00	-150.00	1107.89	2.59
66:00	-150.00	1107.84	2.54
67:00	-150.00	1107.80	2.50
68:00	-150.00	1107.75	2.45
69:00	-150.00	1107.71	2.41
70:00	-150.00	1107.66	2.36

71:00	-150.00	1107.61	2.31
72:00	-150.00	1107.57	2.27
73:00	-150.00	1107.52	2.22
74:00	-150.00	1107.47	2.17
75:00	-150.00	1107.43	2.13
76:00	-150.00	1107.38	2.08
77:00	-150.00	1107.34	2.04
78:00	-150.00	1107.29	1.99
79:00	-150.00	1107.24	1.94
80:00	-150.00	1107.20	1.90
81:00	-150.00	1107.15	1.85
82:00	-150.00	1107.10	1.80
83:00	-150.00	1107.06	1.76
84:00	-150.00	1107.01	1.71
85:00	-150.00	1106.97	1.67
86:00	-150.00	1106.92	1.62
87:00	-150.00	1106.87	1.57
88:00	-150.00	1106.83	1.53
89:00	-150.00	1106.78	1.48
90:00	-150.00	1106.73	1.43
91:00	-150.00	1106.69	1.39
92:00	-150.00	1106.64	1.34
93:00	-150.00	1106.59	1.29
94:00	-150.00	1106.55	1.25
95:00	-150.00	1106.50	1.20

96:00	-150.00	1106.46	1.16
97:00	-150.00	1106.41	1.11
98:00	-150.00	1106.36	1.06
99:00	-150.00	1106.32	1.02
100:00	-150.00	1106.27	0.97
101:00	-150.00	1106.22	0.92
102:00	-150.00	1106.18	0.88
103:00	-150.00	1106.13	0.83
104:00	-150.00	1106.09	0.79
105:00	-150.00	1106.04	0.74
106:00	-150.00	1105.99	0.69
107:00	-150.00	1105.95	0.65
108:00	-150.00	1105.90	0.60
109:00	-150.00	1105.85	0.55
110:00	-150.00	1105.81	0.51
111:00	-150.00	1105.76	0.46
112:00	-150.00	1105.72	0.42
113:00	-150.00	1105.67	0.37
114:00	-150.00	1105.62	0.32
115:00	-150.00	1105.58	0.28
116:00	-150.00	1105.53	0.23
117:00	-150.00	1105.48	0.18
118:00	-150.00	1105.44	0.14
119:00	-150.00	1105.39	0.09
120:00	-150.00	1105.34	0.04

Gráfico evolución:



Valores en las conducciones:

Tabla de Red - Líneas en 0:00 Hrs

	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería p1	382	205	150.00	4.54	66.75
Tubería 1	34.5	600	150.00	0.53	0.47
Tubería 3	1	205	150.00	4.54	66.82
Válvula 2	No Disponible	600	150.00	0.53	102.72

Tabla de Red - Líneas en 120:00 Hrs

	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería p1	382	205	150.00	4.54	66.75
Tubería 1	34.5	600	150.00	0.53	0.47
Tubería 3	1	205	150.00	4.54	66.82
Válvula 2	No Disponible	600	150.00	0.53	97.16

Vaciado completo de balsa en condiciones urgentes o de avería.

Valores en nudos:

Tabla de Red - Nudos en 0:00 Hrs

	Cota	Altura	Presión
ID Nudo	m	m	m
Conexión n1	1105.29	1110.82	5.52
Conexión n2	982.610	982.93	0.32
Conexión 2	1105.3	1110.82	5.52
Embalse 3	982.6	982.60	0.00
Depósito 1	1105.3	1110.90	5.60

Tabla de Red - Nudos en 48:00 Hrs

	Cota	Altura	Presión
ID Nudo	m	m	m
Conexión n1	1105.29	1105.25	-0.05
Conexión n2	982.61	982.92	0.31
Conexión 2	1105.3	1105.25	-0.05
Embalse 3	982.6	982.60	0.00
Depósito 1	1105.3	1105.33	0.03

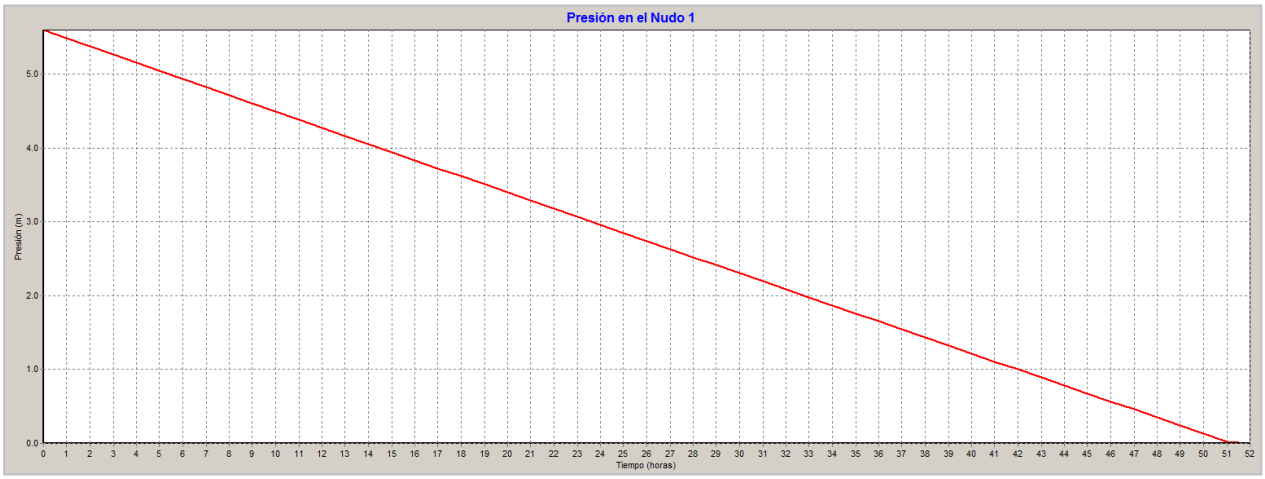
Tabla de Evolución - Nudo 1 (balsa)

Tiempo	Demanda	Altura	Presión
Horas	LPS	m	m
0:00	-358.27	1110.90	5.60
1:00	-358.10	1110.79	5.49
2:00	-357.94	1110.68	5.38
3:00	-357.77	1110.57	5.27
4:00	-357.60	1110.46	5.16
5:00	-357.44	1110.35	5.05
6:00	-357.27	1110.24	4.94
7:00	-357.10	1110.13	4.83
8:00	-356.94	1110.02	4.72
9:00	-356.77	1109.91	4.61
10:00	-356.60	1109.80	4.50
11:00	-356.44	1109.69	4.39
12:00	-356.27	1109.58	4.28
13:00	-356.10	1109.47	4.17
14:00	-355.94	1109.36	4.06
15:00	-355.77	1109.25	3.95
16:00	-355.60	1109.14	3.84
17:00	-355.44	1109.03	3.73
18:00	-355.27	1108.92	3.62
19:00	-355.10	1108.81	3.51
20:00	-354.94	1108.70	3.40
21:00	-354.77	1108.59	3.29

22:00	-354.60	1108.48	3.18
23:00	-354.44	1108.37	3.07
24:00	-354.27	1108.26	2.96
25:00	-354.11	1108.15	2.85
26:00	-353.94	1108.04	2.74
27:00	-353.77	1107.93	2.63
28:00	-353.61	1107.82	2.52
29:00	-353.44	1107.71	2.41
30:00	-353.27	1107.61	2.31
31:00	-353.11	1107.50	2.20
32:00	-352.94	1107.39	2.09
33:00	-352.77	1107.28	1.98
34:00	-352.61	1107.17	1.87
35:00	-352.44	1107.06	1.76
36:00	-352.27	1106.95	1.65
37:00	-352.11	1106.84	1.54
38:00	-351.94	1106.73	1.43
39:00	-351.78	1106.63	1.33
40:00	-351.61	1106.52	1.22
41:00	-351.44	1106.41	1.11
42:00	-351.28	1106.30	1.00
43:00	-351.11	1106.19	0.89
44:00	-350.94	1106.08	0.78
45:00	-350.78	1105.98	0.68
46:00	-350.61	1105.87	0.57

47:00	-350.45	1105.76	0.46
48:00	-350.28	1105.65	0.35
49:00	-350.11	1105.54	0.24
50:00	-349.95	1105.43	0.13

Gráfico



Valores en conducciones

Tabla de Red - Líneas en 0:00 Hrs

	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería p1	382	205	358.27	10.85	334.78
Tubería 1	34.5	600	358.27	1.27	2.33
Tubería 3	1	205	358.27	10.85	334.79
Válvula 2	No Disponible	600	358.27	1.27	0.00

Tabla de Red - Líneas en 48:00 Hrs

	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería p1	382	205	349.78	10.60	320.23
Tubería 1	34.5	600	349.78	1.24	2.23
Tubería 3	1	205	349.78	10.60	320.28
Válvula 2	No Disponible	600	349.78	1.24	0.00

3.4 Órgano de alivio

La balsa dispondrá de un aliviadero para evitar el riesgo de desbordamientos, evacuando los caudales sobrantes hacia la Garganta del Cubo.

Su diseño responde a dos necesidades:

- Evacuar una lluvia intensa con la balsa llena.
- Evacuar el máximo caudal que pueda aportar la toma de entrada.

De acuerdo con el "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas", se proyecta un aliviadero mediante un colector de sección circular y acero helicoidal, que atraviesa la coronación de la balsa y desemboca en la arqueta de conexión con la tubería de desagüe. Su elección, frente a otros ejecutados con marco y canal, se debe a la distancia a la que se encuentra la desembocadura, que obligaría a la ejecución de un canal demasiado largo, siendo la solución adoptada más económica y con menor impacto visual, ya que la tubería irá bajo tierra.

Se diseña a la cota de N.M.N. con una sección capaz de aliviar el caudal de la hipótesis pésima.

Esta hipótesis considera el 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 parada en el sistema de vaciado de la balsa).

Los cálculos llevados a cabo para el dimensionado del aliviadero son:

El caudal a desaguar por la tubería será QT= Q1 + Q2, que corresponde a la suma del caudal previsto de entrada en el vaso de la balsa (Qe) y el caudal de máxima lluvia sobre la superficie de la balsa (Q2).

El caudal total de entrada se estima en 3,11 l/s. de concesión de un aprovechamiento de aguas superficiales, a derivar del Arroyo Calvarrasa, un caudal instantáneo de 1,87 l/s, a la cota 1.160 m, y de la Garganta del Cubo, un caudal instantáneo de 1,24 l/s, a la cota 1.220 m durante los meses de octubre a mayo, (119,1652 hectáreas).

Para el cálculo de las precipitaciones máximas en diversos períodos de retorno se va a utilizar la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular".

De la observación del mapa de máximas lluvias obtenemos para nuestra zona un valor medio (P) de la máxima precipitación diaria anual de 80 mm/día y un coeficiente de variación Cv de 0,35.

Para cada periodo de retorno deseado T y con el valor de Cv, entrando en la tabla adjunta al mapa, obtenemos un factor de ampliación KT.

La precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado PT resulta de multiplicar P por KT.

T (Años)	KT	Pd (mm/día)	PT (mm/día)
500	2,831	80	226,48

Siendo el caudal de agua a evacuar:

$$Q = A \times Pd_{500}$$

$$Q_2 = 14.981{,}44 \text{ m}^2 \times (226{,}48 \text{ l/m}^2) \text{ /día} \times 1 \text{ día}/86.400 \text{ sg} = 39{,}271 \text{ l/s}$$

Dónde:

A = Área superior máxima del vaso.

Por tanto, el caudal total a evacuar será:

$$Q_T = 3{,}11 + 39{,}271 = 42{,}38\ l/s$$

El vertedero de agua a través de un aliviadero constituido por una conducción circular se corresponde con el vertedero circular

$$Q = \emptyset * \mu * D^{5/2}$$

Donde:

- D = Diámetro
- Q = Caudal de alivio (por determinar)
- H = Altura de la lámina de agua sobre el labio. Se establece en 0,16 m.
- Ø = Coeficiente obtenido en función de la relación h/d o mediante la expresión de Ramponi:

$$\emptyset = 10{,}12 * (H/D)\ 1{,}975 - 2{,}66 * (H/D) 3{,}78$$

μ = Coeficiente de gasto. Se obtiene a partir de la siguiente e expresión

$$\mu = 0{,}555 + (D/110 * H)\ + 0{,}041 * (H/D)$$

Sustituyendo los datos anteriores, se obtiene el valor de caudal evacuado por el aliviadero:

TUBERIA ACERO HELICOIDAL BAJO CORONACIÓN					
Ø interior (mm)	***Φ***	***μ***	**h (dm)**	**h/D**	**Q (l/s)**
600	2,380	0.593	3,00	0,5	124,628

Con lo que el caudal máximo de alivio resulta más que suficiente para la tubería propuesta.

El aliviadero sería de en acero y diámetro DN600 hasta la salida del tramo hormigonado de la balsa, desde este punto y hasta la conexión con la conducción del desagüe irá en PEAD DN630 hasta la conexión con la tubería del desagüe de la balsa, que en ese punto es tubería en PEAD DN250. Desde esta conexión hasta la entrega al cauce discurre por la misma conducción del desagüe en PEAD DN250.

Se comprueba este colector en gravedad mediante la fórmula de cálculo de Manning:

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Donde:

V, Velocidad (m/s)

S, Sección mojada (m^2)

R, Radio hidráulico (m)

J, Pendiente (m/m)

n, Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

Como ecuación de pérdidas de carga se adopta la fórmula de cálculo de Darcy-Weisbach:

$$H_v = \lambda * \frac{L * V^2}{D * 2g}$$

La búsqueda del diámetro del colector y pendiente a adoptar ha seguido la metodología expuesta anteriormente, es decir, buscando un diámetro que con una pendiente dada pueda circular el caudal medio a una velocidad inferior a aquellas que puedan deteriorar las conducciones dentro de las grandes pendientes que hay que solventar y el caudal mínimo a una velocidad superior a las velocidades que podrían provocar sedimentaciones, teniendo en cuenta además el resto de criterios anteriormente expuestos, como el porcentaje de llenado del tubo.

Se adopta un coeficiente de Manning para la tubería de polietileno de n=0,009 y para el acero n=0,011. Caudal de cálculo 42,38 l/s (0,04238 m^3/s).

Se ha modelizado el funcionamiento del tramo con el programa SWMM (Storm Water Management Model).

Se divide el tramo completo en los siguientes tramos:

<u>Tramo horizontal de salida de balsa:</u>

Longitud: 7,86 m

DN600

Material: acero

Identificado en SWMM como tramo 1

<u>Tramo sobre el talud de la balsa:</u>

Longitud: 11,96 m

DN600

Material: acero

Identificado en SWMM como tramo 4

Tramo desde pie de balsa hasta conexión con conducción de desagüe:

Longitud: 21,93 m

DN630 (515,6 INTERIOR)

Material: PEAD

Identificado en SWMM como tramo 2

Tramo desde conexión con desagüe hasta entrega al cauce:

Longitud: 328,01 m

DN250 (204,6 INTERIOR)

Material: PEAD

Identificado en SWMM como tramo 3

Los nudos son:

n4: salida de balsa.

1: salida a talud de balsa.

n3: pie de talud.

n1: conexión con desagüe

n2: vertido a cauce.

Se incluyen a continuación los resultados del cálculo:

STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 vE (Build 5.0.018 vE)

****

NOTA: El resumen estadístico mostrado en este informe se basa en los resultados obtenidos en todos los intervalos de cálculo, no sólo en los intervalos registrados en el informe.

****

****

Opciones de Análisis

****

Unidades de Caudal ..... LPS

Modelos utilizados:

Lluvia/Escorrentía ..... NO

Deshielo de Nieve ..... NO

Flujo Subterráneo ..... NO

Cálculo Hidráulico ..... SI

Permitir Estancamiento. NO

Calidad del Agua ..... NO

Método de Cálculo Hidráulico .... KINWAVE

Fecha de Comienzo FEB-20-2023 00:00:00

Fecha de Finalización MAR-20-2023 00:00:00

Días Previos sin Lluvia 0.0

Report Time Step 00:15:00

Intervalo de Cálculo Hidráulico 30.00 s

**********	Volumen	Volumen
Cálculo Hidráulico	ha·m	10^3 m3
**********	---	---
Aporte Tiempo Seco	0.000	0.000
Aporte Tiempo Lluvia	0.000	0.000
Aporte Ag. Subterranea ...	0.000	0.000
Aportes dep. Lluvia	0.000	0.000
Aportes Externos	10.253	102.527
Descargas Externas	10.252	102.524
Descargas Internas	0.000	0.000
Perdidas Almacenamiento ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Inicial ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Final	0.000	0.003
% Error Continuidad	-0.000	

****

Máximos Índices de Inestabilidad

****

Todas las líneas son estables.

****

Resumen de Intervalo de Cálculo Hidráulico

****

Intervalo de Cálculo Mínimo : 30.00 seg

Intervalo de Cálculo Medio : 30.00 seg

Intervalo de Cálculo Máximo : 30.00 seg

Porcentaje en Reg. Permanente : 0.00

Nº medio iteraciones por instante : 1.00

****

Resumen de Nivel en Nudos

****

Nudo	Tipo	Nivel Medio Metros	Nivel Máximo Metros	Altura Máxima Metros	Instante Nivel Máx. días hr:min
n1	JUNCTION	0.06	0.07	1103.18	0 00:01
n3	JUNCTION	0.06	0.07	1104.91	0 00:01
n4	JUNCTION	0.10	0.10	1110.98	0 00:00
1	JUNCTION	0.10	0.10	1110.90	0 00:01
n2	OUTFALL	0.05	0.05	982.66	0 00:06

****

Resumen de Aportes en Nudos

****

Nudo	Tipo	Aporte Lateral Máximo LPS	Aporte Total Máximo LPS	Instante de Aporte Máximo días hr:min	Volumen Aporte Lateral 10^6 ltr	Volumen Aporte Total 10^6 ltr
n1	JUNCTION	0.00	47.52	0 00:01	0.000	102.526
n3	JUNCTION	0.00	48.65	0 00:01	0.000	102.526
n4	JUNCTION	42.38	42.38	0 00:00	102.527	102.526
1	JUNCTION	0.00	47.81	0 00:01	0.000	102.526
n2	OUTFALL	0.00	42.38	0 00:06	0.000	102.524

****

Resumen de Sobrecarga en Nudos

****

No hay ningún nudo en carga.

****

Resumen de Inundación en Nudos

****

No hay inundación en ningún nudo.

****

Resumen de Vertidos

****

Nudo de Vertido	Frec. Vertido % Porc.	Caudal Medio LPS	Caudal Máximo LPS	Volumen Total 10^6 ltr
n2	100.00	42.38	42.38	102.524
Sistema	100.00	42.38	42.38	102.524

****

Resumen de Caudal en Líneas

****

Línea	Tipo	Caudal Máximo LPS	Instante Caudal Máx días	hr:min	Veloc. Máxima m/sec	Caudal Máx/ Lleno	Nivel Máx/ Lleno
1	CONDUIT	47.81	0	00:01	1.52	0.07	0.17
2	CONDUIT	47.52	0	00:01	3.04	0.03	0.13
3	CONDUIT	42.38	0	00:06	6.28	0.15	0.26
4	CONDUIT	48.65	0	00:01	6.03	0.01	0.07

****

Resumen de Sobrecarga de Conductos

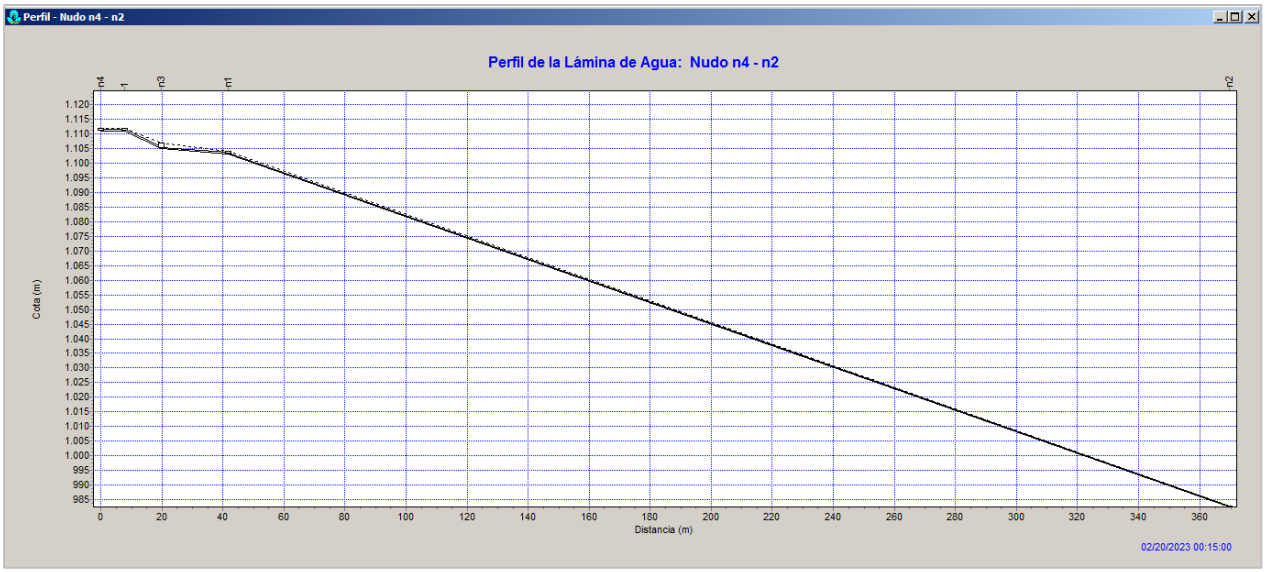
****

Ningún conducto ha entrado en carga.

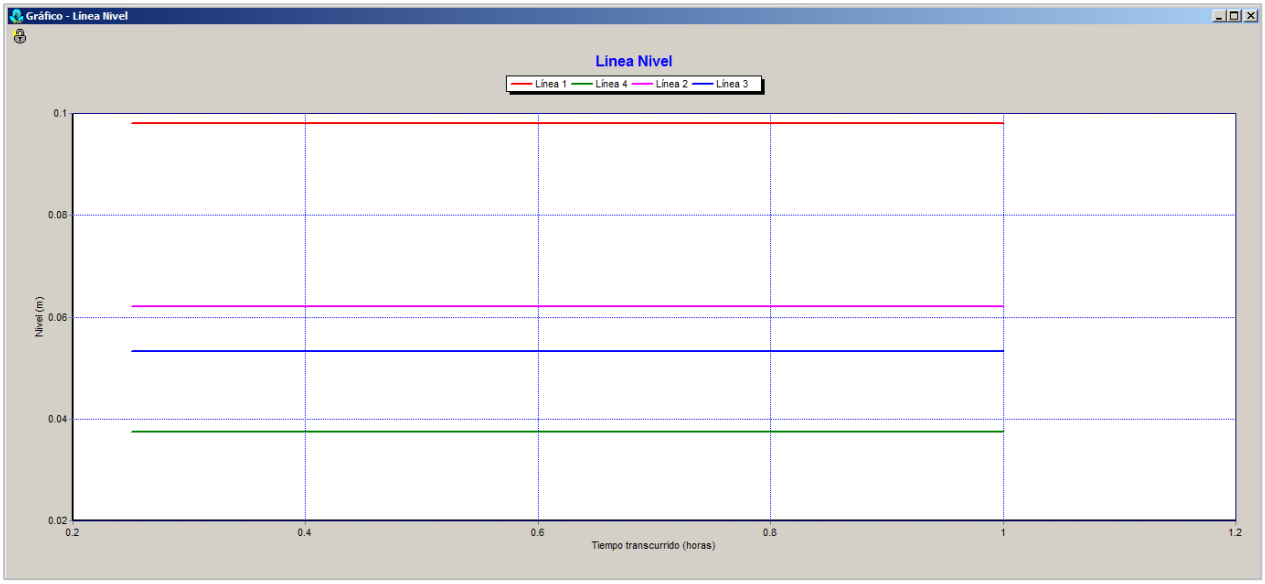
Instante de inicio del análisis: Mon Feb 20 17:25:24 2023

Instante de finalización del análisis: Mon Feb 20 17:25:24 2023

Perfil lámina de agua:



Niveles por líneas:



Para el caudal de diseño previsto se dispone de un aliviadero en situaciones de funcionamiento anómalo, mediante tubería de sección circular, fijado en coronación para garantizar la seguridad de la balsa con periodos de retorno T=500 años.

El aliviadero está compuesto por una embocadura, en el interior de la balsa, de sección circular, de diámetro interior 600 mm (609,6 mm exterior) en acero helicosoldado con una altura de la lámina de agua sobre el labio de 0,3 m. Se proyecta un primer tramo de 7,86 metros de conducción, enterrada bajo coronación, en acero helicosoldado, un segundo tramo de 11,96 m en acero DN600 en el talud de la balsa, un tercer tramo de 21,93 m en PEAD DN630 (515 interior) desde el pie del talud de la balsa hasta la conexión con el desagüe y un tramo final de 328,01 m,, coincidente con el desagüe desde ese punto en PEAD DN250 (204,6 interior), hasta el punto de vertido en la Garganta del Cubo en el punto de coordenadas **X: 270.857//Y:4.460.181**.

3.5 Resguardo

Se denomina resguardo (R) a la diferencia entre el nivel de agua de la balsa, en una situación concreta, y la coronación del dique de cierre de la balsa (Zcor). A estos efectos se entenderá como cota de coronación la cota más elevada de la estructura resistente del cuerpo de la balsa.

El resguardo se define para las dos situaciones principales de la balsa:

3.5.1 Resguardo normal

Relativo al Nivel Máximo Normal (NMN) o máximo nivel que puede alcanzar el agua de 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 (r_1) más la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

$$R_n\ (m) = Z\text{más alta del embalse} - NMN \geq r_1 + 1{,}5\ r_2$$

Siendo:

$$r_1 = NME - NMN\ (m)$$
$$r_2\text{: Altura de ola } (m) = 0{,}6 * F^{1/4}\ (m)$$
$$F\text{: Fetch } (Km) = 0{,}178$$

Además, de forma generalizada para Fetch iguales o inferiores a 500 metros, como es el caso, sea cual sea la fuerza del viento, deben preverse resguardos de seguridad en torno a 1 metro.

Aplicando lo anterior:

$$r_1 = N.M.E. - N.M.N = 1.111{,}43 - 1.110{,}9 = 0{,}53\ m$$
$$r_2 = \text{altura de ola} = 0{,}38\ m$$

Luego:

$$R_n\ (m) = Z\text{más alta del dique} - NMN \geq r1 + 1{,}5\ r2$$
$$R_n\ (m) = 1.112 - 1.110{,}9 \geq 0{,}53 + 1{,}5x0{,}38$$
$$R_n\ (m) = 1{,}1 \geq 1{,}1$$

3.5.2 Resguardo mínimo

Relativo al Nivel Máximo Extraordinario (NME) 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).

$$R_m\,(m) = Z_{más\ alta\ del\ dique} - N.M.E. \geq 1{,}5\ r2$$
$$R_m\,(m) = 1.112 - 1.111{,}43 \geq 1{,}5 \times 0{,}38$$
$$R_m\,(m) = 0{,}57 \geq 0{,}57$$

Luego se adopta un resguardo normal hasta la cota de coronación de la balsa, sobre el Nivel Máximo Normal, de 1,1 m. y un resguardo mínimo de 0,60 m.

4 Diseño de accesos a la balsa

El acceso a la balsa se realiza a través de la red de caminos de la Comunidad, desde la localidad de Tornavacas, partiendo de la carretera nacional N-110.

Con una distancia total desde esta carretera e 1,93 km hasta la balsa.

El vial de acceso se divide en dos tramos, un primer tramo hormigón de 1160 metros de longitud y 2 metros de ancho, y un segundo tramo de tierra de 770 metros de longitud y 1,5 metros de ancho hasta llegar a la balsa. Este segundo tramo se reforzará con mediante la extensión de una capa de zahorra de 25 cm de espesor, debidamente compactada para el mejor funcionamiento de la maquinaria de obra.

Una vez terminada la obra, se conservará el vial de acceso como forma de acceso al recinto de la balsa para operaciones de mantenimiento y conservación.

Camino de acceso a la balsa:

Con el fin de evitar el acceso no autorizado a la balsa y la entrada de animales se ejecutará un cerramiento perimetral al pie del talud exterior mediante una valla metálica galvanizada de 2 m de altura.

5 Cálculos mecánicos

5.1 Movimiento de tierras

El cálculo de los volúmenes de tierra, propios de la actuación, se ha realizado mediante la herramienta de diseño y cálculo AutoCAD Civil3D. Adoptando taludes tanto en desmonte como en terraplén 2H:1V.

Se muestran las mediciones auxiliares del movimiento de tierras:

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	0.00	0.00	0.00	35.58	177.89	0.00	0.00	177.89	-177.89
0+020.000	0.00	0.00	0.00	164.07	998.25	0.00	0.00	1176.14	-1176.14
0+030.000	13.17	65.85	65.85	199.17	1816.21	65.85	65.85	2992.35	-2926.51
0+040.000	378.08	1956.25	1956.25	127.48	1633.27	2022.10	2022.10	4625.62	-2603.52
0+050.000	765.88	5719.79	5719.79	98.18	1128.31	7741.89	7741.89	5753.93	1987.96
0+060.000	1060.05	9129.65	9129.65	76.68	874.29	16871.55	16871.55	6628.22	10243.33
0+070.000	1275.87	11679.61	11679.61	55.08	658.79	28551.16	28551.16	7287.01	21264.15
0+080.000	1404.35	13401.07	13401.07	37.31	461.96	41952.23	41952.23	7748.97	34203.25
0+090.000	1438.49	14214.18	14214.18	30.30	338.07	56166.41	56166.41	8087.05	48079.36
0+100.000	1420.58	14295.36	14295.36	33.23	317.65	70461.77	70461.77	8404.70	62057.07
0+110.000	1334.61	13775.95	13775.95	42.58	379.05	84237.71	84237.71	8783.75	75453.96
0+120.000	1253.52	12940.65	12940.65	50.37	464.76	97178.36	97178.36	9248.51	87929.85
0+130.000	1135.03	11942.78	11942.78	55.20	527.86	109121.14	109121.14	9776.38	99344.76
0+140.000	1017.86	10764.49	10764.49	73.62	644.12	119885.63	119885.63	10420.50	109465.13
0+150.000	889.65	9537.57	9537.57	83.94	787.80	129423.20	129423.20	11208.29	118214.90
0+160.000	733.12	8113.86	8113.86	93.22	885.81	137537.05	137537.05	12094.11	125442.95
0+170.000	501.23	6171.75	6171.75	117.18	1052.02	143708.80	143708.80	13146.13	130562.67
0+180.000	273.72	3874.75	3874.75	125.28	1212.30	147583.55	147583.55	14358.43	133225.12
0+190.000	14.40	1440.61	1440.61	153.80	1395.39	149024.16	149024.16	15753.82	133270.34
0+200.000	0.00	72.00	72.00	181.65	1677.25	149096.16	149096.16	17431.07	131665.09
0+210.000	0.00	0.00	0.00	67.26	1244.54	149096.16	149096.16	18675.60	130420.55
0+220.000	0.00	0.00	0.00	22.15	447.01	149096.16	149096.16	19122.62	129973.54
0+226.000	0.00	0.00	0.00	44.988,00	75.54	149096.16	149096.16	19198.15	129898.00

El material extraído de los desmontes se utilizará para la ejecución de los terraplenes, compactándose posteriormente hasta un 100% de la densidad del Proctor Modificado.

El volumen de tierras sobrante se empleará para:

- Revegetación de taludes.
- Acondicionamiento del camino existente de acceso a la balsa.
- Acondicionamiento y mejora de caminos y parcelas cercanas a la zona de obras.
- Acondicionamiento de caminos de acceso de obra.
- Mantenimiento de caminos de obra.

El volumen de desmonte que no pueda ser aprovechado en las dos operaciones anteriores, se llevará a las parcelas o lugares que la Comunidad y el Ayuntamiento pongan a disposición de las obras en el entorno cercano a la localidad de Tornavacas.

5.1.1 Gestión de tierra vegetal

La tierra vegetal se reutilizará para la revegetación de taludes exteriores de la balsa en terraplén.

Volumen tierra vegetal (m^3)	9.669,44 m^3
Superficie de la balsa (m^2)	24.173,60 m^2
Profundidad tierra vegetal (m)	0,40 m
Tierra vegetal utilizada en taludes (m^3)	1.695,80 m^3
Tierra vegetal a vertedero u otras zonas de uso (m^3)	7.973,64 m^3

REVEGETACIÓN DE LOS TALUDES

ACOPIO (PARA REUTILIZACIÓN EN TALUD DE LA BALSA)	
Altura (m)	1,50
Superficie (m^2)	1.130,53

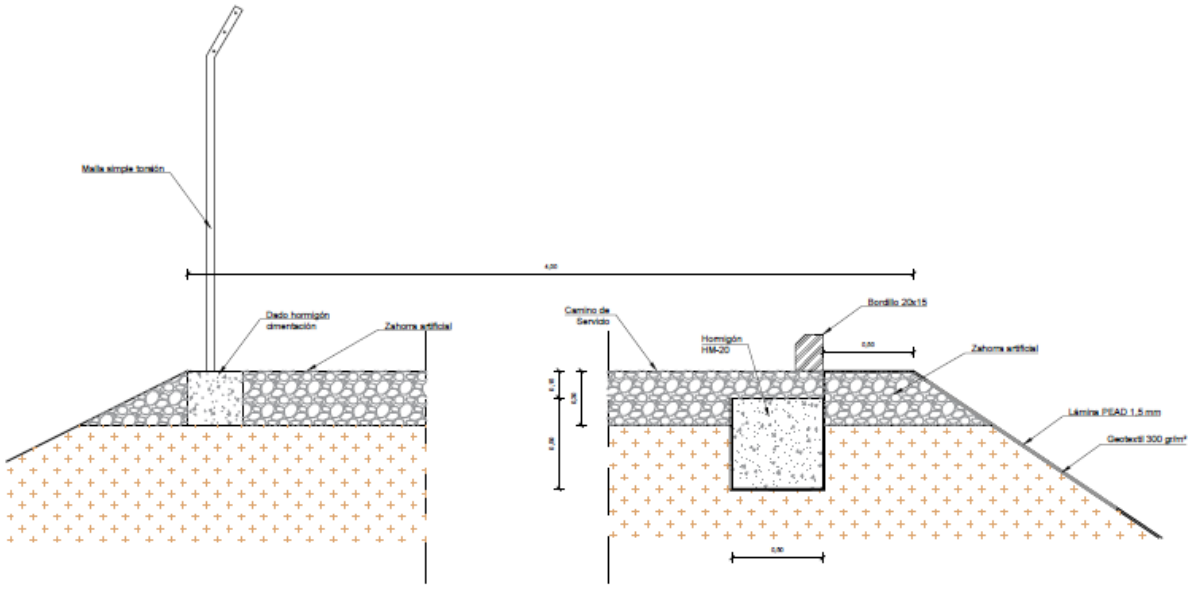
5.2 Camino de coronación

A la espera de la aprobación de la futura *Norma Técnica de Seguridad para el Proyecto, Construcción y Primer llenado de Balsas*, el diseño del camino de coronación de la balsa se ha realizado bajo criterios ingenieriles, teniendo en cuenta sus características de explotación y seguridad y basándose en balsas de la zona, con similares características.

Se ha considerado una anchura de 4 m, de modo que todos los elementos considerados queden incluidos dentro de la sección. Esta anchura es la considerada en los cálculos de estabilidad de la balsa, cuya comprobación se incluye en el anejo nº 6 Estudio Geotécnico y que ofrece como resultados coeficientes de seguridad favorables frente al vuelco y deslizamiento.

La sección de la coronación del dique se compone de los siguientes elementos:

- Camino de rodadura: compuesto únicamente por una capa de zahorra artificial de 0,20 m de espesor, dado el tráfico de tipo ocasional que soportará y que será debido a las labores de conservación y mantenimiento de la balsa. Su anchura será de 3,4 m.
- Elemento de anclaje del sistema de impermeabilización de la balsa: compuesto por una zanja perimetral sobre cuyos lados se extienden las capas de impermeabilización y que se rellena posteriormente con hormigón no estructural. Cumpliendo con el Manual, su sección tendrá unas dimensiones de 0,40m x 0,40 m y estará alejado del extremo del dique de coronación una longitud de 0,50 m.
- Murete perimetral: construido con la doble finalidad de asegurar el resguardo mínimo de la balsa y servir como soporte del sistema de vallado de seguridad. Está compuesto por un muro de hormigón armado de dimensiones 0,40m x 0,60 m (sección transversal).
- Cerramiento: ubicado sobre el murete perimetral, sus postes se anclarán en el interior del mismo.



5.3 Estabilidad de taludes

En el Anejo nº 8 Estudio Geotécnico, se incluye el estudio de estabilidad de taludes.

Se han adoptado taludes 2H:1V para los terraplenes y taludes interiores de la balsa y 1H:1V para los desmontes en roca.

Estos taludes son estables a la vista de los resultados de los cálculos incluidos en el estudio geotécnico.

5.4 Impermeabilización

Las alternativas en cuanto a materiales de impermeabilización son las siguientes:

TIPO DE MATERIAL	ESPESOR (mm)	RESISTENCIA A ROTURA (kg/cm^2)	RESISTENCIA A RADIACIÓN SOLAR
Caucho butílico	1 – 2	185	Alta
P.E.B.D	0,25	100	Baja
P.E.A.D	1 – 2	160	Alta
P.V.C	1 – 2	150	Alta

Siguiendo la práctica que se viene utilizando en cuanto a la impermeabilización de las balsas existentes en la zona, de características similares a la balsa en estudio, se opta por la colocación en el paramento aguas arriba de una geomembrana PEAD de espesor >=1,5 mm, que presenta una alta resistencia a la radiación solar y ligereza, así como facilidad de instalación.

La lámina de PEAD se asentará sobre una capa geotextil fabricado a base de fibras sintéticas de polipropileno 100%, no tejido, de filamentos continuos unidos mecánicamente por un proceso de agujado, de resistencia a perforación CBR no menor de 2850 N (norma UNE-EN 12236), de perforación a caída libre de cono no mayor de 20 mm. (Norma EN 918), y peso no inferior a 300 gr/m2. con el fin de evitar roturas y dar mayor resistencia mecánica al conjunto impermeabilizante.

La construcción de este tipo de dispositivos es rápida y sencilla, ya que no plantea problemas derivados del uso de grava y arena para cubrir las láminas.

Otras características importantes del PEAD son:

- Comercialización en rollos de 2 metros de ancho y longitud variable.
- Alargamiento en rotura superior al 700%.
- Variación de pasa por envejecimiento menor del 1%.
- Variación de alargamiento por envejecimiento térmico menor del 3%.
- Absorción de agua a 24 horas menor del 0,22 %.
- Absorción de agua a 6 días menor del 1 %.
- Extracción de agua a 24 horas menor del 0,2 %.
- Extracción de agua a 6 días menor del 0,3 %.

La naturaleza termoplástica del material hace recomendable su colocación en horas de no excesivo calor.

Como principal inconveniente, está el paulatino endurecimiento y fragilización de la membrana, con el consiguiente riesgo de rotura por impacto.

Esta capa impermeable deberá ser colocada en toda la superficie interior de la balsa. A este valor hay que sumar la superficie de lámina utilizada en coronación y el anclaje de la misma que supone un total de 2 m más en todo el perímetro superior interior de la balsa (el cual se incluye en medición), más un incremento de lámina utilizada en la solapación.

Para proteger la geomembrana contra el punzonamiento y la abrasión, tanto durante la instalación como después de completada, se situará un geotextil de forma adyacente a la geomembrana en toda la superficie. La superficie total de geotextil utilizado en la balsa será la misma que la de la geomembrana.

La lámina impermeable estará anclada en coronación y en el fondo de la balsa. También se ancla verticalmente cada cierta distancia. El anclaje de la lámina en coronación se efectuará mediante zanja rellena con material seleccionado compactado al 95% del Proctor Modificado y zuncho perimetral de hormigón prefabricado.

Las juntas se unirán mediante soldadura.

En la siguiente tabla se muestra la superficie de lámina a utilizar y la distancia entre los anclajes verticales dispuestos en cada balsa.

Superficie de Impermeabilización	**Geomembrana PEAD 1,5 mm (m^2)**	**Geotextil (m^2)**	**Anclajes/Lastra(m)**
Fondo del vaso	9.477,07	9.477,07	31
Talud interior	6.153,26	6.153,26	
Coronación	905,72	905,72	
Superficie Total a Impermeabilizar	16.536,05	16.536,05	

En el paramento de aguas abajo se prevé la plantación de especies autóctonas en una capa de tierra vegetal de 40 cm. de espesor, mediante el sistema de hidrosiembra.

5.5 Red de drenaje para control de fugas

Aun habiendo dispuesto un sistema de impermeabilización para la balsa, se estudian todas las posibilidades de paso del agua a través de ella, tanto en la filtración normal como en posibles defectos y averías, y se proyectan las disposiciones necesarias para que la evacuación de estas filtraciones se haga con el menor peligro para la estabilidad del dique. Además, permitirá rebajar el nivel freático en las proximidades de la balsa.

Por lo tanto, el sistema de drenaje bajo la lámina tendrá una doble finalidad:

- Detectar posibles fugas en la lámina impermeabilizante
- Evitar posibles subpresiones de aguas bajo la lámina, cuando la balsa se encuentre vacía.

Según El "Manual de Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas, del CEDEX, para el Comité Nacional de Grandes Presas, para diseñar la red de drenaje es preciso determinar el máximo caudal que circulará por ella, el cual, obviamente, será función de la entidad de las filtraciones que se produzcan en la balsa y si ésta está impermeabilizada por geomembrana, de las que tengan lugar a través de esta última.

En cualquier caso, un criterio simplista consiste en dimensionarla para que pueda circular, cuando el vaso está lleno, el caudal correspondiente a un descenso de nivel de entre 5 y 10 mm/hora.

Para el nivel máximo de explotación situado a la cota 1191 m y el mayor descenso de nivel previsto de 10 mm/hora.

Para el nivel máximo de explotación situado a la cota1.112 m y el mayor descenso de nivel previsto de 10 mm/hora, el caudal de agua a recoger por el sistema de drenaje

$$Volumen = 14.981{,}44\ m^2 \times 0{,}01\ m/hora = 149{,}81\ m^3/h$$

$$Q.\ drenaje = 96{,}7\ m^3/h\ /\ 3.600\ sg) = 0{,}042\ m^3/s$$

DATOS DE ENTRADA		
Diámetro Comercial	250	mm
Diámetro interior PN 16	0,205	m
Calado	0,174	m
Manning	0,010	adimensional
Pendiente	1,0%	

RESULTADOS		
Angulo hidráulico	4,692	radianes
Sección Hidráulica	0,030	m^2
Perímetro Mojado	0,481	m
Radio Hidráulico	0,062	m
Calado Medio	0,204	m
Nº Froude	1,109	adimensional
Caudal	0,0469	m^3/s
Velocidad	1,569	m/s

Tubería PN 16 (mm)	Calado (m)	A. Hidráulico	Calado Medio (m)	Sección Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Nº Froude	Q (m^3/s)	V (m/s)
50	0,041	1,850	0,023	0,005	0,190	0,025	1,791	0,004	0,846
63	0,051	2,098	0,032	0,006	0,215	0,030	1,740	0,006	0,968
75	0,061	2,316	0,041	0,008	0,237	0,035	1,698	0,009	1,070
90	0,074	2,570	0,052	0,011	0,263	0,040	1,651	0,013	1,179
110	0,090	2,897	0,068	0,014	0,297	0,047	1,594	0,018	1,302
125	0,102	3,136	0,080	0,016	0,321	0,051	1,554	0,023	1,378
140	0,115	3,378	0,093	0,019	0,346	0,055	1,515	0,027	1,443
160	0,131	3,701	0,108	0,022	0,379	0,059	1,463	0,034	1,509
180	0,147	4,044	0,124	0,025	0,415	0,061	1,410	0,039	1,553
200	0,182	4,911	0,151	0,031	0,503	0,061	1,281	0,048	1,558
225	0,184	4,980	0,152	0,031	0,510	0,061	1,271	0,048	1,553
250	0,205	6,106	0,161	0,033	0,626	0,053	1,119	0,046	1,406

Se diseña una red de drenaje a modo de espina de pez dividida en cuatro sectores

- Red perimetral, ejecutada al pie de los taludes interiores mediante tuberías de PVC ø250 ranurada para drenaje y dispuestas en una zanja de 0,5 m x h (variable de 0,45 a 2 m) m rellena de material granular. Se recoge en dos sectores distintos uno norte y otro sur (SECTOR P1, SECTOR P2 ver planos de drenaje balsa en documento nº 2 Planos).
- Red interior en espina de pez, ejecutada en el fondo del vaso de la balsa, mediante tuberías de PVC ø250 ranurada para drenaje y dispuestas en una zanja de 0,5 m x h (variable de 0.,45 a 1,46 m) m rellena de material granular (SECTOR I1 y SECTOR I2).

La salida al exterior se realiza paralelamente a la conducción del desagüe de fondo en conducto hormigonado con 4 tubos DN250. La pendiente mínima de los conductos de la red de drenaje hacia el punto de evacuación en el fondo de la balsa y hacia el exterior es del 1%.

La pendiente del fondo de la balsa hacia el dispositivo de desagüe es del 0,2%.

Las tuberías de drenaje se dividen en varios ramales, con el fin de poder conocer, en caso de filtración de agua, la ubicación aproximada de la misma. En los planos de proyecto se define la disposición de dichas tuberías. Hay una tubería de salida de DN250 para cada sector, lo que hace un total de 4 conducciones de salida a la arqueta de salida del desagüe de fondo. Desde esta se realiza un desagüe al medio a través de una tubería PEAD DN250.

El drenaje perimetral se divide en varios ramales, con la finalidad de poder controlar y conocer en caso de roturas o fisuras de la lámina, su posición aproximada del fallo de la impermeabilización.

En la zona de desmonte se dispondrá en coronación una cuneta triangular para la recogida de aguas pluviales.

Todas las tuberías de drenaje convergen en el dispositivo de toma, llegando hasta la arqueta de desagüe en tuberías de PVC ø 250 mm.

Ver: Plano Nº 8. General Obras Balsa.

Nº Tubería PVC Ø 250 mm	Longitud Tramo (m)
SECTOR P1	168,78
SECTOR P2	194,40
SECTOR I1	243,56
SECTOR I2	297,77
Conductos de salida	126,08
Longitud total Tubería Ø 250 mm (m)	1.030,59

Se proyecta la ejecución de una capa granular sobre el fondo excavado de la balsa, para ubicación en la misma de la red de drenaje, así como de apoyo y regularización para la colocación del geotextil y la lámina impermeabilizante.

5.6 Dispositivos de entrada y salida de agua. Cálculos hidráulicos

5.7 Arqueta de válvulas

Para el control de los dispositivos proyectados en la balsa y de la red de riego, se ha optado por la construcción de unas arquetas aguas arriba y otras, aguas abajo de la balsa, en la que se ubicarán las válvulas necesarias para el correcto funcionamiento de la red. Estas arquetas estarán enterradas, con el fin de provocar un impacto visual reducido.

Para acceder al interior de las arquetas se dispone una trampilla en la parte superior, lo suficientemente grande como para que pueda pasar una persona, y unos pasos de escalera clavados en el lateral de la arqueta.

El control y regulación de caudales de salida requiere de la instalación de válvulas y dispositivos hidráulicos en las conducciones.

Elementos utilizados:

CAPTACIÓN ARROYO CALVARRASA Y GARGANTA DEL CUBO (POR ARQUETA)		Ø 75 mm
DISPOSITIVO	FUNCIÓN	CANTIDAD
Ventosa	Purga, admisión y expulsión de aire	1 Ud.
Válvula de corte	Corte de suministro	1 Ud.
Contador	Medida del volumen captado total	1 Ud.
Válvula limitadora de caudal	Limitar entrada de caudal a valor establecido	1 Ud.

ARQUETAS DE DERIVACIÓN

ARQUETA	DISPOSITIVOS		CANTIDAD
A1-A	Válvulas de corte	Diámetro DN63	2 Ud.
A1-B	Válvulas de corte	Diámetro DN75	2 Ud.
A2	Válvulas de corte	Diámetro DN63	2 Ud.

ENTRADA A BALSA		Ø 63 y 75 mm
DISPOSITIVO	FUNCIÓN	CANTIDAD
Válvula de corte	Corte de suministro (DN63 y DN75)	2 Ud.
Contador	Medida volumen de entrada a balsa (DN63 y DN75)	2 Ud.

DESAGÜE DE FONDO Y DRENAJE		Ø 600 mm Y Ø 250 mm
DISPOSITIVO	FUNCIÓN	CANTIDAD
Ventosa	Purga, admisión y expulsión de aire	1 Ud.
Válvula de corte	Corte de desaguado	1 Ud.
Válvula de regulación caudal	Reguladora de caudal DN600	1 Ud.
Válvulas de compuerta	Salida drenaje de arqueta	2 Ud.

SALIDA RED DE RIEGO		Ø 400 mm
DISPOSITIVO	FUNCIÓN	CANTIDAD
Ventosa	Purga, admisión y expulsión de aire	3 Ud.
Válvula de corte	Válvula de mariposa y carrete de montaje DN400	3 Ud.
Sistema de medición de caudal	Contador DN400	1 Ud.
Filtro cazapiedras	Filtro DN400	1 Ud.

SALIDA RED DE RIEGO		Ø 400 mm
DISPOSITIVO	FUNCIÓN	CANTIDAD
Carretes pasamuros	DN400	1 Ud.
Carretes pasamuros	DN355	2 Ud.
Conos de reducción	DN400 a DN355	2 Ud.
Cono reducción	DN600 a DN400	1 Ud.

Con objeto de evitar la formación de bolsas de aire en la conducción que pueden provocar la obstrucción parcial o total del agua originando notables pérdidas de carga en la tubería, incluso la rotura de la instalación, se instalarán ventosas trifuncionales:

- En las arquetas de salida de la balsa.
- En los picos y cambios de pendiente de las conducciones de entrada y salida.

Mediante la colocación de transductores de presión aguas arriba de las válvulas de compuertas, se obtiene conocimiento en todo momento de la presión existente en la conducción y por tanto, del nivel de embalse.

En caso de rotura en la conducción las válvulas de sobre velocidad cerrarían al detectarse un aumento de la velocidad.

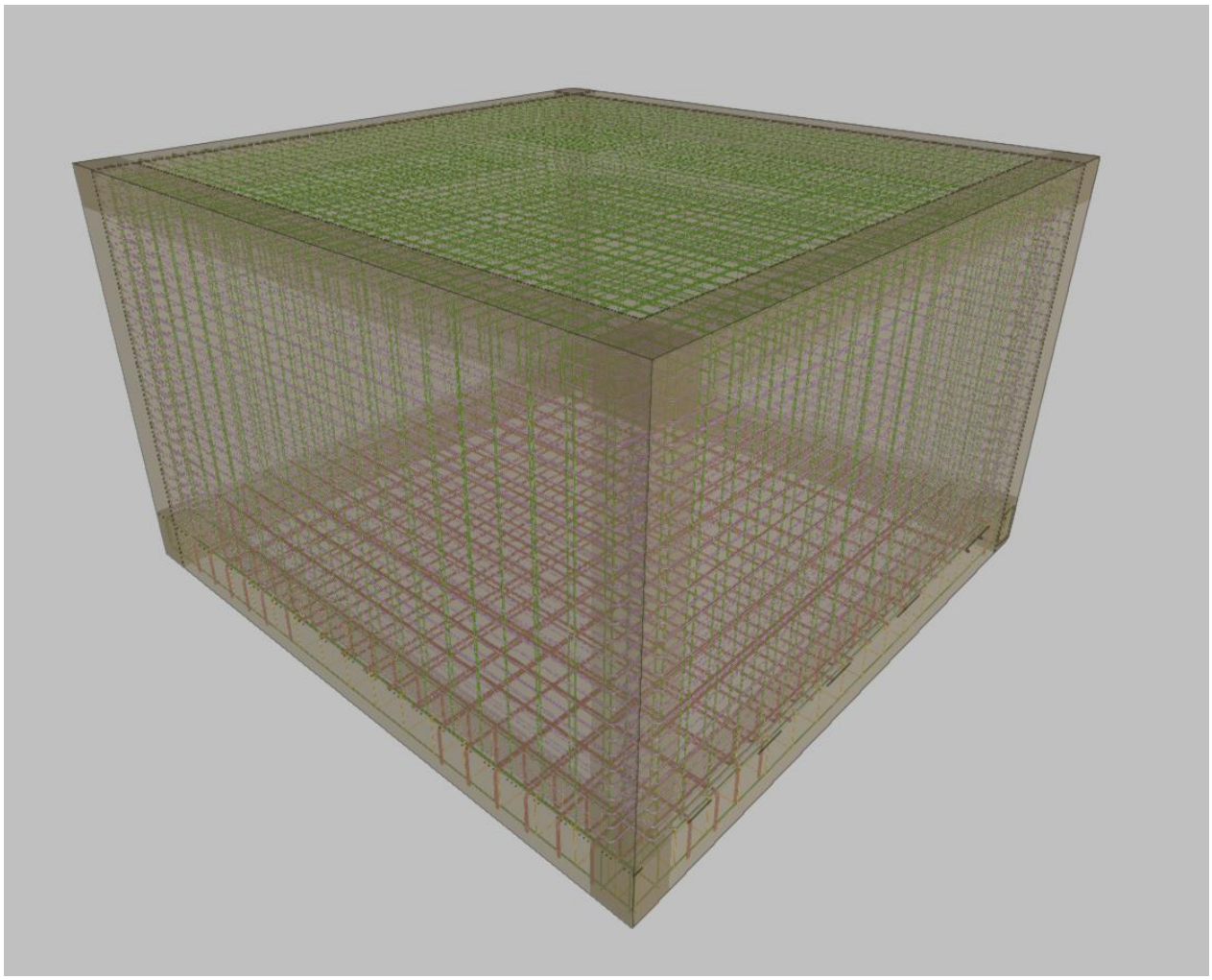
Se colocarán arquetas de desagüe:

- En las arquetas de llegada a la balsa de las capaciones.
- En los puntos bajos de las conducciones.

6 Cálculo estructural de arquetas

Para comprobación del armado de las arquetas se realiza el cálculo de la arqueta más desfavorable: arqueta de desagüe, según el nuevo Código Estructural.

Realizamos el cálculo de esta con los datos de partida que se incluyen en el Anexo 2 al final del Anejo.



A la vista de los resultados obtenidos del cálculo se adopta un armado estándar más comercial y único para ambas arquetas (desagüe de fondo y toma de balsa): armadura 20x20x12.

El resultado del cálculo se recoge en el Anexo 2 al final del Anejo.

7 Propuesta de clasificación

7.1 Peticionario

Se redacta el presente documento a petición del titular de la balsa en estudio, siendo este la Consejería de Agricultura, Desarrollo rural, Población y Territorio. Servicio de Regadíos de la Junta de Extremadura. Con domicilio en Av. Luis Jacinto Ramallo García, s/n, 06800 de Mérida.

7.2 Introducción

El Consejo de Ministros en su reunión del día 9 de diciembre de 1994 acordó, a propuesta del Ministro de Justicia e Interior y previo informe de la Comisión Nacional de Protección Civil, aprobar la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, que fue publicada en el Boletín Oficial del Estado de fecha 14 de febrero de 1995.

El punto 3.5 de dicha Directriz se refiere a la planificación de emergencias ante el riesgo de rotura o avería grave de presa y establece, en el punto 3.5.1.3, la obligación de clasificar las presas en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su posible rotura o funcionamiento incorrecto.

El "Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses", aprobado por Orden Ministerial del 12 de marzo de 1996 y publicado el 30 de marzo de 1996 establece, en su artículo quinto que los titulares o concesionarios de todas las presas en servicio deben presentar a la Dirección General de Obras Hidráulicas la propuesta razonada de clasificación frente al riesgo en los términos previstos por la Directriz Básica y este Reglamento Técnico.

Ambos documentos, **Directriz y Reglamento**, presentan una clasificación idéntica en función del riesgo potencial según las siguientes categorías:

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

Categoría C: Corresponde a las 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 pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A o B.

La propuesta de clasificación debe ser elaborada por los titulares e informada por la Confederación Hidrográfica correspondiente, quien la elevará al órgano competente, junto con la información necesaria, para que éste pueda decidir sobre la clasificación.

Para las balsas situadas en Cuencas Hidrográficas, cuya gestión del dominio público hidráulico sea competencia del Estado, el órgano que ha de resolver sobre la clasificación es, según lo establecido en la Directriz, la Dirección General de Obras Hidráulicas.

En cumplimiento de este principio la Junta de Extremadura desde la Consejería de Agricultura, Desarrollo, Rural Población y Territorio, como titular de la balsa de Riego de la Comunidad Autónoma de Extremadura decide estudiar y proponer su clasificación.

En este estudio se realiza la propuesta y su justificación de la Balsa de Tornavacas cuyas coordenadas UTM ETRS 89 30 NORTE X=270.424,528; Y= 4.460.265,71 en el Término Municipal de Tornavacas de la provincia de Cáceres, destinada para el riego.

Se trata de una balsa de materiales sueltos e impermeabilizada, y cuyo fin es servir de almacenamiento y regulación de agua de riego. Dotada de desagüe y aliviadero para evitar desbordamientos, además de los elementos necesarios para el buen funcionamiento de la misma.

La metodología a seguir para la clasificación será la definida como Metodología General en el documento de Propuesta de Guía Técnica de la Dirección General de Obras Hidráulicas "Clasificación de las Presas en función del Riesgo Potencial".

Los aspectos a analizar son, por tanto:

- Riesgo potencial a vidas humanas. Población en riesgo.

- Afecciones a servicios esenciales.

- Daños materiales.

- Daños medioambientales.

El análisis se realizará por evaluación de la categoría asociada a cada uno de los tipos de daño potencial, correspondiendo la categoría global a la categoría máxima asignada para cada uno de los aspectos individuales, sin estudiar posibles combinaciones de ellos.

7.2.1 Normativa

-Texto refundido de la Ley de Aguas aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, 20 julio.

- Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas. (Orden de 31 de marzo de 1967, publicada en el BOE de 27 de octubre de 1967, núm. 257, p. 14.716)

- Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones. (Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior, publicada en el BOE de 14 de febrero de 1995, núm. 38 p. 4846).

- Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses (Orden de 12 de marzo de 1996, publicada en el BOE de 30 de marzo de 1996, núm. 78 p. 12.244)

- Real Decreto 9/2008, de 11 de enero por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. Publicado en el BOE núm. 14, de 16 de enero de 2008.

- Decreto 33/20018, 26 de marzo, por el que se crea el registro de Seguridad de Presas, Embalses y Balsas de la CCAA de Extremadura ubicadas fuera del Dominio Público Hidráulico y determina su estructura y funcionamiento.

7.3 Características de la balsa

La Balsa para riego a clasificar, es una balsa artificial limitada por un muro de presa de materiales sueltos, protegidos por una lámina impermeabilizante de polietileno de alta densidad (PHD).

La balsa construida es un recinto cerrado limitado por el cuerpo de la misma, debido a la configuración del terreno y a la clase de aportación de agua que posee, con el fin de conseguir el volumen de embalse, necesario y suficiente, para regular el agua que se requiere.

El cuerpo de la balsa está constituido, por terraplén compactado de material homogéneo procedentes de la excavación del vaso y desmonte.

Tiene forma ovalada irregular adaptada al terreno, con longitud de coronación de 465,43 m, 4,00 m de ancho y 1,10 m de resguardo, siendo la altura máxima interior de 6,7 m, 12 m de terraplén y 24,55 m de desmonte. Los taludes de 2:1 tantos exteriores como interiores de la balsa y existiendo sobre la misma un camino transitable.

La *Balsa de Tornavacas* que toma su nombre de la localidad cercana y de la que se encuentra en su término municipal, presenta una capacidad total a Nivel Máximo Nominal (N.M.N.) de 65.326,20 m3, ocupando la lámina de agua una extensión de 14.000,33 m2

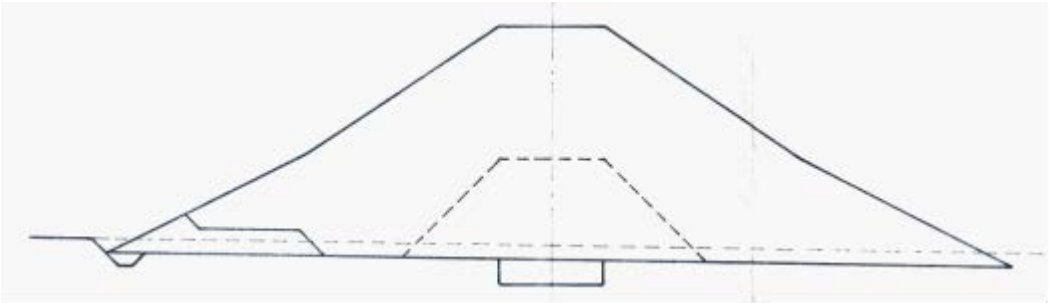


Figura 1. Sección trasversal tipo

La balsa se llenará por gravedad de las tomas situadas en los arroyos de Calvarrasa y Garganta del Cubo, con una aportación total de 3,11 l/s.

Al tratarse de una balsa impermeabilizada con geomembranas y un caudal de aportación pequeño, la entrada se proyecta por coronación mediante vertido directo sobre la geomembrana mediante tubería en pico de flauta, lo que permite obviar la ejecución de obras como canales de hormigón y cuenco amortiguador.

La entrada de agua se deberá realizar por debajo de la rasante de la coronación a una distancia que en el caso de que la balsa se encuentre llena, el agua rebose por la coronación y salga hacia el exterior a través del sistema de entrada, y, en cualquier caso, siempre por encima de la cota del umbral del aliviadero.

El desagüe se realiza desde una arqueta de fondo con una tubería de ACERO de DN 600 mm – PN16, que evacuará el agua de la balsa al cauce de la Garganta del Cubo (X:270.857,87/ Y: 4.460.181,17), a una distancia de 382,04 m y con cota de 984 m.

La balsa dispondrá de un aliviadero para evitar el riesgo de desbordamientos, evacuando los caudales sobrantes hacía la Garganta del Cubo. El agua aliviada verterá mediante un colector hasta la conducción del desagüe de la balsa, desde donde irá al punto de vertido del mismo.

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.

El resguardo de la balsa consistirá en 0,57 m con respecto al N.M.E. y se realizará en la coronación un bordillo prefabricado de 0,20 m de altura en el perímetro, que se suma a la altura de coronación de la misma.

El agua que proviene de unos arroyos cuyos caudales son intermitentes, por lo general, se caracteriza por su pureza y transparencia, con un contenido en elementos sólidos, que puedan perturbar el normal funcionamiento de la red de riego.

En los apartados siguientes se presenta la información disponible de la balsa, del embalse que genera y de su cuenca de aportación. En primer lugar, se identifica la balsa y el titular de la misma, indicando la situación geográfica y los datos de referencia del titular. Se añade la información disponible acerca de su construcción, explotación y usos actuales.

Además, se incorpora un resumen de datos disponibles de la cuenca y de la ficha técnica de la balsa.

Todos estos datos han servido de base para definir en el modelo de rotura, los parámetros relativos a la balsa.

7.3.1 Identificación de la balsa y del titular

Identificación de la balsa y titular	
Titular	**Comunidad de Regantes de Tornavacas**
C.I.F.	H-10278059
Dirección	Casa de Cultura, Avda. de la Constitución 41
Teléfono	680 576 932
Denominación	Balsa
Cuenca hidrográfica	Tajo
Construcción	En proyecto
Año construcción	En proyecto
Año de expropiación/Ocupación	En proyecto
Concesión	l/s
Usos	Regadío
Explotador	Comunidad de Regantes

7.3.2 Situación de la balsa

SITUACIÓN	
Cuencas de vertido	Arroyo Calvarrasa Garganta del Cubo
Término municipal	Tornavacas, Cáceres
Coordenadas UTM ETRS 89 30 NORTE	X=270.424,528; Y= 4.460.265,71
Hoja 1.25.000	576-1 Tornavacas y 576-2 Solana de Ávila.

7.3.3 Características de la balsa

Situación de la balsa	
Rio y cuenca de vertido	Río Jerte
Término municipal	Tornavacas, Cáceres.
Coordenadas UTM ETRS 89 30 NORTE	X: 270.429 / Y: 4.460.267
Características de la balsa.	
Cuerpo de la balsa.	
Tipología	De materiales sueltos, impermeabilizada con geomembrana PEAD 1,5 mm.
Planta	Ovalada irregular, adaptada al terreno.
Perímetro de coronación interior	452,86 m
Perímetro de coronación exterior	478,00 m
Perímetro de fondo	368,68 m
Altura máxima del vaso	6,7 m
Talud exterior	2H:1V Terraplén 1H:1H Desmonte
Talud interior balsa	2H:1V
Protección de taludes.	Interior geomembrana PEAD y geotextil
Ancho de coronación	4 m
Cota mínima inferior del vaso	1.105,3 m
Cota de coronación	1.112 m
Cota N.M.N.	1.110,9 m
Resguardo.	1,10 m
Cota pie exterior Talud de cierre	1.098,10
Altura máxima de la balsa	13,90 m

7.3.4 Entrada de agua a la balsa

La balsa se llenará por gravedad a partir de dos tomas situadas en los arroyos Calvarrasa y Garganta del Cubo a partir de un caudal de aportación total de 3,46 l/s. Dos conducciones de PEAD de 63 y 75 mm de diámetro llevarán el agua desde las arquetas de entrada a balsa hasta el interior de la misma.

7.3.5 Toma

La toma consiste en una toma directa del cauce consistente básicamente en una arqueta a la que entrará el agua y desde la cual partirá la tubería de llenado de la balsa.

El agua se conducirá directamente a la arqueta mediante un pequeño canal que recogerá directamente parte del caudal del cauce, cuando el calado en éste se encuentre por encima de la cota de solera de dicho canal.

Desde este punto se conduce hasta las arquetas de captación y desde estas mediante tuberías de 63 y 75 mm hasta las arquetas de entrada a balsa.

7.3.6 Desagüe

En nuestro caso particular, la tubería de fondo servirá como tubería de salida de agua del aliviadero y a su vez de desagüe de fondo. Proyectándose esta bajo el dique de balsa, en acero helicoidal DN-600 (609,6 exterior), hasta una arqueta ubicada aguas abajo de la balsa (Arqueta de desagüe y drenaje), donde se instalarán las correspondientes válvulas de corte y de regulación o limitadora de caudal. Este tramo tiene una longitud de 32,70 m.

Bajo el terraplén de la balsa la tubería irá hormigonada en prisma de hormigón de dimensiones 1,0x1,0 m, posteriormente hasta la arqueta de desagüe y drenaje irá enterrada en zanja.

Desde ese punto se proyecta una tubería de PEAD Ø250 mm (205 interior) PN-16 atm. hasta su **vertido libre en la Garganta del Cubo**, concretamente en el punto con coordenadas **X: 270.857//Y:4.460.181**.

7.3.7 Hidrograma de avenida

La balsa está excavada sobre el terreno, pero no recibe aportaciones externas de cursos naturales. Por tanto, durante los episodios lluviosos la única aportación que recibe es la lluvia que cae en la propia balsa.

7.4 Características de los cauces aguas abajo

7.4.1 Situación de los cauces

En el Anexo 1 se encuentra el plano de situación (plano 1) de emplazamiento de la balsa y el cauce hasta el límite en estudio.

7.4.2 Topografía utilizada

Se ha empleado los archivos en formato LAS proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional, estos ficheros digitales de nubes de puntos LiDAR, que abarcan una superficie de 2X2 km, proporcionan la información necesaria para crear un MDT de precisión adecuada para el estudio, creando una malla de tamaño 2.

7.4.3 Caracterización de los cauces y su entorno

Se trata del sector II , correspondiente a las cuencas de los arroyos Calvarrasa y Garganta del Cubo, cuyos caudales son discontinuos a lo largo del año, secándose por completo en el periodo estival, todas las parcelas están en el término municipal de Tornavacas. La práctica totalidad del cultivo presente es el cerezo, en zonas de fuerte pendiente y con el terreno abancalado.

ENCUADRE GEOGRÁFICO

El municipio de Tornavacas se encuentra en el Puerto de Tornavacas, en la cabecera del Valle del Jerte. En la Sierra de Tormantos, en el extremo occidental de la Sierra de Gredos, en la provincia de Cáceres, muy cerca de los límites de la provincia de Ávila y la provincia de Salamanca.

Tornavacas se encuentra situado en la zona noreste de la provincia de Cáceres a 40º 15´de latitud Norte y 5º 41´de longitud Oeste. Ocupa una extensión de 7.569 Has. Su actual Término Municipal está marcado en la cabecera del Valle del Jerte, iniciándose en el Puerto de Tornavacas, en la Sierra de Tormantos, en el extremo occidental de la Sierra de Gredos, en la provincia de Cáceres, muy cerca de los límites de la provincia de Ávila y la provincia de Salamanca, y descendiendo por el Río Jerte, hasta los Términos Municipales de Jerte, Guijo de Santa Bárbara y Aldeanueva de la Vera.

El Término Municipal linda:

• Norte: con las provincias de Ávila y Salamanca.

• Este: con el T.M. de Losar de la Vera y la provincia de Ávila.

• Sur: con los T.M. de Guijo de Santa Bárbara y Aldeanueva de la Vera.

• Oeste: con el T.M. de Jerte.

Red de Comunicaciones:

• Carreteras Nacionales: N-110 (Plasencia-Soria)

• Carreteras de la Comunidad: No existen

• Carreteras Comarcales: No existen

• Ferrocarril: No existe

• Vías Pecuarias: Cordel del Valle y Cordel entre los T.M. de Aldeanueva de la Vera, Tornavacas y Guijo de Santa Bárbara

• Caminos Públicos

Dentro del Término Municipal de Tornavacas, sólo existe un núcleo de población denominado Tornavacas.

Actualmente no se están desarrollando actuaciones urbanas dentro del Término Municipal, salvo varias rehabilitaciones y obras de escasa entidad

El relieve del municipio es predominantemente montañoso, enclavado en plena Sierra de Gredos. La Sierra de Candelario y la Sierra de Béjar, al noroeste, hacen de límite con la provincia de Salamanca, mientras que la Sierra de Tormantos, al sureste, es el límite natural con el municipio de Guijo de Santa Bárbara. Algunos de los picos más destacados son Pico Calvitero (2399 metros), en Sierra de Béjar, Risco La Campana (2093 metros), al norte y Cerro del Acarreadero (1817 metros), al sur. Los abundantes arroyos separan las cadenas montañosas, destacando la presencia del río Jerte, que nace en el territorio y desciende paralelo a la carretera.

En su término municipal se encuentra gran parte del territorio de la Reserva Natural Garganta de los Infiernos. La altitud oscila entre los 2399 metros en Sierra de Béjar y los 730 metros a orillas del río Jerte. El pueblo se alza a 871 metros sobre el nivel del mar.

Tornavacas tiene un clima mediterráneo Csa (templado con verano seco y caluroso) en la frontera con un clima Csb (templado con verano fresco y templado) según la clasificación climática de Köppen. Es característica una elevada precipitación anual total con un máximo durante el invierno. Esta abundante precipitación está condicionada por la situación del municipio en la vertiente suroccidental del sistema Central, que favorece la "recogida" de lluvia orográfica de los frentes atlánticos que entran por el oeste principalmente en situaciones de jet polar bajo.

De acuerdo con el Estudio de la situación actual y potencialidad, mejora y modernización de los regadíos tradicionales del Valle de Jerte, (Cáceres) Expte. SERV 59/00 (05.02.1261), a partir de los datos de las distintas estaciones meteorológicas de la zona se han obtenido los siguientes datos para la clasificación climática de PAPADAKIS:

Régimen término anual

Verano y tipo de verano es función de la duración del período libre de heladas. Este se valora a través de:

Duración de la estación libre de heladas disponibles mayor de 4,5 meses.

Tª media de las medias de las máximas de los 6 meses más cálidos superior a 21ºC

Tª media de las máximas del mes más cálido: 34,3 ºC

Tipo de verano: Maíz.

El tipo de invierno se apoya en los siguientes parámetros meteorológicos:

Tª media de las mínimas del mes más frío superior a -4 ºC

Tª media de las máximas del mes más frío superior a 10 ºC

Tª media de las mínimas absolutas del mes más frío entre –2,5 y -10 ºC

Tipo de invierno en toda la zona: Avena cálida (Av).

Combinando los tipos correspondientes al rigor del invierno y calor del verano, se obtienen la siguiente clase térmica: Clima Templado AvM.

Régimen de humedad

Se define fundamentalmente por los períodos de sequía, su duración, intensidad y situación en el ciclo anual. Para establecer los períodos de sequía se utiliza el balance de agua anual y mensual. Este último se realiza, mes a mes, comparando la evapotranspiración mensual con la pluviometría, incrementada en las disponibilidades de agua del suelo, procedentes del mes anterior, y que las plantas pueden utilizar.

El índice hídrico anual obtenido Ih es de 5,38. Por lo tanto el tipo climático según el régimen de humedad es: ni húmedo, ni desértico. La precipitación invernal mayor que la precipitación estival. Latitud mayor que 20º. Por lo tanto, el régimen es Mediterráneo húmedo (ME).

GEOLOGÍA

El entorno geológico de Tornavacas es, de acuerdo con el patrón predominante en el Sistema Central, fundamentalmente magmático o ígneo. La roca predominante es el granito biotítico de textura porfiroide, y algunos entornos de predominio migmatítico provocado por procesos de anatexia. La calidad y homogeneidad del granito de la zona provocó su explotación en dos canteras ubicadas en la zona sureste del municipio, extrayendo la variedad conocida como "gris Pinto". Sin embargo, hoy en día ambas están inactivas.

Estas rocas provocan un paisaje particular característico en el municipio, el berrocal granítico, en el que son distinguibles tors, grandes bolos aislados, piedras caballeras y oquedades en la roca provocados por la meteorización química. A nivel petrológico, son reconocibles numerosos enclaves en los que se observan diques pegmatíticos, filones de cuarzo, granitos alterados, anatexia, xenolitos y restitas. Los minerales reconocibles macroscópicamente, y de los que se pueden obtener buenos ejemplares, son el cuarzo cristalizado, la mica biotita, grandes maclas de feldespato potásico y la turmalina negra o

chorlo. Son también destacables algunos enclaves, cercanos al depósito de la localidad, en los que existen indicios de paragénesis vinculadas al estaño y el wolframio. En estos enclaves se pueden encontrar pirita, arsenopirita, escorodita y diversos óxidos de hierro (limonita y hematites), generalmente acompañando diques de cuarzo o formando filones sobre la masa granítica.

HIDROLOGÍA

El territorio en estudio constituye parte de la cabecera del río Jerte encuadrado en la Cuenca Hidrográfica del Tajo.

Dentro del ámbito de estudio, el río Jerte recibe importantes aportes de ambas vertientes del valle, destacando por su margen derecha la Garganta del Cubo, que atraviesa el núcleo urbano de Tornavacas y el arroyo Calvarrasa.

VEGETACIÓN

Dadas las características climáticas y topográficas la vegetación que encontramos es propia de una región montaña. El arbolado es denso es las laderas bajas y medias y va diseminándose, hasta desaparecer por completo, en las partes más altas donde, por efecto de las bajas temperaturas, la innivación y los fuertes vientos predomina el matorral. Podríamos establecer los siguientes pisos de vegetación en el término municipal.

En la zona baja, casi fuera del propio municipio un piso arbolado de vegetación mediterránea,encinas y alcornoques, alternando con jaras y escobas. En las laderas medias la especie dominante es el rebollo o roble común, muy usado para obtener de él leña u hojarasca. En muchos casos el rebollo aparece reemplazado casi en su totalidad por cultivos arbóreos, cerezos, olivos, higueras, castaños-. Alternando con el rebollo en laderas más fresca y húmedas se encuentra el castaño, árbol muy característico en la zona y que por sucesivas plagas devastadoras han quedado muy restringido a pequeñas parcelas en el que se cultiva para explotar su madera y su fruto.

En las partes altas, sobre el piso de robles encontramos las retamas o montes bajos: brezos, escobas, helechos, cantuesos, tomillos diseminados y salpicados por las rocas graníticas. A

medida que se asciende a las partes más elevadas cada vez son más ralos, en beneficio de las gramíneas, herbazales de altura. Todos ellos muy aprovechados por el ganado caprino en verano.

7.5 Metodología y datos básicos para el análisis

Se sigue la metodología propuesta en la Guía de Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial.

7.5.1 Metodología general aplicada

Los modelos hidráulicos completos son los más recomendables para el análisis de clasificación de presas y balsas, por su precisión y por ser los únicos que consideran las características reales del movimiento en régimen variable de la propagación de la onda de rotura y también los posibles efectos de las secciones hidráulicas aguas abajo en la propagación aguas arriba del movimiento.

La modelación matemática del flujo de agua en un río consiste en predecir los valores que toman las variables hidráulicas (calado, velocidades, caudal, etc.) a partir de la resolución mediante métodos numéricos de unas ecuaciones obtenidas con una serie de hipótesis. Para el estudio de los efectos de la propagación de avenidas en ríos se pueden utilizar modelos unidimensionales o bidimensionales. La necesidad de estudiar cada vez fenómenos más complejos, y la observación que en la naturaleza se encuentran muchas situaciones donde el flujo parece ser efectivamente bidimensional —es decir, predominan las dimensiones horizontales sobre la vertical—, junto con la creciente capacidad y velocidad de los ordenadores, ha llevado al uso de ecuaciones y esquemas bidimensionales (ecuaciones de aguas someras). Actualmente existe una variedad de herramientas para la resolución del flujo de agua en lámina libre en 2 dimensiones. La tendencia actual se decanta claramente hacia la metodología de volúmenes finitos, aprovechando los importantes desarrollos habidos en las últimas décadas con este tipo de esquemas para las ecuaciones de las aguas someras.

IBER es un modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo en ríos y estuarios desarrollado a partir de la colaboración del Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio

Ambiente, GEAMA (Universidade da Coruña), del Grupo de Ingeniería Matemática (Universidade de Santiago de Compostela), del Instituto Flumen (Universitat Politècnica de Catalunya y Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria) y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. IBER es un modelo numérico desarrollado directamente desde la administración pública española en colaboración con las universidades mencionadas y diseñado para ser especialmente útil a las necesidades técnicas específicas de las confederaciones hidrográficas en la aplicación de la legislación sectorial vigente en materia de aguas.

INTERFAZ DE PREPROCESO Y POSPROCESO

La interfaz de usuario de un programa de simulación numérica es de gran importancia, y en el caso particular de la modelación bidimensional puede resultar clave dada la cantidad y la variedad de datos de entrada que se requieren.

La interfaz de IBER 2.5.2 está realizada en base al programa GiD, desarrollado por el Centre Internacional de Mètods Numèrics en Enginyeria (CIMNE). GiD es un programa de preproceso y postproceso para simulaciones numéricas que está diseñado para ser adaptado y personalizado según los requisitos del modelo numérico. El resultado es una herramienta flexible y amigable con el usuario. Muchas de las capacidades disponibles en la interfaz de IBER son intrínsecas de GiD, pero muchas otras han sido desarrolladas para dotar al modelo de las herramientas específicas que se necesitan para simulación numérica de flujos a lámina libre en aguas poco profundas. De entre los desarrollos específicos para el preproceso destaca la importación desde un archivo georreferenciado de la rugosidad de Manning asociada a usos del suelo y su asignación automática a los elementos de la malla.

Uno de los procesos que requieren mayor tiempo y esfuerzo a la hora de desarrollar un estudio de simulación numérica del flujo en ríos es la generación de la malla de cálculo.

Un río tiene una geometría irregular y la construcción de una malla eficiente no es evidente. Es deseable que la malla sea irregular, con el fin de minimizar el número de elementos con transiciones suaves. Para ello son muy adecuados los métodos de mallado basados en el error cordal (máxima distancia entre el terreno original y la malla). Por ello IBER incorpora las

capacidades estándar de mallado de GiD, como la creación de mallas estructuradas y no estructuradas, de triángulos y de cuadriláteros, mediante el uso de diversos algoritmos de mallado. Adicionalmente se han desarrollado herramientas de creación y edición de mallas que se adaptan a las necesidades de los estudios de hidráulica fluvial.

En el caso de que el terreno forme una superficie suficientemente suave, es posible importar el archivo del MDT como una única superficie. IBER considera las superficies como entidades NURBS (Non Uniform Rational B-Splines). Este método puede proporcionar mallas de gran calidad cuando la superficie resultante está bien condicionada. Por el contrario, si el terreno tiene irregularidades importantes, como por ejemplo edificios, es posible que no se pueda representar como una superficie NURBS, o que su aproximación no sea adecuada y la superficie se pliegue sobre sí misma, produciéndose por lo tanto errores en el mallado. Para topografías que presentan irregularidades o complejidades se implementó la metodología de creación de geometrías en formato RTIN (Regular Triangular Irregular Network). Las topografías resultantes permiten obtener mallas de gran calidad y robustez, aunque con presencia de direcciones dominantes.

Por último, se incorpora una herramienta que permite, una vez creada la malla de cálculo, modificar la cota de los nodos de los elementos de la malla a partir de un modelo digital del terreno en formato ASCII de Arc/Info.

ESCENARIOS DE ROTURA CONSIDERADOS

Para la clasificación de la presa, es necesario considerar distintos escenarios de posibles roturas, identificando en cada caso los daños potenciales. La clasificación a asignar a la presa debe corresponder al escenario más desfavorable.

Estos escenarios vienen definidos por la situación de la balsa y por las condiciones hidrológicas (caudales entrantes en la balsa) en el momento en que se produce la eventual rotura.

Se plantea la rotura hacia dos cauces receptores que son:

- Arroyo Calvarrasa.

- Garganta del Cubo.

Los escenarios extremos planteados son los siguientes:

- **Avenida sin rotura (H0),** en el cauce receptor de la avenida originada por la rotura de la balsa. El periodo de retorno considerado es de T=500 años
  Los caudales correspondientes para cada arroyo son:
  Arroyo Calvarrasa: T500: 25,95 m^3/s
  Garganta del Cubo: T500: 26,33 m^3/s
- **Rotura sin avenida (H1),** no coincidencia con avenida y balsa en su máximo nivel normal de explotación. Hacia ambos cauces.
- **Rotura en situación de avenida (H2),** balsa desaguando la avenida de proyecto (en su caso, la avenida extrema) y nivel de la balsa en coronación. Hacia ambos cauces.

En el escenario correspondiente a rotura en situación de avenida únicamente deben considerarse los daños incrementales debidos a la rotura, es decir, el exceso de daños que se producirían por defecto de la onda de rotura respecto a los que ya se hubieran producido debido al desagüe de la avenida considerada.

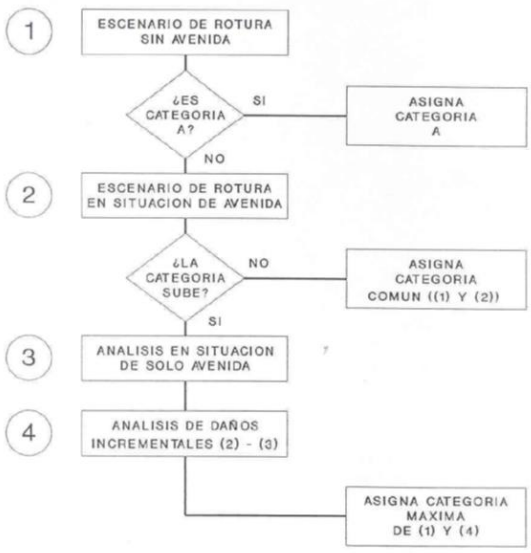


FIG. III-1. PROCESO DE CLASIFICACION

Figura 6: Proceso de Clasificación.
Fuente. Guía de Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial

ROTURA DE PRESA

El cálculo de las zonas afectadas por la rotura total o parcial de una presa o de una balsa de contención es una posible aplicación de los modelos de aguas someras bidimensionales, que proporcionan en estos casos una buena relación entre precisión en los resultados y complejidad del modelo de cálculo. Un test utilizado habitualmente para evaluar la capacidad de un modelo numérico para resolver los cambios de régimen ligados a este tipo de problemas es el análisis de la rotura de presa instantánea unidimensional, para la cual existe solución analítica. Los esquemas numéricos implementados en IBER (de tipo Godunov) son especialmente adecuados para el cálculo de este tipo de flujos.

ESTUDIO DEL EFECTO DE UNA INFRAESTRUCTURA EN LOS NIVELES DE INUNDACIÓN

Una de las aplicaciones habituales de los modelos hidrodinámicos bidimensionales es el estudio de la influencia de las infraestructuras en los niveles de agua y extensión de la inundación en zonas llanas.

El uso del método de volúmenes finitos para el cálculo del flujo de agua, sedimentos y turbulencia se ha mostrado adecuado para el desarrollo de una herramienta de aplicación en la resolución de problemas ingenieriles. IBER resuelve las ecuaciones de la hidrodinámica, la turbulencia y el transporte de sedimentos con esquemas explícitos descentrados, lo que lo hace particularmente eficaz para el cálculo de flujos discontinuos (resaltos hidráulicos, frentes de onda), pero sin quitarle capacidad ni precisión en zonas con soluciones más suaves.

Los esquemas numéricos utilizados en IBER se han integrado en una potente interfaz de preproceso y posproceso como es GiD, constituyendo el conjunto una herramienta efectiva para dar respuesta a los requerimientos actuales, en cuanto a modelización numérica de procesos fluviales, de la legislación española.

En la presente clasificación se han introducido los siguientes datos de partida.

- Tiempo de estudio 7200 segundos

- Rotura del azud una vez el agua alcance la cota de coronación, lo que incrementará el caudal de avenida.

Los resultados obtenidos se han utilizado para delimitar de manera aproximada la superficie de inundación y a la vista de las afecciones tener una clasificación previa de la balsa.

Para la justificación última de la clasificación se ha desarrollado el modelo completo que utiliza métodos paramétricos para el establecimiento y progresión de la brecha de rotura, y métodos hidráulicos de análisis de régimen variable para el estudio del avance de la onda de rotura y la determinación de las áreas de inundación.

FORMA Y DIMENSIONES DE LA BRECHA Y TIEMPOS DE ROTURA

El modo de rotura, la forma y evolución de la brecha dependen del tipo de estructura de cierre de la balsa.

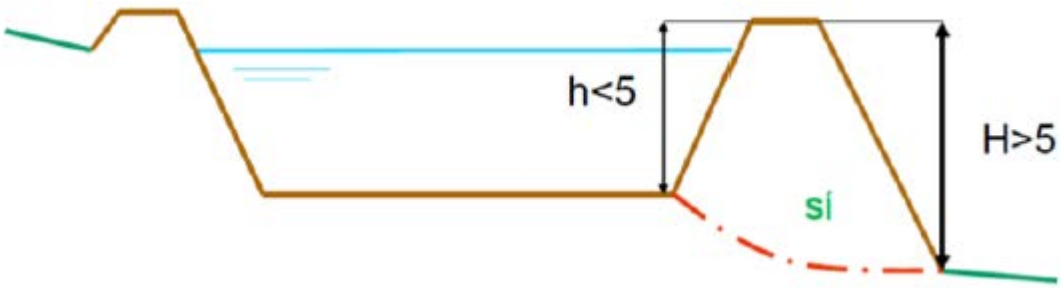


Figura 7. Rotura de balsa

En la tipología de materiales sueltos, la rotura es progresiva en el tiempo y con evolución desde formas geométricas iniciales hasta la práctica totalidad de talud de cierre de la balsa.

Fenómeno de formación y progresión de la brecha, siendo el más empleado el modelo de la progresión lineal, en el que se contemplan diversos parámetros geométricos y temporales, recomendándose que, en principio se adopte el siguiente modo de rotura y parámetros:

Estructura de cierre de materiales sueltos (V = volumen embalsado, h= altura estructura de cierre)

Hacia Arroyo Garganta del Cubo:

- Tiempo de rotura:

Para definir el tiempo de desarrollo de la brecha para presas de materiales sueltos según la Guía técnica:

$$T = 4{,}8\ \frac{\sqrt{V}}{H}$$

T(tiempo)=horas

V (volumen)= Hm3

H (altura)= m

Escenario	*h(m)*	*V(H3)*	*T (h)*	*T(min)*
H1(nivel NMN)	7,24	0,0653	0,169	10,16
H2 (Nivel coronación)	8,34	0,0812	0,164	9,84

- Forma de rotura: Trapecial

  - Profundidad de la brecha: se ha estimado una profundidad de la brecha hasta el pie del talud de cierre.

  - Ancho medio de la brecha: B(m)=20x(V(Hm3)x h(m))0,25

$$b = 20\ (VH)^{0,25}$$

Escenario	*h(m)*	*V(H3)*	*b(m)*
H1(nivel NMN)	7,24	0,0653	16,58
H2 (Nivel coronación)	8,34	0,0812	18,14

  - Taludes (interior, desmonte y terraplén) : 2H/1V

Hacia Arroyo Calvarrasa:

- Tiempo de rotura:

Para definir el tiempo de desarrollo de la brecha para presas de materiales sueltos según la Guía técnica:

$$T = 4{,}8\ \frac{\sqrt{V}}{H}$$

T(tiempo)=horas

V (volumen)= Hm3

H (altura)= m

Escenario	***h(m)***	***V(H3)***	***T (h)***	***T(min)***
H1(nivel NMN)	11,00	0,0653	0,111	6,69
H2 (Nivel coronación)	12,10	0,0812	0,113	6,78

- Forma de rotura: Trapecial

  - Profundidad de la brecha: se ha estimado una profundidad de la brecha hasta el pie del talud de cierre.

  - Ancho medio de la brecha: B(m)=20x(V(Hm3)x h(m))0,25

$$b = 20\ (VH)^{0,25}$$

Escenario	***h(m)***	***V(H3)***	***b(m)***
H1(nivel NMN)	11,00	0,0653	18,44
H2 (Nivel coronación)	12,10	0,0812	19,91

  - Taludes (interior, desmonte y terraplén) : 2H/1V

MODELO HIDRÁULICO DE CÁLCULO

Se ha llevado a cabo una modelización mediante software IBER para la simulación de la rotura y obtención de las zonas inundadas.

IBER es una herramienta de modelización bidimensinal del flujo en lámina libre en aguas pocos profundas. Resuelve el calado y la velocidad con un módulo de cálculo de hidrodinámica. Además, permite simular la formación de una brecha en una presa o dique.

JUSTIFICACIÓN DEL LÍMITE DEL ESTUDIO HACIA AGUAS ABAJO

La Guía de Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial, establece que el límite de estudio debe estar condicionado a la existencia de elementos que puedan incrementar la categoría de clasificación.

7.5.2 Resultados analíticos de la simulación

Después de haber procesado el modelo se ha procedido a elaborar los apéndices correspondientes, para mostrar los resultados gráficos y numéricos obtenidos con la herramienta IBER en la balsa.

En los planos se pueden observar los resultados obtenidos de la modelización con respecto al calado, velocidad y caudal específico, este último es el valor obtenido de multiplicar la velocidad por el calado en cada punto, dando como resultado un valor numérico expresado en m2/s y que se relaciona con la gráfica siguiente, extraída de la guía técnica de clasificación de presa en función del riesgo potencial, determinando así el riesgo para vidas en cada afección, resultando determinante para la clasificación de la balsa.

Arroyo Calvarrasa:

Los planos 2.1 y 2.2 representan los valores de calado, velocidad para **H0**

Los planos 3.1 y 3.2 representan los valores de calado, velocidad para **H1**

Los planos 4.1 y 4.2 representan los valores de calado, velocidad para **H2**.

Arroyo Garganta del Cubo:

Los planos 2.1 y 2.2 representan los valores de calado, velocidad para **H0**

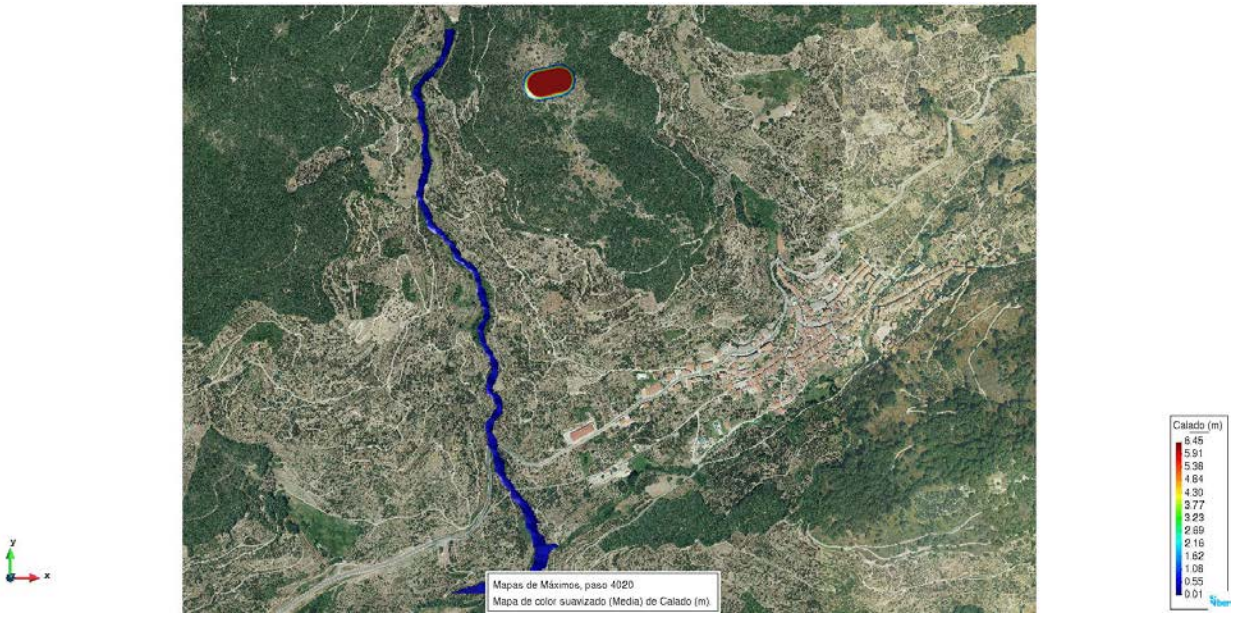
Los planos 3.1 y 3.2 representan los valores de calado, velocidad para **H1**

Los planos 4.1 y 4.2 representan los valores de calado, velocidad para **H2**.

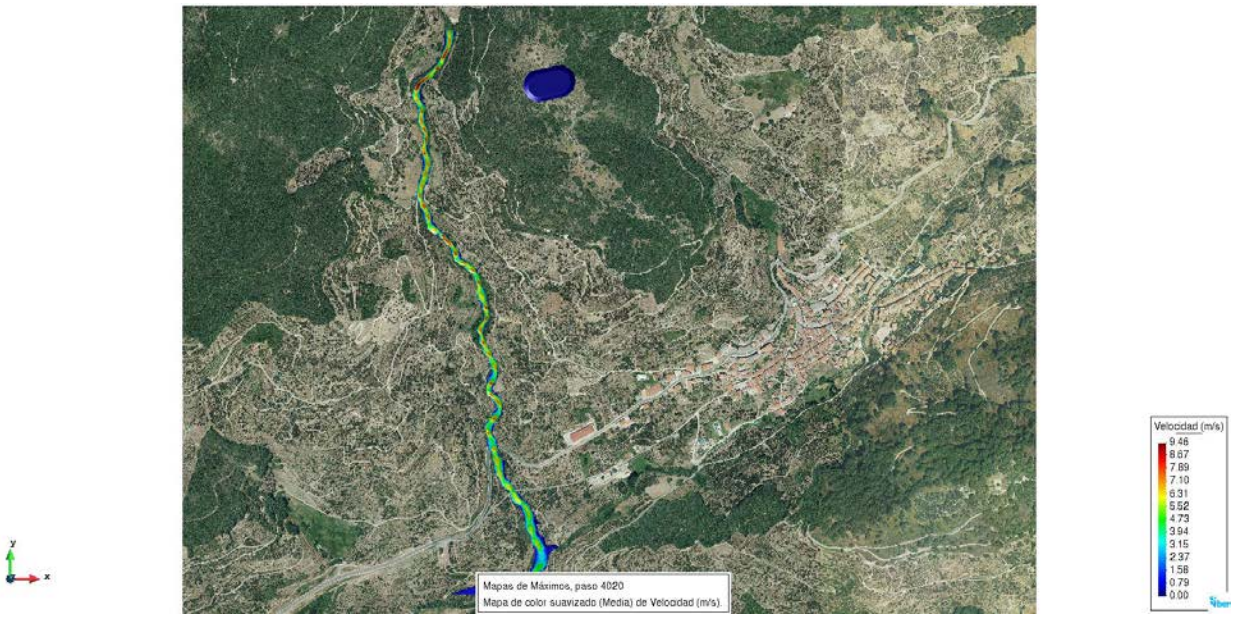
ARROYO CALVARRASA:

HIPÓTESIS H0: AVENIDA SI ROTURA

Calados máximos

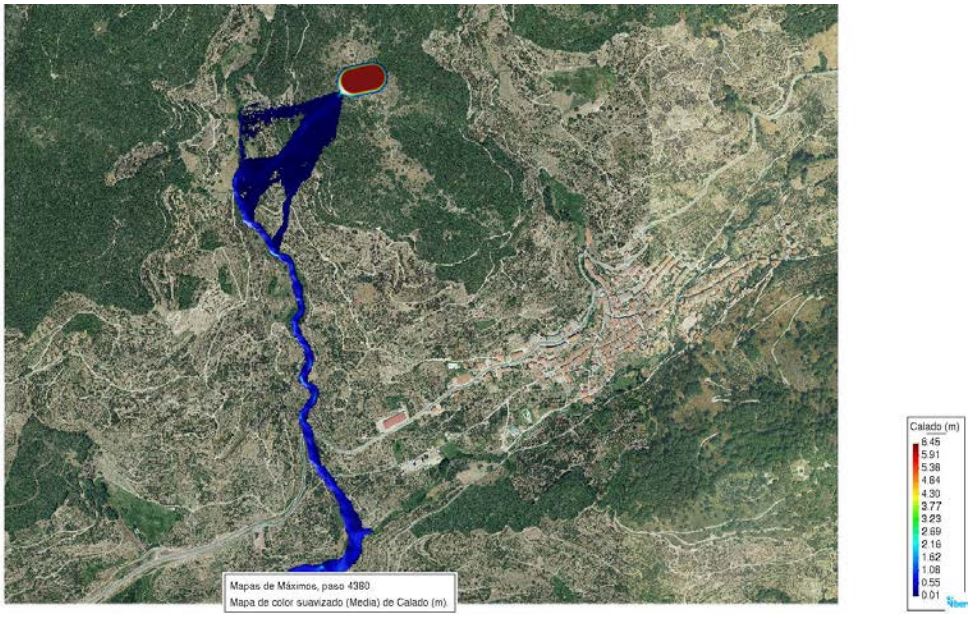


Velocidades máximas

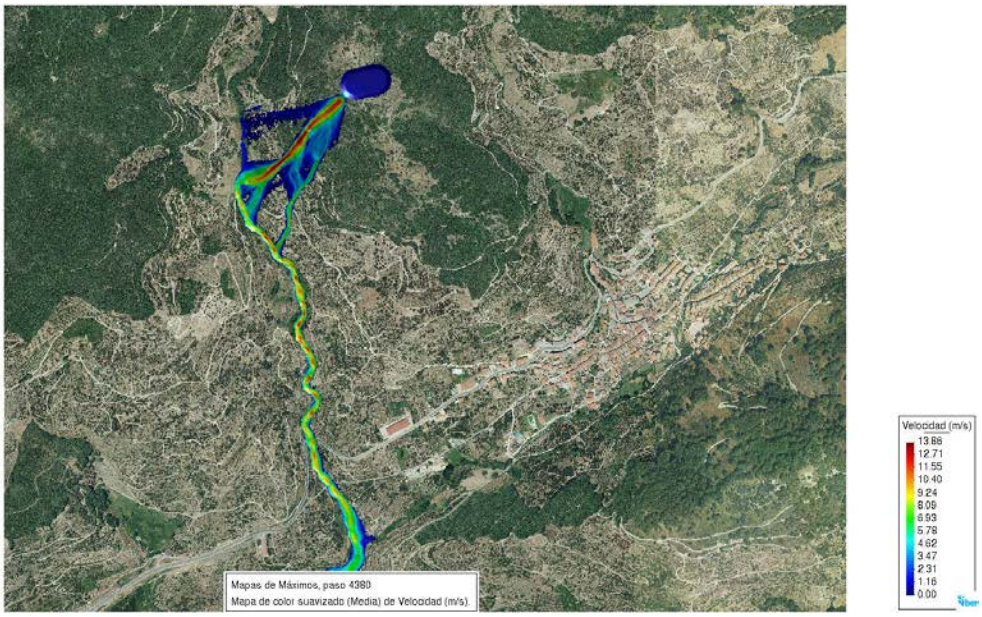


HIPÓTESIS H1: ROTURA SIN AVENIDA

Calados máximos

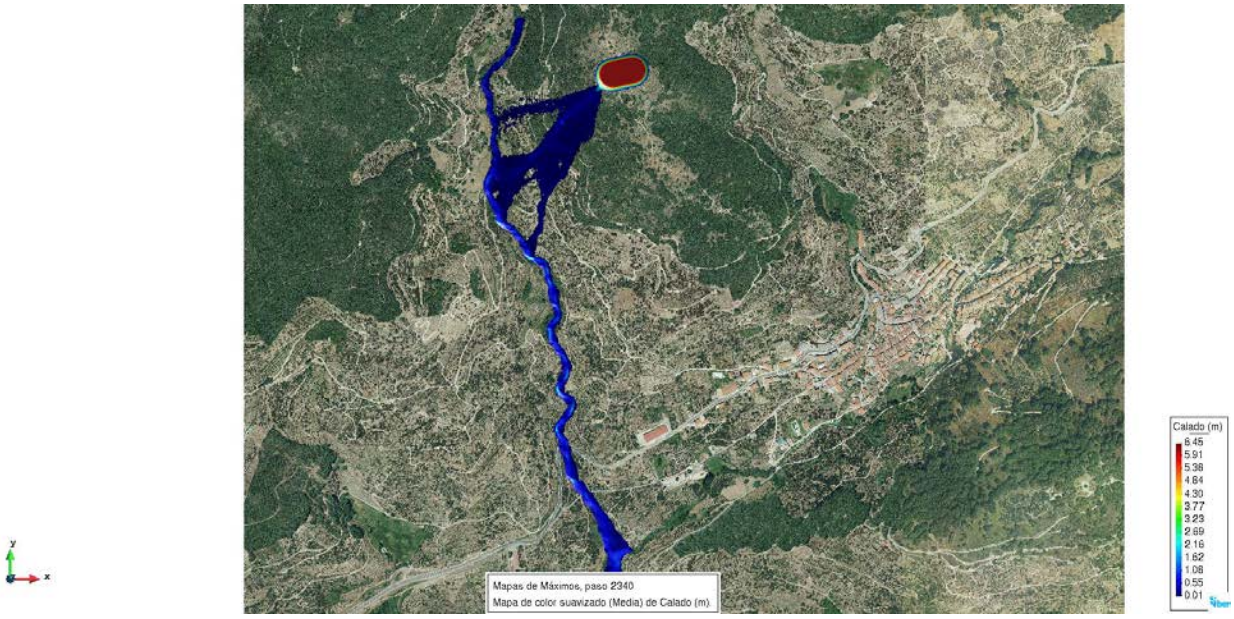


Velocidades máximas

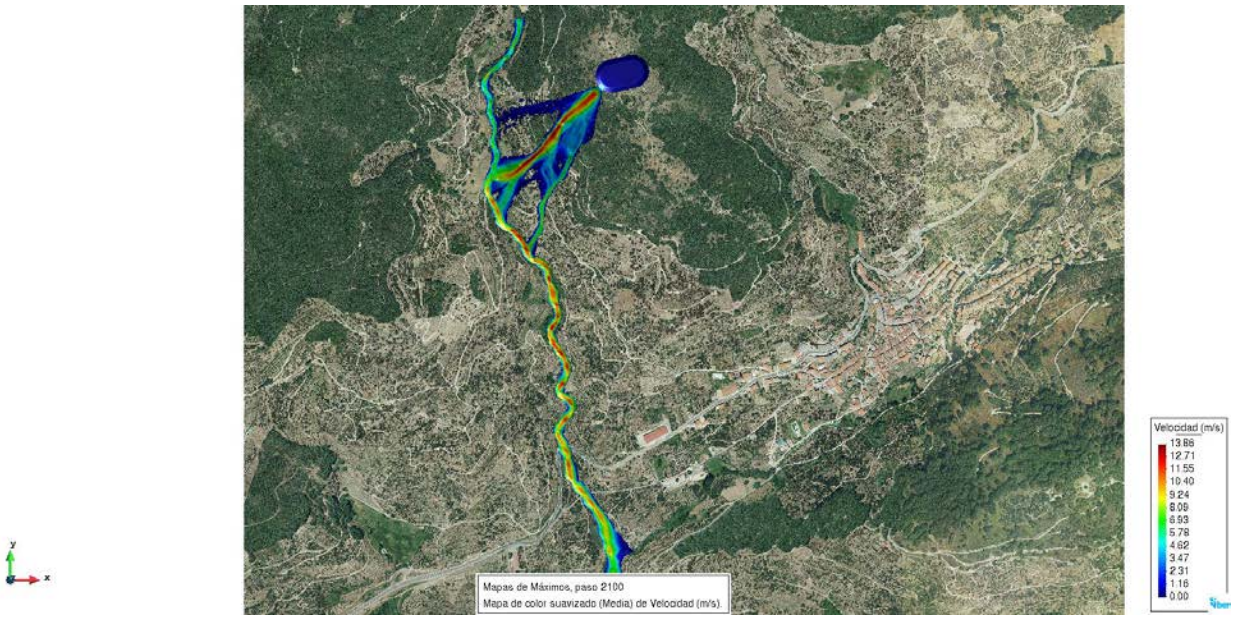


HIPÓTESIS H2: AVENIDA Y ROTURA

Calados máximos



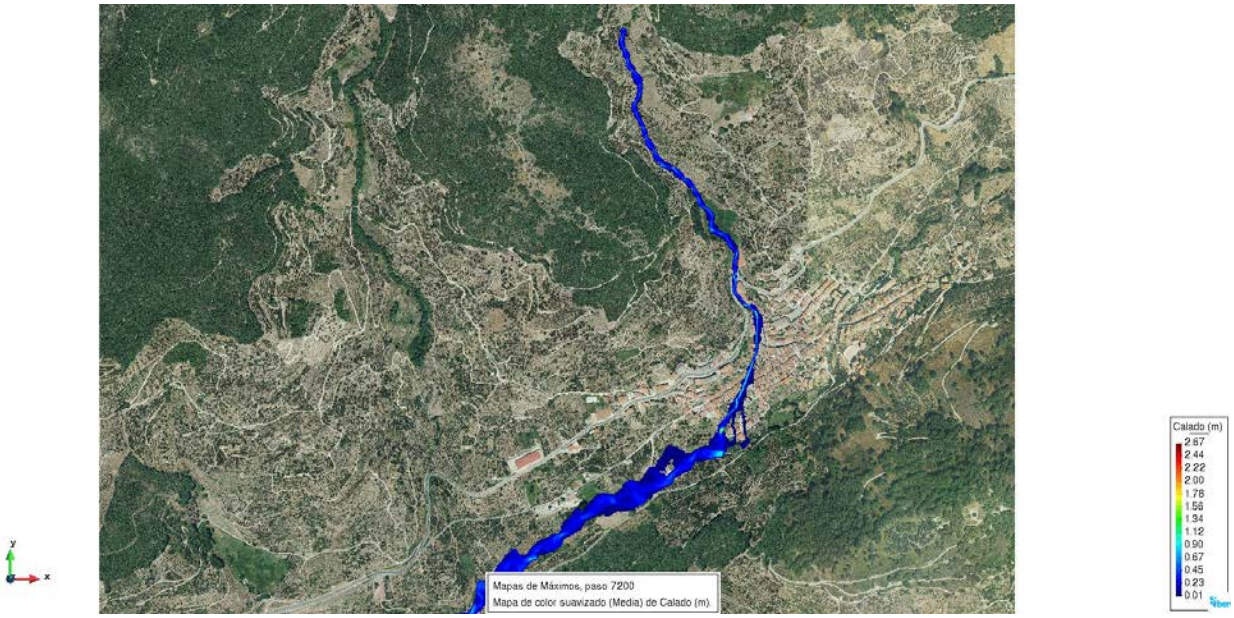
Velocidades máximas



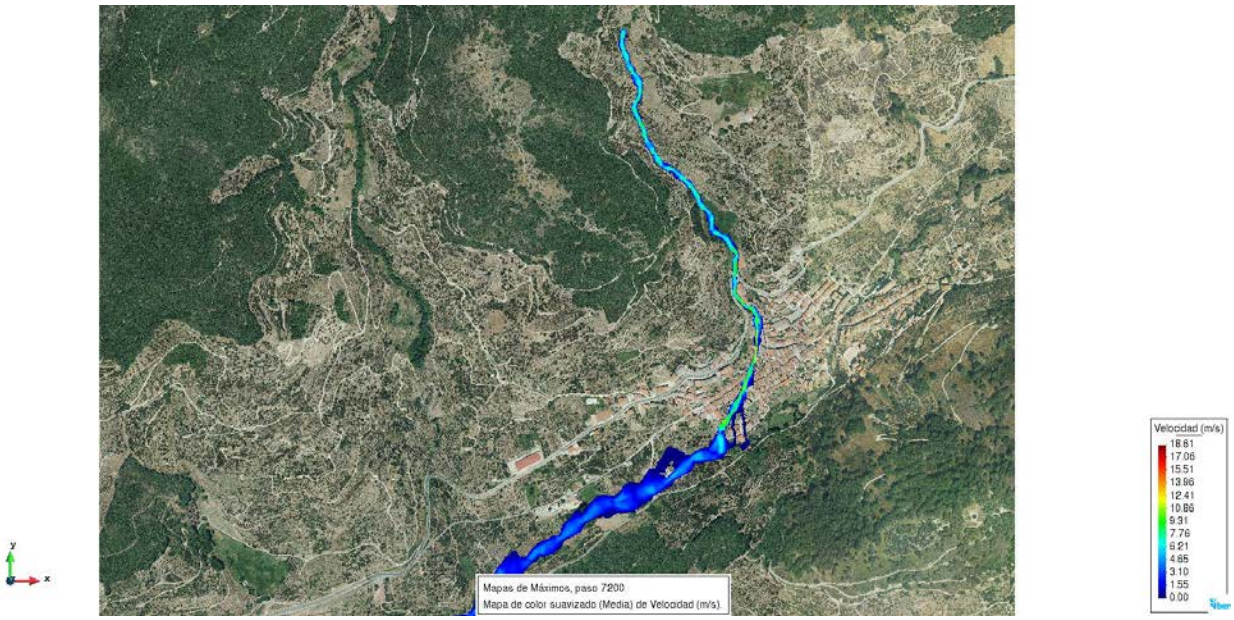
ARROYO GARGANTA DEL CUBO

HIPÓTESIS H0: AVENIDA SI ROTURA

Calados máximos



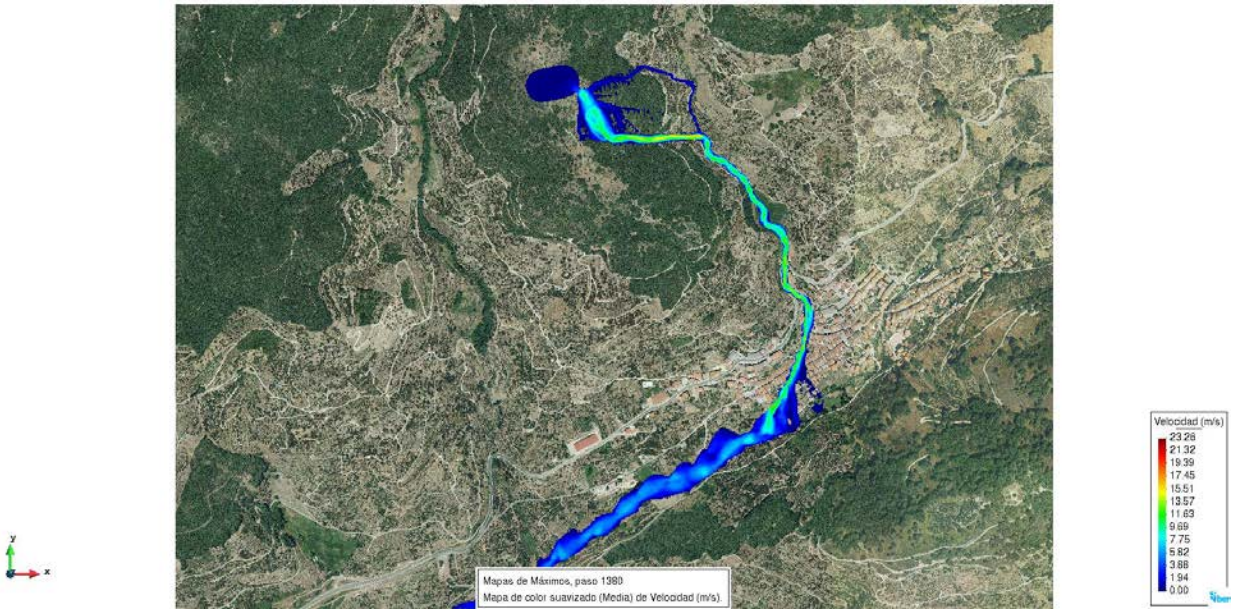
Velocidades máximas



HIPÓTESIS H1: ROTURA SIN AVENIDA

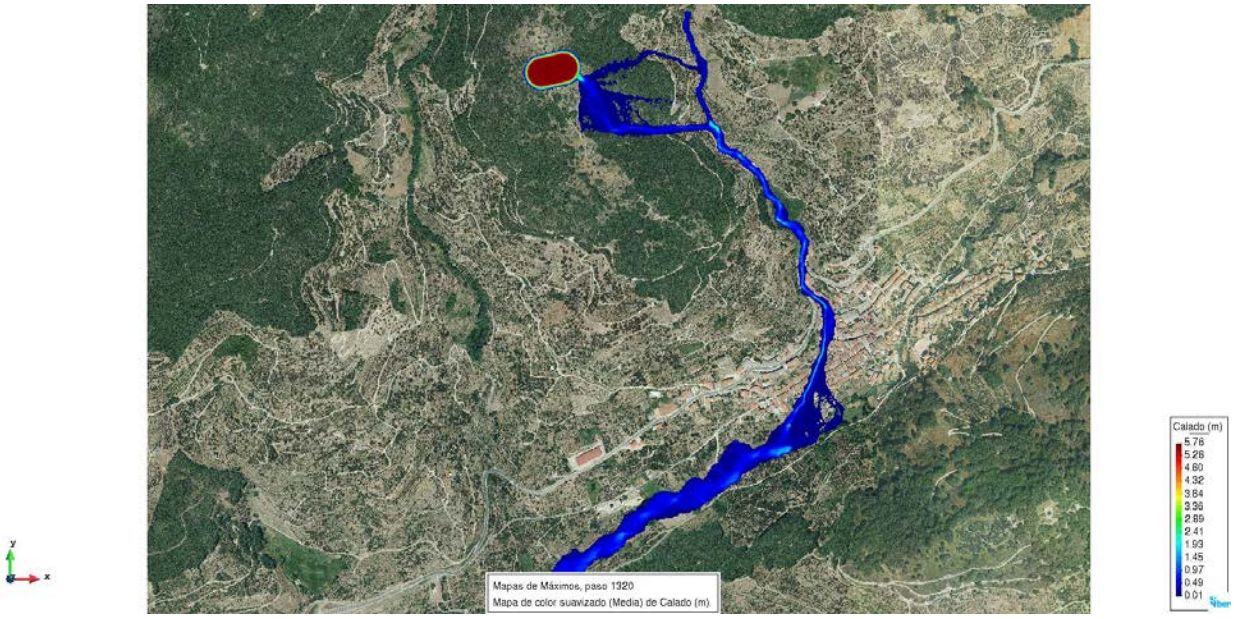
Calados máximos

Velocidades máximas

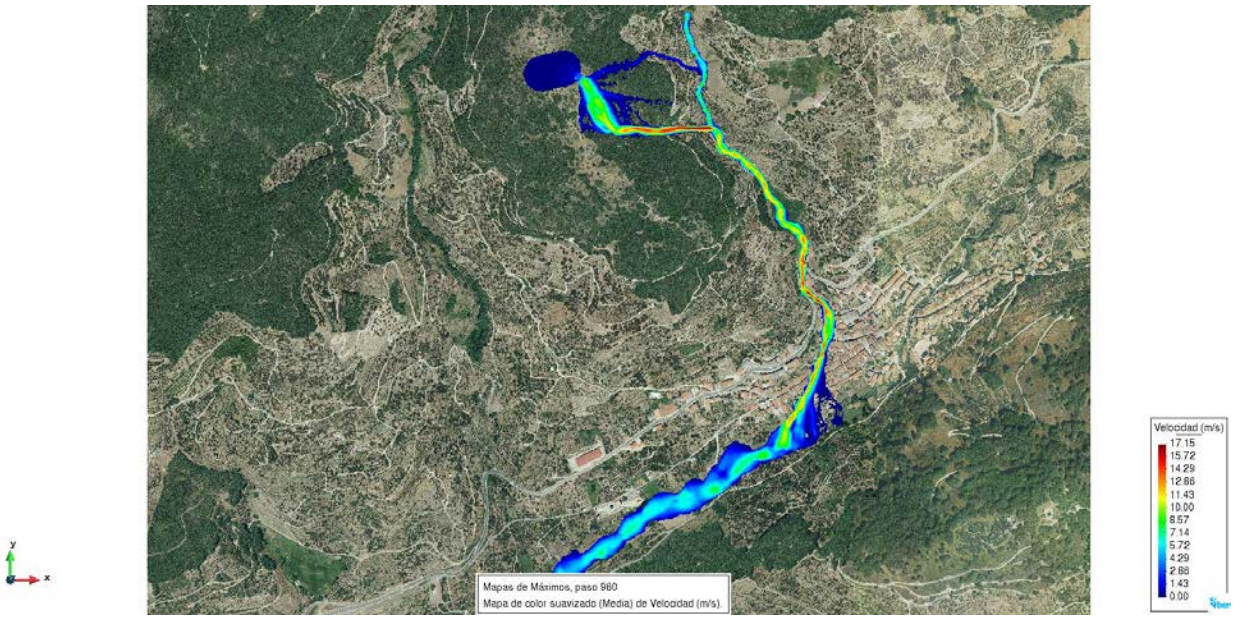


HIPÓTESIS H2: AVENIDA Y ROTURA

Calados máximos



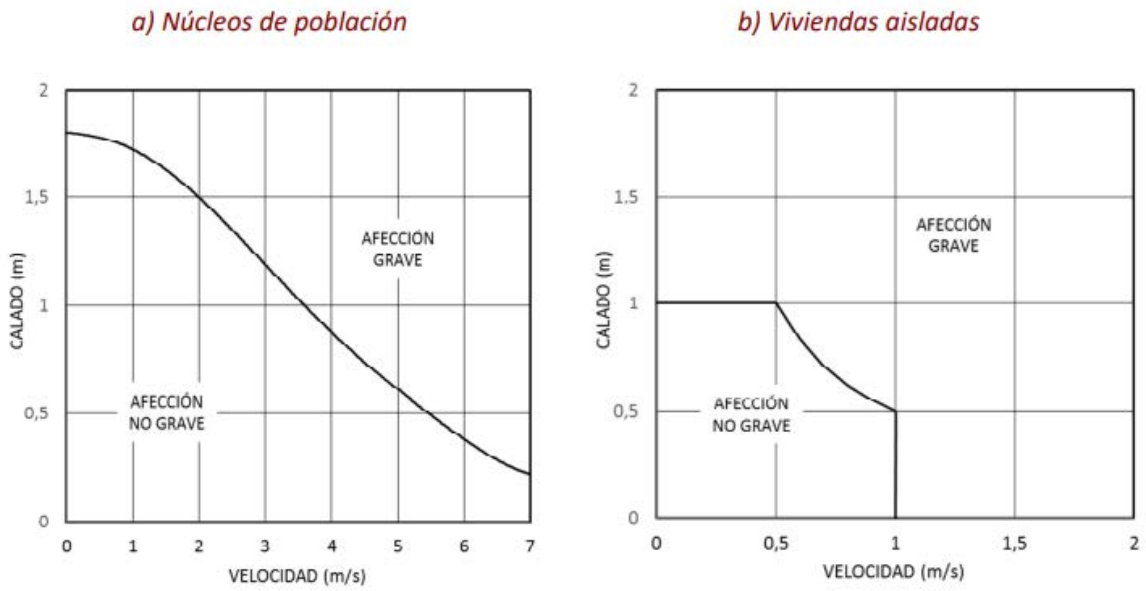
Velocidades máximas



7.5.3 Análisis de las afecciones

AFECCIÓN A NÚCLEOS DE POBLACIÓN O VIVIENDAS AISLADAS

Se considera afección grave a una vivienda aquella que represente riesgo para las vidas de sus habitantes. La asignación del calificativo "grave" se efectuará en función del calado y la velocidad de la onda de rotura en el punto de afección, de acuerdo a los criterios recogidos en la figura adjunta:



Se asignará la categoría A cuando se produzca la afección grave a más de cinco viviendas y la categoría B cuando se produzca afección grave a un número comprendido entre 1 y 5 viviendas.

Se entenderá como afección grave a un núcleo urbano aquella que afecte a más de cinco (5) viviendas habitadas y represente riesgo para las vidas de los habitantes, en función del calado y la velocidad de onda.

En las hipótesis sobre el Arroyo Calvarrasa no se afecta a ningún núcleo de población ni a viviendas aisladas, por tanto, se evaluarán como tales.

En las hipótesis sobre el Arroyo del Cubo, al cruzar el núcleo poblacional de Tornavacas, para la evaluación de las afecciones ocasionadas se empleará la figura (a) de los gráficos anteriores.

Hipótesis H2: Rotura con avenida

Máximo calado

Máxima velocidad

En la zona urbana se han comprobado las siguientes estructuras de paso de la avenida:

Paso bajo la carretera nacional:

Características:

Ancho: 4,5 m

Altura: 3 m

Pendiente: 20 %

Paso en calle Gargantilla del Cubo:

Características:

Ancho: 3 m

Altura: 3 m

Pendiente: 25 %

Paso Templete de la Puentecilla:

Características:

Ancho: 5 m

Altura: 3 m

Pendiente: 22 %

Camino del Bancaro:

Características:

Ancho: 5 m

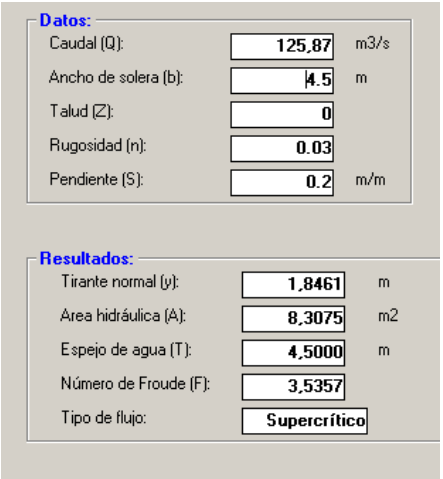
Altura: 3 m

Pendiente: 22 %

El caudal máximo que circula en la situación más desfavorable es de 125,87 m^3/s que se corresponde con la rotura de balsa y máxima avenida.

Se comprueba la capacidad hidráulica de cada estructura, se considera un coeficiente de Manning en roca con un valor de 0,030 obteniéndose los siguientes resultados:

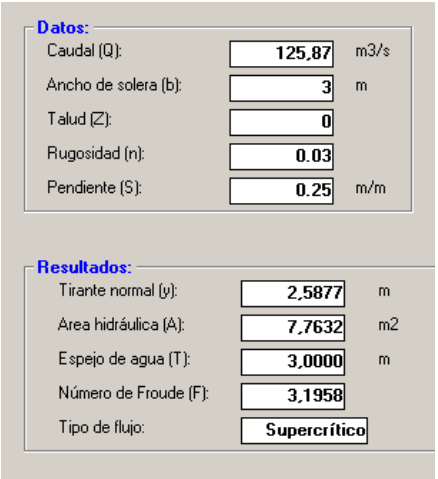
Paso bajo la carretera nacional:



Datos:		
Caudal (Q):	125,87	m3/s
Ancho de solera (b):	4.5	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.03	
Pendiente (S):	0.2	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	1,8461	m
Area hidráulica (A):	8,3075	m2
Espejo de agua (T):	4,5000	m
Número de Froude (F):	3,5357	
Tipo de flujo:	Supercrítico	

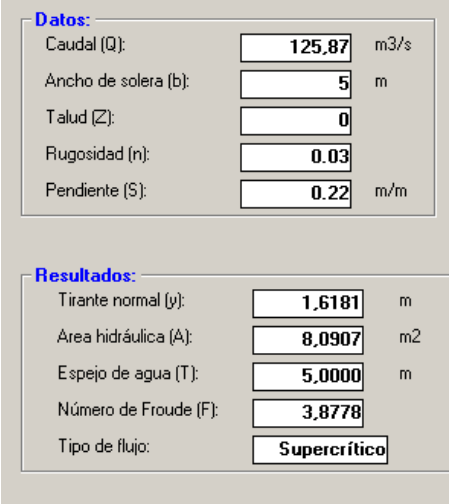
Paso en calle Gargantilla del Cubo:



Datos:		
Caudal (Q):	125,87	m3/s
Ancho de solera (b):	3	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.03	
Pendiente (S):	0.25	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	2,5877	m
Area hidráulica (A):	7,7632	m2
Espejo de agua (T):	3,0000	m
Número de Froude (F):	3,1958	
Tipo de flujo:	Supercrítico	

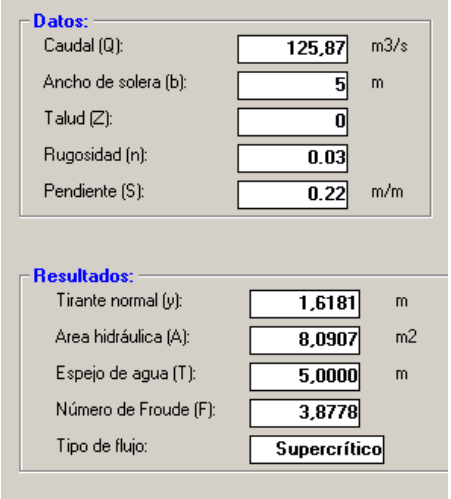
Paso Templete de la Puentecilla:



Datos:		
Caudal (Q):	125,87	m3/s
Ancho de solera (b):	5	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.03	
Pendiente (S):	0.22	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	1,6181	m
Area hidráulica (A):	8,0907	m2
Espejo de agua (T):	5,0000	m
Número de Froude (F):	3,8778	
Tipo de flujo:	Supercrítico	

Camino del Bancaro:



Datos:		
Caudal (Q):	125,87	m3/s
Ancho de solera (b):	5	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.03	
Pendiente (S):	0.22	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	1,6181	m
Area hidráulica (A):	8,0907	m2
Espejo de agua (T):	5,0000	m
Número de Froude (F):	3,8778	
Tipo de flujo:	Supercrítico	

Con lo que no se va a producir afección al núcleo urbano siempre que las estructuras se mantengan con las dimensiones y los parámetros establecidos.

SERVICIOS ESENCIALES

De acuerdo con la Guía Técnica, se entenderá como servicio esencial aquél que sea indispensable para el desarrollo de las actividades y económicas normales del conjunto de la población y del que dependan, al menos, del orden de 10.000 habitantes. Dentro de la tipología.

De servicios esenciales se encuentran las correspondientes a abastecimiento y saneamiento, suministro de energía, sistema sanitario, sistema de comunicaciones y transporte.

Se considerará como afección grave aquella que no puede ser reparada de forma inmediata, impidiendo permanentemente y sin alternativa el servicio, como consecuencia de los potenciales daños derivados del calado y velocidad de la onda.

No se ven afectados servicios esenciales.

DAÑOS MATERIALES

Se entiende como daños materiales aquellos, soportados por terceros, cuantificables directamente en términos económicos, sean directos (destrucción de elementos) o indirectos (reducción de la producción, por ejemplo).

Los daños materiales se evaluarán en función de las siguientes categorías:

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

La evaluación de los daños materiales potenciales a efectos de clasificación estará en la práctica, en la mayor parte de ocasiones, asociada a los restantes aspectos. Solamente en casos muy concretos y dudosos puede tener cierta relevancia para la clasificación.

Para abordar estos casos, se presentan en el cuadro siguiente criterios orientativos de clasificación de los daños materiales, criterios que, en todo caso, han de ser consideradas conjuntamente con los valores de calados y velocidades asociados a la onda de rotura

CLASIFICACION DE LOS DAÑOS MATERIALES

ELEMENTO	DAÑOS POTENCIALES		
	MODERADOS	IMPORANTES	MUY IMPORTANTES
Industrias y polígonos industriales y propiedades rústicas [1]	nº de instalaciones < 10	10 < nº de instalaciones < 50	nº de instalaciones > 50
Cultivos de secano	Superficie < 3.000 Has	3.000Has < superficie < 10.000Has	Superficie > 10.000 Has
Cultivos de regadío	Superficie < 1.000 Has	1.000Has < superficie < 5.000Has	Superficie > 5.000 Has
Carretera		Red general de las CC.AA. u otras redes de importancia equivalente	Red general del estado y red básica de las CC.AA.
Ferrocarriles		ff.cc. vía estrecha	ff.cc. vía ancha y alta velocidad

Figura 16. Clasificación de los daños materiales.
Fuente. Guía de Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial

En relación a los posibles daños ocasionados a los cultivos, al producirse tanto la avenida como la rotura, las zonas cultivadas adyacentes al arroyo no se ven afectadas. Luego las afecciones por esta causa son prácticamente nulas. Según la figura 16, los daños potenciales son moderados.

En cuanto a carreteras, no afectan en ninguno de los escenarios (H0, H1 y H2) a ninguna carretera comarcal, ni nacional, en el momento de la avenida máxima Según el cuadro adjunto "Clasificación de los Daños materiales" los daños potenciales son considerados moderados.

	H0	**H1**	**H2**
Cultivos	Daños potenciales Moderados		
Carretera	Sin afección	Sin afección	Sin afección

Tabla 5. Afecciones según Daños Materiales

DAÑOS MEDIOAMBIENTALES

Se incluyen en este apartado las afecciones negativas sobre los parámetros puramente ambientales como sobre las referencias histórico-artística y culturales.

Se considerarán como elementos susceptibles de sufrir daño medio ambiental únicamente aquellos elementos o territorios que gocen de alguna figura legal de protección a nivel estatal o autonómico (bien de interés cultural, parque nacional, parque natural, etc.)

A efectos de evaluación de la importancia de los daños se diferenciará entre elementos integrados en el patrimonio histórico – artístico y lo puramente medioambientales.

La importancia de los daños a los bienes de interés cultural se establecerá en función de las características hidráulicas de la inundación (calado y velocidad) en relación con la posibilidad de destrucción o daño irreversible y siempre referido a bienes de interés cultural, definidos de acuerdo con lo establecido en la ley 16/85 de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español.

Únicamente se considerarán como daños medioambientales aquellos que sean sensiblemente distintos de los asociados al régimen hidráulico natural, estableciendo como daños muy importantes aquellos que tengan la consideración de irreversibles y críticos, mientras que se considerarán importantes aquellos severos que tengan asimismo el carácter de irreversible, según terminología utilizada en el RD. 1131/88 de 30 de septiembre por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D. Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.

No se producen daños al Patrimonio Histórico Español.

En lo referente a posibles daños medioambientales:

Zona de especial conservación (LIC) "Sierra de Gredos y Valle del Jerte". La balsa se localiza en el espacio incluido en la Red Natura 2000: Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) "Sierra de Gredos y Valle del Jerte ".

Área de alta montaña al noreste de la provincia de Cáceres, haciendo frontera con Salamanca y un fragmento de Ávila. Incluye el valle del Jerte y el del Ambroz, así como la parte más occidental del Sistema Central, la Sierra de Gredos. La zona está delimitada al oeste por el valle del río Alagón, al norte por las abruptas zonas del sureste de Salamanca. Al sur su límite se encuentra en las zonas más bajas de las comarcas de La Vera y Valle del Jerte. La altitud de la zona varía desde los 800 m. s. n. m. hasta superar ampliamente los 2000 metros en las cumbres más norteñas de este espacio. Se encuentra unido por medio del río Tiétar al Parque Natural de Monfragüe. Un total de 37 elementos referidos en la Directiva se encuentran representados en dicho enclave. De ellos 17 son hábitats y 20 se corresponden con taxones del Anexo II. Sin lugar a dudas es el Espacio Protegido que mejor responde a los criterios de la Directiva Hábitats, incluyendo toda la superficie que es necesaria cubrir para un gran número de hábitats y taxones. Tal es el caso de los siguientes hábitats: Vegetación flotante de Ranunculus, Brezales oromediterráneos, Formaciones de Genista purgans de montaña, Fruticidas y arboledas de Juniperus, Prados ibéricos silíceos de Festuca indigesta, Turberas de cobertura, Desprendimientos mediterráneos occidentales, Pastos pioneros de superficies rocosas, Robledales galaicos-portugueses, Bosques de castaños. Entre los taxones igualmente bien representados están: dentro de los invertebrados Cerambyx cerdo, Coenagrion mercuriale, Euphydryas aurinia, Gomphus graslini y Lucanus cervus; dentro de los mamíferos se encuentran Galemys pyrenaicus y Microtus cabrerae, existen hasta cinco taxones de peces, dos especies de lagartos, Lacerta schreiberi y Lacerta monticola y galápagos como Mauremys leprosa. Asímismo se encuentran entre los taxones vegetales a Festuca elegans, Isoetes velatum, Festuca summilusitanica, Veronica micrantha y Narcissus pseudonarcissus nobilis.

El flujo producido por la rotura de la balsa circula por esta zona hasta llegar al cauce receptor (rio Jerte), siendo, las posibles áreas afectadas, áreas cultivadas.

ORDEN DE ANALISIS POR TIPO DE DAÑO	A MUY IMPORTANTES	B IMPORTANTES	C MODERADOS
Núcleos urbanos, viviendas y vidas humanas	Núcleo urbano	nº reducido de viviendas	no viviendas
	ó equivalente	ó equivalente	incidental
	10 edificaciones		
	>50 habitantes		
	más de 5 viviendas	1 a 5 viviendas	
	Riesgo vidas humanas en fc(calado,velocidad)	probabilidad de presencia	presencia no previsible
Servicios esenciales	**Abastecimiento, saneamiento, energía, sanidad, comunicaciones, transporte. dependen de él al menos 10.000 habitantes**		
	Grave alguno	alguno significativamente	leve
	Imposibilidad de reparación y sin alternantiva		
Daños materiales	**Industrias, polígonos industriales y propiedades rústicas**		
	nº de instalaciones > 50	50 > nº de instalaciones > 10	nº de instalaciones < 10
	Cultivos de secano		
	Superficie > 10.000 Ha	3.000 Ha < Superficie < 10.000 Ha	Superficie < 3.000 Ha
	Cultivos de regadío		
	Superficie > 5.000 Ha	1.000 Ha < Superficie < 5.000 Ha	Superficie < 1.000 Ha
	Carreteras		
	Red general del Estado y red básica C.C.A.A:	Red general C.C.A.A.	
	Ferrocarriles		
	f.f.c.c. vía ancha	f.f.c.c. vía estrecha	
Daños medioambientales	Elementos o territorios dotados de alguna figura legal de protección a nivel estatal o autonómico o está en procedimiento administrativo		
	Elementos del patrimonio histórico artístico		
	Destrucción o daño irreversible	daños reversibles	
	Elementos medioambientales		
	Irreversibles	Daños reversibles	
Casos singulares	**Combinaciones no tipificables, caracterizadas por su alto riesgo (Centrales Nucleares, Plantas de Productos Contaminantes)**		
	Riesgo cierto vidas humanas	Probabilidad incidental	Perdida de vidas no previsible

Tabla 6. Afecciones según Tipo de Daño

En base a lo expuesto anteriormente, se considera que los daños medioambientales producidos no son significativos, puesto que las posibles afecciones que se producen se dan en zonas cultivadas, a pesar de estar incluidas en áreas protegidas.

7.6 Propuesta de clasificación

En función del riesgo potencial que pueda derivarse de la posible rotura, y según se establece en la Directriz Básica y en el Reglamento Técnico, esta presa deberá clasificarse en alguna de las siguientes categorías:

- **Categoría A**, corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o a servicios esenciales, o producir daños materiales o medio ambientales muy importantes.

- **Categoría B**, corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medio ambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas. Puede afectar solo de manera no grave a alguno de los servicios esenciales de la comunidad.

- **Categoría C**, corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. Puede afectar solo de manera no grave a alguno de los servicios esenciales de la comunidad y daños medio ambientales poco importantes o moderados. En todo caso a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A ó B.

A partir de los resultados obtenidos se han dibujado las líneas de inundación y se han detectado las zonas afectadas por la posible rotura de la balsa. En nuestro caso la posible afección a la población más cercana, Tornavacas por la gran importancia que ello supondría. Sin embargo, de acuerdo con la orografía del terreno la balsa rompería o hacia el arroyo Calvarrasa o a la Garganta del Cubo, donde se laminaría la avenida antes de llegar a cualquier vivienda o población de la población más cercana.

En la siguiente tabla se valora la clasificación propuesta, según cada uno de los criterios a tener en cuenta.

Aspecto a analizar	***Clasificación***
Riesgo potencial a vidas humanas. Población en Riesgo	C
Afecciones a servicios esenciales	C
Daños materiales	C
Daños medioambientales	C

Tabla 7. Aspectos a analizar

Puesto que no se producen daños con relación a los servicios esenciales, más concretamente, a la red viaria y teniendo en cuenta las justificaciones expuestas, se propone clasificar la balsa como **Categoría C.**

ANEXO 1: Simulación IBER

8 Simulación IBER

8.1 Introducción

El estudio de la rotura de la balsa se ha realizado utilizando varios programas. Partimos de un documento de ArcGis para transformar el modelo digital del terreno (MDT) en un formato compatible con Iber.

Una vez tenemos el formato compatible, se procedió a la introducción de datos iniciales y condiciones de contorno, para llevar a cabo la modelización hidráulica.

8.2 Orografía del terreno

La orografía del terreno, se ha obtenido de un MDT con paso de malla 5X5 metros obtenidos del Centro de Descargas del CNIG, que ha sido combinado con otro MDT característico de la balsa con paso de malla 1x1, metros.

A continuación, se ha transformado en formato ASCII con el programa ArcGis para poder trabajar con este modelo en el software de modelización hidráulica.

Una vez en formato ASCII, el MDT se ha utilizado para crear la geometría de estudio. A partir de esta se ha generado una malla de 10x10 m a excepción de la balsa, representada por una malla más densa, la cual servirá como base de terreno para realizar el cálculo del flujo.

Con el objetivo de optimizar los tiempos del cálculo se ha recortado el MDT ajustándose a la zona de estudio.

8.3 Condiciones de contorno

En cuanto a las condiciones de entrada, se le ha asignado el caudal de avenida de periodo de retorno 500 años.

- H0: caudal de avenida de periodo de retorno 500 años (27,01m3/s)

- H1:no procede
- H2: caudal de avenida de periodo de retorno 500 años (27,01 m3/s)

Se toma como condición de contorno de salida la supercrítica.

8.4 Condiciones iniciales

La condición inicial establecida ha sido del calado igual a cero en toda el área de estudio y se le ha asignado la cota a la que está el nivel de la balsa según el escenario estudiado.

- H0: No procede
- H1: cota NMN
- H2: Cota de coronación 1.112,00 m. Para la simulación de este escenario se ha tomado 1.110,9 m porque es la cota máxima NMN. Y por tanto, más desfavorable para el cálculo.

8.5 Parámetros empleados

Es necesario definir los parámetros que se va a emplear en la simulación. Esto se hará en el módulo del Preproceso.

Los datos del problema a emplear son los siguientes:

PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	
Parámetro	**Valor**
Instante inicial	0
Tiempo máximo de simulación	7200
Intervalo de resultados	60
Condiciones de contorno	Flujo supercrítico/crítico
Condiciones iniciales	Vaso de la Balsa, cota 1.110,9
	En el resto del terreno, calado 0
Rugosidad	0,025
Brecha	Trapecial
Tipo	Según la Guía Técnica
Cota cresta (m)	1.112,00
Cota de fondo (m)	1.105,3
Volumen de embalse (hm3)	0,075

MDT	ING paso de malla 2
Malla	Estructurada
Tamaño mínimo de malla (m)	0,5
Tamaño máximo de malla (m)	1,00
Límite Seco - Mojado	0,01

Tabla 8. Parámetros de simulación

8.6 Rugosidad

La rugosidad asignada en el área de estudio ha sido de 0,025, tanto en el curso del Arroyo estudiado como en el área restante, puesto que, de esta manera, el escenario producido para simulación de la onda de rotura es más favorable y, por tanto, está más del lado de seguridad a la hora de interpretar los resultados.

En la zona del tramo urbano en canal para el caso del Arroyo de la Garganta del Cubo se ha adoptado 0,018.

8.7 Cálculo hidráulico

Para realizar la simulación, una vez asignados todos los valores, es necesario mallar la superficie. Se ha optado por generar una malla con mayor densidad en la zona de la balsa.

8.8 Resultados

Los resultados obtenidos, en cuanto a calados y velocidades máximas, están representados en los planos del Anexo 1.

ANEXO 1: PLANOS

INDICE DE PLANOS

Arroyo Calvarrasa:

Planos 2.1 y 2.2 representan los valores de calado, velocidad para **H0**

Planos 3.1 y 3.2 representan los valores de calado, velocidad para **H1**

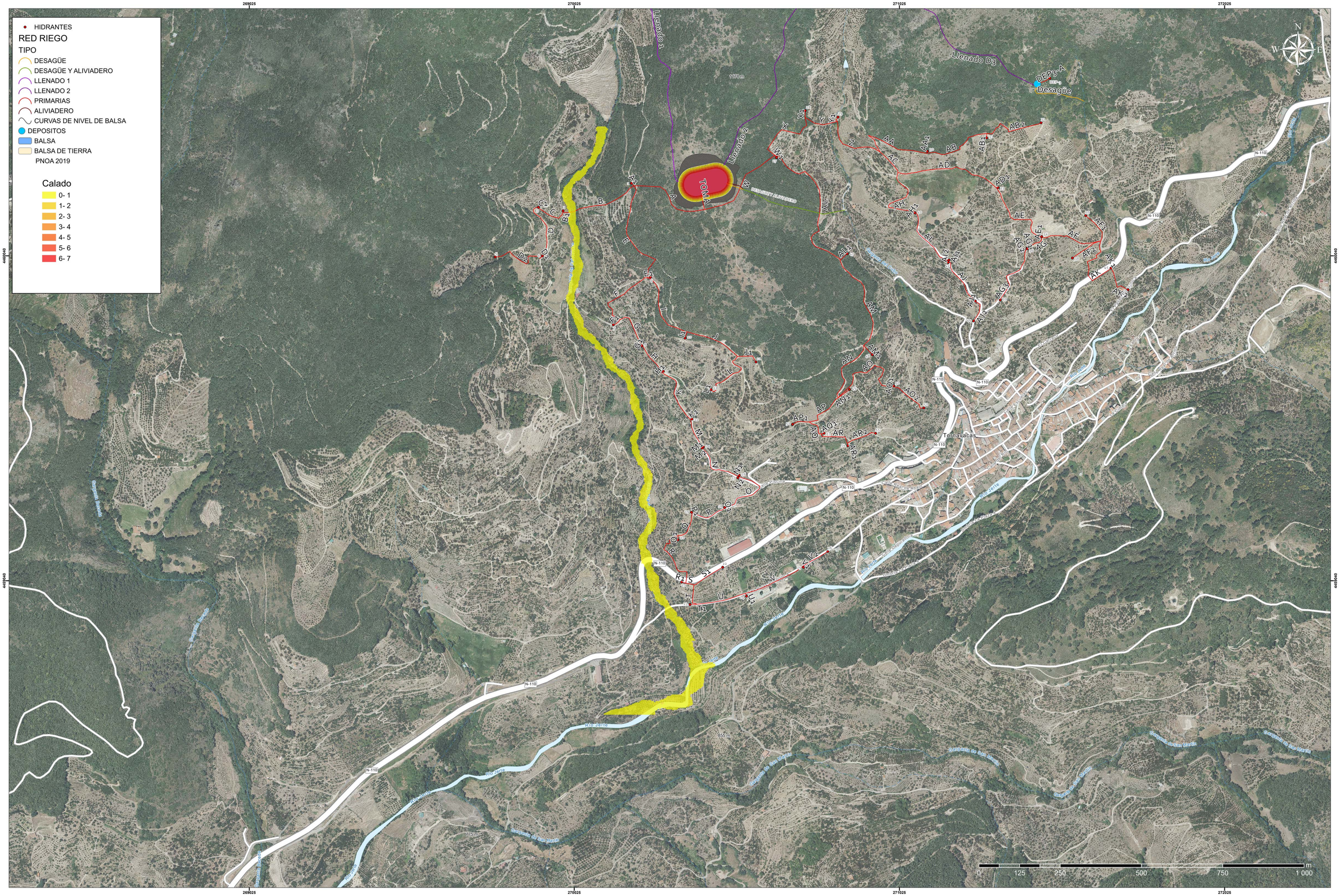
Planos 4.1 y 4.2 representan los valores de calado, velocidad para **H2**.

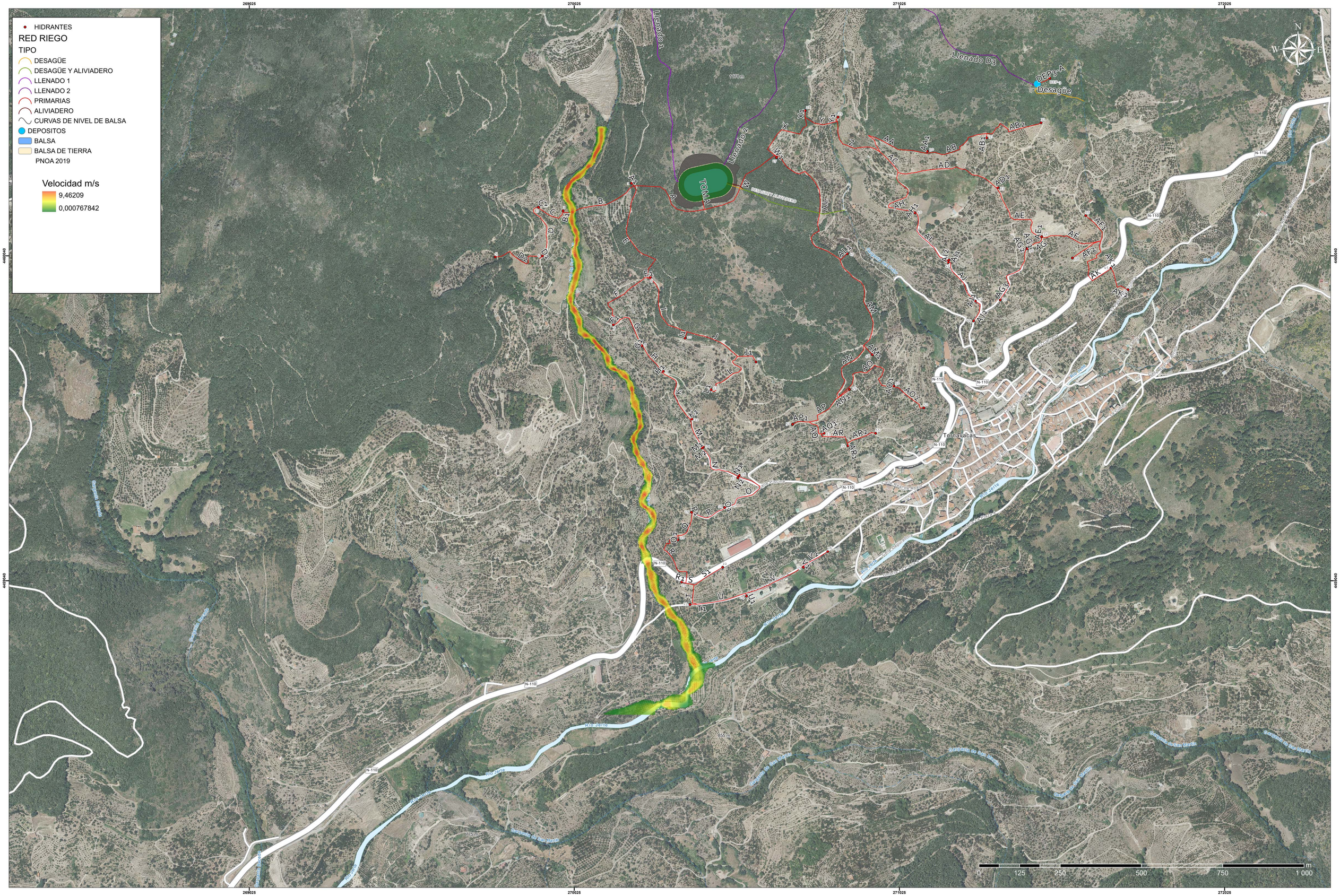
Arroyo Garganta del Cubo:

Planos 2.1 y 2.2 representan los valores de calado, velocidad para **H0**

Planos 3.1 y 3.2 representan los valores de calado, velocidad para **H1**

Planos 4.1 y 4.2 representan los valores de calado, velocidad para **H2**.


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Calado
0- 1
1- 2
2- 3
3- 4
4- 5
5- 6
6- 7
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Río Malvecino
Río Malvecino
Río Jaraíz
Río Jaraíz
Río Jaraíz



Etrs89 UTM 30N

Esri Community Maps Contributors, Dirección General de Catastro, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN — seiasa

JUNTA DE EXTREMADURA — Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio — UNIÓN EUROPEA — Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES).

Escala: 1:5 000

Fecha: ENERO 2023

Autor del Proyecto:

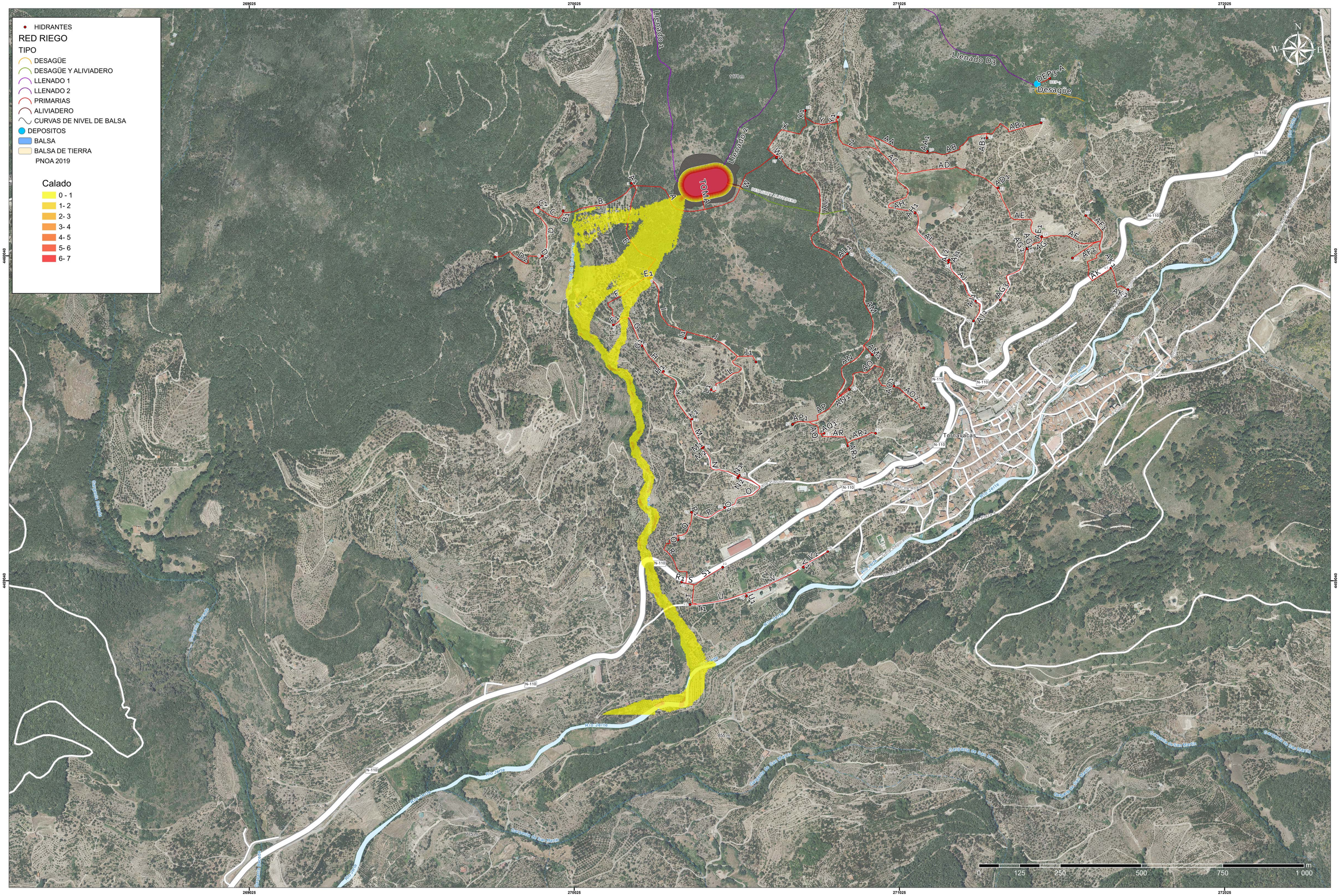
Tragsatec — D. Antonio Luque Palma, Ingeniero Agrónomo

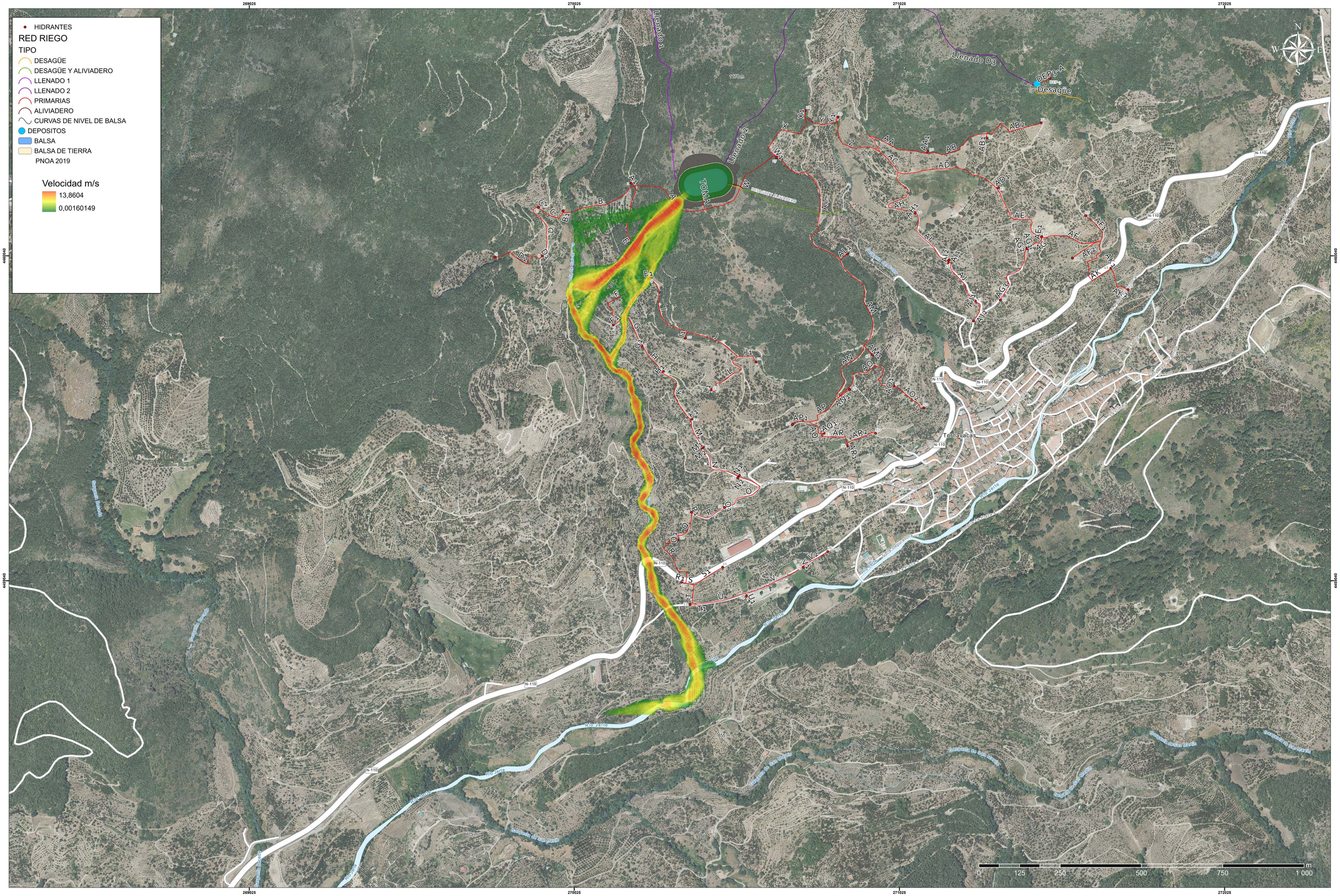
D. Juan Antonio Robledo Olmo, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Colegiado nº:15.392

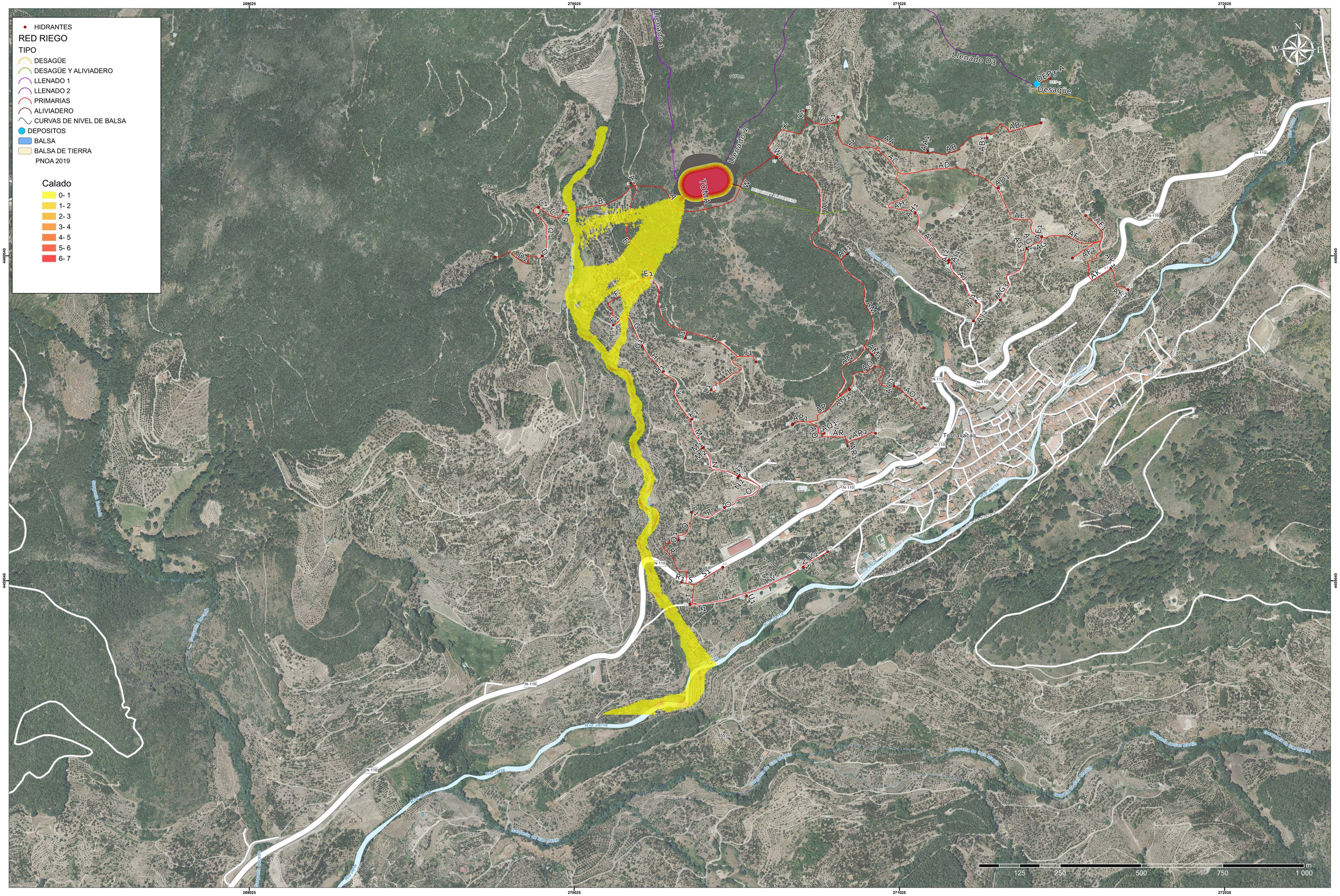
PLANO: Valores de Velocidad H0

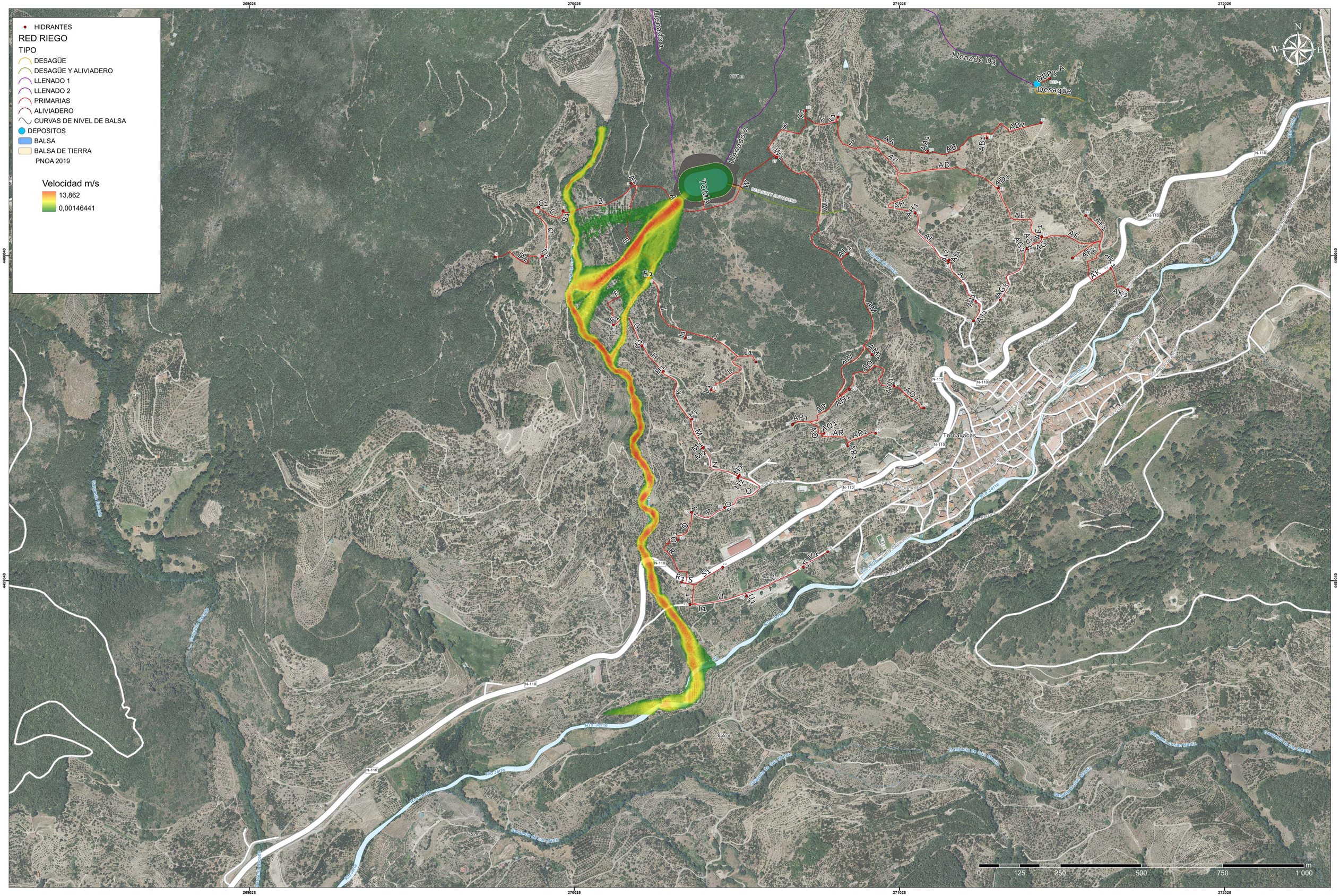
Nº plano 2.2

Hoja nº: 1 de 1


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Calado
0 - 1
1- 2
2- 3
3- 4
4- 5
5- 6
6- 7
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Río Malvas
Río Malvas
Río Jaraíz
Río Jaraíz
Arroyo de Malvas
Arroyo de Malvas
Arroyo de Malvas
Arroyo de Malvas
Arroyo de San Martín
Arroyo de San Martín
Arroyo de San Martín


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Velocidad m/s
13,8604
0,00160149
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Río Malvecino
Río Cuerpo de Hombre
Río Rubio
Río Ladera
Río Cabrera
Arroyo de Cabrera
Arroyo de Malvecino
Arroyo de Cuerpo de Hombre
Arroyo de Rubio
Arroyo de Ladera
Arroyo de Cabrera
Arroyo de Jerte
Arroyo de San Martín
Cuerpo de San Martín
Cuerpo de San Martín
Cuerp


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Calado
0- 1
1- 2
2- 3
3- 4
4- 5
5- 6
6- 7
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Río Malvas
Río Malvas
Río Jaraíz
Río Jaraíz
Arroyo de la Garganta
Arroyo de la Garganta
Arroyo de la Garganta


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Velocidad m/s
13,862
0,00146441
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Río Malvas
Río Cuerpo
Río Cuerpo de Hombre
Garganta de San Martín
Garganta Blanca
Garganta Grande
Garganta Ancha
Garganta Cabrera
Garganta de Tornavacas
Garganta del Cerezo
Garganta Rincón
Garganta Rincón de Tornavacas
Garganta Rincón de Tornavacas
Garganta Rincón de Tornavacas

Etrs89 UTM 30N

Esri Community Maps Contributors, Dirección General de Catastro, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN — seiasa

JUNTA DE EXTREMADURA — Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio — UNIÓN EUROPEA

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES).

Escala: 1:5 000

Fecha: ENERO 2023

Autor del Proyecto:

Tragsatec

D. Antonio Luque Palma
Ingeniero Agrónomo

D. Juan Antonio Robledo Olmo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº:15.392

PLANO: Valores de Calado H0

Nº plano 2.1

Hoja nº: 1 de 1

Etrs89 UTM 30N

Esri Community Maps Contributors, Dirección General de Catastro, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN — seiasa

JUNTA DE EXTREMADURA — Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio — UNIÓN EUROPEA

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES).

Escala: 1:5 000

Fecha: ENERO 2023

Autor del Proyecto:

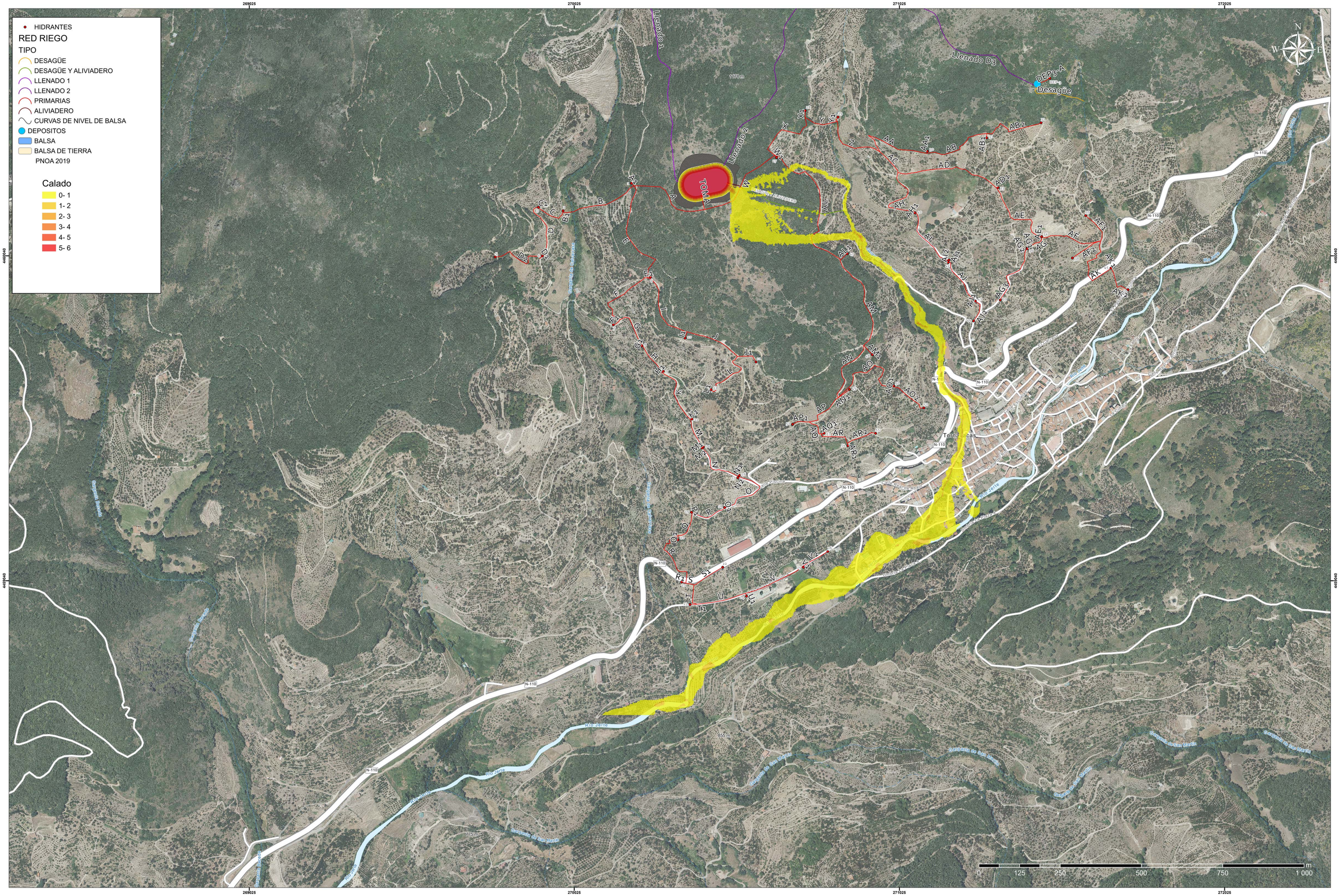
Tragsatec — D. Antonio Luque Palma, Ingeniero Agrónomo

D. Juan Antonio Robledo Olmo, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Colegiado nº:15.392

PLANO: Valores de Velocidad H0

Nº plano 2.2

Hoja nº: 1 de 1



Etrs89 UTM 30N

Esri Community Maps Contributors, Dirección General de Catastro, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN — seiasa

JUNTA DE EXTREMADURA — Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio — UNIÓN EUROPEA

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES).

Escala: 1:5 000

Fecha: ENERO 2023

Autor del Proyecto:

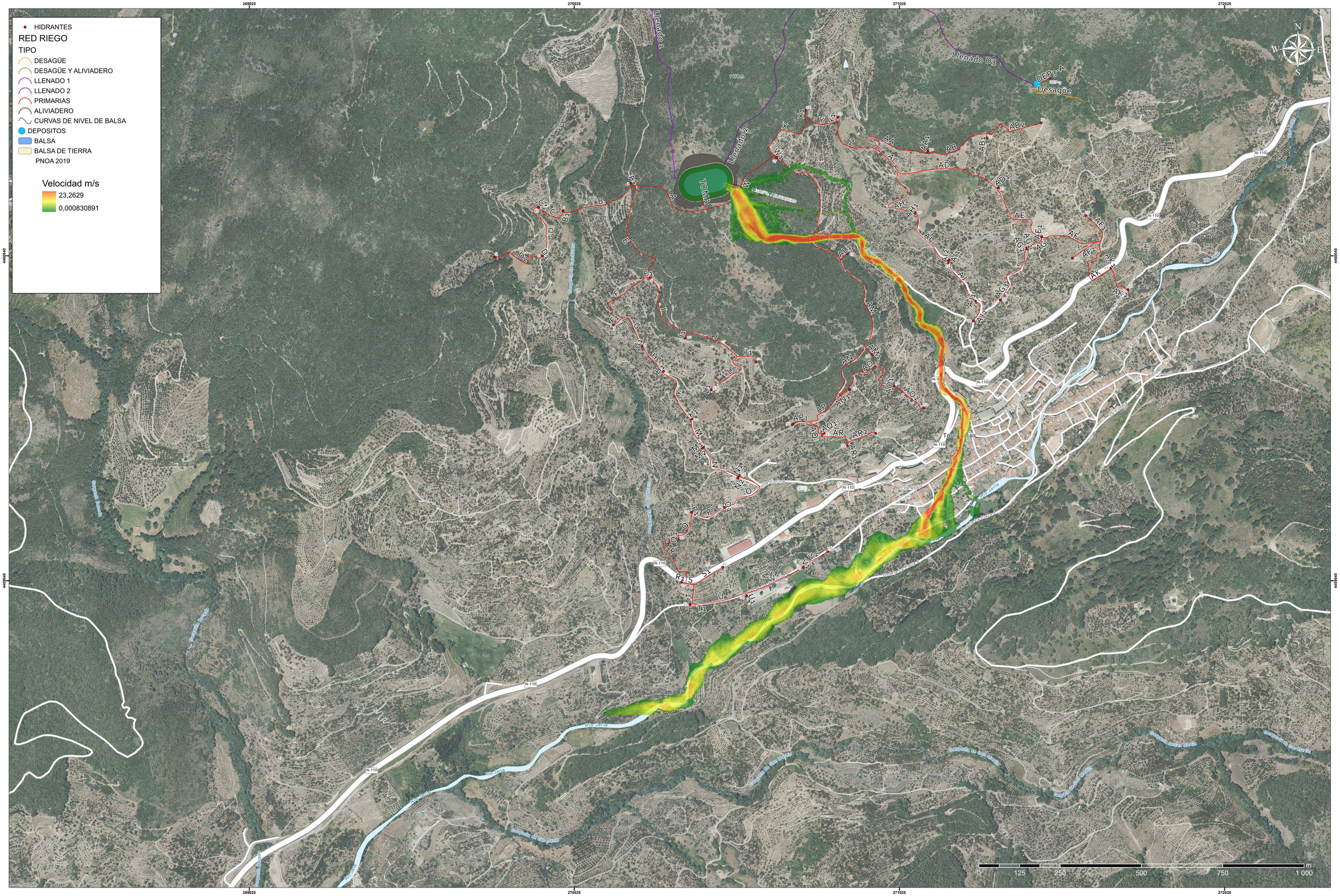
Tragsatec — D. Antonio Luque Palma, Ingeniero Agrónomo

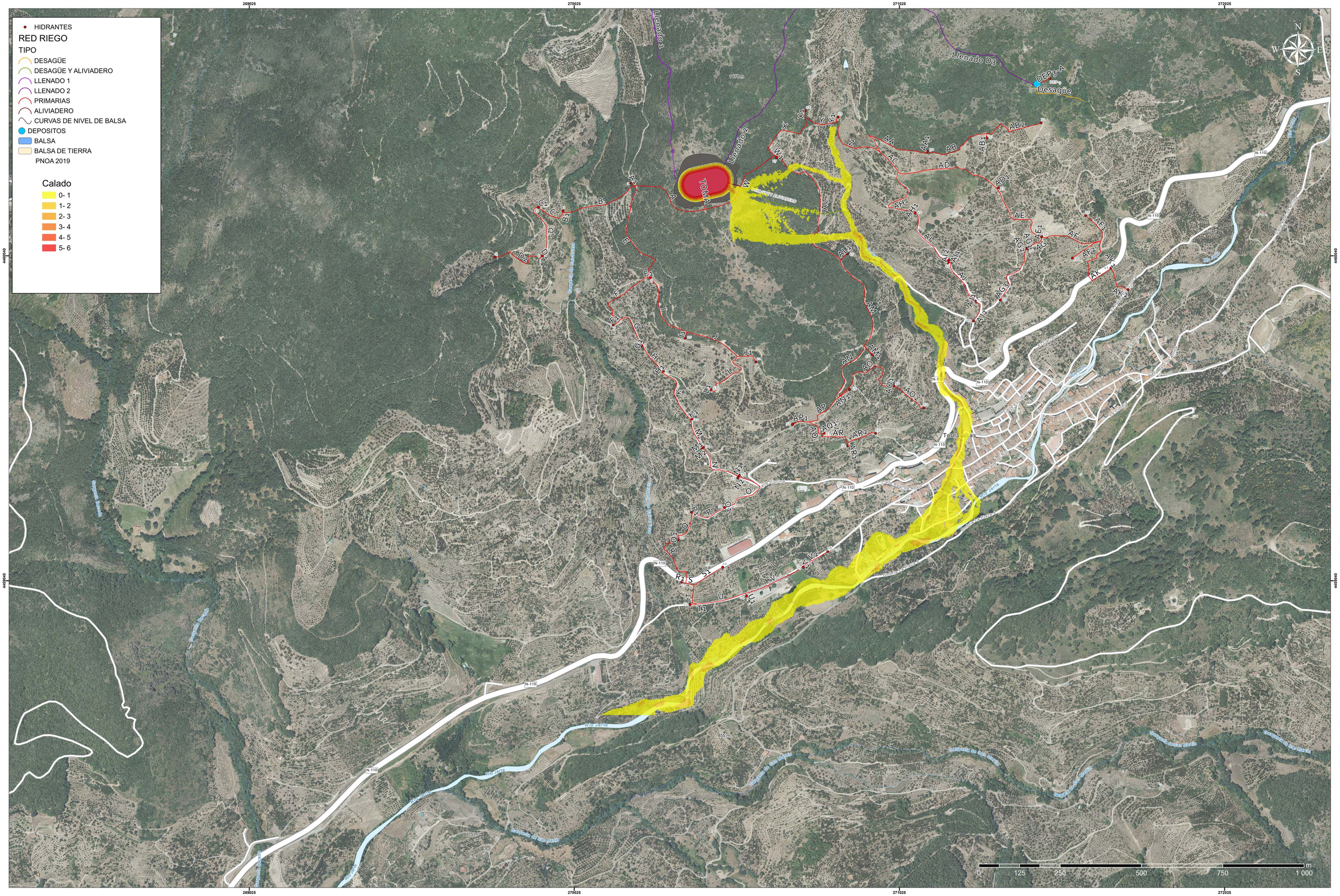
D. Juan Antonio Robledo Olmo, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Colegiado nº:15.392

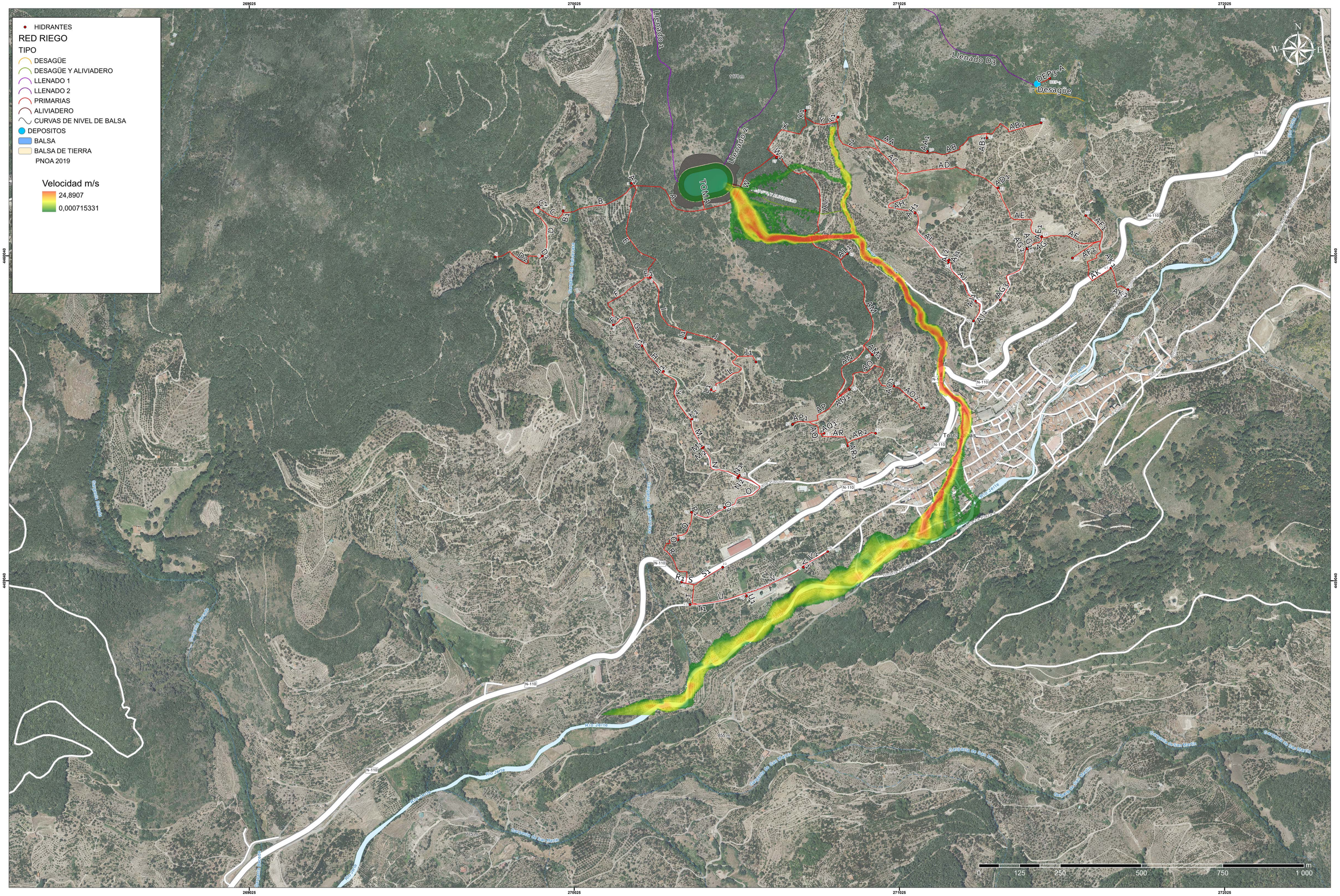
PLANO: Valores de Calado H1

Nº plano 3.1

Hoja nº: 1 de 1


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Velocidad m/s
23,2629
0,000830891
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Río Jaraíz
Arroyo de Valdeiglesias
Arroyo de Tornavacas
Arroyo de San Martín
Arroyo de Las Cruces
Arroyo de Las Cruces
Arroyo de Las Cruces


HIDRANTES
RED RIEGO
TIPO
DESAGÜE
DESAGÜE Y ALIVIADERO
LLENADO 1
LLENADO 2
PRIMARIAS
ALIVIADERO
CURVAS DE NIVEL DE BALSA
DEPOSITOS
BALSA
BALSA DE TIERRA
PNOA 2019
Calado
0- 1
1- 2
2- 3
3- 4
4- 5
5- 6
TOMA
Llenado 1
Llenado 2
Llenado D3
DEP3-A
Desagüe
Tornavacas
N-110
Río Jerte
Arroyo de Santa María
Arroyo de San Martín
Arroyo de Cabezuela
Arroyo Grande
Arroyo Blanco
Arroyo Bueno
Arroyo Seco
Arroyo Frío
Arroyo Cerrado
Arroyo Cerrado
Arroyo de Las Cruces
Arroyo de Las Cruces
Arroyo de Las Cruces



Etrs89 UTM 30N

Esri Community Maps Contributors, Dirección General de Catastro, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN — seiasa

JUNTA DE EXTREMADURA — Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio — UNIÓN EUROPEA

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES).

Escala: 1:5 000

Fecha: ENERO 2023

Autor del Proyecto:

Tragsatec — D. Antonio Luque Palma, Ingeniero Agrónomo

D. Juan Antonio Robledo Olmo, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Colegiado nº:15.392

PLANO: Valores de Velocidad H2

Nº plano 4.2

Hoja nº: 1 de 1

ANEXO 2: RESULTADOS CÁLCULO ESTRUCTURAL

ÍNDICE

1. VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA..... 2

2. DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA..... 2

3. NORMAS CONSIDERADAS..... 2

4. ACCIONES CONSIDERADAS..... 2
   4.1. Gravitatorias..... 2
   4.2. Viento..... 2
   4.3. Sismo..... 2
   4.4. Hipótesis de carga..... 2
   4.5. Leyes de presiones sobre muros..... 2

5. ESTADOS LÍMITE..... 3

6. SITUACIONES DE PROYECTO..... 3
   6.1. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)..... 3
   6.2. Combinaciones..... 4

7. DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS..... 5

8. DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS..... 5
   8.1. Muros..... 5

9. LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN..... 6
   9.1. Losas de cimentación..... 6

10. MATERIALES UTILIZADOS..... 6
   10.1. Hormigones..... 6
   10.2. Aceros por elemento y posición..... 6
      10.2.1. Aceros en barras.....6
      10.2.2. Aceros en perfiles..... 6

1. VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2023
Número de licencia: 120010

2. DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: Arqueta desagüe
Clave: Arqueta

3. NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: Código Estructural
Aceros conformados: CTE DB SE-A
Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A
Categoría de uso: A. Zonas residenciales

4. ACCIONES CONSIDERADAS

4.1. Gravitatorias

Planta	S.C.U (kN/m²)	Cargas muertas (kN/m²)
Forjado 1	2.0	2.0
Cimentación	2.0	2.0

4.2. Viento

Sin acción de viento

4.3. Sismo

Sin acción de sismo

4.4. Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso	
Adicionales	Referencia	Naturaleza
	H 1	Empujes del terreno

4.5. Leyes de presiones sobre muros

Empujes del terreno			
Referencia	Hipótesis	Descripción	Muro
Empuje hasta coronación	Cargas muertas	Con relleno: Cota 0.00 m Ángulo de talud 0.00 Grados Densidad aparente 18.00 kN/m³ Densidad sumergida 11.00 kN/m³ Ángulo rozamiento interno 30.00 Grados Evacuación por drenaje 100.00 % Carga 1: Tipo: Uniforme Valor: 10.00 kN/m²	M1, M2, M3, M4

5. ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud superior a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

6. SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

6.1. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: Código Estructural
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: Código Estructural / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Empujes del terreno (H)	0.700	1.350	-	-

Tensiones sobre el terreno

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.000	-	-

Desplazamientos

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.000	-	-

6.2. Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio
CM Cargas muertas
H 1 H 1
Qa Sobrecarga de uso

- **E.L.U. de rotura. Hormigón**
- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM	H 1	Qa
1	0.800	0.800	0.700	
2	1.350	1.350	0.700	
3	0.800	0.800	0.700	1.500
4	1.350	1.350	0.700	1.500
5	0.800	0.800	1.350	
6	1.350	1.350	1.350	
7	0.800	0.800	1.350	1.500
8	1.350	1.350	1.350	1.500

- **Tensiones sobre el terreno**
- **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM	H 1	Qa
1	1.000	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000	1.000

7. DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
1	Forjado 1	1	Forjado 1	2.80	0.00
0	Cimentación				-2.80

8. DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS

8.1. Muros

- Las coordenadas de los vértices inicial y final son absolutas.
- Las dimensiones están expresadas en metros.

Datos geométricos del muro

Referencia	Tipo muro	GI- GF	Vértices Inicial	Vértices Final	Planta	Dimensiones Izquierda+Derecha=Total
M1	Muro de hormigón armado	0-1	(206.81,206.07)	(211.61,206.07)	1	0.15+0.15=0.3
M2	Muro de hormigón armado	0-1	(211.61,201.37)	(211.61,206.07)	1	0.15+0.15=0.3
M3	Muro de hormigón armado	0-1	(206.81,201.37)	(211.61,201.37)	1	0.15+0.15=0.3
M4	Muro de hormigón armado	0-1	(206.81,201.37)	(206.81,206.07)	1	0.15+0.15=0.3

Zapata del muro

Referencia	Zapata del muro	
M1	Viga de cimentación: 0.300 x 0.400 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.40 -Situaciones persistentes: 0.200 MPa -Situaciones accidentales: 0.300 MPa Módulo de balasto: 100000.00 kN/m³	Tensiones admisibles
M2	Viga de cimentación: 0.300 x 0.400 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.40 -Situaciones persistentes: 0.200 MPa -Situaciones accidentales: 0.300 MPa Módulo de balasto: 100000.00 kN/m³	Tensiones admisibles
M3	Viga de cimentación: 0.300 x 0.400 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.40 -Situaciones persistentes: 0.200 MPa -Situaciones accidentales: 0.300 MPa Módulo de balasto: 100000.00 kN/m³	Tensiones admisibles
M4	Viga de cimentación: 0.300 x 0.400 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.40 -Situaciones persistentes: 0.200 MPa -Situaciones accidentales: 0.300 MPa Módulo de balasto: 100000.00 kN/m³	Tensiones admisibles

9. LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

9.1. Losas de cimentación

Losas de cimentación	Canto (cm)	Módulo balasto (kN/m³)	Tensión admisible	
			Situaciones persistentes (MPa)	Situaciones accidentales (MPa)
Todas	40	100000.00	0.200	0.300

10. MATERIALES UTILIZADOS

10.1. Hormigones

Elemento	Hormigón	f_{ck} (MPa)	γ_c	Árido		E_c (MPa)
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	HA-35	35	1.50	Cuarcita	15	34077

10.2. Aceros por elemento y posición

10.2.1. Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (MPa)	γ_s
Todos	B 500 S	500	1.15

10.2.2. Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Acero conformado	S235	235	210
Acero laminado	S275	275	210

Armados de losas

Arqueta desagüe

Fecha: 14/05/23

Cimentación
Número Plantas Iguales: 1

Malla 1: Losa maciza

Alineaciones longitudinales
Armadura Base Inferior: 1Ø12c/25
Armadura Base Superior: 1Ø12c/25
Canto: 40

Alineación 5: (y=201.72) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 6: (y=201.97) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 7: (y=202.22) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 8: (y=202.47) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 9: (y=202.72) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 10: (y=202.97) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 11: (y=203.22) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 12: (y=203.47) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 13: (y=203.72) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 14: (y=203.97) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 15: (y=204.22) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 16: (y=204.47) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 17: (y=204.72) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 18: (y=204.97) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 19: (y=205.22) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 20: (y=205.47) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineación 21: (y=205.72) Inferior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.91)-(x=211.51) 1Ø12c/25
Superior 30+ (x=206.68)-(x=211.74) +30 1Ø12c/25
(x=206.68)-(x=211.74) 1Ø12c/25

Alineaciones transversales
Armadura Base Inferior: 1Ø12c/25
Armadura Base Superior: 1Ø12c/25
Canto: 40

Alineación 4: (x=206.96) Inferior (y=203.04)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=203.30)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=203.04)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=203.30)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 5: (x=207.21) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 6: (x=207.46) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 7: (x=207.71) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 8: (x=207.96) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 9: (x=208.21) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 10: (x=208.46) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 11: (x=208.71) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 12: (x=208.96) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 13: (x=209.21) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 14: (x=209.46) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 15: (x=209.71) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 16: (x=209.96) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior (y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 17: (x=210.21) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 18: (x=210.46) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 19: (x=210.71) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 20: (x=210.96) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 21: (x=211.21) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Alineación 22: (x=211.46) Inferior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.47)-(y=205.97) 1Ø12c/25
Superior 30+ (y=201.24)-(y=206.20) +30 1Ø12c/25
(y=201.24)-(y=206.20) 1Ø12c/25

Forjado 1
Número Plantas Iguales: 1

Malla 2: Losa maciza

Alineaciones longitudinales
Armadura Base Inferior: No se dispone
Armadura Base Superior: No se dispone
Canto: 30

Alineación 5: (y=201.72) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 6: (y=201.97) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 7: (y=202.22) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 8: (y=202.47) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 9: (y=202.72) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 10: (y=202.97) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 11: (y=203.22) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 12: (y=203.47) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 13: (y=203.72) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 14: (y=203.97) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 15: (y=204.22) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 16: (y=204.47) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 17: (y=204.72) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 18: (y=204.97) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=208.89) 1Ø10c/12.5
(x=209.53)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 19: (y=205.22) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 20: (y=205.47) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5

Superior 24+ (x=206.68)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 21: (y=205.72) Inferior (x=206.79)-(x=211.63) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (x=206.68)-(x=211.74) +24 1Ø10c/12.5

Alineaciones transversales
Armadura Base Inferior: No se dispone
Armadura Base Superior: No se dispone
Canto: 30

Alineación 4: (x=206.96) Inferior (y=203.04)-(y=206.15) 1Ø10c/12.5
Superior (y=203.04)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 5: (x=207.21) Inferior (y=201.29)-(y=206.15) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 6: (x=207.46) Inferior (y=201.29)-(y=206.15) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 7: (x=207.71) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 8: (x=207.96) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 9: (x=208.21) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 10: (x=208.46) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 11: (x=208.71) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 12: (x=208.96) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 13: (x=209.21) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 14: (x=209.46) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 15: (x=209.71) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 16: (x=209.96) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 17: (x=210.21) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 18: (x=210.46) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=203.38) 1Ø10c/12.5
(y=204.12)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 19: (x=210.71) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5

Alineación 20: (x=210.96) Inferior (y=201.47)-(y=205.97) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 21: (x=211.21) Inferior (y=201.29)-(y=206.15) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5
Alineación 22: (x=211.46) Inferior (y=201.29)-(y=206.15) 1Ø10c/12.5
Superior 24+ (y=201.24)-(y=206.20) +24 1Ø10c/12.5

ÍNDICE

1. MATERIALES 2

1.1. Hormigones 2

1.2. Aceros por elemento y posición 2

1.2.1. Aceros en barras 2

1.2.2. Aceros en perfiles 2

2. ESFUERZOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS POR HIPÓTESIS 2

3. ARRANQUES DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS POR HIPÓTESIS 2

4. PÉSIMOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS 3

4.1. Muros 3

5. LISTADO DE ARMADURAS DE MUROS DE HORMIGÓN 4

6. SUMATORIO DE ESFUERZOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS POR HIPÓTESIS Y PLANTA 4

6.1. Resumido 5

1. MATERIALES

1.1. Hormigones

Elemento	Hormigón	f_{ck} (MPa)	γ_c	Árido		E_c (MPa)
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	HA-35	35	1.50	Cuarcita	15	34077

1.2. Aceros por elemento y posición

1.2.1. Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (MPa)	γ_s
Todos	B 500 S	500	1.15

1.2.2. Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Acero conformado	S235	235	210
Acero laminado	S275	275	210

2. ESFUERZOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS POR HIPÓTESIS

- Tramo: Nivel inicial / nivel final del tramo entre plantas.
- Nota:

Soporte	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Hipótesis	Base						Cabeza					
					N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	T (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	T (kN·m)
M1	Forjado 1	30.0	-2.80/0.00	Peso propio	136.5	-1.7	-27.8	-0.7	-25.6	0.5	47.6	-0.2	-17.8	-0.4	13.5	-0.2
				Cargas muertas	11.1	-0.7	-23.8	0.3	-94.6	-0.1	12.1	0.3	-14.8	-0.5	35.7	0.3
				H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				Sobrecarga de uso	13.0	-0.0	-1.5	-0.0	-1.2	0.0	13.0	-0.0	-5.2	0.0	4.3	-0.0
M2	Forjado 1	30.0	-2.80/0.00	Peso propio	132.6	-27.3	-0.3	-27.2	-0.6	0.0	47.2	-17.5	-0.0	14.0	-0.3	0.3
				Cargas muertas	14.0	-23.3	0.9	-90.5	-0.7	-0.8	13.7	-13.6	-0.3	33.7	-0.4	-0.6
				H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				Sobrecarga de uso	12.7	-1.5	0.0	-1.4	0.0	0.0	12.8	-5.1	-0.0	4.3	0.0	0.0
M3	Forjado 1	30.0	-2.80/0.00	Peso propio	134.9	6.2	28.0	1.0	26.1	-1.0	46.7	1.6	17.7	-0.0	-13.5	-0.3
				Cargas muertas	12.4	-0.8	24.0	-0.4	94.7	3.6	12.3	-0.8	14.6	-0.0	-35.2	0.2
				H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				Sobrecarga de uso	12.8	0.6	1.5	0.1	1.2	-0.1	12.7	0.4	5.2	-0.1	-4.3	-0.1
M4	Forjado 1	30.0	-2.80/0.00	Peso propio	133.1	27.8	-1.3	26.9	0.1	-1.6	46.1	17.4	0.1	-13.6	0.3	0.8
				Cargas muertas	13.5	22.8	2.1	90.7	0.6	1.4	12.9	13.3	1.6	-33.1	-0.2	-0.8
				H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				Sobrecarga de uso	12.5	1.5	-0.1	1.3	-0.0	-0.2	12.5	5.1	0.0	-4.2	-0.0	0.2

3. ARRANQUES DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS POR HIPÓTESIS

- Nota:

  Los esfuerzos de pantallas y muros son en ejes generales y referidos al centro de gravedad de la pantalla o muro en la planta.

Soporte	Hipótesis	Esfuerzos en arranques					
		N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	T (kN·m)
M1	Peso propio	136.5	-1.7	-27.8	-0.7	-25.6	0.5
	Cargas muertas	11.1	-0.7	-23.8	0.3	-94.6	-0.1
	H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sobrecarga de uso	13.0	-0.0	-1.5	-0.0	-1.2	0.0
M2	Peso propio	132.6	-27.3	-0.3	-27.2	-0.6	0.0
	Cargas muertas	14.0	-23.3	0.9	-90.5	-0.7	-0.8
	H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sobrecarga de uso	12.7	-1.5	0.0	-1.4	0.0	0.0
M3	Peso propio	134.9	6.2	28.0	1.0	26.1	-1.0
	Cargas muertas	12.4	-0.8	24.0	-0.4	94.7	3.6
	H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sobrecarga de uso	12.8	0.6	1.5	0.1	1.2	-0.1
M4	Peso propio	133.1	27.8	-1.3	26.9	0.1	-1.6
	Cargas muertas	13.5	22.8	2.1	90.7	0.6	1.4
	H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sobrecarga de uso	12.5	1.5	-0.1	1.3	-0.0	-0.2

4. PÉSIMOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS

4.1. Muros

Referencias:

Aprovechamiento: Nivel de tensiones (relación entre la tensión máxima y la admisible). Equivale al inverso del coeficiente de seguridad.

Nx : Axil vertical.

Ny : Axil horizontal.

Nxy: Axil tangencial.

Mx : Momento vertical (alrededor del eje horizontal).

My : Momento horizontal (alrededor del eje vertical).

Mxy: Momento torsor.

Qx : Cortante transversal vertical.

Qy : Cortante transversal horizontal.

Muro M1: Longitud: 480.026 cm [Nudo inicial: 206.81;206.07 -> Nudo final: 211.61;206.07]											
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos								
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
Cimentación - Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	1.66	-65.57	-8.28	2.20	-22.43	-2.83	-0.30	---	---
	Arm. horz. der.	0.45	-13.79	-32.96	0.33	0.28	-4.88	0.03	---	---
	Arm. vert. izq.	0.47	-65.89	-8.32	-1.74	1.32	-2.83	-0.63	---	---
	Arm. horz. izq.	0.29	-38.22	-6.54	0.42	3.85	4.96	0.25	---	---
	Hormigón	4.36	-65.89	-8.32	-1.74	-22.37	-2.83	-0.63	---	---
	Arm. transve.	1.33	-46.99	-7.84	4.54	---	---	---	20.81	-2.06

Muro M2: Longitud: 470 cm [Nudo inicial: 211.61;201.37 -> Nudo final: 211.61;206.07]											
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos								
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
Cimentación - Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	0.50	-69.86	-8.82	1.17	-1.40	2.84	-0.21	---	---
	Arm. horz. der.	0.30	-39.60	-6.70	-1.02	-3.88	-5.00	-0.61	---	---
	Arm. vert. izq.	1.68	-69.86	-8.82	1.17	22.47	2.84	-0.21	---	---
	Arm. horz. izq.	0.46	-13.11	-20.06	-1.76	-0.26	6.70	0.00	---	---
	Hormigón	4.43	-69.86	-8.82	1.17	22.47	2.84	-0.21	---	---
	Arm. transve.	1.33	-50.23	-7.62	2.48	---	---	---	-20.98	0.89

Muro M3: Longitud: 480 cm [Nudo inicial: 206.81;201.37 -> Nudo final: 211.61;201.37]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
Cimentación - Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	0.48	-67.75	-8.56	-0.87	-1.36	2.90	0.45	---	---
	Arm. horz. der.	0.28	-38.42	-6.27	0.43	-4.08	-4.81	0.51	---	---
	Arm. vert. izq.	1.70	-67.75	-8.56	-0.87	22.99	2.90	0.45	---	---
	Arm. horz. izq.	0.67	-17.37	-28.07	-1.12	-0.35	9.85	-0.27	---	---
	Hormigón	4.48	-67.75	-8.56	-0.87	22.99	2.90	0.45	---	---
	Arm. transve.	1.39	-46.20	-8.38	6.25	---	---	---	-21.65	2.89

Muro M4: Longitud: 469.959 cm [Nudo inicial: 206.81;201.37 -> Nudo final: 206.81;206.07]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
Cimentación - Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	1.59	-66.82	-7.56	-4.26	-21.06	-3.49	0.03	---	---
	Arm. horz. der.	0.50	-14.14	-32.14	0.24	0.28	-5.92	-0.28	---	---
	Arm. vert. izq.	0.57	-41.25	-6.39	-3.84	5.70	1.95	0.03	---	---
	Arm. horz. izq.	0.24	-34.32	-9.21	4.22	4.84	3.54	-0.17	---	---
	Hormigón	4.08	-66.82	-7.56	-4.26	-21.06	-3.49	0.03	---	---
	Arm. transve.	2.65	-64.87	-8.71	-3.91	---	---	---	41.68	1.88

5. LISTADO DE ARMADURAS DE MUROS DE HORMIGÓN

Muro M1: Longitud: 480.026 cm [Nudo inicial: 206.81;206.07 -> Nudo final: 211.61;206.07]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Cimentación - Forjado 1	30.0	Ø10c/25 cm	Ø10c/25 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	---	---	---	---	100.0	---

Muro M2: Longitud: 470 cm [Nudo inicial: 211.61;201.37 -> Nudo final: 211.61;206.07]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Cimentación - Forjado 1	30.0	Ø10c/25 cm	Ø10c/25 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	---	---	---	---	100.0	---

Muro M3: Longitud: 480 cm [Nudo inicial: 206.81;201.37 -> Nudo final: 211.61;201.37]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Cimentación - Forjado 1	30.0	Ø10c/25 cm	Ø10c/25 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	---	---	---	---	100.0	---

Muro M4: Longitud: 469.959 cm [Nudo inicial: 206.81;201.37 -> Nudo final: 206.81;206.07]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Cimentación - Forjado 1	30.0	Ø10c/25 cm	Ø10c/25 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	---	---	---	---	100.0	---

F.C. = El factor de cumplimiento indica el porcentaje de área en el cual el armado y espesor de hormigón son suficientes.

6. SUMATORIO DE ESFUERZOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS POR HIPÓTESIS Y PLANTA

- Sólo se tienen en cuenta los esfuerzos de pilares, muros y pantallas, por lo que si la obra tiene vigas con vinculación exterior, vigas inclinadas, diagonales o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.
- Este listado es de utilidad para conocer las cargas actuantes por encima de la cota de la base de los soportes sobre una planta, por lo que para casos tales como pilares apeados traccionados, los esfuerzos de dichos pilares tendrán la influencia no sólo de las cargas por encima sino también la de las cargas que recibe de plantas inferiores.

6.1. Resumido

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	T (kN·m)
Cimentación	-2.80	Peso propio	537.1	112368	109418	0.0	0.0	0.0
		Cargas muertas	51.0	10669	10390	0.0	0.0	-0.6
		H 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Sobrecarga de uso	51.0	10671	10390	0.0	0.0	0.0